

UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNIČKI FAKULTET "MIHAJLO PUPIN"
ZRENJANIN



**MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV
UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA**

**MODELS OF DIAGNOSTICS AND ITS IMPACT
ON RELIABILITY MOTOR VEHICLES**

DOKTORSKA DISERTACIJA



**MENTOR
PROF. DR ŽIVOSLAV ADAMOVIĆ**

**KANDIDAT
MR NENAD JANJIĆ**

ZRENJANIN, 2015.

S A D R Ž A J

- PREDGOVOR.....	7
- INTRODUCTION.....	8
1.0 UVOD.....	9
2.0 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA.....	13
2.1 Objavljeni radovi iz oblasti dijagnostike stanja motornih vozila.....	13
2.2 Uticaj modela dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	17
2.3 Uzroci koji dovode do neispravnosti motornih vozila.....	18
2.4 Osnove tehničke dijagnostike.....	21
2.5 Pouzdanost, pogodnost održavanja i raspoloživost motornih vozila.....	25
3.0 METODOLOŠKI KONCEPT.....	30
3.1 Problem i predmet istraživanja.....	30
3.2 Cilj istraživanja.....	32
3.3 Hipoteza istraživanja.....	33
3.4 Metode istraživanja.....	34
3.5 Organizacija istraživanja.....	35
3.6 Naučna i društvena opravdanost istraživanja.....	37
3.7 Očekivani privredni rezultati u saobraćaju.....	38
3.8 Ograničenja.....	39
4.0 TEORIJSKA ISTRAŽIVANJA.....	40
4.1 Motorna vozila, održavanje i dijagnostika.....	40
4.2 Analiza procesa dijagnosticiranja stanja sklopova motornih vozila.....	44
4.3 Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	46
4.4 Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila primenom analize korisne vrednosti.....	56
4.5 Definisane modela dijagnostike stanja.....	57
4.5.1 Uvođenje modela dijagnostike stanja motornih vozila.....	57
4.5.2 Nepravilnosti tokom formiranja modela dijagnostike stanja.....	58
4.5.3 Optimalna rešenja podesna za model dijagnostike stanja.....	59
4.6 Načini izbora metoda i rešavanja uticaja modela dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	63
4.6.1 Izbor kontrolnih parametara statističkom metodom.....	64
4.6.2 Primena datih parametara stanja na model dijagnostike stanja motornih vozila.....	68
4.6.3 Izbor parametara kontrole metodom inkorporacije.....	73
4.6.4 Suština i prikaz problema uticaja modela dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	80
4.7 Razvoj modela dijagnostike stanja i njegov uticaj na pouzdanost motornih vozila.....	84
4.7.1 Uticaj postupaka dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	84
4.7.2 Uticaj matematičkog modela dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.....	86
4.7.3 Analiza granične vrednosti modela dijagnostike stanja motornih vozila.....	91

4.8 Metodologija dijagnostike stanja i njen uticaj na pouzdanost kočionih sistema motornih vozila	92
4.9 Implementacija modela tehničke dijagnostike motornih vozila	99
4.10 Dinamika planiranja preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila	100
5.0 EKSPLOATACIONA ISTRAŽIVANJA	103
5.1 Metode istraživanja	103
5.2 Mesta i način merenja	105
5.3 Određivanje vrednosti zazora ležajeva na mernim mestima	107
5.3.1 Stepen pohabanosti ležajeva motornih vozila	108
5.3.2 Vrednost zazora ležajeva bez primene kontrole parametara	109
5.3.3 Pohabanost ležajeva sa primenom kontrole parametara stanja	116
5.3.4 Ekstremne vrednosti zazora na ležajevima	119
5.4 Istraživanja radnih temperatura ležajeva motornih vozila	123
5.4.1 Promena temperature na ležajevima i njen uticaj na pouzdanost	131
5.4.2 Radne temperature ležajeva kao faktor definisanja ekstremnih vrednosti	133
5.5 Definisanje modela optimizacije postupaka dijagnostike i njegov uticaj na pouzdanost motornih vozila	138
5.6 Pozitivni i negativni uticaji modela dijagnostike stanja motornih vozila	145
5.7 Radionice za istraživanje	147
5.8 Implementacija tehničke dijagnostike sa aspekta nivoa pouzdanosti motornih vozila	151
5.9 Indikatori performansi dijagnostike i pouzdanosti motornih vozila	153
5.10 Uticaj dijagnostike na ekonomiku poslovanja transportnih preduzeća	156
6.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA	161
6.1 Sopstveni rezultati istraživanja	161
6.2 Dokazivanje glavne hipoteze	163
6.3 Vrednosti radnih temperatura na mernim mestima	166
6.4 Vrednosti pohabanosti ležajeva na mernim mestima	167
6.5 Rezultati istraživanja u funkciji praktične primene	169
6.6 Diskusija rezultata istraživanja i upoređivanje sa drugim, uz utvrđivanje njihove i međusobne sličnosti i razlike	170
6.7 Zaključna razmatranja	172
7.0 ZAKLJUČCI I DISKUSIJE	177
7.1 Naučni doprinos disertacije	182
7.2 Rezime i obrađeni poglavlja	185
7.3 Ključni zaključci	188
7.4 Pitanja koja disertacija otvara	194
7.5 Novine u procesu istraživanja	195
8.0 PREDLOG DALJIH ISTRAŽIVANJA	196
9.0 LITERATURA	198
10.0 PRILOZI	210

UNIVERZITET U NOVOM SADU
TEHNIČKI FAKULTET "MIHAJLO PUPIN"
KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

Redni broj:
RBR

Identifikacioni broj:
IBR

Tip dokumentacije: Monografska dokumentacija
TD

Tip zapisa: Tekstualni štampani materijal
TZ

Vrsta rada: Doktorska disertacija
VR

Autor: **Mr Janjić Nenad**
AU

Mentor: **Prof. dr Živoslav Adamović, redovni profesor**
MN

Naslov rada: **Modeli dijagnostike stanja i njihov uticaj na pouzdanost motornih vozila**
NR

Jezik publikacije: Srpski
JP

Jezik izvoda: Srpski
JI

Zemlja publikovanja: Srbija
ZP

Uže geografsko područje: Srbija
UGP

Godina: 2015.
GO

Izdavač: Autorski reprint
IZ

Mesto i adresa: Đure Đakovića bb, Zrenjanin
MA

Fizički opis rada:
FO

(broj poglavlja / strana / tabela / slika / priloga)
10 250 27 36 45

Naučna oblast: Mašinstvo
NO

Naučna disciplina: Analiza dijagnostike stanja, pouzdanost, monitorni sistemi,
ND

Predmetna odrednica / Ključne reči: Motorno vozilo, temperatura, zazor, pouzdanost, istraživanje, sklop, model, dijagnostika, analiza, ležaj, stanje, komponente, parametri, održavanje, proces, metoda, otkaz, analiza, eksploatacija.
PO

UDK: 658. 512. 2.

Čuva se: U biblioteci Tehničkog fakulteta "Mihajlo Pupin" u Zrenjaninu, Đure Đakovića bb

UNIVERSITY OF NOVI SAD
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCE "MIHAJLO PUPIN"
KEY INFORMATION AND DOCUMENTATION

Order number:
RBR
Identification number:
IBR
Type of documentation: Mongraphic Documentation
TD
Record Type: Text printed material
TZ
Type of work: Ph.D. Dissertation
VR
Author: **MSc Janjic Nenad**
AU
Mentor: **Ph.D. Zivoslav Adamovic, full professor**
MN
Title of work: **Models of diagnostics and its impact on reliability of motor vehicles**
NR
Language of publication: Serbian
JP
Language excerpt: Serbian
JI
Country of publication: Serbia
ZP
Locality of: Serbia
UGP
Year: 2015.
GO
Publisher: Author reprint
FROM
Place and address: Djure Djakovica bb, Zrenjanin
MA
Physical Description of work:
FO (Chapter / page / table / images / attachments)
10 250 27 36 45
Scientific field: Engineering Mechanical engineering
NO
Scientific discipline: Analysis of diagnostics, reliability,
monitor systems,
ND
Subject / Keywords: Motor Vehicle, temperature, air gap, reliability,
research, assembly, model, diagnostics, analyses,
bed, condition, components, parametres, maintenance
process, methods, cancellation, analysis, exploitation.
PO
NUMBER: 658. 512. 2.
It is kept: Library of Faculty of Engineering
"Mihajlo Pupin" in Zrenjanin, Djure Djakovica bb

ČU

Važna napomena:

VN

REZIME: Doktorska disertacija ukazuje na model dijagnostike stanja koji zbog svog istraživačkog karaktera može dovesti do novih naučnih saznanja i metoda praćenja uticaja najvažnijih parametara na pouzdanost vozila, izučavanja ključnih performansi iz oblasti održavanja motornih vozila. Njen cilj je da teorijski i empirijski, kritički, sistematski i kontrolisano definiše model dijagnostike stanja kao i da izvrši izbor optimalnih parametara, radne temperature i pohabanosti ležajeva, a sve u cilju određivanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti motornih vozila. Proces istraživanja modela predstavlja vezu između periodičnosti provere parametara stanja u radu i otkaza sastavnih komponenta motornih vozila. Simulacijom se može prognozirati vremenski trenutak zamene komponenta pre nego što dođe do njihovog otkaza. Dati model je univerzalnog tipa iz razloga što se može primeniti i na složene sisteme, bez obzira na dimenzije komponenti sklopova motornih vozila.

IZ

Datum prihvatanja teme od N- n. veća: 30.08.2010.

DP

Datum odbrane:

DO

Članovi komisije:

KO

(Naučni stepen / ime prezime / zvanje / fakultet)

Predsednik:

Prof. dr Miroslav Lambić, redovni profesor,
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

Član:

Prof. dr , Branko Škorić, redovni profesor,
Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad.

Član:

Prof. dr Branislav Rakićević, vanredni profesor,
Mašinski fakultet, Beograd.

Član:

Prof. dr Slavica Prvulović, vanredni profesor,
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

Mentor:

Prof. dr Živoslav Adamović, redovni profesor,
Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

CU

Important note:

VN

SUMMARY: PhD dissertation indicates a model of state diagnostics, which due to its research nature, could lead to new scientific knowledge and methods of monitoring the impact of the most important parameters on vehicle reliability, the study of key performance in the field of maintenance of motor vehicles. Its aim is to theoretically and empirically, critically, systematically and in a controlled way define the model of conditions diagnostic and to make the selection of optimal parameters, operating temperature and wear of bearings, all for the purpose of determining the security of functioning of the parts and components of motor vehicles. The research process of a model represents the relationship between the periodicity of testing parameters of the operating mode and cancellation of integral components of motor vehicles. The simulation can predict time for replacement of components before they cancel. The present model is of a universal type because it can be applied to complex systems, regardless of the dimensions of the components of motor vehicles.

IZ

Accepted themes of N n. Council: 30.08.2010.

DP

Date of defense:

DO

Members of the Commission:

KO

(Scientific degree / first name last name / title / Faculty)

President:

Ph.D. Miroslav Lambic, full professor,
Technical Faculty "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

Article:

Ph.D. Branko Skoric, full professor,
Faculty of Technical Sciences, Novi Sad.

Article:

Ph.D. Branislav Rakicevic, associated professor
Faculty of Mechanical Engineering, Belgrade.

Article:

Ph.D. Slavica Prvulovic, associated professor,
Faculty of Technical Science "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

Mentor:

Ph.D. Zivoslav Adamovic, full professor,
Faculty of Technical Science "Mihajlo Pupin", Zrenjanin.

PREDGOVOR

Poslednjih godina u svetu postoji pojačano interesovanje za nove modele dijagnostike i pouzdanosti motornih vozila i sve se intenzivnije piše o toj temi, koja je i mene navela da krenem sa proučavanjem ove problematike. Tema "Modeli dijagnostike stanja i njihov uticaj na pouzdanost motornih vozila" čini sadržaj ove moje disertacije, a rezultat je višegodišnjeg rada i naučnog istraživanja u oblasti održavanja motornih vozila. Baveći se naučno-istraživačkim radom i nakon odbrane magistarske teze, uočio sam teškoće i mnoge nedostatke u procesu dijagnostike stanja motornih vozila. Iz tog razloga, a i zbog primetne velike zainteresovanosti pojedinih institucija za oblast dijagnostike, nastala je i ova disertacija, kao posledica gore navedenog.

Izbor najznačajnijih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti motornih vozila, imao je glavnu ulogu u definisanju procesa postupaka dijagnostike stanja. Kao alternativa za određivanje poterbne sigurnosti, uzeta je pouzdanost rada sastavnih komponentata na osnovu zabeleženih otkaza uz primenu parametara dijagnostike stanja motornih vozila.

Proučavani model postupaka dijagnostike stanja sastavnih komponentata motornih vozila je obuhvatio najznačajnije parametre kao što su uticaj temperature i pohabanost ležajeva, a koji su povezani matematičkim oblikom teorijske i eksperimentalne analize. Zapravo, krenulo se od zabeleženih ukupnih otkaza sastavnih komponenti nastalih analiziranjem parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila. Njihovim međusobnim uticajima i povezanošću, formiraju se korelacije parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila. Na osnovu pomenutih korelacija, sprovedena je analiza modela u empirijskim istraživanjima. Za određivanje metode rešavanja postupaka dijagnostike stanja motornih vozila, predviđene su dve osnovne početne faze i to: evidentiranje broja otkaza n sastavnih komponentata motornih vozila na osnovu početnog nivoa stanja i analize eksploatacionih uslova rada sastavnih komponenti motornih vozila.

Sprovedena istraživanja imaju za cilj, omogućavanje primene modela na druge složene sisteme bez obzira na gabarite komponentata sklopova. Njima se ujedno utvrđuje izvodljivost postupaka na nekim komponentama sklopova motornih vozila. Upotreba modela pomoću vrednosne analize stvorila bi uslove da se primenom algoritamskih postupaka izračunavaju vrednosti koje će omogućiti upoređenje teorijskih i eksploatacionih rezultata.

Disertacija je urađena pod mentorstvom prof. dr Živoslava Adamovića, kome ovom prilikom iskazujem posebnu zahvalnost za podršku, razumevanje i brojne korisne sugestije koje mi je pružio u toku izrade. Posebno se zahvaljujem profesoru dr Branku Škoriću koji je čitao rukopis i doprineo finalizaciji disertacije. Svojim primedbama su mi pomogli i pri tome hrabрили prof. dr Branislav Rakićević, prof. dr Miroslav Lambić i prof. dr Slavica Prvulović kojim sam takođe najiskrenije zahvalan.

Na kraju, zahvaljujem se direktorima JGSP Novi Sad, "Kavim - Jedinstvo" d.o.o. Vranje, "Niš - Ekspres" a.d. Niš, „Lasta“ d.o.o. Beograd, „Euroline“ d.o.o. Paraćin i „Proplanak“ d.o.o. Kruševac za podršku pri angažovanju na dijagnostici motornih vozila.

AUTOR

Mr Nenad Janjić

INTRODUCTION

In recent years, the world has increased interest in new models of diagnostics of reliability of motor vehicles and the writing on the subject, is more intense, which initiated me to begin my study of this issue. The topic "Models of diagnostics and their impact on the reliability of motor vehicles" is the content of my dissertation, and the result of years of work and research in the field of maintenance. Dealing with scientific research even after master's thesis, I noticed many difficulties and disadvantages of diagnostics of motor vehicles. For this reason, and because of the great interest of some notable institutions in the field of diagnostics, this thesis was created, as a consequence of all the above.

Selection of the most important parameters in determining the reliability of the parts and components of motor vehicles, took a lead role in defining the process of condition diagnostics. As an alternative to determining necessary reliability of the constituent components based on recorded failure using the parameters of diagnostics of motor vehicles is taken.

The studied model of motor vehicles integral components condition diagnostics included the most important parameters such as the effect of temperature and wear out of bearings which are also associated with mathematical form of theoretical and experimental analysis. In fact, we started with the recorded total failure of parts and components gained by analysing the parameters of diagnostic procedures of motor vehicles condition. Their mutual influences and connections form correlation or parameter methods of diagnostics of motor vehicles. Based on these correlations, the analysis of the model in empirical research was conducted. To determine the methods of solving diagnostics of motor vehicles, procedures the two main initial phases were provided: recording the number of cancellation n of integral components of motor vehicles based on the initial level of the condition and service conditions of work parts and components of motor vehicles analysis.

Conducted research aims to facilitate the application of the model to other complex systems, regardless of the dimensions of the assembly components. They also determine the feasibility of methods to some real assembly components of motor vehicles. Using the model by using value analysis would create conditions for the application of algorithmic procedures in calculation of values that will allow the comparison of theoretical and exploitation results.

The thesis was done under the supervision of Ph.d. Živoslav Adamović, who, I would like to use this occasion, to express my special thanks for the support, understanding, and a number of useful suggestions that he provided during dissertation. Special thanks to the Ph.d. Branko Škorić who has read the manuscript and contributed to the finalization of the dissertation. His remarks helped and encouraged me at the same time, Ph.d. Branislav Rakičević, Ph.d. Miroslav Lambić i Ph.d. Slavica Prvulović to whom I am also sincerely grateful.

Finally, I thank the directors of JGSP Novi Sad, "Kavim–Jedinstvo" d.o.o. Vranje, "Niš – Ekspres" a.d. Niš, „Lasta“ d.o.o. Beograd, „Euroline“ d.o.o. Paraćin i „Proplanak“ d.o.o. Kruševac for the support and involvement in the diagnostics of motor vehicles.

AUTHOR
MSc Nenad Janjic

1.0 UVOD

Kao jedan od najsloženijih tehničkih sistema je motorno vozilo na koje utiče veliki broj različitih faktora, a što rezultira pojavom mnogobrojnih otkaza. Moguće neispravnosti predstavljaju jedan od glavnih uzroka koji dovode do otkaza i koji ujedno nameću potrebu analize načina i njihovog otklanjanja. S obzirom na složenost problematike i značaj njenog izučavanja, ovoj oblasti se posvećuje posebna pažnja od strane svih onih koji se bave proučavanjem motornih vozila bilo u fazi razvoja, proizvodnje ili korišćenja.

Kod klasičnih motornih vozila starije proizvodnje koja nemaju odgovarajući nivo pogodnosti za održavanje sa aspekta primene savremenih dijagnostičkih metoda, dijagnosticiranje se obavlja primenom nekog modela održavanja u momentima datih stanja. Takvi dijagnostički modeli formirani su prvenstveno uzimajući u obzir postizanja zadovoljavajućeg nivoa pouzdanosti vozila uz prihvatljivu vrednost troškova održavanja. Bez obzira koliko se uspešno odrede momenti potrebnog dijagnosticiranja, vozilo ipak treba izuzeti iz transportnog procesa, zbog neispravnosti koje se mogu manifestovati kroz nefunkcionisanja komponenata, dovodi do smanjenja efektivnosti njegovog korišćenja.

U oblasti motornih vozila, nagli razvoj tehnike zahteva iznalaženje odgovarajućih tehničkih rešenja u njihovom dijagnosticiranju. Kod savremenih vozila aktuelna je primena fleksibilnih servisnih sistema. Ključnu ulogu i značaj u vezi sa pravilnim načinom rada automatizovanih fleksibilnih servisnih sistema predstavlja njihova baza znanja. Formiranjem baze znanja prvenstveno znači iznaći adekvatne matematičke dijagnostičke modele.

Suštinu baze znanja čini primena adekvatnih dijagnostičkih modela uz pomoć odgovarajuće softverske podrške, kojom se vrši obrada podataka već smeštenih u bazi podataka. Rešavanju ovog važnog i izrazito složenog zadatka – pravilnom formiranju dijagnostičkih modela koji predstavljaju osnovu baze znanja posvećene su sve aktivnosti u okviru ove doktorske disertacije.

Za održavanje, savremena vozila imaju odgovarajuće pogodnosti primenom prvenstveno adekvatnih automatizovanih dijagnostičkih sistema koji omogućavaju: neprekidan nadzor nad izvršenjem svih funkcija vozila, dijagnostiku tehničkog stanja i korigovanje rada pojedinih komponenti vozila koje imaju ključan uticaj na ispravnost rada motornih vozila.

Primena fleksibilnih servisnih i telematskih sistema predstavlja najviši nivo razvoja današnjih vozila. Osnova ovih savremenih sistema je takozvani ON BOARD kompjuter, odnosno centralna procesorska jedinica. U okviru centralne procesorske jedinice vozila posebnu pažnju zaslužuje pravilno formiranje baze znanja i baze podataka. Baze podataka se pune zahvaljujući odgovarajućim senzorima i davačima koji prate vrednost dijagnostičkih parametara u pojedinim sklopovima i delovima vozila.

Od velike važnosti je pravilan izbor parametara pratećih procesa u vozilu koje se uzima za dijagnostiku (dijagnostički parametri), kao i pravilnost utvrđivanja njihove vrednosti, sa što manjom greškom.

U bazu podataka se prosleđuju informacije o vrednostima svih parametara koji su uzeti za dijagnostiku (npr. pohabanost delova, zazora u kliznim ležajevima, vrednosti pritiska, temperature, zapreminske veličine napona, otpora pomeranja), gde se zahvaljujući postojanju baze znanja obrađuju i dalje koriste radi upravljanja funkcijama rada strukturnih celina vozila. Posebno važno pitanje je utvrđivanje dijagnostičkih normativa za svaki parametar ponaosob.

Vrednovanje dijagnostičkih normativa treba poveriti ekspertima. Samim postojanjem baze znanja u okviru centralne procesorske jedinice, kao i informacije o vrednostima dijagnostičkih parametara dobijene zahvaljujući senzorima i davačima i kompletnog u vozilu ugrađenog automatizovanog dijagnostičkog sistema, vrši se obrada podataka [70]. Dobijene vrednosti se upoređuju sa vrednostima dijagnostičkih normativa i na osnovu tog poređenja donose zaključci, odnosno daju upravljačke informacije izvršnim organima aktuatorima, koji izvršavaju izvesne radnje podešavanja i korigovanja određenih vrednosti strukturnih parametara radi postizanja optimalnog funkcionisanja rada strukturnih celina vozila.

Određivanje dijagnostičkog modela predstavlja složen i odgovoran zadatak. Od pravilnosti postavljanja dijagnostičkog modela zavisi i svrsishodnost primene fleksibilnog servisnog sistema u vozilu. Dijagnostički model – matematička formulacija koja uzima u obzir sve one faktore i parametre koji utiču na proces održavanja neke strukturne celine ili vozila u celini moraju da ispunjavaju sledeće uslove: jednoznačnost, sveobuhvatnost uticajnih faktora i primenljivost dobijenih rezultata koji se uzimaju kao osnov za odlučivanje.

Do pojave otkaza vozila najčešće dolazi usled: neadekvatne konstrukcije, nepravilnosti u proizvodnji, grešaka u materijalu, nepravilne upotrebe, neadekvatnog goriva i maziva i drugih tečnih fluida, habanja, korozije, zamora i starenja, nepravilnog održavanja i dr.

Kod motornih vozila se neispravnosti mogu manifestovati na različite načine. Na primer, kroz nenormalan šum, buku ili udare, kroz nefunkcionisanje određenih sistema ili vozila u celini, kroz pogoršavanje određenih eksploataciono-tehničkih karakteristika (prvenstveno dinamičkih karakteristika i performansi), pojačanu vibraciju, pregrevanje, povećanu potrošnju goriva, povećanu potrošnju maziva i drugih tehničkih fluida.

Udeo pojedinih uzroka pojave otkaza kod motornih vozila je: habanje 40%, plastična deformacija 26%, lomovi zbog zamora 18%, otkazi zbog temperaturnih uticaja 12%, ostali uzroci 4%. Osnovi uzroci pojave otkaza kotrljajnih ležajeva su: neadekvatna ugradnja (16%), neadekvatno podmazivanje (36%), kontaminacija maziva (14%), zamor (34%). Uzroci otkaza klipne grupe motora SUS (klip-klipni prstenovi-cilindar) najčešće su: neadekvatno podmazivanje i hlađenje (36%), prisustvo abrazivnih čestica iz atmosfere ili produkata habanja (36%), nepravilna montaža (4%), povećanje zazora između klipnih prstenova i cilindra (17%) [62].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

[70]. 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.

Poseban problem projektantu vozila predstavlja uzimanje u obzir svih uticaja na nivo i karakter opterećenja vozila. Ako se tome doda činjenica da projektant najčešće ne poznaje sve uslove korišćenja vozila kao i da ne poseduje razvijene metode za uzimanje u obzir svih mogućih uticaja na nivo i karakter opterećenja onda je još jasnija složenost problematike projektovanja vozila. Mnogi štetni procesi koji se odvijaju tokom korišćenja vozila (habanje, korozija,...), u velikoj meri doprinose pojavi otkaza usled grešaka pri konstruisanju i izradi. Lomovi, deformacije, nepodešenosti, otpuštenosti itd., su osnovni načini manifestovanja uticaja grešaka pri konstruisanju i izradi na pojavu otkaza vozila.

Ogroman uticaj na pojavu otkaza kod vozila, pored grešaka pri konstruisanju, ima vrsta i kvalitet primenjenih materijala kao i neadekvatna tehnologija izrade delova vozila. Postići ujednačen kvalitet izrade vozila je posebno značajno pitanje. S tim u vezi i propisi su sve strožiji. Proizvođač je dužan da obezbedi kvalitet svih komponenata koji je postignut kod vozila kod koga su izvršena predhodna ispitivanja radi atestiranja komponenata ili vozila kao celine. Pri tome treba obratiti pažnju da kvalitet rezervne komponente mora biti isti kao i kvalitet komponente koja je već ugrađena [63].

Na projektovanje performansi vozila, veliki uticaj imaju gorivo, mazivo i drugi tehnički fluidi. Polazeći od te činjenice renomirani proizvođači, na osnovu laboratorijskih ispitivanja i ispitivanja u uslovima korišćenja vozila, preciziraju koji tehnički fluidi, za određeni tip vozila, daju najpovoljnije karakteristike. Ne treba izgubiti iz vida da se tokom korišćenja vozila pogoršavaju karakteristike goriva, maziva i drugih tehničkih fluida. Ova pojava pokušava se rešiti na različite načine (pregrevanjem, prečišćavanjem, odstranjivanjem isparenja goriva i produkata sagorevanja iz korita motora itd.).

Projektant i proizvođač, uputstvima za korišćenje vozila, upozoravaju praktično korisnika vozila da koristi vozilo na način i u onim uslovima za koje je ono i projektovano. U velikoj meri, povećanju pouzdanosti korišćenja vozila mogu da doprinesu istraživanja uslova korišćenja, istraživanja radnih opterećenja, analize mogućih vrsta i uzroka otkaza još u fazi konstruisanja, kao i unapređenje metoda konstruisanja.

Zbog nemogućnosti pojedinih delova vozila da izdrže opterećenja kojima su izloženi u toku samog korišćenja vozila dolazi do njihovog loma. Pri tome treba imati u vidu da uslovi korišćenja vozila imaju odlučujući uticaj na opterećenja kojima su delovi vozila izloženi. Uslovi korišćenja vozila definišu se sledećim uticajnim faktorima: intezitetom korišćenja, uticajem tla, uticajem okoline i načinom korišćenja. I pored velikog napretka u oblasti automatizacije motornih vozila, koja prvenstveno ima za cilj prilagođavanje vozila uslovima korišćenja, nemoguće je u potpunosti izbeći otkaze vozila koji nastaju zbog njihovog nepravilnog korišćenja. Svaki proizvođač je dužan da korisniku njegovog vozila dostavi detaljna uputstva o pravilnom korišćenju istog [63].

Prema ovim uputstvima, korišćenje vozila, je utoliko važnije ukoliko se radi o vozilima opasnijim za korisnika i okolinu. Saobraćajni udesi su tipičan primer pojave otkaza zbog nepravilnog korišćenja vozila. Nepravilno rukovanje ne dovodi samo do pojave udesa, a time i do pojave otkaza, već se mogu navesti i primeri naglog polaska vozila iz mesta, kada sistem za prenos snage trpi izrazito nepovoljna opterećenja.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Nepravilnim korišćenjem vozila dolazi do pojave lomova, deformacija, kao i do povećanog habanja. Nepravilno rukovanje spojnicom i kočnicama izaziva povećano trošenje frikcionih elemenata i dovodi do pojave otkaza. Pravilno rukovanje i upravljanje vozilom povećava vek trajanja vozila, smanjuje troškove održavanja, povećava ekonomičnost vozila (prvenstveno kroz smanjenje potrošnje goriva i povećanje srednje brzine kretanja).

Kvalitetnom konstrukcijom i izradom, kao i pravilnim održavanjem ostvaruju se kvalitet, vek i uspešnost izvršavanja funkcije cilja. Ovo je jasno ako se ima u vidu da karakteristike vozila opadaju tokom njegovog korišćenja. Pravovremeno i pravilno izvođenje postupka održavanja je važan preduslov za odlaganje trenutka pojave otkaza, a samim tim i poboljšanje kvaliteta vozila i produžetka veka njegovog trajanja. U suprotnom, posledice mogu biti i katastrofalne.

U primeni metoda simulacije za izbor najboljih parametara i funkcionisanja komponenta sklopova motornog vozila, a sa aspekta njihove pouzdanosti, ogleda se doprinos disertacije, u tehnološkom smislu.

Akcent ove disertacije je prvenstveno na stvaranju funkcionalnog dijagnostičkog modela, koji bi se mogao uspešno koristiti i proveriti konkretnim eksperimentom na određenim strukturnim celinama motornih vozila. Analizama pouzdanosti i međusobnog uticaja na povezanost, formiraju se parametri modela dijagnostike stanja kao osnove predloga za donošenje relativnih odluka vezanih za pouzdanost sklopova motornih vozila. Proces istraživanja modela predstavlja vezu između periodičnosti provere parametara stanja u radu i otkaza sastavnih komponenta motornih vozila. Simulacijom se može prognozirati vremenski trenutak zamene komponenti pre nego što dođe do njegovog otkaza na vozilu.

Veliki je značaj rešavanje problema dijagnostike kod sastavnih komponenta motornih vozila iz razloga što je svaki složen sklop podložan otkazima, a dijagnostika će omogućiti i ustanoviti prirodu i mesto tog otkaza. Analizom parametara moguće je utvrditi model dijagnostike stanja za period rada komponenta. Njihov zadatak je provera stanja komponenta i postupaka preventivnog održavanja, kako ne bi došlo do pojave otkaza. Na osnovu ispravne dijagnostike stanja može se korigovati funkcionisanje, odnosno, može se zameniti neispravna komponenta prilikom održavanja motornih vozila [62].

Teorijsko i empirijsko, kontrolisano, sistematsko i kritičko ispitivanje hipoteze formiranja modela dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila pri izboru najznačajnijih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti sklopova je osnovni cilj doktorske disertacija. Određenim vrednostima analizirane pouzdanosti definisan je odgovarajući model na osnovu model blok dijagrama mernih mesta. Takođe, njihovim međusobnim uticajem i povezanošću formira se korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležajeva [70]. Dati model se može primeniti i na složene sisteme, bez obzira na dimenzije komponenti sklopova drugih tipova motornih vozila.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

[70]. 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.

2.0 DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

2.1 OBJAVLJENI RADOVI IZ OBLASTI DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

U ovom delu biće prikazani neki od korišćenih najznačajnijih i najinteresantnijih radova iz oblasti modela dijagnostike stanja i njihovog uticaja na pouzdanost komponenata motornih vozila.

Барзилович, Е.Ї.: МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, "Высшая школа", Москва, 1998. U ovoj knjizi dat je prikaz dijagnostičkih modela za određivanje trenutaka sprovođenja postupaka dijagnosticiranja motornih vozila. Ovaj model se zasniva na uvođenju sledećih pretpostavki: otkaz sastavnih delova motornih vozila moguće ustanoviti pomoću dijagnostičkog stanja, delovi neotkazuju za vreme dijagnosticiranja, svaka dijagnostika stanja karakteriše se određenim troškovima i dijagnostika se ne završava otkrivanjem otkaza. Primena ovog modela zahteva poznavanje karakteristika pouzdanosti vozila, troškova dijagnosticiranja i održavanja motornih vozila [15].

Baldin, A., Furlanetto, L., ODRŽAVANJE PO STANJU, OMO, Beograd, 1999. Ovde prikazan je model dijagnostičke kontrole stanja na osnovu minimalnih troškova. Suština ovog modela je poznavanje kretanja stanja komponenata motornih vozila tokom eksploatacije kao i sprovođenja postupaka održavanja na osnovu povremenih dijagnosticiranja komponenata. Suština primene ovih modela sastoji se u određivanju verovatnoće, pojave otkaza u intervalu između uzastopne dijagnostike stanja uz minimiziranje ukupnih troškova održavanja vozila [13].

Barlow, R., Proschan, F., MATHEMATICAL THEORY OF RELIABILITY, New York, 1996. U ovoj knjizi dat je i model za slučajne otkaze. Ovaj model se zasniva na pretpostavci da je dužina eksploatacije motorna vozila između dva uzastopna dijagnosticiranja nepromenljiva. Primena ovog modela vrši se minimiziranje funkcije troškova (traženje njene minimalne ekstremne vrednosti). Takođe, dat je i model Baldina za pozne otkaze koji potiču od strukturnih preopterećenja (zamora, habanja, starenja, korozije i drugih oblika slabljenja osnovne strukture [11].

U knjizi Gertsbakh, I. B., MODELS OF PREVENTIVE MAINTENANCE, North - Holland publishing company, Amsterdam-New York-Oxford, 1997. dat je prikaz velikog broja modela održavanja motornih vozila, kao i prikaz modela za određivanje optimalne periodičnosti dijagnostičkih stanja motornih vozila pri održavanju. Za primenu ovog modela neophodno je poznavati: zakonitost promene stanja vozila, troškove dijagnostike i preventivno i korektivno održavanje motornih vozila [39].

[11]. Barlow, R., Proschan, F.: MATHEMATICAL THEORY OF RELIABILITY, New York, 1996.

[13]. Baldin, A., Furlanetto, L.: ODRŽAVANJE PO STANJU, OMO, Beograd, 1999.

[15]. Барзилович, Е.Ї.: МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, "Высшая школа", Москва, 1998.

[39]. Gertsbakh, I. B.: MODELS OF PREVENTIVE MAINTENANCE, North-Holland publishing company, Amsterdam-New York-Oxford, 1997.

Бедняк, М. Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999. U knjizi su obrađene metode, analiza tehničkog stanja motornih vozila kao i modela dijagnostičkog održavanja sa kontrolom nivoa pouzdanosti. Takođe, predstavljeni su modeli preventivnog održavanja, Oni su dali doprinos u oblasti modeliranja dijagnostike stanja i njen uticaj na pouzdanost motornih vozila [20].

Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000. U ovoj literaturi prikazan je model koji određuje optimalnu kontrolu vozila minimiziranjem stanja u otkazu, kao funkciju kriterijuma uzima minimum stanja u otkazu minimalnog zastoja motornih vozila. Ovaj model povezuje broj dijagnosticiranja sa ukupnim vremenom otkaza (zastoja) motornog vozila. Određivanje optimalnog intervala dijagnostičkih kontrola motornog vozila uz maksimalnu gotovost sistema primenom modela koji se primenjuje na vozila specijalne namene čiji otkazi mogu dovesti do katastrofalnih posledica (vozila za prevoz opasnih materija). Primena ovog modela podrazumeva poznavanje frekvencije pojave otkaza, vremena potrebnog za dijagnosticiranje kao i vremena potrebnog za sprovođenja postupaka preventivnog i korektivnog održavanja. Jedan od osnovni ciljeva primene ovog modela je naći optimalnu vrednost intervala dijagnosticiranja radi postizanja maksimalne raspoloživosti (gotovosti) vozila [196].

Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЁГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000. U ovoj knjizi prikazan je model na osnovu maksimalne gotovosti koja se zasniva na definisanju mogućih stanja vozila i određivanja njegove raspoloživosti (odnosno gotovosti) motorna vozila. Dijagnostika stanja, primenom ovog modela može se razmatrati kao samostalna celina ili kao integralni deo sa održavanjem [217].

Харазов, А. М.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ЭФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 1996. U ovoj knjizi prikazan je model na bazi analize vektorskog procesa, zasniva se na analizu višedimenzionalnih dijagnostičkih parametara i njihovog svođenja na jednodimenzionalne. Radi se o pokušaju pojednostavljenja izrazito složenog multi dimenzionalnog procesa održavanja vozila. Ovo je moguće kada analizirani vektorski proces zavisi samo od delova motornog vozila koji međusobno nezavisno funkcionišu, pojava otkaza jednog dela ne utiče na pojavu otkaza drugih delova motornog vozila [216].

Корогодский, В. М.: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАДЁЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, Киевский государственный университет, Киев, 1998. Tehnički model periodičnosti dijagnostike stanja delova motornih vozila se zasniva na optimizaciji provere rada pojednih delova kao i pojave otkaza koje pratimo modelom pouzdanosti prema operaciji ili grupi operacija održavanja delova u radu

[20]. Бедняк, М.Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

[216]. Харазов, А. М.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ЭФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 1996.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЁГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

i prirodno grupisanje. Primenom ovog modela koristi se osnovna pretpostavka da su ukupni troškovi održavanja delova vozila, manja od ukupnih troškova održavanja pojedinih delova [101].

Adamović Ž, Zlatković D, Milenković D, DIJAGNOSTIKA PUTNIČKIH AUTOMOBILA, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2011. Ova knjiga bavi se procesom dijagnostike putničkih automobila sa primenom dijagnostike kao i zahteve koji predstavljaju pravi izazov za proizvođače da dostignu veću funkcionalnost, kvalitet i niže troškove uz veću efikasnost. Efikasnost, kao i pravo rešenje za ovu kompleksnu dijagnostičku problematiku ogleda se u kombinaciji sofisticirane, softverske opreme i mogućnosti serijske dijagnostike. Takođe, prikazane sve savremene metode koje su povezane sa zahtevima tehnologije za dugim i pouzdanim radom, malim zastojsima i relativno malim troškovima održavanja. Te metode se odnose na poboljšanje u konstrukciji komponenti, ispitivanja i reparacije vozila [3].

Говорушченко, Н. Я.: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Харьков, 1994. U ovoj knjizi prikazan je razvijeni algoritam za kontrolu nivoa pouzdanosti sastavnih delova putničkih automobila. Korišćenje održavanja prema stanju s kontrolom nivoa pouzdanosti, koje se bazira na obradi statističkih podataka u toku celog perioda eksploatacije. Najsloženiji zadatak ovog održavanja jeste operativna ocena pouzdanosti sastavnih delova putničkih automobila u eksploataciji. Potreba za rešenjem tog zadatka proističe iz neophodnosti upravljanja kvalitetom proizvodnje i opravke delova automobila određivanja efektivnost obavljenih aktivnosti u eksploataciji [40].

Ерифанов Л. И., Елифанова Е. А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ: УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ИЧРЕЖДЕНИЙ СРЕДНЕГО ПРОФССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., - 280 с.: (Серия Профессиональное образование), 2001. U ovoj knjizi dat je kriterijum tehničkog stanja, usvojen je nivo pouzdanosti, koji se izražava pokazateljima pouzdanosti. Za rešenje postavljenih zadatka treba obezbediti maksimalan broj informacija o tehničkom stanju delova vozila, i sprovesti određene uporedne analize sa drugim delovima, a na osnovu tih proverena biti kritičan sa promenama u procesu tehničke eksploatacije vozila u celini [52].

Minić S., DINAMIČKI MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PREMA STANJU MOTORNIH VOZILA, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1998. Razvijen je dinamički model koji omogućava optimalno, dinamičko upravljanje procesima promene stanja i održavanja vozila. Model je zasnovan na realnoj situaciji promena parametara stanja vozila namenjen za potrebu njihovog održavanja u granicama dozvoljenih odstupanja funkcije cilja pouzdanosti. Koristeći savremene metode modeliranja, simulacije i definisanjem metodologije razvoja promene parametara modela pouzdanosti [121].

[3]. Adamović, Ž, Josimović, L.J., Veljković, D., ЕКСПЛОАТАЦИЈА I ODRŽAVANJE MOTORNIH VOZILA, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[40]. Говорушченко, Н. Я.: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, Высшая школа», Харьков, 1994.

[52]. Ерифанов Л. И., Елифанова Е. А. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ: Учебное пособие для студентов ичреждений среднего профссианального образования – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., - 280 с.: (Серия Профессиональное образование), Москва, 2001.

[101]. Корогодский, В. М.: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ, Киевский государственный университет, Киев, 1998.

[121]. Minić, S.: DINAMIČKI MODEL PREVENTIVNOG ODRZAVANJA PREMA STANJU MOTORNIH VOZILA, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.

Варфоломеев В.Н., НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В РАБОТСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ НА БАЗУ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ: Автореферат дис. докт. техн. Наук. 32 с, - Киев, 1994. U ovoj knjizi dat je prikaz kako se može odrediti nivo pouzdanosti tehničkog sistema sa odabranim pokazateljima pouzdanosti. Korišćenjem pokazatelja kretanja otkaza mogu se odabrati odgovarajuće metode kontrole nivoa pouzdanosti. Nivo pouzdanosti kontroliše se putem upoređenja sa gornjom granicom regulacije u čijim granicama praćeni broj otkaza ima slučajni karakter. Gornja granica regulacije zasniva se na krivoj raspodele po Poasonu i upoređuje se sa usvojenom gornjom granicom otkaza. Dat je i precizan prikaz određivanja potpunih karakteristika pouzdanosti tehničkih sistema (funkcija pouzdanosti, funkcija nepouzdanosti, frekvencija pojave otkaza, intenzitet otkaza i srednje vreme bezotkaznog rada koje su nepohodne pri primeni odgovarajućih dijagnostičkih modela [27].

Duboka Č.: TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA VOZILA 1, Mašinski fakultet, Beograd, 1992. U ovoj knjizi obrađeni su parametri koji su dominantni uz različite funkcije kriterijuma. Neke od njih kao funkcije kriterijuma koriste: maksimalnu gotovost odnosno raspoloživost, postizanje maksimalne bezbednosti eksploatacije vozila i obezbeđenje maksimalnog profita, itd. Kao osnovni parametri u okviru modela uglavnom se koriste takozvane potpune karakteristike pouzdanosti (intenzitet, frekvencija pojave otkaza, funkcija pouzdanosti, funkcija nepouzdanosti i srednje vreme bezotkaznog rada [49].

Muždeka, S.: LOGISTIKA – LOGISTIČKO INŽENJERSTVO – POUZDANOST, POGODNOST ZA ODRŽAVANJE, GOTOVOST, INTEGRALNO TEHNIČKO OBEZBEĐENJE, Skripta, TU SSNO, 2000. U ovoj knjizi prikazan je model koji se koristi za određivanje dijagnostičkih stanja motornih vozila na osnovu postupaka održavanja. Primena ovog modela je moguća ako su poznati kriva verovatnoće pouzdanosti i ukupni otkazi pri održavanju. Analizirani model dijagnostike stanja tehničkog sistema se zasniva na poznavanju sledećih vrednosti verovatnoće uspešnog programiranja dijagnostike stanja, vremena potrebnog rada između otkaza, intervala preventivnog i korektivnog održavanja i odnos vremena potrebnog za sprovođenje korektivnog i preventivnog održavanja kao i uticaj na pouzdanost motornih vozila [136].

Kolegaev N.R.: OPREDELENIE OPTIMALNOJ DOLGOVEENOSTI TEHNIČESKIH SISTEM, Sovetskoe radio, Moskva. 1986. Ovde su date metode i modeli za određivanje optimalne frekvencije dijagnostičkih kontrola maksimiziranjem dobiti. Ove metode zasnivaju se na primeni teorije verovatnoće matematičke statistike, teorije sistema, teorije fazi-skupova, teorije neodređenosti i tzv. metoda „mekog inženjerstva“. Današnji napori u oblasti definisanja modela dijagnostike stanja i njihovog uticaja na pouzdanost motornih vozila kreću se u pravcu iznalaženja optimalnih rešenja sistema održavanja vozila primenom metoda višekriterijumske optimizacije [102].

[27]. Варфоломеев В.Н., НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В РАБОТСПОСОБНОМ СОСТОЯНИИ НА БАЗЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ: Автореферат дис. докт. техн. Наук. 32 с, Киев, 1994.

[49]. Duboka Č.: TEHNOLOGIJE ODRŽAVANJA VOZILA 1, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.

[102]. Kolegaev N.R.: OPREDELENIE OPTIMALNOJ DOLGOVEENOSTI TEHNIČESKIH SISTEM, Sovetskoe radio, Moskva. 1986.

[136]. Muždeka, S.: LOGISTIKA - LOGISTIČKO INŽENJERSTVO - POUZDANOST, POGODNOST ZA ODRŽAVANJE, GOTOVOST, INTEGRALNO TEHNIČKO OBEZBEĐENJE Skripta, TU SSNO, Beograd, 2000.

2.2 UTICAJ MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Na uvođenju savremenog sistema za upravljanje jedinstvenim automobilskim sistemom, u našoj zemlji se radi unazad niz godina. Do sada postignuti rezultati se ne mogu zanemariti, ali se za njih ne može reći ni da zadovoljavaju. Razloge za ovakvo stanje najverovatnije treba potražiti zbog ne sprovedenih istraživanja u nedostatku finansijskih sredstava. Takođe, urađeno je pre svega nekoliko pojedinačnih pokušaja vrednih pažnje, od kojih ćemo ovde pomenuti samo one najznačajnije.

"Studija matematičkog modela tehničke dijagnostike motornih vozila" je izrađena na Mašinskom fakultetu u Beogradu [90]. Cilj ove studije je bio razrada kompleksnog matematičkog modela koji omogućava praćenje oštećenja sklopova kao i merenje ostalih komponenti motornih vozila. Takođe, model rešava dijagnostičke parametre i prati stanje ispravnog rada i funkcionisanje komponentata u granicama dozvoljenih odstupanja.

Model, pored rešavanja navedenih problema, zadovoljava i dodatne zahteve, koji se mogu pojaviti u toku eksploatacije motornih vozila, kao što su:

- funkcionisanje i praćenje rada samo jednog sklopa i praćenje prema privremenoj strategiji dijagnostike stanja komponentata,
- promena parametara zbog izvesnih ograničenja i kontinuiranog praćenja komponentata motornih vozila.

Osnovne postavke dijagnostike stanja komponentata motornih vozila su:

- snimanje stanja sastavnih komponentata motornih vozila i njihovo korišćenje,
- usklađivanje rada motornih vozila sa odgovarajućim propisima, kao i obezbeđenje pojedinih dijagnostičkih parametara u radu,
- primena modela tehničke dijagnostike stanja na sastavnim komponentama vozila.

Projekat "Istraživanje i usvajanje metoda, tehnologija i sredstava u cilju razvoja fabrika budućnosti i obezbeđenja nezavisnosti i konkurentnosti u auto industriji", Mašinskog fakulteta iz Beograda, ima za cilj da unapredi metode maksimalne bezbednosti u toku eksploatacije motornih vozila. Dati projekat zahteva usavršavanje i primenu novih metoda i tehnologija dijagnostike stanja vozila kao i sredstava kako bi se na tržištu stekla konkurentna prednost i zadržala liderska pozicija u auto industriji.

Radi usavršavanja dijagnostike stanja i uopšte održavanja motornih vozila, neophodno je da se u proizvodnim službama u auto industriji obavezno vrši godišnje planiranje, a ujedno i praćenje odnosno kontrola postavljenih dijagnostičkih parametara kako bi bili u granicama dozvoljenih odstupanja. Sprovedena istraživanja ukazuju na neophodnost utvrđivanja režima, metoda, tehnologije i praćenja položaja dijagnostike stanja u cilju optimalne organizacije same dijagnostike vozila. Radi se o pokušaju procesa održavanja delova motornih vozila u radu usled pojave nastalih otkaza.

[90]. Knežević, J.: PRILOG FORMIRANJU MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MAŠINSKIH SISTEMA PREMA TEHNIČKOM STANJU, OMO, br. 5/1, Beograd, 1999.

2.3 UZROCI KOJI DOVODE DO NEISPRAVNOSTI MOTORNIH VOZILA

Svako motorno vozilo poseduje osnovne sisteme i agregate koji ga čine integralnom celinom. Njega karakteriše funkcija kretanja, posmatrana sa gledišta aktivne i pasivne bezbednosti, vezane za određenu vrstu delatnosti. Pored svojih specifičnosti, postoji zajednička osnova za sva motorna vozila koja se ogleda u praćenju komponenata i agregata koji im daju funkcionalnu integralnu celinu. Takođe samim tim se povećava pouzdanost vozila kao i opštu bezbednost u saobraćaju, praktično eliminiše oblike otkaza kao uzročnike saobraćajnih nezgoda.

Skup tehničkog stanja komponenata motornih vozila obuhvata sva ispravna i neispravna stanja sastavnih komponenti sklopova. Zadaci provere ispravnosti, provere radne sposobnosti, provere pravilnog funkcionisanja i istraživanja uzroka neispravnosti predstavljaju grupu opštih zadataka dijagnoze stanja komponenti motornih vozila.

Postupak dijagnoze stanja ima za zadatak, pre svega, istraživanje uzroka neispravnosti motornih vozila, zatim ukazivanje na uzroke i mesta pojave neispravnosti sklopova motornih vozila. Istraživanje se bazira na zameni sastavnih komponenti i otklanjanju grešaka u montaži istih.

Delatnost službe razvoja i održavanja u periodu rada i održavanja sklopova motornih vozila je upravo istraživanje neispravnosti. Koordiniran i konstantni rad ovih službi predstavlja neophodan uslov za proces "usavršavanja" komponenti motornih vozila, a poseban značaj za proizvođača sklopova ima sa gledišta kvaliteta. Interes korisnika takvih komponenti se ogleda u njegovoj većoj pouzdanosti u toku rada. U interesu proizvođača sklopova vozila je da takve nedostatke izražene u procesu eksploatacije otkloni, a učešće službe razvoja i održavanja u tome je značajno za oba partnera [48].

Potreba za raščlanjivanjem motornog vozila na sastavne komponente sklopova se javlja kao posledica istraživanja uzroka neispravnosti komponenti. Broj grupa određuje se prilikom istraživanja parametara stanja komponenti i zavisi od stepena njihove podele prema sklopovima vozila. Takav stepen detaljizacije omogućuje dubinsku dijagnozu.

U slučaju kod motornih vozila ili njenih sastavnih komponenata kada pretrpe havariju ili ako se mesto neispravnosti ne može odmah utvrditi, tada se pristupa pomenutoj dubinskoj dijagnozi. Zaključujemo da se dubinska dijagnoza najčešće primenjuje za lokalizaciju neispravnosti u okviru planiranih ispitivanja ili u slučaju havarije, kao i za određivanje količine i obima preventivnog održavanja pre redovnih intervala održavanja motornih vozila.

Tokom rada sklopova motornih vozila, a koje su u neproverenom stanju, dolazi do pojave prvih znakova neispravnosti. Da bi se odredila koja od neispravnosti je moguća, neophodno je izvršiti niz dijagnostičkih kontrola. Pri kontroli stanja komponenata neophodno je proveriti i kvalitet komponenti motornih vozila, proizvodnost, druge pokazatelje i uveriti se u ispravnost ili utvrditi moment pojave, mesto i uzrok otkaza komponenti.

[48]. Данов, В. А., Титов, Е. И.: Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, - 78 с., Москва, 1998.

Kod sastavnih sklopova motornog vozila, otkazi nastali na osnovu povišenih temperature i pohabanosti ležajeva, evidentirani su kontrolom prikupljanja podataka, tj. kroz organizaciju kontrole nivoa izmerenih veličina stohastičkih signala na izabranim mernim mestima.

Proučavanje otkaza na sklopovima motornih vozila ukazalo je na neophodnost primene metode analize otkaza koji nastaju usled povećanih radnih temperatura i pohabanosti ležajeva posmatranih komponenti sklopova. Ova metoda će biti iskorišćena u sagledavanju pouzdanosti rada komponenti analiziranih sklopova vozila.

Pravilno funkcionisanje rada komponenata motornih vozila ometaju neispravnosti koje mogu biti različite, a što se može utvrditi postupkom dijagnoze i načinom raščlanjivanja sklopova u različitim vremenskim uslovima. Na osnovu dobijenih rezultata izmerenih vrednosti, donose se odluke o preduzimanju postupaka preventivnog održavanja, a provere se sprovode na osnovu provere parametara stanja sklopova motornih vozila u svakom trenutku njihovog rada.

Uticaj pohabanosti ležajeva se smanjuje pri uvođenju parametara koji obuhvataju promenu zazora, što će biti objašnjeno detaljnije u poglavljima 4, 5 i 6. Takođe, izborom parametara smanjiće se temperatura i pohabanost ležajeva koje se odnose na promenu kvaliteta i sastava površina. Površina je u kvalitetu obrade IT 5 i kalajna legura, a sa primenom parametara isti je kvalitet obrade IT 5, ali je promenjen procentualni sastav kalajne legure [69].

Smanjenjem uticaja radnih temperatura potiče izborom parametara koji obuhvataju svakodnevnu promenu kontrole viskoznosti ulja (filtriranje, obogaćivanje aditivima) i to na svakih 20000 km pređenog puta komponenata motornih vozila.

U analizi sigurnosti funkcionisanja rada analiziranih sklopova, kao i u određivanju njihovih karakteristika pouzdanosti, poslužiće rezultati broja otkaza slabih mesta koji se javljaju u eksploatacionim uslovima. Istraživanje otkaza obuhvata iste na klipnjači, na kolenstom i bregastom vratilu, kao sastavnim komponentama motornih vozila (što će biti kasnije detaljnije prikazano u poglavlju 4).

Sklopovi motornih vozila, zbog svoje funkcionalnosti i konstruktivnih osobina, posmatraju se kao najsloženiji delovi mašinske tehnologije u rukovanju i mogućnosti primene parametara stanja, dok je konstruktivni deo sklopova izveden sa izradom komponenata visokog tehnološkog nivoa (veoma dobre obrade površina, postojanost kao i stabilnost), mada i ovde postoje određena kritična mesta [63].

Rezultati provere tehničke ispravnosti vozila, pokazuju da je procenat motornih vozila kojima se ne odobrava korišćenje u javnom saobraćaju zbog neispravnosti vrlo veliki. U velikom broju slučajeva ovo se odnosi na nedovoljnu efikasnost kočnog sistema. Može se zaključiti i da ovako istraživanje ima značaj sa ciljem povećanja stepena bezbednosti u saobraćaju u današnjici, koji svakodnevno odnose stotine ljudskih života.

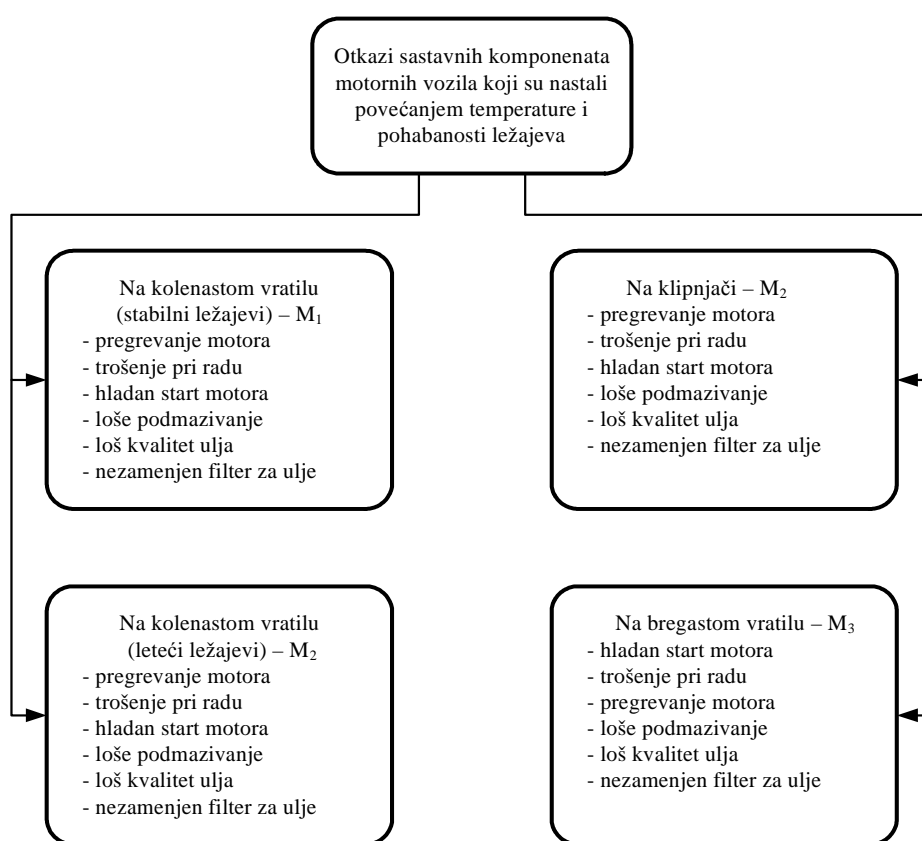
[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

Tokom celokupnog perioda korišćenja vozila, nastaju uticaji velikog broja spoljnih i unutrašnjih faktora, koji uslovljavaju odstupanja njihovih osnovnih karakteristika i parametara od nominalnih vrednosti. Da bi se radne karakteristike vozila održale u granicama predviđenih odstupanja ili ponovo postavile u željeno stanje, usavršeni su najnoviji sistemi dijagnostike, zavisno od karakteristika primenjene tehnologije i organizacije održavanja.

Praćenje određenih otkaza na komponentama vozila uslovljavalo je primenu novih metoda analize otkaza koji nastaju pod dejstvom povećanih temperatura i pohabanosti ležajeva na posmatranim komponentama.

Proučavanje pojave otkaza ukazuje na neželjene posledice u procesima eksploatacionog rada posmatranih komponenta motornih vozila, Volvo – D7C 275 i D9B 340, slika 2.1 [65]. Zabeleženi otkazi nastali su kao rezultat dejstva izmenjenih parametara kao što su radna temperatura, pohabanost ležajeva i sl. Ujedno, analiza ovih otkaza je obuhvatila karakter uzroka otkaza glavnih sklopova (odnosi se na analizu sklopa ležaja kolenastog i bregastog vratila – srce motora) kao i načine na koji su uzroci doveli do pojave otkaza komponentata.



Slika 2.1 Stablo otkaza na sastavnim komponentama motornih vozila – Volvo – D7C 275 i D9B 340, JGSP – Novi Sad [65]

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

2.4 OSNOVE TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE

Poslednjih godina smo svedoci da dijagnostika stanja vozila igra važnu ulogu u auto industriji i da komponente u vozilu imaju veću iskorišćenost, manju potrošnju, troškove održavanja i zagađenost životne sredine. Takođe, složeniji sistemi i komponente koje usled kvara dovode do neispravnosti ili potpunog zaustavljanja motornih vozila, što predstavlja vozilo kao značajan činilac bezbednosti u saobraćaju.

Zato se čak i proizvođači trude da dijagnostiku vozila što više uproste i približe serviserima. Dijagnostika vozila je postala veoma bitna i bez pomoćnih uređaja nemoguće je izvršiti pregled vozila. Za sve proizvođače su najbolji fabrički skeneri za određeno vozilo. Ako poznajete dolaznost određenih vozila u servis onda je najbolje da posedujete fabričke skenere za ta vozila.

Dijagnostika je tehnologija koja je, sa jedne strane, vezana za tehničko stanje vozila, tj. da samo vozilo dijagnosticira i sa druge strane ispravne komponente bez održavanja upotrebiti u vozilo radi obezbeđenja njegovog funkcionisanja. Alokacija dijagnostike u sistemu održavanja vozila proizilazi iz njene dvojne uloge [3].

Dugovečnost, pouzdanost i dijagnostika su uzajamno povezani parametri koji određuju tehničko stanje vozila u celosti. Dijagnostika se bazira na dovoljno razrađenoj naučnoj osnovi, na matematičkim i fizičkim metodama koje omogućuju postizanje optimalnih rezultata i kao takva predstavlja nov ogranak tehničke kibernetike. Osim toga, dijagnostika čini važan sastavni deo održavanja jer ona omogućuje da se bez prethodne demontaže odredi tehničko stanje vozila i predvidi resurs njihovog pouzdanog rada.

Dijagnostika se bavi pre svega stanjem vozila u trenutku posmatranja, ali i predikcijom (predviđanjem stanja u budućnosti), kao i retrospekcijom (prošlostu vozila). Tačnost predviđanja ponašanja vozila u budućnosti veća je ukoliko se zasniva na većem broju podataka o njegovom ponašanju u prošlosti, ali i ukoliko su poznati uslovi njegovog korišćenja i održavanja u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti [3].

Dijagnostika, kao sastavni deo održavanja prema stanju, treba da utvrdi tehničko stanje sastavnih komponentata sa određenom tačnošću u određenom trenutku vremena. Utvrđivanje radnog stanja sastavnih komponentata se ostvaruje primenom odgovarajućih savremenih instrumenata i na osnovu čulnih opažanja specijalista za dijagnostiku.

Dijagnostika je tehnologija vezana, s jedne strane, za stanje u kome se vozilo nalazi, a sa druge strane za sistem održavanja primenjen na njemu. Prema tome, dijagnostika predstavlja integralni deo konkretnog sistema održavanja. Postupci dijagnosticiranja baziraju se na kontrolama stanja vozila sa osnovnim ciljem utvrđivanja njegove ispravnosti. Automatizovani dijagnostički sistemi, umesto vozača, obezbeđuju objektivni i neprekidni nadzor nad radom vozila. U slučaju pojave bilo kakve neispravnosti u radu vozila automatizovani dijagnostički sistem upozorava vozača na potrebu da se izvrši odgovarajuća intervencija [62].

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

Sistem dijagnostike vozila obuhvata sledeće aktivnosti [3]:

- uspostavlja zakonitosti promene parametara stanja vozila i njegove pogodnosti za kontrolu;
- izbor dijagnostičkih parametara i određivanje karakteristika njihovih promena i veza sa parametrima stanja vozila;
- utvrđivanje normativa dijagnostičkih parametara;
- određivanje mogućnosti postavljanja dijagnoze;
- izbor, uz tehno-ekonomsko obrazloženje, odgovarajuće metode i mernih sredstava;
- određivanje optimalne procedure dijagnostike;
- utvrđivanje režima, tehnologije, kao i mesta i položaja dijagnostike u ukupnom sistemu održavanja vozila.

Kompleksna i moderna oprema za dijagnosticiranje motornih vozila mora da pruži kompleksne zahteve:

- paralelno testiranje i programiranje modula, smanjenje vremena i troškova, veća funkcionalnost,
- provera električne instalacije, delimično ili potpuno testiranje električne instalacije,
- podešavanje vozila i testiranje po zakonskim normativima, zakonskom regulativom definisan načina merenje emisije smeše izduvnih gasova iz motora,
- testiranje podsklopova podsistema-testiranje vrata, kabine, funkcionalnost senzora motora, prikupljanje podataka merenja, fleksibilan način povezivanja na različite sisteme,
- rešenje opravki-ispravljanje i pregled grešaka kao i selektivno obavljanje procesa, mogućnost priprema i upravljanja testovima i konfiguracije podataka za testiranje,
- upravljanje sistemom kvaliteta-prikaz za upravljanje informacijama o kvalitetu,
- pristup informacijama-mogućnost pristupa podataka između različitih platformi, kao i paralelni prikaz informacija za sistem praćenja i za sistem dijagnosticiranja,
- interfejs prema spoljnim snabdevačima.

Merenje veličina koje predstavljaju neko tehničko stanje, omogućuje se preko senzora. Senzor pretvara neku od fizičkih veličina u električni signal. Ovaj električni signal predstavlja informaciju. Ova informacija je predstavljena ili kao promena napona ili kao promena jačine struje. Svaki senzor predstavlja jednu mernu tačku. Merne tačke na vozilu se grupišu i sistematizuju, čime se omogućuje priprema i upravljanje testiranjem i konfigurisanjem.

Kako je moderna testna oprema zasnovana na osnovnim električnim signalima (jačina struje i napon) i komunikaciji, komunikacija se odvija preko tzv. serijskog dijagnostičkog linka. Ove informacije se prikupljaju u CM (Control Modules) kontrolni modul. Kako bi se komunikacija odvijala između različitih senzora i modula, postavljeni su standardi [196].

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Dijagnostika u auto industriji može se podeliti na četiri glavna područja primene [3]:

- dijagnostika u vozilu,
- proizvođačka dijagnostika,
- servisna dijagnostika,
- telemetrijska dijagnostika.

U moderna vozila ugrađuju se sistemi koji omogućavaju veću sigurnost i komfor. Dijagnostika u vozilu omogućuje nadzor sistema nad samim sobom i nad svim perifernim komponentama. Takođe, detektuje i čuva poremećaje i smetnje koje se detektuju u celom sistemu. Zahtevi koje treba da ispuni je kontinualno nadziranje svih karakteristika sistema, kao što su:

- fizički ulazi/izlazi,
- funkcionalno ponašanje sistema,
- konfiguraciju mreže.

Jedan od zahteva koje mora da ispuni sistem je čuvanje u nepromenljivu memoriju. Ovim se omogućuje da se naknadno očitavaju podaci, a zatim pristupi dubljoj analizi podataka. Takođe, sadrži set kondicija, mehanizme za neodskakivanje, maskiranje, načine sistema snage i inicijalizaciju podsekventnih merenja (npr, način rada u hitnim slučajevima, upozoravajuća signalizacija i dr.).

Kompleksnost proizvođačke dijagnostike sastoji se ne samo od dijagnostike delova, podsklopova i sklopova, nego i od konfigurisanja sistema. Paralelno se odvija provera funkcionalnosti i ispravnosti kao i konfiguracija modula. Ako deo koji se koristi u sistemu vozila, potiče od nekog drugog proizvođača, ovi delovi se takođe proveravaju i konfiguriraju radi prilagođavanja za postojeći sistem. Praktično nema proizvođača koji ima kompletan sopstveni sistem, nego koristi sisteme drugih usko specijaliziranih proizvođača za određene sisteme [3]. Sa druge strane postoje proizvođači koji u potpunosti imaju razvijene svoje sisteme koji se proizvode ili u svojim proizvodnim pogonima ili se uzdaju drugim proizvođačima. Bez obzira na poreklo komponente, ona se dijagnosticira i usklađuje za određeno vozilo. U svakom slučaju, pored ispravnih vrednosti, proizvođač mora dati i vrednosti koje se odnose za neispravno stanje kao i način njihovog rešavanja. Struktura ovih podataka koji se razmenjuju su različite dužine u zavisnosti od informacije koja se želi dalje obraditi. Novi sistemi čak registruju i arhiviraju serijski broj dela, koji se kasnije koristi za daljnju analizu i razvoj proizvoda ili za kontrolu kvaliteta automobila.

U savremena vozila ugrađuju se sistemi koji stižu od različitih snabdevača (OEM-Original Equipment Manufacturers). Dijagnostički platforma, softver, procesi i dijagnostička ekspertiza, kao i saradnja sa OEM-ovima su osnova za kreiranje rešenja u dijagnostici. Dobijeni podaci se moraju pružiti, do određenog nivoa, na uvid servisnom osoblju. Rešenje se ogledaju u četiri kompletna zahteva:

- univerzalnost i pogodnost za dijagnostiku svih vozila,
- mehanizaciju i automatizaciju operacija za dijagnostiku,
- stabilnost pokazivanja, jednostavnost, preciznosti osetljivosti uređaja,
- prikladnost i bezopasnost izvođenja dijagnostičkih radova itd.

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

Dijagnostička platforma daje okvire za dijagnostiku radi odabira pravih alata za širinu i dubinu dijagnostike. Dijagnostički softver se koristi kao alat za definisanje sekvenci i servisnih informacija za generisanje ekspertnih sistema za servisere. Spoljna dijagnostika se koristi za komunikaciju sa spoljnim testnim sistemom za efikasniju analizu grešaka i njihovo otklanjanje. Veza sa eksternim sistemom omogućuje programiranje varijanti u sistemu. Zahteve koje treba da zadovolji su: zapisivanje i čitanje statičkih podataka, zapisivanje i čitanje dinamičkih podataka, programiranje varijanti u nepromenljivu memoriju, programiranje, kontrola ulaza/izlaza i istovremeno normalno i dijagnostičko komuniciranje sa punom funkcionalnošću vozila [217].

Teledijagnozom podrazumevamo deo teleservisa, koji se bavi mernim vrednostima odnosno dijagnozom stanja vozila ili procesa na daljinu. Pri tome se posebna pažnja poklanja otklanjanju zastoja na vozilima korisnika. To znači, da servisna organizacija nudi pomoć u slučaju zastoja na vozilu, u vidu specijaliste koji daljinskim pristupom parametrima vozila, idealan način, bez organizovanja serviseru može da otkloni problem.

Danas su gotovo svi složeni tehnički sistemi opremljeni komunikacionim procesorima, tj. interfejsima i adapterima koji omogućavaju održavanje na daljinu u slučaju zastoja i otkaza [5]. Priključak omogućava da specijalista za proizvodni proces prikupi podatke i parametre sa vozila i stvori sliku o nastaloj situaciji i trenutno pristupi otklanjanju uzroka zastoja. Postoje tri tehnička rešenja u ostvarivanju ove komunikacije:

- daljinski pristup na procesni računar mašine korisnika preko modema pomoću standardnih alata za daljinski pristup,
- korišćenje multimedija za prenošenje pokretnih slika sa lica mesta preko interneta,
- individualna rešenja su pristupačna i bazirana na direktnom priključenju upravljačke/procesne jedinice na servisnu centralu.

Telemetrijske tehnologije modernih vozila omogućuje nove dimenzije u održavanju vozila kao i vezi između vozača i vozila. Ova tehnologija omogućuje duboke promene, tačnost kao i smanjenje troškova kod održavanja vozila i dijagnostici. Telemetrija kao tehnologija je interesantna za mnoge ciljane grupe koje su zainteresovane za izvođenje daljinske dijagnostike, profil vozača, nadziranje vozila i kontrolu.

Sistem za telemetrijsko upravljanje u vozilu je takav sistem koji je u osnovi softver koji služi da se napravi kompleksna aplikacija koja je u interakciji sa elektronskim modulima smeštenim u vozilo. Takođe su komponente usmerene ka OEM-ovim, telemetrijskim aplikativnim servis provajderima itd. [216]. Ovim se postiže, da se podaci iz vozila pretvore u informaciju za proces prikupljanja, analizu, sintezu i izveštavanje.

Sve veća složenost vozila i troškovi njihovog razvoja, u prvi plan ističu značaj pouzdanosti kao bitnog faktora kvaliteta i raspoloživosti. Vrlo je važno da sve što služi čoveku radi bez zastoja, sa što manje otkaza, pouzdanost da im je raspoloživost za upotrebu tokom celog životnog veka što veća. Ovaj značaj je još veći kada nepouzdanost funkcionisanja vozila ili njenih komponenata direktno utiče na bezbednost rukovooca.

[5]. Adamović, Ž, Ašonja, A., Teledijagnostika mašina, Duga knjiga, Sremski Karlovci, 2011.

[216]. Харазов, А. М.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ЭФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 1996.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

2.5 POUZDANOST, POGODNOST ODRŽAVANJA I RASPOLOŽIVOST MOTORNIH VOZILA

Pouzdanost se bavi izučavanjem zakonitosti pojava otkaza vozila i njihovih sastavnih komponenata. Takođe sa praktičnog stanovišta može se definisati kao svojstvo da vozilo radi bez otkaza pod određenim uslovima u određenom periodu vremena. Analiza pouzdanosti podrazumeva permanentno analiziranje otkaza sastavnih komponenata motornih vozila, kao i svih činilaca koji na određeni način utiču na njihovu pojavu [4].

U cilju kvantitativnog utvrđivanja karakteristika pouzdanosti sastavnih komponenata motornih vozila potrebno je: definisati uslove ispitivanja, odrediti parametre koji se posmatraju, definisati otkaz, odrediti obim uzorka, odrediti način uzorkovanja, definisati slučajne veličine, definisati plan ispitivanja prema konkretnom tipu ispitivanog uzorka, utvrditi vreme trajanja ispitivanja i odrediti funkciju raspodele slučajne veličine.

U slučaju da su poznate sve veličine stohastičkog uticaja, onda se uz pomoć proračuna verovatnoće mogu izvesti odgovarajući matematički odnosi za pogodnost održavanja i trajanja preostalog vremena korišćenja komponenata motornih vozila.

Za praktično korišćenje nije dovoljan samo jedan podatak očekivane vrednosti trajanja preostalog vremena korišćenja, jer na osnovu stohastičkih uticaja mogu da nastupe znatni neplanirani otkazi pri radu komponenti sklopova motornih vozila. U svakom slučaju potrebna je jedna prognoza koja bi obezbedila određenu pouzdanost rada bez otkaza.

U mnogim slučajevima je, za praktičnu primenu, delotvorni da se ne daje samo jedna prognostička vrednost trajanja rada komponenti preostalog korišćenja sa jednom određenom sigurnošću. Naprotiv, povoljno je da se daje više vrednosti trajanja preostalog korišćenja, koje se mogu postići sa različitom sigurnošću (npr. 90 – 95 %) [196]. Korisnik komponenti sklopova bi onda mogao da donese najbolju odluku o primeni motornog vozila u budućnosti.

Do kakvih sve komplikacija može da dovede prognoza trajanja korišćenja, pokazuje obrazlaganje mogućnosti prognoze trajanja preostalog korišćenja komponenti. Za praktičnu primenu potrebno je da se po mogućstvu koriste proste prognostičke metode, koje odgovaraju najmanjem stepenu informacija o štetnom ponašanju i zahtevima za jednostavno rukovanje.

Osnove za prognozu trajanja komponenti preostalog korišćenja moraju biti u jednostavnoj formi i lako dostupne, npr. kao tabele ili nomogrami. Jedana od merodavnih podloga za prognozu trajanja preostalog korišćenja jeste dobijanje primarnih podataka o toku oštećenja. Zbog toga je najpre moguća prognoza za tokove i vrsta habanja komponenti. Dobijanje primarnih podataka je veoma teško. Pri tome nisu pogodna ispitivanja na ispitnom stolu zbog jakih individualnih rasipanja tokova habanja. Najsvrsishodnija forma sastoji se u obuhvatanju i procenjivanju oštećenja u praksi prilikom dijagnostičkih postupaka i praćenja stanja komponenata motornih vozila [196].

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ. «Высшая школа», Москва, 2000.

Pored izrade dovoljno tačnih metoda prognoze trajanja preostalog korišćenja komponenti, uslovi za praktičnu primenu jesu tačnih postupaka dijagnoze i poznavanja tokova oštećenja. Korišćenje komponentata sklopova motornih vozila obuhvata nalaze pojedinačnih dijagnostičkih mera i trajanje korišćenja pojedinih sklopova motornih vozila. Takođe, predstavljene su analize izbora metoda, razrada modela prognoziranja i planiranja pri sprovođenju postupaka, kao i izbor parametara koji utiču na dobijanje rezultata dijagnoze stanja komponentata motornih vozila.

Dobro poznavanje statističke metode, kao i sposobnost do izbora parametara i njihove primene na stanja komponentata bitnih za analizu, omogućavaju ujedno i njenu optimizaciju. Pri tom se određene vrednosti parametara mogu prilagođavati u zavisnosti od dobijanja optimalnih vrednosti u toku rada sklopova motornih vozila (npr. promena temperature pri radu ležaja u određenom vremenskom intervalu).

Zadatak prognoziranja stanja radne sposobnosti komponenti u opštem slučaju sastoji se u sledećem: po dobijanju rezultata dijagnoze stanja sklopova motornih vozila treba oceniti njegovu radnu sposobnost u preostalom periodu funkcionisanja. Za ovo se mogu koristiti dva osnovna algoritma prognoziranja:

- ekstrapolacija,
- statistička klasifikacija.

Određivanje algoritama ekstrapolacije vrši se pomoću modela u određenom intervalu vremena (t). Određivanje algoritama statističke klasifikacije zavisi od stanja radne sposobnosti komponentata i parametara koji daju određena rešenja. Analiza procesa određivanja parametara daje optimalno stanje efektivnosti i vrši pripreme optimalnih metoda analize u radu komponentata motornih vozila.

Tehničko stanje komponentata sklopova motornih vozila predstavlja se korelacijom u obliku kriterijumske funkcije stanja rada komponente sklopova motornih vozila $f(K(t), R(t))$, gde je vrednost $f(t)$ jednaka [4]:

$$K(t) + R(t) = 1$$

gde je:

$K(t)$ – pouzdanost sklopova,

$R(t)$ – nepouzdanost sklopova.

U periodu vremena rada komponentata datog intervala $[t_0 - t_n] \in T_i$ ima pouzdanost $K(t_0), K(t_1), \dots, K(t_i), \dots, K(t_n)$ pri eksploataciji vozila u određenim momentima vremena $(t_0, t_1, \dots, t_i, \dots, t_n) \in T_i$ predstavlja funkciju verovatnoće pojave intervala „u otkazu“ tako da se pomoću analize modela uvodi korelacija $f(K(t), R(t))$, kao i značenje funkcija stanja „u radu“ komponentata $K(t_i)$ koja određuje funkciju gustine $K(t_{n+1}), \dots, K(t_{n+j}), \dots, K(t_{n+m})$ u intervalima vremena rada $(t_{n+1}, \dots, t_{n+j}, \dots, t_{n+m}) \in K_i(n_x)$ u vidu jednačine [4]:

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2011.

$$\frac{dK(t)}{dt} + \frac{dR(t)}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{dK(t)}{dt} = f(t) \Rightarrow \frac{dR(t)}{dt} = p(t)$$

$$p(t) = \frac{n - N}{N \cdot \Delta t} (\text{pojava} \cdot s^{-1})$$

gde je:

- n – broj stanja „u otkazu“,
- N – ukupan broj stanja (događaja, sastavnih komponenata),
- Δt – interval vremena posmatranja,
- T_i – oblast vremena rada komponenata u budućnosti,
- $K_e(t)$ – funkcija eksperimentalne analize pri radu komponenata,
- $f(K(t), R(t))$ – funkcija uvođenja korelacije stanja komponenata u radu,
- $P_i(x)$ – vrednosti analizirane funkcije raspodele u intervalu „u otkazu“.

Kumulativna funkcija gustine pojave stanja „u otkazu“ komponenata motornih vozila dobija se za slučaj neprekidnih promena funkcije stanja kao i funkcija gustine pojave stanja „u radu“ za slučaj neprekidnih stanja rada komponenata u vidu [4]:

$$R(t) = \int_0^{t_1} f(t) dt = 1 \Rightarrow K(t) = 1 - R(t) = 1 - \int_0^{t_1} f(t) dt \Rightarrow K(t) = \frac{n' - N'}{n'}$$

gde je:

- n' – ukupan broj sastavnih komponenata u trenutku $t_o = 0$,
- $(n' - N')$ – ukupan broj ispravnih sastavnih komponenata u trenutku posmatranja.

Srednje vreme do otkaza novih komponenata je definisana kao deo rada (T) časova i njegova pouzdanost za sledećih (t) časova rada komponenata pa će biti [4]:

$$T = \int_0^{\infty} K(t) dt \Rightarrow K(T, t) = \frac{K(T+t)}{K(T)}$$

Rezultate daju specijalna ispitivanja pri većim probama, u kojima će pomoću češćih promenljivih dijagnostičkih parametara biti najčešće praćene i obuhvaćene izmene stanja radne sposobnosti komponenti sklopova motornog vozila.

Analizom zadatih parametara, tj. proverom da li se nalaze u dozvoljenim granicama, određuje se stanje radne sposobnosti sastavnih komponenata. Posebno se posvećuje pažnja održavanju na bazi rizika, što predstavlja orijentaciju na kvalitet kritičnih komponenti sklopova motornih vozila najvišeg rizika.

Primenom pouzdanosti motornih vozila, a na osnovu dobijenih konkretnih rezultata, razvijene su metode koje će dati novi pristup povezanošću osnovnih optimizacionih parametara stanja sastavnih komponenti i njihov štetni uticaj na pouzdanost rada, kao i uticaj na pravilno preventivno održavanje komponenata motornih vozila [6].

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2011.

[6]. Adamović, Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

Izvršena analiza će poslužiti za dalja istraživanja komponenti motornih vozila, prenosa snage, biće preteča savremenog pristupa preventivnog održavanja. Na osnovu nje se mogu lokalizovati sve neželjene posledice koje mogu nastati usled povećane radne temperature i pohabanosti ležajeva. Izvršiće se optimizacija primene pojedinih postupaka tehničke dijagnostike kroz razne oblike dijagnostičkih parametara, a na osnovu toga bi se sprečili otkazi i povećala radna sposobnost komponenta motornih vozila.

Pogodnost održavanja definiše se kao verovatnoća da će projektovani postupak održavanja biti izveden u datom vremenu, datim uslovima okoline i pri minimalnim troškovima. Pri tome je pogodnost održavanja vezana za [6]:

- princip jednostavnosti strukture komponenta i pogodnost njihovog komponovanja (montaža, demontaža, laka zamenljivost, dostupnost),
- kvalitet gradnje sistema,
- uslove izvođenja aktivnosti održavanja,
- nivo integralne systemske podrške komponenta.

Pogodnost održavanja zavisi od više činilaca, kako unutrašnjeg, tako i spoljašnjeg karaktera. Spoljne faktore izučava logistika i teorija održavanja koja ukazuje na puteve optimizacije unutrašnjih faktora, koji proističu iz konstrukcije komponenta vozila: laka dostupnost komponentama, standardizacija i unifikacija ugrađenih sastavnih komponenta, redosled tehnologije u postupku održavanja, mogućnost zamene komponenta sa rezervnim istog tipa, dobar prilaz mestima podešavanja, mogućnost transporta, primena standardnih alata i pribora, lako zaustavljanje, lako puštanje u rad i dr. [3].

Verovatnoća da će projektovani postupak vozila dijagnosticiranjem stanja komponenta biti izveden u datom vremenu rada, uslovima okoline i pri minimalnim troškovima održavanja. Pri tome je pogodnost održavanja vezana za [3]: princip jednostavnosti strukture komponenta vozila i pogodnost njihovog komponovanja (montaža, demontaža, laka zamenljivost, dostupnost), kvalitet gradnje sistema, uslove izvođenja postupaka održavanja i nivo integralne systemske podrške.

Raspoloživost kod popravljivih sistema je verovatnoća da je sistem u prihvatljivom stanju, odnosno verovatnoća da će sistem u bilo kom trenutku vremena t biti raspoloživ, odnosno da će biti u stanju da radi ili da se uključi u rad, pod uslovom da je bio operativan u vremenu $t = 0$.

Svojstva karakteristike sistema održavanja ima i funkcija raspodele vremena trajanja postupaka održavanja, odnosno funkcija pogodnosti održavanja i na osnovu ove funkcije može se definisati više karakteristika i mernih veličina.

Raspoloživost predstavlja verovatnoću da će vozilo u bilo kom trenutku vremena ispravno da radi, tj. da se uključi u rad (ukoliko neposredno pre toga nije već bilo u radu). Očigledno je da postoje određene razlike u karakteru uključivanja u rad, u zavisnosti od toga da li se vozilo pre toga nalazio na korišćenju. Ako se vozilo nalazi na korišćenju, njegovo stanje je poznato te uključivanje u rad nije praćeno dodatnom neizvesnošću, pa postoji neizvesnost da li će da se uključi u rad ili ne [1].

[1]. Adamović, Ž., Tehnologija održavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1996.

[3]. Adamović, Ž., Josimović, L.J., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[6]. Adamović, Ž., Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

Ukoliko se komponente vozila u posmatranom periodu nalaze u rezervi, njegova raspoloživost se jednostavno može izraziti kao odnos vremena stanja u radu i ukupnog vremena posmatranja, tj. ukupnog vremena korišćenja. Uobičajno je da se ovako definisana raspoloživost zove gotovost, tj. gotovost je isto što i raspoloživost, ali pod uslovom da se u periodu posmatranja komponente nisu nalazili duže u rezervi ako se posmatra isključivo vreme korišćenja vozila.

Gotovost je jedna od osnovnih karakteristika sistema održavanja. Ona zavisi i od pouzdanosti, te stoga predstavlja kompleksnu karakteristiku, zbirnu meru kvaliteta komponenata u pogledu održavanja i pouzdanosti [4]. S obzirom da su činioci koji određuju vrednost gotovosti slučajni, to je gotovost karakteristika slučajnog karaktera.

Sama gotovost sistema vozila $G(t)$ se može definisati na više načina, zavisno od prilaza i ciljeva analize [2]. U opštem slučaju važi relacija:

$$G(t) = \frac{T_{ur}}{T} = \frac{T_{ur}}{T_{ur} + T_{uo}} = \frac{\sum T_{uri}}{\sum T_{uri} + \sum T_{uoi}}$$

gde je:

- $G(t)$ – funkcija gotovosti (do vremena t),
- T_{ur} – vreme u radu (do vremena t),
- T_{uo} – vreme u otkazu (do vremena t),
- $T = (T_{ur} + T_{uo})$ – ukupno vreme posmatranja.

Pošto su vremena komponenata u radu i u otkazu složene vremenske kategorije, definicija za gotovost može da se iskaže i na druge načine, u odnosu na pojedine periode iz vremenske slike stanja.

Funkcionalna pogodnost se može definisati kao verovatnoća da će se komponente vozila uspešno prilagoditi i vršiti funkciju kriterijuma u datom vremenu i u granicama određenim projektovanjem vozila ili funkcionalna pogodnost je funkcija složenosti sistema i predstavlja projektovanu vrednost koja se u tom vremenu ne menja tj. konstantna je.

Funkcionalna pogodnost $FP(t, \tau)$ označava meru fleksibilnosti sistema ili osnovni uslov koji treba zadovoljiti procesom projektovanja sistema [4]. Ona nije tokom vremena neka konstanta, već neka vremenski određena funkcija:

$$FP(t, \tau) = FP_z(t - \tau) \cdot FP_r(\tau)$$

gde je:

- FP_z – funkcija promene funkcionalne pogodnosti za vreme zastoja,
- FP_r – odgovarajuća funkcija za vreme rada.

Očigledno je da, ne važe konstatacije da je funkcionalna pogodnost konstantna, odnosno da se tokom vremena menja. Sa druge strane, i pored projektovanih uslova i režima rada nije moguće uvek postići propisane režime, i zadržati ih na istom nivou.

[2]. Adamović, Ž., Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997.

[4]. Adamović, Ž., Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

3.0 METODOLOŠKI KONCEPT

3.1 PROBLEM I PREDMET ISTRAŽIVANJA

Doktorska disertacija obuhvata problematiku formiranja modela dijagnostike stanja motornih vozila i njihov uticaj na pouzdanost motornih vozila, a na osnovu određenih vrednosti analizirane pouzdanosti. Njenom izradom dat je sistematizovan pregled metoda za izbor parametara u formiranju modela u užem smislu, a u širem smislu, ti modeli su primenljivi za sve sklopove vozila. U tehnološkom smislu, doprinos disertacije se ogleda u primeni metoda simulacije za izbor najboljih parametara i funkcionisanja sklopova, sa aspekta pouzdanosti sklopova, što bi se dokazalo na konkretnom eksperimentu sklopova motornih vozila.

Paralelnom spregom i analizom pouzdanosti, njihovim međusobnim uticajem i povezanošću, formiraju se parametri modela dijagnostike stanja kao predlog za donošenje potrebnih odluka za pouzdanost komponenata motornih vozila. Proces istraživanja modela predstavlja vezu između periodičnosti provere parametara stanja u radu i otkaza sastavnih komponenata na vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340. Simulacijom se može prognozirati vremenski trenutak zamene komponenti sklopova pre nego što dođe do njihovog otkaza.

Kod sastavnih sklopova motornih vozila, rešavanje problema dijagnostike ima veliki značaj iz razloga što je svaki složen sklop podložan otkazima, a dijagnostika će omogućiti i ustanoviti prirodu i mesto tog otkaza. Analizom parametara moguće je razviti model dijagnostike stanja za period rada komponenti. Njihov zadatak je provera stanja komponenti i postupaka preventivnog održavanja, kako ne bi došlo do pojave otkaza. Na osnovu ispravne dijagnostike stanja može se korigovati funkcionisanje, odnosno, može se zameniti neispravna komponenta prilikom održavanja motornih vozila.

Kod određivanja parametara stanja svih bitnih elemenata istraživanja, potrebno je objasniti razvoj sklopova motornih vozila kroz vremenske etape i njihov otkaz (objašnjeno u stablu otkaza na vozila Volvo – D7C 275). U njemu je prikazana analiza pojedinih dijagnostičkih parametara i korelacije koje se definišu algoritmom modela. Takođe, doprinos povećanju optimizacije u radu određenog vremenskog perioda i sigurnost funkcionisanja sklopova motornih vozila.

Problem istraživanja predstavlja analizu i sprovođenje izbora parametara dijagnostike stanja sa ciljem određivanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Za definisanje uticaja promena radne temperature i pohabanosti ležajeva u određivanju sigurnosti funkcionisanja sklopova motornih vozila, neophodno je postaviti pristup u analizi kontrole parametara, a koji obuhvata teorijsku i eksperimentalnu analizu.

Teorijska analiza obuhvata studiju problema, određivanje izbora parametara i vrednost analize funkcija pouzdanosti (utvrđivanje prirode i mesta pojave otkaza računskim određivanjem vrednosti na osnovu dobijenih eksploatacionih rezultata na vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340) i rešavanje problema dijagnostike stanja.

Eksperimentalna analiza obuhvata globalno poznavanje procesa rada komponenata i identifikaciju dobijenih rezultata i eksploataciju (dobijanje vrednosti rezultata na izabranim mernim mestima).

Pravilan izbor parametara za formiranje modela, teorijska i eksperimentalna analiza sastavnih komponenata motornih vozila predstavljaju predmet istraživanja. Isti čini i izbor određenih metoda rešavanja uz primenu modela dijagnostike stanja i njegovog uticaja na pouzdanost motornih vozila. Stoga se u predmetnom istraživanju analiziraju sve funkcije koje određuju pogodnost sistema dijagnostike. Formiranjem modela dijagnostike stanja predviđa se mogućnost primene najznačajnijih parametara teorijske i eksperimentalne analize. Na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice sigurno ispravnog i optimalnog rada i oblasti rizika.

Normalne vrednosti radnih parametara se po pravilu određuju statistički, obradom rezultata merenja na više novih, ispravnih i ispitivanih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 u određenom periodu, dok se granične vrednosti parametara stanja komponenti mogu bazirati na čitavom nizu kriterijuma, od kojih je najuniverzalniji kriterijum minimalizacije troškova po jedinici vremena rada.

Održavanje na bazi rizika se uvodi kada je reč o strukturi sastavnih komponenata motornih vozila i ono je usmereno na upravljanje vekom trajanja i složenosti kritičnih komponenata motornih vozila. Ovde će se analizirati rizici za određene komponente motornih vozila, a rangiranjem određujemo kritične komponente na koje treba obratiti posebnu pažnju. Zbog složenosti ovog problema u istraživanju su, osim dijagnostike, sadržani i elementi procesa eksploatacije vozila, veze sa sistemom pouzdanosti, ograničenja pri formiranju modela uslovljena kapacitetima radnih mesta i drugim resursima itd. Analiza podataka o otkazima sistema na vozilu i njihovo korišćenje pri dijagnosticiranju, sigurnosti funkcionisanja komponenata sklopova vozila se takođe obuhvataju predmetom istraživanja. Predmet istraživanja predstavlja mogućnost razvoja raznih metoda i aktivnosti koje su se oslanjale na discipline kao što su projektovanje, testiranje i mnoge druge, a treba da reaguju pri otkazu komponenata sklopova motornih vozila. Imajući to uvidu, cilj je povezati ove oblasti koje su se jako mnogo razvile.

Predmet istraživanja je određen opštim saznanjem o optimalnom rešenju održavanja, promene parametara stanja vozila koje se zasnivaju na metodologiji postupaka održavanja i njihovog uticaja na pouzdanost i to ne samo na metodama koncepcije preventivnog održavanja, već i na model dijagnostike stanja. Pri tome se motorno vozilo posmatra na nivou sastavnih komponenata, uz optimalno grupisanje pojedinih postupaka održavanja. Na taj način se značajno snižavaju i troškovi održavanja.

Modeli dijagnostike stanja i pouzdanosti i primena preventivnog održavanja komponenata su određenim parametrima definisani i primenjuju se u praksi na vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340. Postoji potreba da se izvrši provera ovih modela kako u teoriji, tako i u praksi.

Jednu od najvitalnijih funkcija sistema održavanja vozila čini planiranje praćenja preventivnog održavanja motornih vozila. Ona proističe iz činjenice da dijagnosticiranje predstavlja najvažniji deo logističke podrške sistemu za koji posmatrana vozila predstavljaju održavanje komponenata vozila. Sistemskim planiranjem se obezbeđuje kvalitetno funkcionisanje upravljanja održavanjem. Izvršenje upravljačkih funkcija odvija se na više mesta, ali prema predloženom modelu, strateški značajno mesto predstavlja ulaz u sistem dijagnostike stanja vozila. Na ovom mestu vrši se usmeravanje vozila na pojedina mesta za izvršenje dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.

3.2 CILJ ISTRAŽIVANJA

Teorijski i empirijski, kontrolisano, sistematsko i kritičko ispitivanje hipoteze formiranja modela dijagnostike stanja motornih vozila uz izbor najznačajnijih parametara u određivanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti sklopova vozila, javlja se kao glavni cilj istraživanja. Određenim vrednostima analizirane pouzdanosti treba definisati model dijagnostike stanja za vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 na osnovu modela blok dijagrama i mernih mesta. Zato se na bazi detaljnih analiza vrši:

- kontrola kvaliteta izabranih parametara koji će odrediti granicu sigurnog rada do trenutka pojave rizika, kao i analiza pouzdanosti pri formiranju parametara dijagnostike stanja,
- analiza zabeleženih otkaza i provera stanja rada komponenti sklopova i identifikacija svih rizika sa stanovišta prekida radnih procesa, bezbednosti, sigurnosti rada komponentata sklopova motornih vozila i dr.,
- sprovođenje mera koje treba preduzeti da bi se svi značajni rizici smanjili, odnosno da bi se smanjila verovatnoća nastanka otkaza, kako bi posledice tih događaja bile prihvatljive.

Izvršenom analizom istraživanja obuhvatiće se planiranje preventivnog održavanja prema stanju iz činjenice da je dijagnosticiranje najvažniji deo logističke podrške sistemu za održavanje komponentata posmatranih motornih vozila:

- izradom modela dijagnostike stanja koji će izborom parametara omogućiti kvalitetnu analizu njihovog uticaja na pouzdanost komponentata motornih vozila,
- primenom odgovarajućeg metoda u praksi u cilju postizanja maksimalne pouzdanosti, kao i rizik koji se smanjuje u zavisnosti od zabeleženih ukupnih otkaza.
- rešavanjem relevantnih pitanja preventivnog održavanja: kada treba sprovesti odgovarajuće postupke održavanja da bi se obezbedio zahtevani nivo pouzdanosti vozila, kada treba vršiti sledeću proveru stanja i kolika je vrednost parametra stanja.

Cilj disertacije je razvoj modela dijagnostike stanja, kao i razvoj promene parametara stanja i preventivnog održavanja motornih vozila, sa zadatkom izbora, analize i aplikacije najpovoljnijih optimalnih modela dijagnostike stanja, na bazi sistemskog prilaza i metoda modeliranja i simulacije komponentata motornih vozila. Takođe je da se odredi stepen uticaja parametara na pouzdanost sastavnih komponentata motornih vozila, kao i granice rada komponentata u zavisnosti od merodavne pouzdanosti i vrste raspodele.

Za izvršenje postavljene funkcije cilja istraživanja koja proizilazi iz značaja praćenja pojave otkaza na komponentama motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 u periodu praćenja rada od 30.06.2009. god. do 31.12.2013. god. Ujedno, sistem održavanja mora da obezbedi i postupke otklanjanja već nastalih otkaza, kao i stvaranje mogućnosti preventivnog održavanja, njegovog trajanja i periodičnosti, kako po nivoima održavanja i vrsti, tj. tipu vozila, tako i za svako vozilo pojedinačno. Na taj način treba da budu stvoreni uslovi za visoku efektivnost vozila i istovremeno za permanentno usavršavanje sistema održavanja.

3.3 HIPOTEZA ISTRAŽIVANJA

Osnovna hipoteza je da se formiranje složenog modela dijagnostike stanja, koji bi omogućio kompleksnu ocenu stanja motornog vozila i optimalno, upravljanje procesom održavanja, može realizovati metodom kombinovane primene optimalnih matematičkih modela održavanja, na nivou sastavnih komponenata. Izborom koncepcije održavanja i uspešnom primenom optimalnog modela, moguće je automatizovano upravljati procesom preventivnog održavanja i na taj način obezbediti zahtevanu pouzdanost i gotovost motornog vozila i smanjiti troškove održavanja, preko kojih se meri ili ocenjuje kvalitet sistema održavanja.

Metode dijagnostike stanja bi trebalo razraditi na pomenutim osnovama, a time povećati nivo pouzdanosti motornih vozila. One treba da su zasnovane na izboru parametara i formiranju modela dijagnostike stanja vozila radi postizanja maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti u radu. Rešenja do kojih se došlo istraživanjem, odnosno analizirani i definisani matematički model dijagnostike stanja komponenta motornih vozila proveren je metodom simulacije.

Model će biti primenljiv u planiranju otkaza, koji definiše strategiju i promenu stanja rada komponenata sklopova vozila. Ovakav model može se primenjivati kako na jednostavne, tako i na složene sisteme bez obzira na gabarite komponenata sklopova vozila. Uspešno izvršena analiza parametara stanja komponenti koje utiču na model za utvrđivanje optimalne vrednosti izvođenja dijagnostike, je u funkciji postizanja maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti komponenata sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340, koje je uzeto kao reprezent za istraživanje.

Glavna hipoteza koja je obuhvaćena ovom doktorskom disertacijom ima za cilj postizanje višeg nivo pouzdanosti rada sastavnih komponenti motornih vozila.

Ona glasi: "Definisati model dijagnostike stanja radi postizanja maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti motornih vozila".

Pored glavne, postoje i pomoćne hipoteze bez kojih nije moguće formirati jednačinu modela dijagnostike stanja u radu. One obuhvataju:

- analizu stabla otkaza sklopova sastavnih komponenata motornih vozila uz izbor mernih mesta gde će se vršiti merenja kao i prikaz nepovoljnih posledica,
- uspostavljanje korelacija na osnovu analitičkog polinoma višeg stepena $(P-R)(t)$, sprovedeno preko matematičkog programa, kao i izradom potprograma,
- definisanje metodologije dijagnostike stanja i uticaj pouzdanosti kočionih sistema na osnovu korekcionih vrednosti pouzdanosti rada komponenata sklopova.

Zadatak istraživanja dijagnostike stanja je da izvrši izbor najboljih parametara pri određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Stvaranje mogućnosti za automatizovanu optimizaciju sadržaja preventivnog postupaka održavanja, njegovog trajanja i periodičnosti, kako po nivoima održavanja i vrsti, tj. tipu vozila, tako i za svako vozilo pojedinačno, jeste takođe istraživanje. Na taj način treba da budu stvoreni uslovi za visoku efektivnost vozila i za permanentno usavršavanje sistema održavanja.

3.4 METODE IISTRAŽIVANJA

Istraživanje se bazira na naučnim postavkama i matematičkim metodama koje su već afirmisane u teoriji pouzdanosti, dijagnostike stanja i održavanja vozila, pre svega na metodama operacionih istraživanja, odnosno metodama modeliranja i optimizacije sistema održavanja, metodama teorije verovatnoće i matematičke statistike, te višekriterijumske analize. Primenjene metode koje će se koristiti u ovoj disertaciji su: statistička metoda, metoda analize, metoda modelovanja i metoda naučnog ispitivanja.

U toku rada su korišćena eksperimentalna istraživanja u vezi primenjenosti komponenata motornih vozila koja se bazira na dva osnovna strateška opredeljenja: definisanje opšte strukture dijagnostike, koja se vrši na osnovu uticaja pouzdanosti i izrada modela dijagnostike koji utiču na stepen pouzdanosti motornih vozila.

Statistička metoda utvrđuje parametre i pokazatelje koji su praćeni u toku obrade i analize dobijenih podataka u funkciji određenih kriterijuma i preko kojih se najčešće ocenjuje optimalan period postupaka dijagnostike stanja. Analiziraće se pojedine komponente, podsklopovi i sklopovi motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 i ponašanje određenih pokazatelja koji su bitni za analizu.

Metoda analize zasniva se na analizi komponenata sklopova motornih vozila. Svoju primenu, ova metoda je našla u postupku rastavljanja motornih vozila na sastavne komponente sklopova. U okviru nje postoji i razvijena je verovatnoća nastanka neželjenih događaja, tako da se javljaju: dijagnostika komponenata sklopova motornih vozila na bazi rizika i postupci održavanja komponenata sklopova motornih vozila na bazi rizika.

Metodom modelovanja na osnovu postojećih, a uz korišćenje još nekih modela, za utvrđivanje dijagnostike stanja, mogao bi se razviti i sopstveni prilaz za utvrđivanje dijagnostike stanja motornih vozila. U završnom delu rada izvršiće se uporedna analiza pojedinih komponenti sklopova motornih vozila iz koje bi trebalo da se vidi vrednost za utvrđivanje dijagnostike stanja motornih vozila.

Metoda ispitivanja je našla svoju primenu na modelu koji obuhvata zavisnost temperature i pohabanost komponenata analiziranih sklopova i pohabanosti njihovih ležajeva, čime je definisan radni vek komponenti na osnovu analize otkaza i ujedno dobijen algoritam za sprovođenje monitornog stanja sigurnosti funkcionisanja komponenata sklopova motornih vozila. Pre izbora metode predviđanja neophodno je razviti koncept održavanja i definisati potrebu za korektivnim i preventivnim održavanjem. Statistička raspodela se koristi za utvrđivanje srednjeg i maksimalnog vremena održavanja, mora se posmatrati u stvarnim uslovima pod kojima će se vozila koristiti.

Jedno od prvih razmatranja pri izboru metode predviđanja je proučavanje mogućnosti raznih metoda u odnosu na ograničenja koja se postavljaju zbog prirode samog motornog vozila. Na osnovu raspoloživih podataka za dato motorno vozilo bira se metoda koja najviše odgovara, pri čemu se uzimaju u obzir uslovi korišćenja, priroda komponenata i planirani koncept održavanja. Ekstrapolacija je proces zaključivanja ili predviđanja iznad poznatih informacija u oblasti koja je u izvesnoj meri nepoznata. Primenjena na pogodnost održavanja, ekstrapolacija se bavi predviđanjem karakteristika održavanja novih komponenata na osnovu njegovih konstrukcijskih karakteristika i na osnovu utvrđenih veza između konstrukcijskih karakteristika i karakteristika održavanja sličnih komponenata.

3.5 ORGANIZACIJA ISTRAŽIVANJA

Osnovna ideja za primenu modela dijagnostike stanja, koja počiva na uzajamnoj vezi kontinualne promene parametra stanja i pouzdanosti, jeste da se na osnovu organizovanog praćenja promene parametra stanja, kojeg treba prethodno identifikovati, odredi stanje sastavne komponente vozila i da se na bazi tako dobijenih rezultata provere stanja i donese odluka, za zahtevani nivo pouzdanosti, o sprovođenju postupaka preventivnog održavanja ili korišćenju komponenata do sledeće provere stanja, odnosno da se na taj način realizuje optimalno, upravljanje procesom preventivnog održavanja.

Sistemske planiranjem preventivnog održavanja obezbeđuje se kvalitetna funkcija upravljanja održavanjem. Izvršenje upravljačkih funkcija može se odvijati na više mesta, ali prema predloženom modelu, strateški značajno mesto predstavlja ulaz u sistem dijagnostike stanja motornih vozila, gde se može vršiti usmeravanje vozila, tj. upućivanje na konkretna mesta za izvršenje dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.

U slučaju da dođe do većih odstupanja proračunskih podataka od stvarnih, treba iznova ponoviti nove ulazne podatke. Radi uspešnog ostvarenja postavljenog cilja doktorske disertacije, istraživanja su organizovana u okviru sledećih faza:

Prva faza istraživanja obuhvata analizu literarne građe iz predmetne oblasti motornih vozila radi sagledavanja domaće nauke i prakse i njihovog poređenja sa iskustvima razvijenih zemalja u svetu.

Druga faza istraživanja sadrži postavljanje modela dijagnostike stanja i njegov uticaj na pouzdanost motornih vozila, kao i njegova primena i raspoloživost u praksi. Upravo njegovom primenom, izvršena je provera i vrednovanje metoda dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 u sledećim autotransportnim preduzećima: JGSP Novi Sad, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš–Ekspres“ a.d. Niš, „Lasta“ d.o.o. Beograd, „Euroline“ d.o.o. Paraćin i „Proplanak“ d.o.o. Kruševac.

Treća faza istraživanja zasniva se na analizi dobijenih rezultata vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 i potvrđivanju hipoteza.

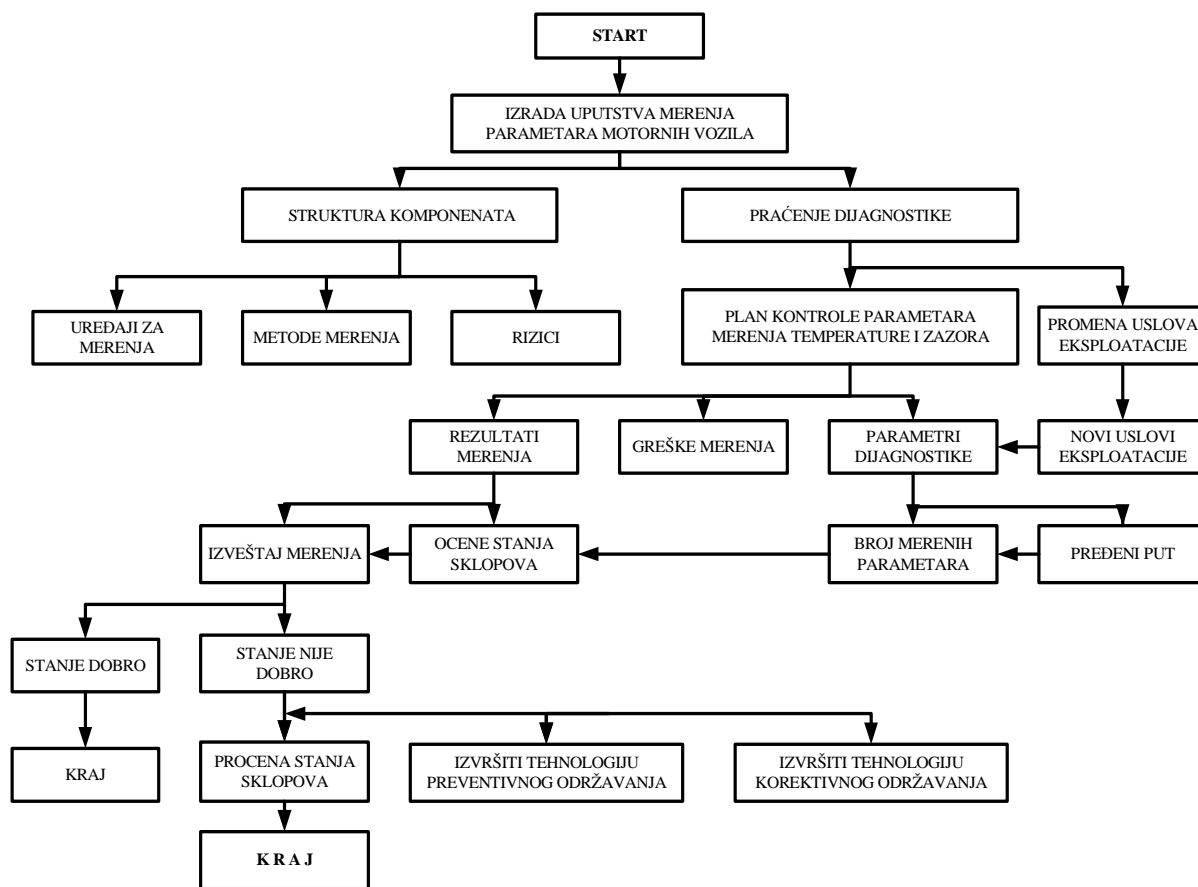
Na osnovu teorijskih i eksperimentalnih istraživanja u okviru doktorske disertacije, došlo se do zaključaka datih kroz prikaz naučnih doprinosa, pitanja koja se „otvaraju“ sprovedenim istraživanjima i dokaza postavljene hipoteze pre početka istraživanja.

Izbor odgovarajuće metode ispitivanja i opreme za merenje, vrši se povezivanjem mernih instrumenata na mernim mestima. Informacije i intervencijske promene koje nastaju, registruju se na dijagramima u cilju postizanja optimalnih modificiranih stanja rada sastavnih komponenata sklopova motornih vozila.

Kroz sledeća dva pristupa obuhvaćena je metodologija analize merenja i kontrole nivoa dijagnostike stanja na karakterističnim mernim mestima analiziranih sklopova motornih vozila: teorijskom analizom i eksperimentalnom analizom.

Teorijska i eksperimentalna istraživanja su u ovoj disertaciji obavljena prvenstveno sa ciljem unapređenja dijagnostike stanja motornih vozila, a kroz davanje modela, kojim su obuhvaćeni svi relevantni uticajni faktori koji utiču na njihovo tehničko stanje.

Analiza merenja i kontrole nivoa dijagnostike stanja motornih vozila Volvo D7C 275 i D9B 340 je interaktivni postupak, pri čemu se prvo postavlja teorijski model, a zatim eksperimentalni (prikaz na slici 3.1) [64].



Slika 3.1 Blok dijagram analize merenja i kontrole parametara temperature i zazora dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [64]

U ovim oblastima eksploatacionog vremena t , vršice se stalna provera uticaja temperature i pohabanosti ležajeva, jer oni utiču na siguran i ispravan rad komponenata motornih vozila, tj. njihov eksploatacioni rad bez rizika [196].

Često se koriste pokazatelji koji su dobijeni u laboratorijskim uslovima sa visoko stručnim ljudstvom za održavanje skloпова motornih vozila, što ima za posledicu dobijanje vrednosti koje ne odgovaraju stvarnim uslovima korišćenja.

Utvrđivanje srednjeg aktivnog vremena održavanja bazira se na kvalitativnim karakteristikama konstrukcije komponenata vozila. Vremena održavanja dobijaju se iz raspoloživih podataka za slične sisteme, podataka dobijenih u raznim fazama razvoja, stručnim rasuđivanjima, simulacijom i sintezom, proverom konstrukcije, metodom tabelarnih matrica i ekstrapolacijom.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

3.6 NAUČNA I DRUŠTVENA OPRAVDANOST ISTRAŽIVANJA

Naučna i društvenu opravdanost istraživanja zasniva se prvenstveno na potrebi za iznalaženje rešenja modela preventivnog održavanja motornih vozila, koji bi bio osnova za fomiranje tzv. baze znanja u okviru fleksibilnih servisnih sistema. Analizirani model u okviru disertacije treba da doprinese unapređenju problematike. Održavanja prema stanju u okviru koje dijagnostika stanja ima ključnu ulogu.

Podaci dobijeni od odgovarajućih senzora i davača, ugrađenih na savremenim vozilima, potiču iz baze podataka, pa u koliko se koriste na pravi način u okviru baze znanja, uz poštovanje određenih kriterijuma i ograničenja, omogućiće dobijanje korisnih informacija za funkcionisanje motornog vozila.

Usavršen je model pouzdanosti koji prikazuje blok model sa redosledom organizacije raspodele dijagnosticiranja komponenti sklopova motornih vozila. Primena je praćena analizom sigurnosti rada sklopova i uvođenjem postupaka izbora parametara stanja komponenti koji direktno utiču na povećanje dužine rada motornih vozila.

Optimizacija postupaka dijagnostike stanja, izborom najboljih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenta sklopova motornih vozila, čini naučnu opravdanost ovih istraživanja. Algoritmom koji daje potpunu definiciju određivanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti motornih vozila, prikazana je metodologija istraživanja postupaka dijagnostike stanja.

Postupkom dijagnostike stanja analiziranih sklopova, praćena je primena modela i prikazan je algoritmom koji daje potpunu metodologiju u određivanju sigurnosti funkcionisanja komponenta motornih vozila. Na ovaj, način povećana je produktivnost rada motornog vozila, veća bezbednost u saobraćaju i opravdanost uvođenja modela pri radu komponenta [63].

Veća bezbednost i sigurnost saobraćaja smanjiće štetne posledice, metodama i merama aktivne bezbednosti. Takođe smanjiti saobraćajne nezgode, verovatnoća da se desi nezgoda i smanjenje šansi da posledice nezgode budu veće. Sva pažnja biće usmerena na probleme koje se odnose na pouzdanost u radu i potrebu za čestim stajanjima, popravkama, probleme uključivanja motora itd.

Ostvareni rezultati, bazirani na datim istraživanjima, a koji predstavljaju naučni i društveni doprinos predmetnoj problematici, omogućili su proveru i dokazivanje glavne hipoteze i postavljanje pomoćnih hipoteza ove disertacije. Na dijagramu eksploatacije, zabeleženi su otkazi već posle 500000 km, na osnovu kojih možemo da konstatujemo da nijedna komponenta neće imati radni vek duži od 1300000 km pređenog puta [63].

Model pouzdanosti, baziran na određenim vrednostima analizirane pouzdanosti, zasniva se na model blok dijagramu o mernim mestima motornih vozila. Takođe, sa primenom izabranih novih dijagnostičkih parametara stanja, ima preventivni karakter, koji ćemo obezbediti stalnim praćenjem parametara stanja motornih vozila, radi blagovremenog otkrivanja promena dozvoljene vrednosti parametara stanja ili radi otkrivanja graničnih vrednosti parametara stanja pri kojoj se javlja otkaz.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

3.7 OČEKIVANI PRIVREDNI REZULTATI U SAOBRAĆAJU

Rezultat istraživanja predstavlja razvijeni model dijagnostike stanja, kao i razvoj i verifikaciju naučno zasnovane metodologije za optimalne, dinamičke promene parametara stanja i održavanja motornih vozila. Osnovni zadatak je pravilan izbor, analize i aplikacije najpovoljnijih optimalnih modela na bazi sistemskog prilaza, metoda modeliranja i simulacije na komponentama motornih vozila.

Za očekivane rezultate u saobraćaju i normalno funkcionisanje većine savremenih motornih vozila, potrebni su sistemi dijagnostike stanja, upravljanja i zaštite. Zadatak sistema upravljanja je održavanje motornih vozila u cilju postizanja tačnosti u određenim granicama. Na ovaj način se povećava stepen bezbednosti u saobraćaju čime se povećava i njegov intenzitet, a što vodi daljem privrednom razvoju.

Intenzivni privredni razvoj motornih vozila zahteva, pored ostalog, i stalna usavršavanja postupka dijagnostike stanja motornih vozila. Kao rezultat rastuće kompleksnosti i dinamike procesa dijagnostike stanja i sve težeg praćenja njihovog uticaja na pouzdanost, javljaju se težnje da se razviju nove metode modeliranja i optimizacije samog procesa. Postoji posebna težnja za formiranjem modela koji će omogućiti određivanje uticaja pohabanosti ležajeva na pouzdanost motornih vozila.

Sprovedenjem dijagnostike stanja motornih vozila u saobraćaju u cilju donošenja odluka o određivanju postignutih temperatura i stepena pohabanosti ležajeva, potrebne su proverene i veoma obimne informacije. Zbog toga je za efikasno praćenje procesa ispitivanja ležajeva, nužno koristiti savremene informatičke tehnologije i snažnu softversku i hardversku podršku. Svaka sastavna komponenta motornih vozila, po pravilu, karakteriše se nekom svojom zakonitošću usled promene parametra stanja, pa se postavlja problem njenog definisanja, a što je jedna od osnovnih barijera za laku primenu koncepcije preventivnog održavanja prema stanju.

U fazi životnog ciklusa u kojoj se motorna vozila koriste, odnosno u kojoj se realizuje njihova funkcija cilja, sistemski prilaz posebno ukazuje na značaj dijagnostike stanja i njenog uticaja na pouzdanost, odnosno na postupke i metode koje u uslovima verovatne pojave otkaza, poremećaja i drugih nepovoljnih stohastičkih uticaja treba da obezbede rad vozila na zadovoljavajući način. Ovi postupci su uslovljeni svojstvima motornih vozila koja se održavaju, ali i osobinama i karakteristikama procesa i sistema održavanja. Upotrebnost kvaliteta motornih vozila, koji predstavlja njegovo kompleksno svojstvo stohastičkog karaktera, eksplicitno je zavisano od svojstava motornog vozila, ali i od valjanosti dijagnostike stanja i kvaliteta procesa i sistema održavanja.

Dijagnostika stanja motornih vozila u pogledu dinamike i sadržaja sprovođenja mora biti vrlo brižljivo odmerena i strogo usklađena sa stvarnim potrebama. U protivnom može se dobiti suprotan efekat. Umesto visoke pouzdanosti, gotovosti i efektivnosti, nepažljivo i prečesto sprovođenje, naročito složenih i dugotrajnih postupaka održavanja, može izazvati pojavu drugih, dodatnih i još ozbiljnijih otkaza, posebno usled pohabanosti ležajeva, čime se može značajno smanjiti pouzdanost i efektivnost, uz osetno povećanje troškova. Zato treba naći takva rešenja dinamike sprovođenja održavanja vozila koja će obezbediti maksimalne efekte, što se rešava metodama modeliranja i optimizacije dijagnostike stanja vozila i metodama rešavanja teorijskih i praktičnih problema održavanja.

3.8 OGRANIČENJA

Maksimalno moguća iskorišćenost resursa vozila, prognoziranje preostalog rada, kao i objektivizacija obima postupaka preventivnog održavanja pri kompleksnoj oceni stanja motornog vozila, pri čemu se izbegavaju nepotrebna rasklapanja i zamene komponenata. Ali, pošto dijagnostika stanja ne može biti generalno rešenje za celo motorno vozilo u modelu se primenjuje preventivno održavanje po vremenu i obezbeđuje se zahtevani nivo pouzdanosti.

Za dobijanje informacija o padu nivoa radne sposobnosti ležajeva motornih vozila, neophodno je na odgovarajući način izvršiti podešavanje davača sistema kontrole pohabanosti u granicama od $0,10$ do $0,12 \mu m$. U zavisnosti od zadatka sistema kontrole, zahtevi za podešavanjem mogu biti različiti. Mogu biti zajednički, a to je pouzdanost kontrole, a za sve ostale slučajeve, sistem kontrole mora biti podešen tako da sve verovatnoće lažnih signala i neotkriveni otkazi budu minimalni.

U razmatranje je kao primer uzet sistem podešavanja davača kontrole temperature za stabilne ležajeve kolenastog vratila. Sistem podešavanja davača kontrole temperature za stabilne ležajeve kolenastog vratila motora (npr. temperatura stabilnih ležajeva u radu), može da se primenjuje u dva slučaja: ispitivanje na radioničkom stolu i u radu.

U prvom slučaju osnovni zahtev biće minimalna verovatnoća neotkrivenih otkaza usled pohabanosti ležajeva na vratilima, jer neotkriveni otkazi neizbežno dovode do pojave otkaza na samom motoru vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340, što može izazvati havariju motora, a samim tim ugrožavanje bezbednosti u saobraćaju i uticaj na troškove preduzeća i privrede u celini.

Prilikom podešavanja davača kontrole temperature u granicama od 93 do $95 \text{ }^{\circ}C$ određuje se takav stepen kontrolisanog parametra stanja ležajeva kolenastog vratila, čije bi fiksiranje davačem sistema isključivalo motor koji se nalazi u otkaznom ili havarijskom stanju sa minimalnom verovatnoćom lažnih i neotkrivenih otkaza.

Tokom celog perioda korišćenja, motorna vozila su izložena uticaju širokog spektra spoljnih i unutrašnjih poremećaja stohastičkog karaktera, koji predstavljaju izvesna ograničenja privrednog razvoja jer dovode do odstupanja njihovih osnovnih karakteristika i parametara stanja od nominalnih vrednosti. Zahtev korisnika da se radne karakteristike motornih vozila održe u granicama dozvoljenih odstupanja ili ponovo vrate u zadati interval, obezbeđuje se razvijenim različitim sistemima dijagnostike stanja, zavisno od karakteristika primenjene koncepcije, tehnologije i organizacije dijagnosticiranja.

Dalji privredni razvoj motornih vozila na kojima se ovi sistemi zasnivaju, traži, pored ostalog, i stalna usavršavanja sistema dijagnostike stanja. Usled razvoja kompleksnosti i dinamike procesa promene dijagnostike stanja i održavanja, posebno su došle do izražaja težnje da se razviju metode automatizovanog upravljanja dijagnostičkim procesima i sistemom održavanja u cilju permanentnog usavršavanja sistema održavanja.

Uvođenjem modela danas se u dijagnostici stanja komponenata vrše više ili manje složenih ili pojednostavljenih provera stanja rada tih komponenti, koje mogu poslužiti kao izbor za dalju razradu u primeni na motornim vozilima. Posebnu pažnju privlači model dijagnostike stanja pouzdanosti, pored kog se danas predlažu i novi modeli u saobraćaju.

4.0 TEORIJSKA ISTRAŽIVANJA

4.1 MOTORNA VOZILA, ODRŽAVANJE I DIJAGNOSTIKA

Motorna vozila su tipični primeri kompleksnih mobilnih tehničkih sistema, sa različitim režimima upotrebe, koja su podložna otkazima, pa se moraju održavati. Stoga, motorna vozila predstavljaju tipične popravljive, stohastičke sisteme. Svako motorno vozilo mora raspolagati osnovnim sistemima i agregatima koji ga čine integralnom celinom. Ono se bazira na funkciji kretanja, posmatranoj sa aspekta aktivne i pasivne bezbednosti, vezane za određenu vrstu delatnosti. Takođe, pored svojih specifičnosti, motorna vozila imaju zajedničku osnovu koja se zasniva na praćenju stanja agregata koji im daju funkcijonalnu integralnu celinu.

Svako motorno vozilo ima svoje specifične uslove bazirane na principima u projektovanju komponenata i sklopova, konstrukciji i dinamici kretanja kao zajedničkim osnovama i zahtevima u eksploataciji. Sva motorna vozila u užem smislu proučavanja, imaju različite specifičnosti u eksploataciji i konstrukciji, odnosno definišu se posebnim imenima kao: automobili, autobusi, traktori, damperi, dozeri, skreperi, grejderi, tenkovi, i druga specijalna motorna vozila.

Pod sistemom održavanja motornih vozila podrazumeva se skup različitih aktivnosti i postupaka koji imaju zadatak da obezbede ispravan rad komponenata, odnosno nivo sigurnosti funkcionisanja i pouzdanosti koji zadovoljava postavljenu funkciju cilja. Proces održavanja predstavlja skup postupaka i aktivnosti koje se tokom vremena sprovode na ležajevima u cilju sprečavanja ili otklanjanja pojave otkaza, a karakteriše se određenim odnosima između pojedinih postupaka održavanja komponenata i vremenu u kojima se postupci sprovode.

Osnovne komponente održavanja ležajeva na vratilima motornih vozila, koje u najvećem stepenu određuju primenjenu strategiju komponenata vozila, su koncepcija, organizacija i tehnologija. Sistem održavanja ležajeva može da se realizuje na više načina, u više varijanata. Varijanta sistema održavanja, određena je koncepcijom, organizacijom i karakterom postupaka održavanja, kao i odnosom između pojedinih nivoa na kojima se vrši održavanje ležajeva na vratilima motronih vozila.

Koncepcija sistema održavanja ležajeva predstavlja njegovo najvažnije obeležje, koje veoma utiče na opšti kvalitet sistema održavanja, a zavisi od principa na osnovu koga se donose odluke o sprovođenju postupaka održavanja. Održavanjem ležajeva motornih vozila obezbeđuje se obeležje koje zavisi od principa na osnovu koga se donose odluke o sprovođenju postupaka održavanja komponenata, pa u tom smislu postoje osnovne koncepcijske mogućnosti: preventivno, korektivno i kombinovano održavanje.

U odnosu na radnu sposobnost komponenata motornih vozila (ležajeve na vratilima), tj. u odnosu na mogućnosti izvršavanja zadataka i postavljene funkcije cilja, motorno vozilo se može nalaziti u stanju rada i stanju otkaza. Ako je vozilo u stanju rada, to znači da je ispravno i da može da izvrši postavljeni zadatak na propisani način i u propisanom vremenu. Ako su komponente sklopova u stanju otkaza, zadatak i funkcija cilja se ne izvršava na propisani način.

Sa stanovišta koncepcije komponenata vozila, postoje dva rešenja održavanja, preventivno i korektivno održavanje. Obe ove osnovne koncepcije mogu da se povežu - to je kombinovano održavanje. Pod koncepcijom preventivnog održavanja se podrazumeva održavanje koje omogućava smanjenje verovatnoće pojave slučajnih otkaza, odnosno u ovoj koncepciji održavanje ima za zadatak da spreči ili odloži pojavu otkaza. Koncepcija korektivnog održavanja traži da se postupci održavanja sprovode samo ako dođe do otkaza tj. njima se vrši vraćanje sistema iz stanja u otkazu u stanje u radu.

Kod preventivnog održavanja postupci održavanja motornih vozila se sprovode pre nego što dođe do pojave otkaza komponenata, tj. u vremenu u kojem je motorno vozilo u stanju u radu. Preventivno održavanje može da se realizuje na različite načine, u varijantama koje se razlikuju po mnogim elementima i detaljima, ali i po suštini procesa odlučivanja. Motorna vozila prilikom preventivnog održavanja treba da se zasnivaju na metodologiji održavanja prema pouzdanosti, tj. da budu bazirana na poznavanju svojstava pouzdanosti i zakonima pojave otkaza.

Postoje dve vrste preventivnog održavanja motornih vozila koje imaju najveći praktični značaj. Prvu čini preventivno održavanje "po vremenu", koje se zasniva prvenstveno na informacijama o pouzdanosti, tj. na empirijski utvrđenim raspodelama verovatnoća vremena do pojave otkaza za posmatrana motorna vozila i njegove komponente. U tom slučaju postupci preventivnog održavanja se planiraju tako da se obezbedi zahtevani nivo pouzdanosti posmatranih motornih vozila, i to ili propisivanjem preventivnih zamena posle određenog perioda rada ili na drugi način.

Drugu vrstu čini preventivno održavanje "prema stanju", koje se pored informacija o pouzdanosti zasniva i na stalnom i sistematskom praćenju rada posmatranog motornog vozila, odnosno na praćenju i osmatranju izabranih i unapred određenih parametara stanja i pokazatelja koji dovoljno sigurno govore o stanju motornih vozila i njegovih komponenata.

Obe vrste preventivnog održavanja ležajeva na vratilima mogu da se realizuju u nekim, unapred određenim vremenskim periodima, ili u adaptiranim vremenskim trenucima, u zavisnosti od konstatovanog stanja motornih vozila. Mogu da se realizuju samo ukoliko su obezbeđeni visoki nivoi pouzdanosti svih sastavnih komponenata motornih vozila u celini, što rezultuje značajnim smanjenjem verovatnoće otkaza i potrebe za održavanjem, odnosno omogućava se rad motornih vozila u znatno dužim vremenskim intervalima bez zastoja zbog održavanja [64].

Održavanje prema stanju je dijagnostički proces koji omogućuje određivanje tehničkog stanja svake sastavne komponente motornih vozila, odnosno, označava mehaničko stanje i omogućuje permanentno planiranje aktivnosti održavanja (zamene ležajeva ili popravke sastavnih komponenata motornih vozila) zasnovanom na stvarnom tehničkom stanju, čime se na taj način povećava vreme efektivnog rada motornih vozila i eliminišu nepotrebni zastoji. Takođe, postupak se sprovodi na taj način što se, najpre, u određenim vremenskom intervalu, nezavisno od stanja oštećenosti komponenata motornih vozila, vrši dijagnostička kontrola, ili oni ostaju i dalje u procesu eksploatacije.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

Danas se najčešće kod motornih vozila primenjuju karakteristične varijante koncepcije preventivnog održavanja prema stanju:

- kod preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom parametara stanja posmatra se i prati diskretno ili kontinuirano neki pokazatelj - parametar stanja, koji reprezentuje stanje ležajeva na vratilima motornih vozila, čija je postepena promena stanja slučajna u funkciji vremena rada, i na osnovu tako dobijene blagovremene informacije o vrednostima parametara stanja, donosi se odluka o sprovođenju odgovarajućih postupaka preventivnog održavanja "prema stanju" ili nastavku korišćenja motornih vozila do sledeće kontrole stanja.

- kod preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, kriterijum stanja sastavnih komponenata i motornog vozila u celini, je dozvoljeni nivo pouzdanosti. Motorno vozilo se koristi bez ograničenja resursa za održavanje sve dok je stvarni nivo veći od dozvoljenog nivoa pouzdanosti.

Današnju realnost čine i ekspertni sistemi za održavanje vozila, čiji su proizvodi razvijeni pomoću softera baza znanja, izgrađenih na osnovu postojećih znanja o opštim i posebnim karakteristikama procesa i sistema održavanja, odnosno podataka o klasifikacionim tipičnim otkazima motornih vozila smeštenih u računar [70]. Aktivizacijom baze znanja uspostavlja se veštačka ekspertiza tj. pomoću definisanih simptoma, dijagnoza i sistema zaključivanja o stanju ležajeva, generišu se odluke korisnika o sprovođenju postupaka održavanja motornih vozila.

Razvoj savremenih sistema bez održavanja predstavlja danas jednu od osnovnih razvojnih tendencija savremenih konstrukcionih rešenja motornih vozila i predmet su opsežnih istraživanja. Naime, sistem bez održavanja može da se realizuje samo ukoliko su obezbeđeni visoki nivoi pouzdanosti svih ležajeva na vratilima motornih vozila u celini, što rezultuje bitnim smanjenjem verovatnoće otkaza i potrebe za održavanjem, odnosno omogućava se rad motornih vozila u znatno dužim vremenskim intervalima bez zastoja usled održavanja.

Jedan od najsloženijih zadataka u procesu korišćenja motornih vozila jeste određivanje njihovog stanja. Ukupnost stanja (za svaki ležaj na vratilu motornih vozila, odnosno za svaki parametar stanja posebno) određuje radnu sposobnost ili pravilno funkcionisanje motornih vozila. Pod pojmom stanje podrazumevaju se pripadajuće prostorne i impulsne koordinate fizičkog sistema motornih vozila. Dok prostorne koordinate definišu uzajaman položaj pojedinih sastavnih komponenata motornih vozila, impulsne koordinate im određuju energetske nivo. Osnovno je da su koordinate merljive veličine i da se izmerene vrednosti mogu upoređivati. Dijagnostika je, dakle, u prvom redu trenutno merenje temperature i pohabanosti ležajeva na vratilima motornih vozila.

Pošto se stvarno stanje motornih vozila stalno menja, a dijagnostika se ne može redukovati samo na jedno određeno stanje, sledi da se mora organizovati praćenje i registrovanje merljivih promena parametara stanja. Zapravo, obrada merljivih veličina, odnosno ocena i prognoziranje stanja vozila osnovni je zadatak preventivnog održavanja prema stanju koji se posmatra sa kontrolom parametara stanja.

[70]. 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.

Alokacija dijagnostike motornih vozila u koncepciji održavanja prema stanju proizilazi iz njene dvojake uloge. Sa jedne strane, dijagnostika, kao sastavni deo koncepcije održavanja prema stanju, zadatak da utvrdi stanje sastavnog elementa sistema sa određenom tačnošću u određenom vremenskom trenutku, bez njegovog rasklapanja, pa u suštini ovakav postupak ima preventivni karakter. Sa druge strane, ako se prilikom provere stanja utvrdi da ležaj ne izvršava svoju funkciju na propisani način, tada se od dijagnostike očekuje da ukaže na stvarne uzroke neispravnosti [64].

Postoje različiti koncepti dijagnostike stanja motornih vozila, odnosno, u prvom slučaju, dijagnostika kontinuiranog praćenja stanja ležajeva na vratilu motornih vozila u toku rada i održavanja koja se karakteriše ugrađenim BITE (Built in Tests Equipment) komponentama, i u drugom slučaju, motorna vozila su konstrukcijski tako rešena da su obezbeđena određena test mesta na kojima se, pomoću odgovarajućih instrumenata vrši provera stanja pohabanosti i temperature ležajeva.

Upotreba parametara stanja vozila je pojam koji označava zahtev za održavanjem parametara stanja u granicama dozvoljenih odstupanja projektovane funkcije kriterijuma, odnosno težnju ka vraćanju parametara u granice dozvoljenih odstupanja u smislu minimalno potrebnog vremena i u datim uslovima. Razvoj senzora i njihova integracija sa mikroprocesorima trasirala je put razvoja novih tehnologija za dijagnostiku ležajeva, praćenje i proveru parametara stanja, što predstavlja značajan napredak u postavljanju dijagnostike vozila i bazu za razvoj koncepcije održavanja prema stanju ležajeva [66].

Informacioni sistemi, zahvaljući ulaznim podacima i njihovoj obradi, uz odgovarajuće metode modeliranja i optimizacije procesa održavanja ležajeva, omogućavaju izbor najbolje koncepcije i modela održavanja motornih vozila. Pri tom je posebno interesantna primena modela održavanja prema stanju i modela preventivnog održavanja po vremenu za čije je brzo i tačno rešavanje neophodno korišćenje računara [68]. U oblasti razvoja dijagnostike ležajeva, prisutna su vrlo intenzivna i raznovrsna istraživanja vezana za problematiku lokaliteta testiranja, metode i tehnike dijagnostike, do razvoja dijagnostike stanja komponenata motornih vozila podržane računarom, te ekspertnih sistema i primene umetne inteligencije.

Na taj način rešava se problem obezbeđenja informacija potrebnih za efikasno upravljanje procesima promene stanja i održavanja i visok stepen automatizovanosti ovih procesa - posebno u odnosu na donošenje bitnih odluka za planiranje postupaka dijagnostike ležajeva i upravljanje pouzdanošću motornih vozila. Tako se upravljanje procesima promene stanja i održavanja motornih vozila svodi na izbor najpovoljnijeg modela održavanja, zasnovanom na nekom od kriterijuma kojim se optimizira intenzitet i obim sprovođenja postupaka dijagnostike stanja ležajeva shodno željama i mogućnostima korisnika.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014. COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

4.2 ANALIZA PROCESA DIJAGNOSTICIRANJA STANJA SKLOPOVA MOTORNIH VOZILA

Dijagnostika motornog vozila je tehnologija koja je sa jedne strane, suštinski vezana za stanje, odnosno dijagnostiku parametra, a sa druge strane i za sistem odnosno koncepciju održavanja apliciranu na to motorno vozilo radi obezbeđenja njegovog ispravnog funkcionisanja.

Odgovarajući matematički odnosi za prognozu trajanja preostalog vremena korišćenja sastavnih komponenti sklopova motornih vozila mogu se izvesti pomoću proračuna verovnoće i to onda kada su poznate sve potrebne veličine. U svakom slučaju potrebna je jedna prognoza koja bi obezbedila određenu pouzdanost rada bez otkaza.

Za praktičnu primenu, povoljno je dati više vrednosti kao i vreme trajanja i korišćenja komponentata, koje se mogu postići praćenjem različitih parametara u radu motornog vozila sa sigurnošću i bezbednosti u saobraćaju (npr. 90 – 95 %). Radi uspešnog prognoziranja trajanja korišćenja komponentata, potrebno je koristiti jednostavne i lako dostupne osnove, kao što su tabele i nomogrami. Kao merodavna podloga za prognozu trajanja preostalog korišćenja jesu primarni podaci o toku oštećenja i preventivnog održavanja, tj. o vrsti habanja komponentata. Najsvrsishodnija forma sastoji se u obuhvatanju i procenjivanju oštećenja u praksi prilikom dijagnostičkih postupaka i praćenja stanja komponentata motornih vozila [196].

Sposobnost dobrog odabira parametara, njihova primena na stanja važnih za analizu kao i dobro poznavanje statističkih metoda, omogućavaju njenu optimizaciju, a pri tom se određene vrednosti parametara mogu prilagođavati u zavisnosti od dobijanja optimalnih vrednosti u toku rada komponentata odabranih motornih vozila Volvo D7C 275 i D9B 340 (npr. promena temperature pri radu ležaja u određenom vremenskom intervalu).

Po dobijanju rezultata o dijagnozi stanja sklopova motornih vozila, treba oceniti njegovu radnu sposobnost u preostalom periodu funkcionisanja i to je glavni zadatak radne sposobnosti komponenti. U te svrhe mogu se koristiti dva osnovna algoritma prognoziranja: ekstrapolacija i statistička klasifikacija.

Definisanje algoritama ekstrapolacije vrši se pomoću modela u određenom intervalu vremena (t) i zavisi od stanja radne sposobnosti komponentata i parametara koji daju određena rešenja. Tehničko stanje sklopova motornih vozila predstavlja se korelacijom u obliku kriterijumske funkcije stanja rada sklopova motornih vozila $f(K(t), R(t))$, gde je vrednost $K(T, t)$ jednaka [4]:

$$T = \int_0^{\infty} K(t) dt \Rightarrow K(T, t) = \frac{K(T+t)}{K(T)}$$

gde je:

T – srednje vreme kao deo rada do otkaza novih komponentata,
 t – njegova pouzdanost za sledećih vrednosti rada u časovima.

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Pouzdanost sklopova $K_S(t)$ motornog vozila koji je izrađen od n komponenata zavisi od pouzdanost $K(t)$ svake pojedinačne komponente sklopa vozila i od načina povezivanja komponenata u sklopu vozila.

Kod intenziteta otkaza (λ) svih komponenata u rednoj vezi su međusobno jednaki tj. konstantni ($\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_i$), pouzdanost komponenata sklopova $K_S(t)$ motornih vozila sa n redno vezanih komponenata je [4]:

$$K_S(t) = K_1(t) \cdot K_2(t) \cdot \dots \cdot K_n(t) \Rightarrow K_S(t) = [K_i(t)]^n \Rightarrow K_S(t) = e^{-n \cdot \lambda_i \cdot t}$$

Pouzdanost od n paralelnih komponenata u sklopu motronih vozila tako da je sklop ispravan u radu bez otkaza je [4]:

$$K_S(t) = 1 - [1 - R_i(t)]^n = 1 - [R(t)]^n \Rightarrow K_S(t) = [e^{-\lambda_1 t} + e^{-\lambda_2 t}] - [e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t}]$$

Sklop koji je izgrađen od redno vezanih komponenata, a od kojih svaki objedinjuje paralelno vezani sklop, od kojih svaki ima n redno vezanih komponenata od kojih svako ima po m paralelno vezanih komponenata. Takođe pouzdanost sklopova $K_S(t)$ sa m paralelnih grana, od kojih svaka ima po n redno vezanih komponenata je [4]:

$$K_S(t) = [1 - R_j(t)^m]^n \Rightarrow K_S(t) = [1 - R_j(t)^m]^n$$

Proverom parametara da li se nalaze u dozvoljenim granicama, određuje se stanje radne sposobnosti sastavnih komponenata vozila, a naročito se posvećuje pažnja održavanju na bazi rizika. Na osnovu dobijenih rezultata može se uočiti i izdvojiti njihov štetni uticaj na pouzdanost rada, kao i pozitivni uticaj preventivnog održavanja komponenata motornih vozila [64].

Algoritam statističke klasifikacije može se definisati na: analizom modela formiranja korelacija $f(K(t), R(t))$ po parametrima $\{x_s\}, n = 1, s, K(t_0)$, treba da da rešenje $K^\lambda(\lambda = 1, \mu)$, gde je K_i^λ - stanje radne sposobnosti komponenata, x_i^n - parametri stanja komponenata, vremenska vrednost na osnovu modela (do bezotkaznosti rada ležaja) [96]:

$$K_s^\lambda(x) = x_0 \div x_1^1 \Rightarrow K_s(t) = T \div 2T$$

Data analiza biće iskorišćena u svrhu daljih istraživanja na komponentama motornih vozila, prenosa snage, postaće preteča savremenog pristupa preventivnog održavanja i na osnovu nje biće moguće zabeležiti i otkloniti sve neželjene posledice koje se javljaju usled povećane radne temperature i pohabanosti ležajeva. Optimiziraće se primena pojedinih postupaka tehničke dijagnostike kroz razne oblike dijagnostičkih parametara, da bi se sprečili otkazi i povećala radna sposobnost komponenata motornih vozila [96].

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[96]. Коллакот, Р. А.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, «Шудостроение», Санкт Петербург, 2000.

4.3 UTICAJ DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Kako u teoriji, tako i praksi, metodologija istraživanja i rešavanja uticaja dijagnostike stanja na pouzdanosti motornih vozila predstavlja analizu rešenja čiji kvalitet i stepen egzaktnosti zavisi od kvaliteta odabranih i stepena korišćenih parametara. Ujedno, sama primena neadekvatnih parametara ne daje, u suštini, najbolja rešenja. Dobijene vrednosti datih odstupanja od optimalnog rešenja su moguće i realne zbog nepravilne procene i neadekvatnog izbora glavnih uticajnih parametara.

Kada se analiziranjem komponenata sklopova motornih vozila ili samog procesa izbora parametara dobiju najbolji rezultati, tada se dati parametri dijagnostike stanja pouzdanosti smatraju povoljnim, a sa aspekta njihove primenljivosti na konkretnim slučajevima. Zabeležena najveća postignuta vrednost smatra se najboljom. Izabrani parametar iskazuje optimalnu vrednost, kada u sprezi sa drugim komponentama nudi rešenje koje daje maksimalnu vrednost u okviru analize pouzdanosti [66].

Maksimumom ili minimumom neke funkcije pouzdanosti komponenata, može se prikazati primena optimalne vrednosti dobijene izborom parametara. Dobijene vrednosti radnih promenljivih, koje se prilagođavaju i pri tom menjaju, mogu obezbediti optimalnu vrednost određenih parametara, tj. uzimaće se kao optimalni uslovi.

Zavisnost optimalnih kriterijuma daje rezultate koji mogu biti linearni ili približno linearni, stalno rastući ili opadajući, bez izraženog maksimuma ili minimuma funkcije. Takođe, neki optimum izražene vrednosti raste ili opada sa rastom ili padom uticajne veličine. Istraživanje tog rasta ili pada se odvija do granica mogućeg za određene parametre komponenata motornih vozila.

Za praćenje odgovarajućih razmatranja, potrebno je dobro poznavanje matematičkih metoda za različite pojave kao i dobra sposobnost identifikovanja ključnih parametara bitnih za analizu sastavnih komponenata sklopova motornih vozila.

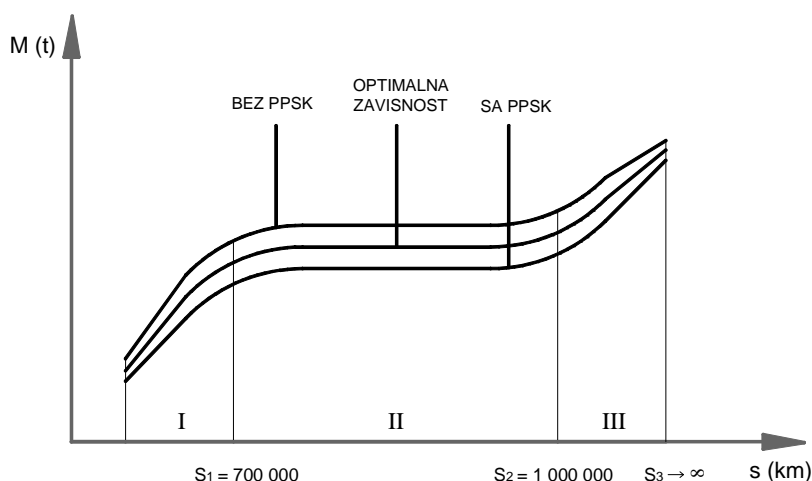
Usavršavanje dijagnostike stanja i njenog uticaja na pouzdanost motornih vozila je u funkciji izbora najboljeg parametra između više mogućih alternativa. Znači da se odnosi na svaku komponentu sklopa motornih vozila posebno, što govori da organizovanje optimalnog procesa primene parametara stanja komponenti uključuje više komponenata sklopova. Reč je o iskazivanju stanja motornih vozila preko stanja sastavnih komponenata sklopova, a za to je potrebno imati što više informacija, kako o motornom vozilu u celini, tako i za sastavne komponente sklopova [67].

Analiziranjem posmatranih sklopova, uočavamo da oni u početku eksploatacije nisu imali veći broj otkaza, već su ih imale njihove sastavne komponente. Mnoge nepravilnosti u njihovoj montaži dovele su do određenih zastoja, pa zaključujemo da ovo nisu rani otkazi u uhadavanju sklopova, već nedostaci prilikom kretanja motornih vozila tokom eksploatacionog rada.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[67]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost ležajeva motornih vozila, Časopis „Menadžment znanja“ 3-4, godina IX, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2014.

Dobijeni rezultati stanja rada sklopova motornih vozila pokazuju da postepeno dolazi do nestabilnosti u radu (npr. temperatura i habanje ležajeva), a uvezi s tim i do povećanja broja otkaza pojedinih njihovih komponenti. Prvi otkazi se javljaju preko 500000 km pređenog puta rada na sastavnim komponentama analiziranih sklopova motornih vozila. Praćenjem pređenog puta vozila u periodu od 30.06. 2009. god. do 30.12. 2013. god., vrši se prikupljanjem podataka nastalih intenzivnim rastom otkaza komponenta primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila, pa se za ovaj period može reći da je on period njihovog nestabilnog rada (prikaz na slici 4.1). Ovo se može prikazati dijagramom primene optimalne zavisnosti broja otkaza N_{ot} u funkciji eksploatacionog vremena rada komponenta (t) (prikaz u tabelama 4.1 i 4.2).



Slika 4.1 Dijagram vrednosti promena u funkciji vremena eksploatacionog rada i otkaza bez i sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [63]

Na slici 4.1, prikazane su tri oblasti optimalne zavisnosti u kojima nastaju otkazi bez PPSK i sa PPSK kontrole parametara dijagnostike stanja komponenta motornih vozila na osnovu određenog pređenog puta i to: I - oblast rada sastavnih komponenta sklopova $0 \div S_1$, II - oblast optimalnog rada komponenta sklopa $S_1 \div S_2$, III - oblast nestabilnog rada komponenta sklopa $S_2 \div \infty$.

Posmatranjem evidentiranih nastalih otkaza (npr. temperature i pohabanost komponenta motornih vozila), izvršena je procedura određivanja pouzdanosti u eksploatacionim uslovima svakog analiziranog sklopa motornih vozila.

Iz sprovedenog istraživanja konstatujemo da su sastavne komponente motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 (prikaz na slici 4.2): kolenasto vratilo (stabilni ležajevi) M_1 , kolenasto vratilo (leteći ležajevi) M_2 , bregasto vratilo M_3 i svi imaju minimalan broj otkaza, pa iz tog razloga nisu evidentirani u tabelarnom pregledu [62].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS, CG – ID 23769872, Podgorica, 2013

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Analizirani otkazi sastavnih komponenti posmatranih sklopova motornih vozila, biće svrstani u oblast njihovog nestabilnog rada, iz razloga što tada dolazi do njihovog inteziviranja. Ako sa L_1 – obeležimo vreme do kada se analizirani sklop uhodava, a sa L_2 – vreme do koga je analizirani sklop imao rad bez otkaza (eksploataciono – sigurni rad), onda je svaki interval vremena posle L_2 interval njegovog nestabilnog rada $L_2 > L_2$, tj. interval rada sa rizikom [196].

Izvršen je prikaz (u tabeli 4.1) svih otkaza koji su nastali usled povišene temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima analiziranih sklopova (slika 4.2) motornih vozila Volvo D7C 275 i D9B 340, JGSP – Novi Sad, tj. njihovih sastavnih komponentata [66]. Tabela 4.1 predstavlja zabeležene otkaze na kojima nisu primenjeni parametri stanja komponentata motornih vozila.

r. b.	Pređeni put u radu sastavnih komponentata	Nazivi i oznake sastavnih komponentata motornih vozila	Broj otkaza na kojima nisu primenjeni parametri stanja komponentata	Broj otkaza na kojima su primenjeni parametri stanja komponentata
	$\Delta s_i < \Delta t < \Delta s_n$	Garažni broj motornih vozila	881 – 905	881 – 905
1.	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (stabilni ležajevi) – M_1	46	17
2.	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (leteći ležajevi) – M_2	43	14
3.	500 000 – 1 200 000	bregasto vratilo – M_3	28	9

Tabela 4.1 Prikazani rezultati pređenog puta i broja otkaza sastavnih komponentata sklopova motornih vozila – Volvo – D7C 275 – JGSP – Novi Sad [66]

Tabela 4.1 prikazuje ostvarene rezultate rada sastavnih komponentata motornih vozila Volvo D7C 275 i D9B 340, dobijenih posmatranjem pređenog puta i praćenjem broja otkaza u periodu do 31.12.2013. god. Nakon primene modela skoro svaka komponenta je imala po neki otkaz (njihova pouzdanost je bila maksimalna).

Tabela 4.2 daje prikaz rezultat rada sastavnih komponentata vozila, dobijenih praćenjem pređenog puta na mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 (slika 4.2) kao i merenjem broja otkaza na posmatranim komponentama motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340. Rezultati su ostvareni u slučaju primene i u slučaju sa i bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja komponentata.

Za rešenje problema određivanja optimalnih periodičnosti sprovođenja postupaka održavanja korišćena je metoda simulacije pod kojom se ovde podrazumeva eksperimentisanje s modelom, gde se procesi odvijaju u određenom vremenskom intervalu, u cilju određivanja optimalnih izlaznih operacionih karakteristika modela održavanja.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

r. b.	Pređeni put komponenta motornih vozila (km)		Broj otkaza po mernim mestima motornih vozila JGSP – Novi Sad		
			M ₁ – stabilni ležajevi	M ₂ – leteći ležajevi	M ₃ – klizni ležajevi
	Garažni broj		881 – 905	881 – 905	881 – 905
1.	500 000	bez primene parametara dijagnostike stanja	3	4	3
2.	550 000		3	5	3
3.	600 000		5	5	3
4.	650 000		6	6	4
5.	700 000		8	6	4
6.	750 000		9	8	4
7.	800 000		11	9	5
8.	850 000	sa primenom parametara dijagnostike stanja	2	2	1
9.	900 000		3	2	1
10.	950 000		3	3	2
11.	1 000 000		3	3	2
12.	1 050 000		4	3	2
13.	1 100 000		4	4	2
14.	1 200 000		5	4	3

Tabela 4.2 Prikazani rezultati pređenog puta sa mernim mestima M₁, M₂ i M₃ i broj otkaza komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Osnovne izlazne operacione karakteristike modela dijagnostike stanja su optimalni intervali preventivnog održavanja po vremenu, dozvoljene vrednosti parametara stanja i gornje granice regulacije nivoa pouzdanosti komponenta motornih vozila. Izlazi koje daje model rezultat su ponašanja komponenta koji se simulira, tj. procesa promene stanja i održavanja motornih vozila.

Analiziranjem broja otkaza nastalih usled povećane promene u temperaturi i pohabanosti ležajeva na sastavnim komponentama posmatranih sklopova motornih vozila M₁, M₂ i M₃ (prikaz na slici 4.2 i tabele u prilogu P.1 – P.4 na strani 218-219) u datom vremenu eksploatacije, pokazala je da su se prvi otkazi pojavili oko pređenih 500000 km njegovog rada i to na sastavnim komponentama na kojima nisu primenjeni parametri stanja komponenta i blizu 1200000 km pređenog rada na onima na kojima su ovi postupci sprovedeni [60].

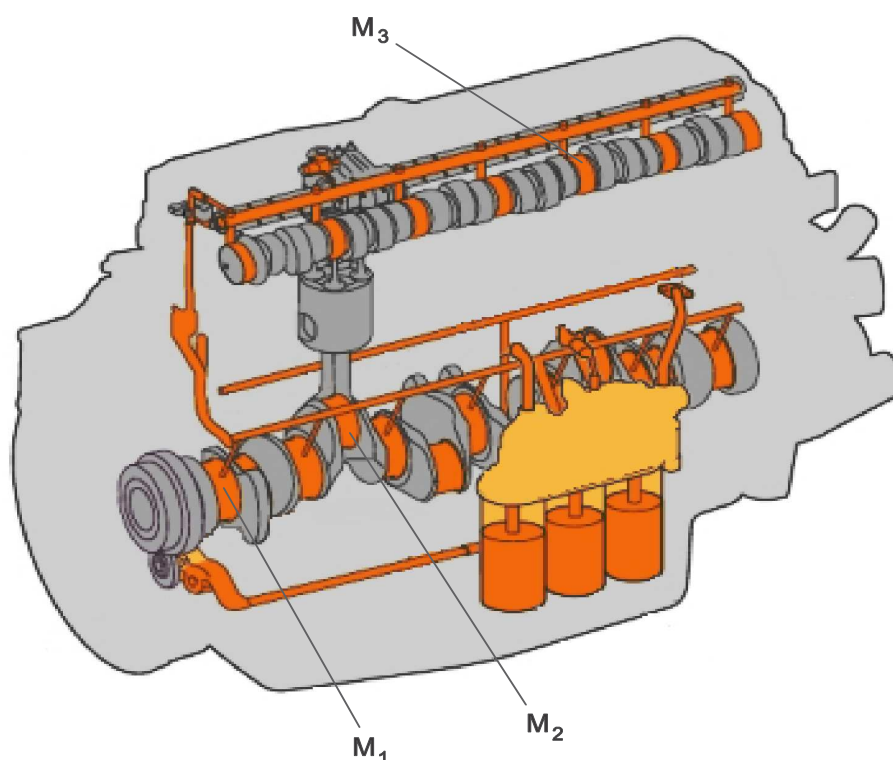
Uzimajući u obzir karakteristike vrednosti otkaza sastavnih komponenta posmatranih sklopova motornih vozila, dobijene su grupe rizika u kojima su razvrstane komponente prema broju nastalih otkaza, što ukazuje da u analizi sigurnosti funkcionisanja treba vršiti češća merenja na mernim mestima koja obuhvataju rad navedenih komponenta na vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340 (tabela 4.2).

Otkazi nastali usled povećanja promene temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima posmatranih sklopova motornih vozila na kojima nije primenjena kontrola parametara stanja komponenta, kao i otkazi na kojima jesu primenjeni parametri stanja komponenti, prikazani su u tabeli 4.2 (upotrebom modela na sastavnim komponentama sklopova motornih vozila).

[60]. Janjić, N.: Informacioni sistem praćenja održavanja vozila u voznom parku, Magistrski rad, Tehnički fakultet „Mihajlo Pupin“ Zrenjanin, Univerzitet u Novom Sadu, 2008.



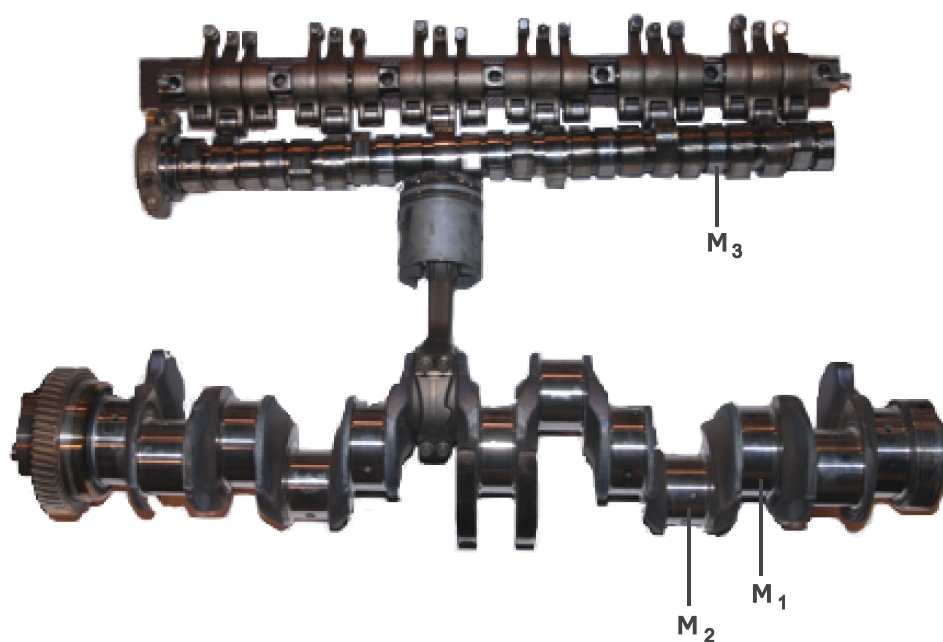
Slika 4.2 Raspored i numeracija obeleženih mernih mesta merenja motornog vozila
 a) Autobus – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [62] [64]



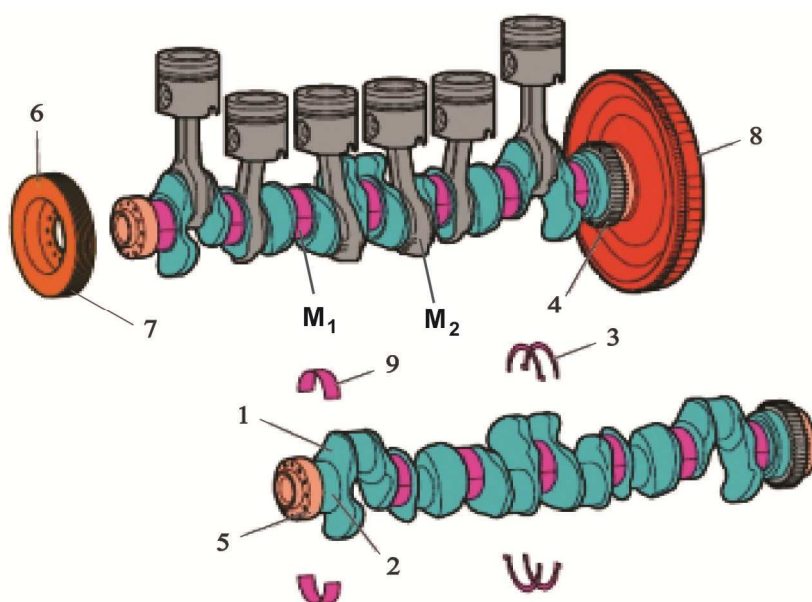
b) motor Volvo u prseku sa obeleženim mernim mestima M₁, M₂ i M₃

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS, CG – ID 23769872, Podgorica, 2013

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.



c) sklop kolenastog i bregastog vratila i klipnjače sa obeleženim mernim mestima M₁, M₂ i M₃



d) kolenasto vratilo sa obeleženim mernim mestima M₁ i M₂



e) leteći i klizni ležaj na mernom mestu M_2 i M_3

Planirane su preventivne procedure održavanja i mogu biti sprovedene u toku perioda rada ležajeva kolenastog i bregastog vratila, a kvarovi se javljaju bez izuzetka, u trenutku rada motora, a pri tome postoje veliki broj faktora koji utiče na pouzdanost i performanse u daljem radu [62]. Iz tog razloga kada se kvar javi relativno brzo posle popravke motora, ispitivanje kvara takođe mora se uzeti u proceduru popravke: čišćenje, sastavljanje, odabir i poreklo komponenata, ulja, metod pokretanja motora i operacioni uslovi u periodu rada motora [64].

Za ispitivanje komponenata i utvrđivanje uzorka kvarova koriste se različite metode, od vizuelnog ispitivanja do kompleksnih laboratorijskih analiza. Primer je mikroskopsko ispitivanje naprsline ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu i nađen defekt materijala [148]. Defekt je inicirao kvar usled zamora u zoni ležajeva koja je pod najvećim pritiskom, je prezentovao slične nalaze otkrivši mikroskopski defekat na kalajnom izlivku ležajeva. Ispitivana su tri slučaja kvara na kolenastom vratilu motora. Ispitani ležajevi kolenastog vratila bila su sličnog dizajna, istog proizvođača i radili su pod skoro istim uslovima [112].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A., Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS, CG – ID 23769872, Podgorica, 2013

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

[112]. Ktari, A., Haddar, N., ayedi, F., Fatigue fracture experetise of train engine crankshafts, engineering Failure Analysis, 18,1085-1093, 2011.

[148]. Ortiz, A. F., Rodriguez, S. A., Coronado, J. J., Failure analysis of the engine cylinder of a training aircraft, Engineering Failure Analysis, 35,686-691, 2013.

Mikroskopska ispitivanja napuklih površina ležajeva ukazala su na zamor materijala kao na mehanizam oštećenja. Uzroci inicijalnog pucanja ispitivani su hemijskom analizom materijala, determinisanjem mikrostrukture i merenjem mehaničke snage uzoraka. Zaključeno je da je u jednom slučaju uzrok bio mehanički defekat, a u druga dva slučaja uzroci su bili defekti termalne prirode.

Primenjene metode su metalografičko ispitivanje i metoda konačnog elementa. Rezultati su pokazali da je bilo defekata kod ležajeva koji su izazvali otkaz zbog zamora. U radu su date preporuke za unapređenje materijal i dizajn ležajeva, da bi se izbegli slični otkazi kod ovog tipa motora [166]. I ako ove metode nude kompletan uvid u uzorke otkaza, one nisu pogodne za rešavanje problema u eksploataciji motora, zbog troškova i potrebnog vremena.

Posmatrajući procenat otkaza određenih sklopova motora, komponente sa najvećom stopom otkaza su klipovi, cilindri, kolenasta vratila i ležajevi. Sistem za gorivo i hlađenje takođe imaju visoku stopu otkaza budući da ti sistemi imaju velik uticaj na radne uslove gore pomenutih delova motora.

Manifestacija prevremenih otkaza mogla bi biti zbog nepravilnog rada motora, koji može primetiti rukovaoc. Na primer može primetiti abnormalni zvuk, kucanje, povećano korišćenje ulja, pregrevanje, povećano izbacivanje dima, nedostatak struje, curenje i sl. Ponekad ignorisanje inicijalnih simptoma može biti krivac za ozbiljna oštećenja koja lako mogu dovesti do iznenadnog napada, lomova i potpunog otkaza motora. Shodno tome ljudski faktor ima veliki udeo u uzorkovanju prevremenih otkaza. Čovek je uključen u svaku fazu rekondiciranja kao i u eksploataciju motora [166]. Neke od grešaka koje su direktna posledica ljudskih faktora su:

- uzrok otkaza nije pronađen samo su posledice otklonjene, ista neispravnost se javlja ponovo,
- loše čišćenje delova kontaminira motor, skraćuje uslužni život i takođe može izazvati ozbiljna oštećenja zbog npr. nakupljanja ulja,
- pogrešni delovi za motor, nepravilno popravljanje, greška koja se često otkrije nakon pokretanja motora,
- greška pri spajanju, pogrešno zatezanje obrtne sile, pogrešno postavljanje komponentata, pogrešno sklapanje, oštećen ili neodgovorajući alat i mnoga druga neslaganja sa preporukama proizvođača,
- nepropisno startovanje i takt rada: greške koje uglavnom utiču na kontrolu ulja u cilindričnim sklopovima, tako utičući ili povećavanjem konzumacije ulja zbog mnogih faktora koji utiču na konzumiranje ulja, ovaj je problem se teško dokazuje; i ako je dobro poznato da se u praksi česta pogrešna pokretanja uprkos preciznim upustvima proizvođača, ispadanje ležaja ili klipa, ubrzo po prvom pokretanju može takođe biti posledica.

Treba pomenuti da su problemi koji se tiču prevremenih otkaza motora između uključenih stranaka (korisnika, vlasnika, servisera, dobavljač komponentata) uglavnom fokusirani na otkrivanje krivca za otkaz ali ne i šta je otkaz uzrokovalo. Drugo vrlo često pitanje je sumnja u kvalitet komponentata, goriva, ulja u zavisnosti od tipu otkaza.

[166]. Ružić, D., Problems in investigation of causes of rebuilt diesel engines premature failures, Casopis "Tehnickal dijagnostiics", no.2, 2014.

Procedura istraživanja uzorka otkaza ne može biti jednostavna, a proces istraživanja može biti prilično kompleksan. Stoga, veoma često nije moguće dati jedan odgovor u okviru datih okolnosti. Metod korišćen za ispitivanje prevremenih otkaza motora treba da bude takav da sledi ispitivanja, procesa rekonstrukcije oštećenju vodi do pouzdanih rezultata, npr. do početnog i jedinog uzorka otkaza. Međutim mnoge nepovoljne okolnosti obstruiraju ili čak onemogućavaju profesionalni i stručni pristup istraživanju.

U koliko uzrok nije lako uočljiv i jasan, mora se pripremiti sistematski pristup, sakupiti što je moguće više podataka, o operacionalnim uslovima motora kao i rasponu posla na popravci i zameni ležajeva kolenastog i bregastog vratila [69]. Važno je znati da li se ista nepravilnost javlja i nakon popravke ili se otkaz javio po prvi put. Ova informacija sužava polje ispitivanja, informacija treba da bude upoređena sa istim ili sličnim slučajevima iz prakse.

U zavisnosti od tipa motora Volvo – D7C 275 ili Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad i opsega štete, određenije objektivne metode ispitivanja mogu biti sprovedene (geometrijska merenja, laboratorijske analize, simulacije i eksperimenti) [69]. Vreme provedeno u ovim procedurama je obično predugo zastoja. S druge strane ima mnogo prepreka u indifikaciji uzroka otkaza:

- Motor je već ponovo popravljen. U takvom slučaju očigledno je procenjeno da su troškovi štete niži od troškova zastoja. Vrlo često, uzrok ne može biti otkriven na osnovu dostupnih oštećenih komponentata [69]. Verovatnoća ponavljanja otkaza je veoma visoka, u koliko pravi uzrok nije otklonjen.

- Motor je rasklopljen odmah nakon kvara. Da je oštećeni motor mogao da radi, analiza motora u radu bila bi nemoguća. Ovo znači da posmatranje na primer ležajeva kolenastog i bregastog vratila, izduvne gasove, zvuk motora, temperature i kompresije neće biti moguće praćenje. Šta više dokazi o propisanoj instalaciji nekih komponentata ili nivoa tačnosti motora neće više biti prisutni.

- Komponente motora nisu dostupne za ispitivanje ili su sačuvani samo oštećene komponente. Druge komponente su bačene ili popravljene ili istalirane na motor. Ove su komponente takođe veoma važne za analizu, pošto mnogi znaci i oznake mogu biti prisutni na njima. Razlog za ovu pogrešnu proceduru mogao bi biti nedostatak znanja o važnosti određenih komponentata ili zamera da se sakriju neke smernice ili tragovi uzroka. Isto važi i za uzorke ležajeva, motornog ulja ili goriva [166].

- Oštećenje je otišlo predaleko. Inicijalni kvar više ne postoji, jer je uništen od strane sekundarnog oštećenja. Jedan od glavnih uzroka uništenja dokaza (veoma često i uništenja motora takođe) jer ignorisanje radnih i znakova sigurnih nepravilnosti. Alternativne i ne dokazane metode popravke ležajeva kolenastog vratila motora ne dozvoljavaju procenu kvaliteta radova na popravci u poređenju sa preporukom proizvođača [166].

- Suviše visoki troškovi zamene ležajeva i popravke. Čak i u slučaju kad je ceo motor dostupan za bilo koju vrstu ispitivanja, troškovi temeljnih analiza i angažovanja eksperata moglo bi biti suviše skupo.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[166]. Ružic, D., Problems in investigation of causes of rebuilt diesel engines premature failures, Casopis "Tehnicka dijagnostika", no.2, 2014.

Današnje komponente motornih vozila se moraju analizirati i rešavati tako da se zadovolje svi zahtevi, da se obezbede sva potrebna svojstva i osobine, visoki upotrebnii kvalitet, a naročito visoka sigurnost funkcionisanja i niski troškovi životnog ciklusa [69]. Njima se dakle mora prilaziti sistemski, pa se danas inženjeri sve više bave sistemskim inženjerstvom komponenta vozila. Inženjerstvo sistema komponenta vozila predstavlja skup optimizacionih postupaka ili metoda izbora najboljih rešenja za date okolnosti, tako da se postavljeni zadatak ostvari na najbolji način.

Kao što se može videti, osobe uključene u ispitivanje uzoraka otkaza često se suočavaju sa mnogo problema. Nepropisne metode korišćene u istraživanju otkaza motora vodiće ka pogrešnim zaključcima [148]. Šta više celokupni troškovi mogu biti povećani, a da se kvar javi ponovo.

Laboratorijska ispitivanja materijala za ležajeve kolenastog i bregastog vratila koji su pretrpeli masivne termalne i mehaničke promene u većini slučajeva nije vredna sprovođenja zbog promenjenog stanja komponenta u odnosu na stanje u trenutku otkaza. Ovo proučavanje slučajeva završilo se pretpostavkom mogućih uzroka otkaza: pregrevanje velikog kraja izazvanog napadom ležaja koji je promenio uslove u sklopu, nepropisno zatezanje zavrtnjeva, suviše ulja na navojima zavrtnjeva koje je bilo zarobljeno u slepoj rupi navoja i tako promenilo silu zatvaranja, ponovna upotreba zavrtnja, previd defekat u navoju klipnjače [69].

Napad ležaja najčešće utiče na poluge zgloba sa topljenjem materijala ležaja kao i na pregrevanjem velikog kraja klipnjače. Uzrok napada bile su uljem zapušene linije na kolenastom vratilu. Ako se uzme u obzir poslednja pomenuta stvar, pravac ispitivanja bilo bi usmeren ka faktorima koji utiču na radne uslove ležajeva, karakteristike motornog ulja, stanje pumpe za ulje, stanje filtera za ulje, čistoća linije ulja itd. [166]. Ovo je dobar primer kompleksnosti pronalaženja problema kad je samo jedan zavrtnj u motoru otkazao.

Ispitivanje otkaza dizel motora obično se sprovodi pod uslovima koji su daleko od manje više idealnog laboratoriskog okruženja. Nedostatak komponenta, materijala i informacija, promenjeno stanje motora i ležajeva, nedostatak vremena i finansije su osnovni faktori koji ometaju identifikaciju uzroka otkaza [63].

Međutim, čak i u slučajevima kada su uslovi ispitivanja optimalni, ponekad ostaje otvorena mogućnost o nekoliko uzorka ispitivanja otkaza na ležajevima. Ovo naglašava nužnost prikupljanja, sistematizacije, analize i razmene informacije o istraživanjima slučaja iz eksploatacije kao ključ ka smanjenju nivoa i broja prevremenih otkaza ležajeva kolenastog vratila.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[148]. Ortiz, A. F., Rodriguez, S. A., Coronado, J. J., Failure analysis of the engine cylinder of a training aircraft, Engineering Failure Analysis, 35,686-691, 2013.

[166]. Ružic, D., Problems in investigation of causes of rebuilt diesel engines premature failures, Casopis "Tehnicki dijagnostiki", no.2, 2014.

4.4 UTICAJ DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA PRIMENOM ANALIZE KORISNE VREDNOSTI

Prilikom ispitivanja, za analizu korisne vrednosti uzima se u obzir matrica korisne vrednosti primenjenih parametara, a njeno postavljanje se vrši sistematski u sledećim međustepenima: određivanje faktora odmeravanja, postavljanje matrica veličina cilja i postavljanje matrica vrednosti cilja.

Postupak dijagnostike stanja i njegov uticaj na pouzdanost motornih vozila oslanja se na metodu koja obuhvata primenu algoritma na određene procese radi izračunavanja ekstremne vrednosti rada komponenti, čime se omogućava kvantitativno poređenje tih vrednosti, dok se njihov raspored rada vrši po određenom redosledu. Metoda se može koristiti u modifikovanom obliku istovremeno zajedno sa konstruisanjem, a uz pomoć morfološkog pregleda u cilju iznalaženja najpovoljnije kombinacije.

Prilikom postavljanja ciljeva o izboru potencijalnih primenjenih parametara, treba voditi računa o razlikama između određenih i minimalnih zahteva. Minimalni zahtevi se mogu podvrgnuti ocenjivanju, samo u slučaju ako su prekoračene unapred date minimalne vrednosti parametara stanja sklopova motornih vozila. Izbor parametara vrši se na osnovu ukupnog broja otkaza komponenata motornih vozila, dok se ostali parametri mogu odrediti pouzdanošću rada ili nalaženjem rešenja u toku realizacije sistema ciljeva.

Od broja izabranih parametara, zavisi i složenost sistema ciljeva, pa je potrebno glavni cilj podeliti na više međuciljeva, a ne posmatrati ga kao celinu. Primena kompleksnih sistema ciljeva je bazirana na postavljanju većeg broja matrica korisne vrednosti čije povezivanje (npr. preko provere temperature i pohabanosti ležajeva), omogućava donošenje odluka o stanju komponenata motornih vozila.

Analiza zahteva da se, nakon postavljanja ciljeva i izbora metoda, još jednom ispitaju ciljevi sa aspekta relevantnosti izabranih parametara i da se eliminišu nebitni podaci o pojavi otkaza, a dalje se vrši procena koja predstavlja ekstremnu vrednost parametra koji je od relativnog značaja. Ovde treba voditi računa da dobijene vrednosti zadovolje kriterijum merenja i načina izvođenja (npr. merenje temperature ležajeva) [217].

Matrice vrednosti ciljeva prezentuju se u obliku tabela i smatra se da ih treba obuhvatiti zajedno sa matricom korisne vrednosti, koja služi kao osnova za uporedno ocenjivanje svih postojećih vrednosti parametara, za koju se uvodi pojam delimična korisna vrednost jer označava proizvod vrednovanja koji je dodeljen svakom novom parametru. Algoritmizacijom korisne vrednosti mogu se izračunati ekstremne vrednosti parametara koji omogućavaju kvantitativno poređenje varijanti i njihovo rangiranje. Korisna vrednost jedne varijante dobija iz zbira svih delimično korisnih vrednosti.

Radi ublažavanja ili otklanjanja posledica pogrešno odabranih parametara, potrebno je rezultate analize korisne vrednosti kritički razmotriti pre konačnog prihvatanja. Varijanta koja ima najznačajnije parametre i najveću korisnu vrednost, proizilazi iz datog rešenja. Tako ovo pravilo (maksimalne koristi ispravno zadovoljavaju data rešenja) ima smisla kombinovati kod vrlo kompleksnih sistema komponenata vozila sa obimnim matricama korisnih vrednosti.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

4.5 DEFINISANJE MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA

4.5.1 UVOĐENJE MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

Postavljanje dijagnostike sastavnih komponenata sklopova motornih vozila svodi se na utvrđivanje veličine dijagnostičkog parametra (D) i njegovo upoređivanje sa normativom. Kod komponenata sklopova motornih vozila, moguće su samo dve varijante dijagnostike i to: sistem "u radu" $D < D_r$ i sistem "u otkazu" $D > D_o$.

Za neke sastavne komponente motornih vozila, sa većim brojem dijagnostičkih parametara, primena postupka dijagnostike veoma je složena, što znači da svaki dijagnostički parametar može biti povezan sa više strukturnih, a veličina svakog od njih može ukazati na neku neispravnost. Tada, ako je broj dijagnostičkih parametara n , broj mogućih stanja dijagnosticiranog sistema je 2^n . Parametri pouzdanosti rada sastavnih komponenti posmatrani su kao sastavni deo ukupne sigurnosti funkcionisanja, gde je akcenat na glavne performanse kvaliteta upotrebnog rada komponenata sklopova motornih vozila, tj na performanse parametara upotrebe i performanse parametara raspoloživosti.

Posmatranjem funkcije učestalosti pojava stanja u otkazu i intenziteta otkaza komponenata vozila, zaključujemo da se funkcija intenziteta otkaza u odnosu na funkciju učestalosti pojave stanja u otkazu brže menja [3]. Zabeležene promene, nastale usled povećane temperature ili pohabanosti ležajeva su posledica dobijenih otkaza (detaljnije u poglavlju 2.3) čije su vrednosti poslužile za određivanje pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova motornih vozila, a koje su zabeležene u toku eksploatacije komponenata sklopova motornih vozila (tabele 4.1, 4.2 i 4.3).

Na osnovu dobijanjem podataka o određivanju pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila, koristiće se sledeće metode:

- Primenom metode 1 omogućava se definisanje empirijske funkcije gustine raspodele $S_a(t)$, empirijske funkcije intenziteta otkaza $\lambda_a(t)$ i empirijske funkcije pouzdanosti $P_a(t)$, (detaljnije u poglavlju 6), na bazi dobijenih eksploatacionih podataka o otkazima, nastalih usled uticaja povišene temperature i pohabanosti ležajeva.

- Primenom metode 2 vrši se izbor statističke metode raspodele pouzdanosti komponenata analiziranih sklopova, koja bi najviše odgovarala dobijenim podacima o otkazima nastali kao posledica dejstva povišene temperature i pohabanosti ležajeva u toku eksploatacije njihovog rada, (detaljnije u poglavlju 6).

Dato stanje motornih vozila je određeno strukturnim parametrima: Y_1, Y_2, \dots, Y_j u procesu dijagnostike vrše se merenja odgovarajućih dijagnostičkih parametara: P_1, P_2, \dots, P_k , koji sadrže neophodne informacije o stanju drugih sastavnih komponenata sklopova motornih vozila. Tačno postavljanje dijagnoze može biti rešenje samo u slučaju ako je broj dijagnostičkih parametara veći ili jednak broju strukturnih parametara ($n \geq j$) [204].

[3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[204]. Wohllebe, H., Technische Diagnostik in Maschinenbau, veb vrelag tehnick, Dresden, 1998.

4.5.2 NEPRAVILNOSTI TOKOM FORMIRANJA MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA

Danas motorno vozilo, da bi se podvrglo primeni dijagnostičkog postupka, trebalo bi da ima dobre osobine, odnosno da je pogodno za tu namenu, ali ne treba zanemariti probleme dijagnostike, kao što su: prethodno stanje, kontrola i usavršavanje u uslovima proizvodnje i preventivnog održavanja. Automatizacija praćenja neispravnosti sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, javlja se kao optimalno rešenje iz razloga što utrošci vremena rada, čiji su osnovni uzrok opravke, kao i angažovanje većeg broja kvalifikovane radne snage u procesu preventivnog održavanja, direktno utiču na povećanje materijalnih troškova.

Primenu metoda analize otkaza, koji su se javili kao posledica dejstva povećane temperature, lošeg podmazivanja i pohabanosti ležajeva, utiće na rezultate vezane za sastavne komponente sklopova obuhvaćene ovom analizom. Pomenuta analiza će kasnije biti iskorišćena u analizi pouzdanosti rada komponenata sklopova motornih vozila [63].

U toku veka korišćenja, komponente sklopova motornih vozila su izložene uticaju širokog spektra spoljašnjih i unutrašnjih faktora koji izazivaju poremećaje stohastičkog karaktera, što znači da dolazi do odstupanja njihovih karakteristika i parametara stanja od nominalnih vrednosti. Težnja je da se radne karakteristike sastavnih komponenata održe u granicama dozvoljenih odstupanja ili ponovo vrate u zadati položaj.

Tokom postupka dijagnosticiranja stanja motornih vozila mogu nastati mnogobrojni problemi, koji kreću od grešaka u obradi suštinskih informacija, preko eksploatacije motornih vozila i njihovih sastavnih komponenata pa do nepravilnosti u celokupnom sistemu. Sve brži razvoj računarske i merne opreme će omogućiti podizanje kvaliteta kontrole stanja motornih vozila u procesu njihove eksploatacije, a time ujedno i širu primenu održavanja prema stanju, odnosno održavanja uz totalnu primenu tehničke dijagnostike.

Otkazi najčešće nastaju u toku eksploatacije sklopova motornih vozila i to uglavnom pod uticajem radne temperature i pohabanosti ležajeva. Na date pojave dosta je uticao i tehnološki faktor iskazan kroz dokumentaciju koju poseduje svako motorno vozilo, a koja se razrađuje (po komponentama i sklopovima) i daje na značaju pitanjima organizacije preventivnog održavanja projektovanih komponenata [64].

Analiza provere ispravnosti, provere radne sposobnosti i istraživanja neispravnosti u uslovima proizvodnje, preventivnih popravki i stanja komponenata sklopova, dovodi do zaključka da je u mnogim slučajevima nužno rešavati izbor parametara pre, posle i u toku projektovanja i izrade. Sprovedenjem postupka dijagnostike kao i preduzimanjem svih potrebnih mera kako bi sastavne komponente sklopova motornih vozila mogle funkcionisati na propisani način, neophodno je razviti performanse u skladu sa kvalitetom, bez otkaza i uz propisano očuvanje životne sredine.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

4.5.3. OPTIMALNA REŠENJA PODESNA ZA MODEL DIJAGNOSTIKE STANJA

Konstruktivno rešenje, predviđeno za dijagnozu, nalazi se u opštem principu konstruisanja koga se treba pridržavati prilikom izrade sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, a koji iskazuje ekonomičnost i težnju da troškove proizvodnje, eksploatacije i preventivnog održavanja treba svesti na minimum. Uočene nedostatke je moguće eliminisati prilikom razrade samih projektovanih konstrukcija komponenata, sklopova motornih vozila, sredstava za dijagnozu i održavanje ali i razradom i izborom materijala pre početka izrade komponenata motornih vozila.

Životni ciklus komponenata sklopova motornih vozila obuhvata: proces projektovanja komponenata sklopova, proces proizvodnje i eksploatacije i kada motorno vozilo radi po nameni za koju je projektovano.

Postoje određeni principi konstruktivnog rešenja komponenata motornih vozila neophodni za dijagnostiku, kao što su:

- sprovođenje mera dijagnostike samo ako iz njih proizilaze ekonomske vrednosti i izbor takvog dijagnostičkog sistema koji obezbeđuje najmanje troškove, prilagodljivost velikom broju zadataka i minimalne zahteve za usavršavanjem osoblja koje sa njima radi,
- prilagođavanje konstruktivnog oblika komponenata dijagnostičkim uređajima, u cilju smanjenja utroška vremena za dijagnozu i obezbeđenje povoljnih radnih uslova za dijagnostičko osoblje.
- upotreba davača koji prima dijagnostički signal od komponente sklopa motornih vozila i vodi ga u dijagnostički uređaj.

Uslove rada komponenata sklopova motornih vozila čine uslovi projektovanja i konstruisanja, montaže i demontaže, uslovi puštanja u pogon i preuzimanja, što znači da su nezaobilazni u postupku dijagnosticiranja stanja, a u cilju ispravnosti sastavnih komponenata sklopova motornih vozila. Parametri stanja dijagnostike su u funkciji vremena korišćenja motornih vozila, što uslovljava potrebu za preventivnim održavanjem prema pouzdanosti [6].

Za razradu stanja odgovarajućeg elementa dijagnostičke funkcije potrebno je:

- izvršiti klasifikaciju mogućih otkaza, otkolniti uslove i uzroke njihove pojave, prenos signala u kontrolnim tačkama i njihovo otkrivanje u tim tačkama, po potrebi kroz model fizički prikazati otkaz,
- kao predmet dijagnosticiranja, analizirati komponente sklopova motornih vozila, tj. principe njihovog rada, strukture, konstrukcije, izvršenja funkcije i drugo;
- primeniti novi model mogućih otkaza, izvršiti procenu kvaliteta dobijenog algoritma dijagnostike i primeniti nova ili razraditi podesna sredstva koja realizuju blok dijagram dijagnosticiranja,
- proceniti karakteristike izabranih ili razrađenih komponenata dijagnostike, njihov obim, masu, bezotkaznost i drugo i analizirati eksploatacioni sistem
- dijagnosticiranja u celini.

[6]. Adamović, Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

Potpuna analiza dijagnosticiranja zahteva primenu sledećih metoda u određivanju parametara pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila, i to metodu kojom se definišu empirijske funkcije gustine raspodele, intenziteta otkaza i pouzdanosti komponenti i metodu odabrane statističke raspodele parametara pouzdanosti, kod koje funkcija pouzdanosti i funkcija intenziteta otkaza istovremeno predstavljaju odgovarajuće funkcije za prikupljanje podataka o parametrima otkaza komponenata.

Dijagrami na slikama 4.3 i 4.4 prikazuju uporedne vrednosti pouzdanosti analiziranih sastavnih komponenata sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340 na mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 – JGSP – Novi Sad (slika 4.2) dobijene na osnovu eksploatacionih podataka (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243) na kojima je primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja motornih vozila [66].

Određenom eksploatacionom vrednošću pouzdanosti kojom se izražavaju okvirne vrednosti pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova motornih vozila sa maksimalnom sigurnošću, za njihovo preciznije određivanje, iskorišćene su date korekzione vrednosti (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243). To je imalo za cilj da se za određivanje ukupne prenosne funkcije pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova motornih vozila dobiju što tačnije vrednosti pouzdanosti [68].

Analizom korekzione vrednosti pouzdanosti $K_a(t)$ dobijeni su rezultati količnika funkcije gustine raspodele vrednosti $S_a(t)$ i funkcije intenziteta otkaza $\lambda_a(t)$ za vremenski interval eksploatacionog rada komponenata sklopova (u vreme rada sastavnih komponenata sklopova motornih vozila u trajanju od $500000 \leq t_1 \leq 1000000 \text{ km}$, tabela 4.3), (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243) [68], a određuje se izrazom [217]:

$$K_a(t) = \frac{S_a(t)}{\lambda_a(t)}$$

Iz tabele 4.3 zaključujemo da postoje tri grupe rizika otkaza sastavnih komponenata motornih vozila i to:

- I grupa – grupa otkaza visokog rizika u koju spadaju sastavne komponente analiziranog sklopa - kolenasto vratilo i klipnjače,
- II grupa – grupa otkaza srednjeg rizika u koju spadaju sastavne komponente analiziranog sklopa - kolenasto vratilo,
- III grupa – grupa otkaza niskog rizika u koju spadaju sastavne komponente analiziranog sklopa - bregasto vratilo,

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

r. b.	Vremenski interval komponenata do otkaza	Pređeni put u radu sastavnih komponenata $\Delta s_i < \Delta t < \Delta s_n$	Nazivi i oznake sastavnih komponenata motornih vozila	Vrednosti intervala pouzdanosti $\Delta K_{0-1} < \Delta K_{1-2} < \Delta K_{2-3}$	Dobijene vrednosti pouzdanosti $K_{M_1} < K_{M_2} < K_{M_3}$
1.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (stabilni ležajevi) – M_1	0,76 – 1,00	0,794
2.	31.12.2011 ÷ 31.12.2012	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (leteći ležajevi) – M_2	0,83 – 1,00	0,845
3.	31.12.2012 ÷ 31.12.2013	500 000 – 1 200 000	bregasto vratilo – M_3	0,88 – 1,00	0,892

Tabela 4.3 Rezultati prikazane vrednosti pouzdanosti i pređenog puta sastavnih komponenata sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad na kojima nije primenjena kontrola parametara stanja

Data analiza pouzdanosti rada sastavnih komponenata posmatranih sklopova motornih vozila uz primenu postupaka tehnologije preventivnog održavanja, pokazuje da je [67]:

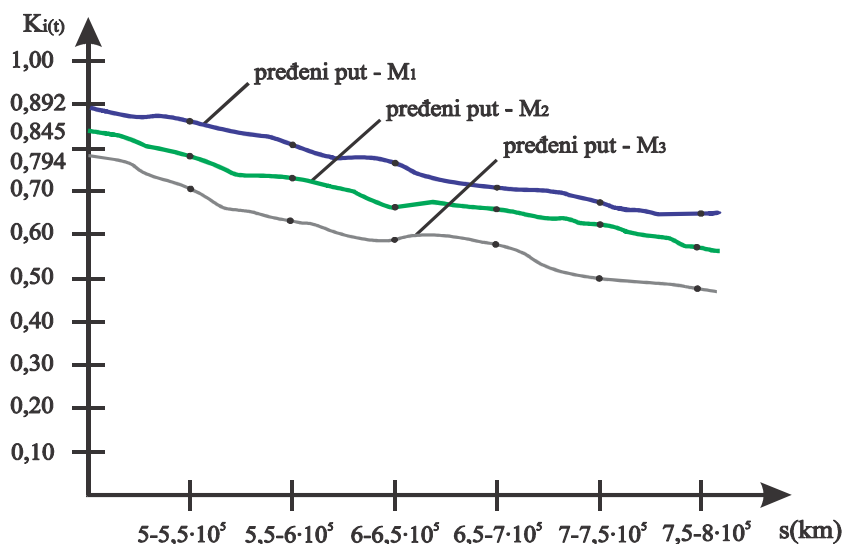
- dobijena najveća pouzdanosti u radu sastavne komponente M_1 , M_2 i M_3 čija pouzdanost je maksimalna i iznosi $K_{0-1}(t) = K_{1-2}(t) = K_{2-3}(t) \approx 1,0$ i traje u vremenskom intervalu preko $\Delta t_1 \geq 1000000$ km.
- na osnovu oblika krive $f(M_{1-3}(t), s)$, (slika 4.3 i 4.4), tj. prema njihovom nagibu, određen je redosled vrednosti pouzdanosti, a što je prikazano (u prilogu P.5 – P.8 na strani 220-221 i P.39 – P.40 na strani 242-243) [68]. Sama analiza je obuhvatila intervale pouzdanosti posle prve manje vrednosti od maksimalne.

r. b.	Vremenski interval komponenata do otkaza	Pređeni put u radu sastavnih komponenata	Nazivi i oznake sastavnih komponenata motornih vozila	Vrednosti intervala pouzdanosti $\Delta K_{0-1} < \Delta K_{1-2} < \Delta K_{2-3}$	Dobijene vrednosti pouzdanosti $K_{M_1} < K_{M_2} < K_{M_3}$
1.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (stabilni ležajevi) – M_1	0,87 – 1,00	0,889
2.	31.12.2011 ÷ 31.12.2012	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (leteći ležajevi) – M_2	0,90 – 1,00	0,912
3.	31.12.2012 ÷ 31.12.2013	500 000 – 1 200 000	bregasto vratilo – M_3	0,94 – 1,00	0,957

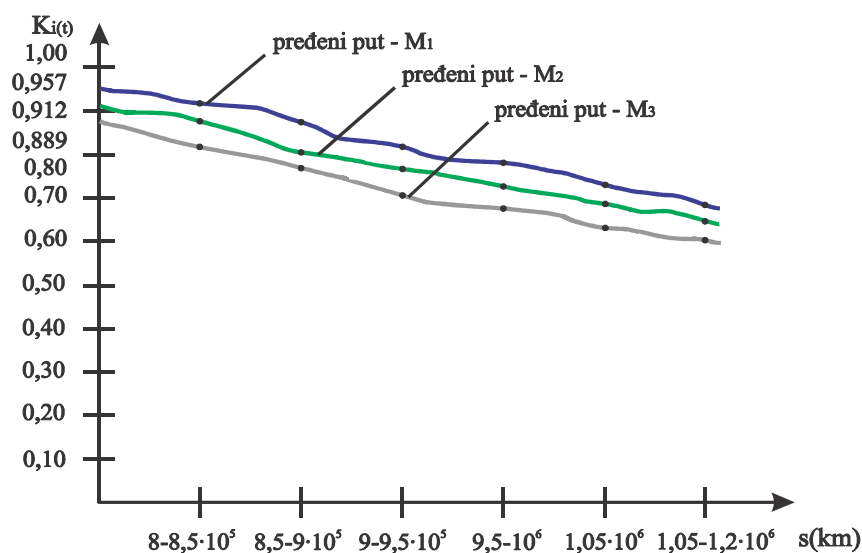
Tabela 4.4 Rezultati prikazane vrednosti pouzdanosti i pređenog puta sastavnih komponenti sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad na kojima je primenjena kontrola parametara stanja komponenata

- [67]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost ležajeva motornih vozila, Časopis „Menadžment znanja“ 3-4, godina IX, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2014.
- [68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

Na osnovu oblika krivih korekcionih vrednosti pouzdanosti sastavnih komponenti analiziranih sklopova $K_i(t)$, tj. prema nagibu krivih, mogu se analitički predvideti intervali pouzdanosti koji će se kasnije koristiti kao osnova u određivanju merodavne pouzdanosti slika 4.3 i 4.4 [63] (vrednosti iz tabela 4.3 i 4.4 – pouzdanost dobijena iz statističke raspodele).



Slika 4.3 Grafik korekcionih vrednosti pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nije primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [63]



Slika 4.4 Grafik korekcionih vrednosti pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila na osnovu eksploatacionih podataka na kojima je primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [63]

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

4.6 NAČIN IZBORA METODA I REŠAVANJA UTICAJA MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Primena različitih metoda, simulacijom kao i kontinuirana istraživanja, dovela su do velikog napretka na polju razvoja i usavršavanja metoda dijagnostike stanja koji se primenjuju u kompleksnim auto industrijskim sistemima. Pravilan izbor metode zavisi od konstruktivnih karakteristika posmatranih komponenta motornih vozila, kao i od zahteva rešenja i vremenskog perioda praćenja rada stanja komponenta.

Primena složenih modela često nas dovodi u situaciju da zaboravimo suštinski cilj, tj. umesto rešavanja problema upravljanja, pažnju usredsređujemo na metod rešavanja. Zato kompleksni modeli često mogu biti pogodniji za primenu od onih znatno jednostavnijih [6]. U postupku modeliranja stanja komponenta motornih vozila, matematička rešenja su obavezno najbolja rešenja, a postojeći, tzv. blizu paradoks, po kom se smatra da treba samo biti blizu optimumu, rešavanjem karakteristike komponenta vozila, razlike između najbolje u realnom i optimalnom u matematičkom smislu.

Značajne razlike kod komponenta motornih vozila koje se odnose na brzinu konvergencije, računarske zahteve, potrebu za inicijalnim mogućim upravljanjem i sl., se lako uočavaju primenom pojedinih optimizacionih tehnika. Istovremeno, svi metodi imaju zajedničke probleme koji se odnose na broj, vrstu i oblik ograničenja, nelinearnost, konveksnost, neprekidnost i diferencijabilnost kriterijumske funkcije pouzdanosti komponenta i visoku dimenzionalnost, tipičnu za probleme dijagnostike stanja pouzdanosti komponenta motornih vozila.

Odgovarajući izbor metoda, bio bi u funkciji znanja i iskustava o uzrocima i učestalosti pojava otkaza, pa konstantujemo da primena pomenutih metoda (metoda inkorporacije dijagnostičkih parametara, statistička metoda izbora kontrolnih parametara), može biti isključivo uz detaljno poznavanje posledica i uzroka manifestovanja pojave oštećenja i otkaza.

Sprovedeno istraživanje se zasniva na naučnim postavkama i metodama koje su već afirmisane u teoriji pouzdanosti i teoriji dijagnostike stanja. To su pre svega metode operacionih istraživanja odnosno metode modeliranja i optimizacije sistema dijagnostike, metode teorije verovatnoće i matematičke statistike. Dobijena rešenja analizirana su metodom simulacije na računaru [3].

Metode proučavanja procesa ili komponenta sistema dijagnostike stanja, podržane informacionim sistemom, omogućavaju koncepciju izbora najpovoljnijih parametara i modela dijagnostike stanja. Rešavanje različitih problema treba da omogući metoda analize kroz primenu novih tehnoloških postupaka i usvajanje novih tehnologija, opreme, uređaja, inovacija, različitih proizvodnih komponenti i dr. [3]. Ova analiza daje veoma važnu dimenziju i karakteristiku presudnu za uspešno funkcionisanje sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275 i D9B 340.

[3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljkovići, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[6]. Adamović Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

4.6.1 IZBOR KONTROLNIH PARAMETARA STATISTIČKOM METODOM

Većina parametara stanja može da ukaže na pravo stanje motornih vozila. Izabrani parametri ne utiču podjednako na stanje komponenata sklopova motornih vozila, pa je potreba za njihovom većom kontrolom i u tom slučaju se može pravilno prognozirati stanje motornih vozila. Zato najbolji način izbora dijagnostičkih parametara radnog procesa motornih vozila možemo potažiti u analizi svih informacija dobijenih o radu sastavnih komponenata sklopova motornih vozila.

Kompletna analiza o pouzdanosti rada posmatranih komponenata sklopova motornih vozila uz pomoć statističke metode, omogućiće njihovu međusobnu korelaciju u cilju određivanja sigurnosti funkcionisanja njihovog rada.

Sprovedena eksperimentalna analiza vrednosti pouzdanosti otkaza komponenata iz eksploataciono dobijenih podataka za vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad (u prilogu P.17 – P.20 na strani 226-227), koristiće se u određivanju veka trajanja posmatranih sastavnih komponenata sklopova:

- Prikazana statistička metoda 1 obuhvata rezultate dobijene statističkom raspodelom podataka o otkazima iz eksploatacije merenjem temperature i pohabanosti ležajeva, kojima se definiše empirijske funkcije: gustina raspodele, intenzitet otkaza i pouzdanost komponenata [5]. Grafičkim prikazom dobijenih podataka može se okvirno zaključiti o kojoj statističkoj raspodeli pouzdanosti se radi, što će se dalje iskoristiti u izboru najpogodnije statističke raspodele pouzdanosti.

- Prikazana statistička metoda 2 koristi se za izbor statističke raspodele pouzdanosti kod koje funkcija intenziteta otkaza i funkcija pouzdanosti istovremeno predstavljaju odgovarajuće funkcije za prikupljene podatke o otkazima komponenata.

Sagledavanjem vrednosti dobijenih funkcija određenog pređenog puta u vremenu $s(km)$ i funkcija pouzdanosti $K_a(t)$ pri intenzitetu otkaza $\lambda_a(t)$ iz eksploatacionih podataka na kojima nije i jeste primenjena kontrola parametara stanja komponenata, prikazani su dati postupci tabelarno (u prilogu P.5 – P.8 na strani 220-221 i P.39 – P.40 na strani 242-243), a dijagramima zavisnosti pouzdanosti od eksploatacionog vremena $f(K_a(t), s(t))$ motornih vozila prikazani na slikama 4.5 i 4.6.

Kod simetričanog rasporeda eksploatacionih podataka, (u prilogu P.41 – P.42 na strani 244-245) primenjuje se normalan Gaus-ov zakon raspodele kod koga funkcija raspodele $W(t)$ ima oblik [154]:

$$W(t) = 0,5 + \Delta t \left(\frac{S_i - S_1}{\sigma} \right)$$

gde je:

- S_i – pređeni put u radu komponenti,
- S_1 – vremenski interval rada komponente do otkaza,
- Δt – funkcija vremena,
- σ – devijacija

[5]. Adamović Ž, Ašonja, A., Teledijagnostika mašina, Duga knjiga, Sremski Karlovci, 2011.

[154]. Petrović, R., Specijalne metode u optimizaciji sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1999.

Kad primenjujemo (m) povezanih komponenta motornih vozila (ležajevi kolenastog i bregastog vratila) za koje vršimo analizu pouzdanosti počevši od perioda za $t = 0$, onda će u bilo kom trenutku vremena t_i biti $n_i(t_i)$, sklopa koji nisu otkazali. Funkcija gustine otkaza $S_o(t)$ i funkcija intenziteta otkaza $\lambda_0(t)$ (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243), može se odrediti iz obrasca [30]:

$$S_o(t) = \frac{\frac{m_i(t_i) - m_i(t_i + \Delta t_i)}{m}}{\Delta t_i} = \frac{m_i(t_i) - m_i(t_i + \Delta t_i)}{m \cdot \Delta t_i}$$

$$\lambda_0(t) = \frac{\frac{m_i(t_i) - m_i(t_i + \Delta t_i)}{m_i(t_i)}}{\Delta t_i} = \frac{m_i(t_i) - m_i(t_i + \Delta t_i)}{m_i(t_i) \cdot \Delta t_i}$$

gde je: $t_i \leq t \leq \Delta t_i$.

Posmatrani sklopovi na kojima nisu i na kojima jesu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja, iskazuju vrednosti dobijenih funkcija gustine otkaza $S_a(t)$, funkcija intenziteta otkaza $\lambda_a(t)$, i funkcija pouzdanosti $K_a(t)$ uzete iz empirijskih podataka za svaku analiziranu komponentu sklopova, prikazane su u tabelama (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243).

Primenom statističke metode izvršena je analiza raspodele i obuhvatila je ista merna mesta (M_1 , M_2 i M_3) kao u slučaju analize u eksploatacionim uslovima, posebno za svaku sastavnu komponentu analiziranih sklopova. Korekcijom i upoređivanjem grafika pouzdanosti mogu se odrediti vrednosti pouzdanosti, na osnovu kojih se određuje pouzdanost sigurnosti rada sastavnih komponenta analiziranih sklopova motornih vozila, tj. optimalno vreme rada do otkaza (vreme dozvoljenog rizika).

Prikazana funkcija gustine raspodele $\tau(s)$ iz jednačina iznosiće [96]:

$$\tau(s) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(s_i - s_i)^2}{2 \cdot \sigma^2}}$$

Rezultati datih funkcija biće prikazani kroz utvrđivanje pouzdanosti optimalnog rada analiziranih sastavnih komponenta sklopova motornih vozila na kojima nisu primenjeni postupci tehnologije preventivnog održavanja, a na kojima se ovi postupci sprovede, slike 4.5 i 4.6. Empirijska funkcija pouzdanosti $K_a(t)$ i određenog pređenog puta $s(km)$ predstavlja verovatnoću bezotkaznog rada povezanih komponenta sklopa na kojima nije i jeste primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja u vremenu t_i , (tabela u prilogu P.17 – P.20 na strani 226-227) [30]:

$$K_a(t) = \frac{m(t)}{m_i(t)}$$

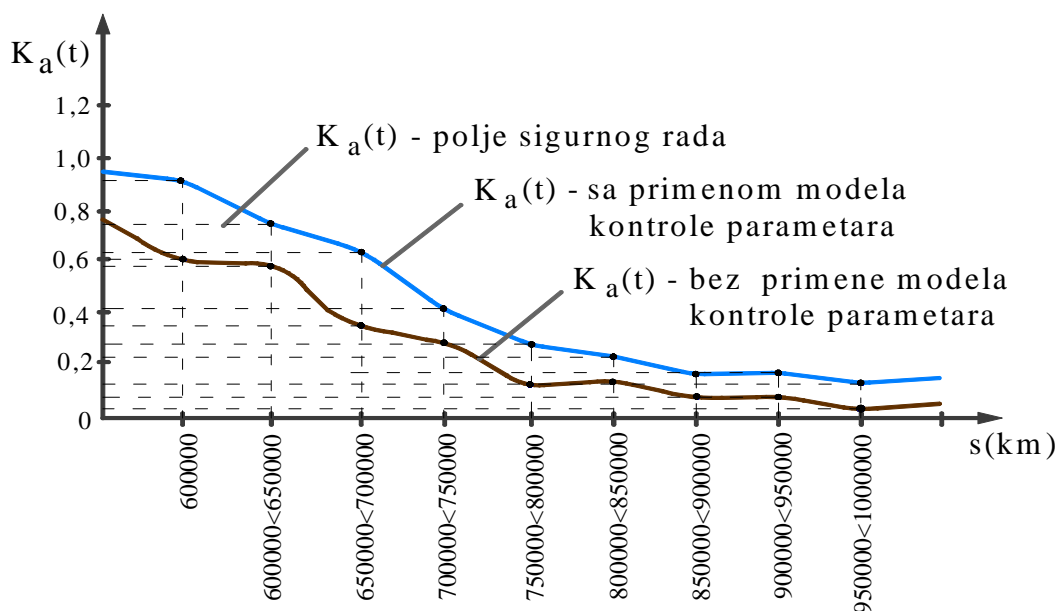
[30]. Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački novinski centar, Beograd, 1990.

[96]. Коллакот, Р. А.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, «Шудостроение», Санкт Петербург, 2000.

gde je:

$m(t)$ – broj ispravnih sklopova ili komponenta sklopova na kraju vremenskog intervala Δt_i ,

$m_i(t)$ – ukupan broj komponenta analiziranog sklopa.



Slika 4.5 Grafik zavisnosti pouzdanosti od vremena i određenog pređenog puta bez kontrole parametara dijagnostike stanja ležajeva motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [63]

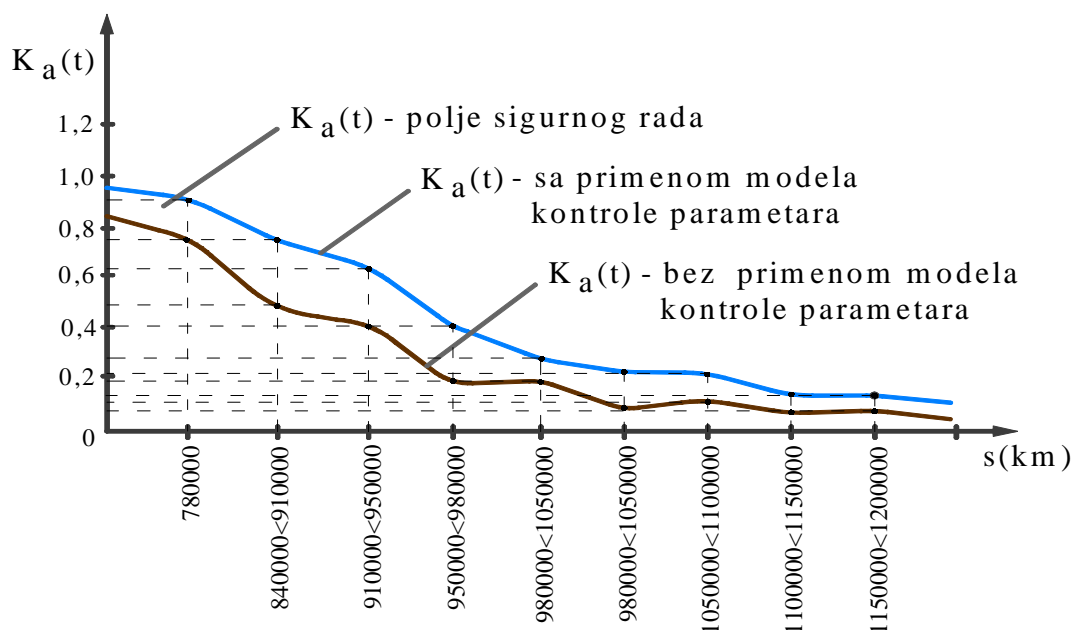
Date su vrednosti statističke metode raspodele podataka iz eksploatacije prikazanih karakteristika uzorka na mernim mestima uzetih srednjih vrednosti parametara Gaus-ove raspodele $\gamma(t) = S = 95,677$ i $\sigma = 0,718$, na osnovu kojih se izračunavaju ostali parametri i predstavljaju pokazatelje Gaus-ove raspodele (tabele u prilogu P.41 – P.42 na strani 244 - 245) [63].

Primenjena statistička metoda raspodele podataka o otkazima komponenta iz eksploatacije merenjem temperature i pohabanosti ležajeva, posebno interesantna za ovo razmatranje, pored već istaknutih obeležja treba da obuhvati i parametre koji opisuju kontinualne ili druge oblike promene stanja sastavnih komponenta sklopova motornih vozila [71] [73].

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

[73]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.



Slika 4.6 Grafik zavisnosti pouzdanosti u vremenu i određenog pređenog puta sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja ležajeva motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [63]

Procesi primene statističke metode promene parametara stanja su u funkciji vremena korišćenja motornog vozila, kao posledica različitih uticaja stohastičkog karaktera, koji dovode do iznenadnih otkaza [73]. Takođe se opredeljuje specifičnost motornih vozila u pogledu izbora i kombinovane primene koncepcija i modela održavanja komponenta motornih vozila, posebno preventivnog održavanja prema stanju i preventivnog održavanja po vremenu.

Uvek postoje mogućnosti da upotreba motornog vozila varira sprovođenjem preventivnih postupaka održavanja komponenta kao i njihov obim, odnosno stepen obnavljanja, broj zamenjenih komponenta u sklopove, itd. To dozvoljava izbor najbolje koncepcije i modela preventivnog održavanja komponenta motornih vozila [64]. Stvorene okolnosti određuju najpovoljnije kriterijume optimizacije: u jednom slučaju, to su minimalni troškovi održavanja komponenta, u drugom, vrhunska raspoloživost korišćenja motornog vozila.

- [63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.
- [64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, Branko., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.
- [73]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

4.6.2 PRIMENA DATIH PARAMETARA STANJA NA MODEL DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

Stanje motornih vozila sa svim njegovim komponentama i uz pojednačnu primenu svakog posebnog parametra, određuje radnu sposobnost, tj. pravilno funkcionisanje sklopova motornih vozila. U toku procesa eksploatacije motornih vozila, kao najsloženiji zadatak izdvaja se održavanje njihovih sastavnih komponentata. Radni parametri određuju tehničko stanje komponentata sklopova motornih vozila, karakteristični su i treba da zadovolje projektovanu funkciju cilja pri određenim uslovima i određenom vremenskom intervalu. Promene parametara uglavnom rezultiraju smanjenjem funkcionalnosti, uz konstantno rastuće i iznenadno dejstvjuće uticaje na stanje sklopova motornih vozila.

Dijagnostika se ne može redukovati samo na jedno određeno stanje komponenti, dok se stvarno stanje komponentata motornih vozila stalno menja, pa zato treba konstantno pratiti i evidentirati merljive promene fizičkih koordinata stanja komponentata u vremenskom intervalu Δt_x . Procenjivanje stanja komponenti sklopova motornih vozila, tj. analiza mernih mesta i veličina, predstavlja osnovni zadatak "održavanja prema stanju sa kontrolom radnih parametara" [3].

Na osnovu zavisnosti parametara stanja i sposobnosti funkcionisanja komponentata motornih vozila, parametre stanja možemo razvrstati na: izbor parametra stanja komponenti sa njihovim stalnim uticajem, izbor parametra stanja komponenti sa njihovim postepenim uticajem i izbor parametara stanja komponenti sa njihovim trenutnim uticajem.

Prva grupa parametara se primenjuje u periodu rada motornog vozila, gde svaka promena dovodi do promene funkcionisanja komponenti motornog vozila. Druga grupa se odnosi na vreme rada komponentata motornih vozila, gde se vrši konstatacija o stanju, koje se dobija tek pri dostizanju jedne određene veličine parametra. Treća grupa parametara registruje promenu jedne određene veličine i trenutno dovodi do nemogućnosti daljeg korišćenja. Izabrani parametri stanja sklopova motornih vozila sadrže vrednosti ulazne, procesne i izlazne radne parametre u granicama dozvoljenih odstupanja projektovne funkcije cilja, odnosno veličine posmatranih parametara treba da su u granicama dozvoljenih odstupanja po njihovom izlazu, tj. izvan granica u minimalno određenom vremenskom intervalu t_i i datim uslovima rada.

Obeležavanjem U_n - merne vrednosti komponente n ulaznih promenljivih U_1, U_2, \dots, U_n , koje karakterišu uslove eksploatacije sklopova motornog vozila, R je merna unutrašnja promenljiva R_1, R_2, \dots, R_n , koja predstavlja pokazatelje režima rada, I je merna izlazna funkcija I_1, I_2, \dots, I_m , koja predstavlja uticaj promene parametara stanja komponentata, D je merni rizik D_1, D_2, \dots, D_r , koji pored svih eksplatacionih karakteristika obuhvataja i pokazatelja pouzdanosti komponentata motornih vozila. Na ovaj način se može izvesti jednačina pouzdanosti koja predstavlja sveukupnost uticaja pojedinih parametara stanja na režim rada komponenti [30]:

$$K_a(t) = \varphi_i(U, R, D, I)$$

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[30]. Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački novinski centar, Beograd, 1990.

Činjenicom da se motorno vozilo sastoji od velikog broja sastavnih komponenti, za ulazne parametre imaćemo pokazatelje režima rada R_1, R_2, \dots, R_t , a izlazni parametri pokazuju njihovo stanje M_1, M_2, \dots, M_n , imaćemo [30]:

$$K_{U_i M_i}(t) = U(U_1, U_2, \dots, U_n) = f_t(M_1, M_2, \dots, M_n, R_1, R_2, \dots, R_n)$$

Prethodno stanje pokazuje da uslovi procesa eksploatacije i režima rada dijagnostike komponenti motornih vozila utiču na promenu njihovog stanja, kao i na pokazatelje pouzdanosti. Zato se uspostavlja funkcionalna zavisnost između promene parametara stanja motornih vozila (detaljnije u poglavljima 6 i 7) [30]:

$$K_p(t) = I(I_1, I_2, \dots, I_m) = f_t(M_1, M_2, \dots, M_n)$$

Rezultati rada komponenata sklopova obuhvataju korekciju vrednosti pouzdanosti u slučaju izabrane statističke raspodele pouzdanosti iz čega sledi da se korekciona vrednost σ dobija iz obrasca [66]:

$$\sigma = \frac{\kappa(r)}{s \cdot \tau_z(t)} \approx \frac{0,955}{800000 \cdot 1,537 \cdot 10^{-6}} \approx 4,020$$

pri čemu je:

$$\tau_r(t) = 1,537 \cdot 10^{-6} - \text{funkcija gustine otkaza komponenata,}$$

$$s = 800000 \text{ km} - \text{pređeni put pre pojave otkaza,}$$

$$\kappa(r) - \text{korekciona vrednost pouzdanosti dobijena iz empirijskih obrazaca: } K_{F_i}(t) \approx 0,955,$$

$$r = 0,95 - \text{parametar funkcije rada komponente.}$$

Prikazane vrednosti statističke metode raspodele podataka uzetih određenih parametara iz eksploatacije prikazanih karakteristika komponenata na mernim mestima su: $k(r) = 0,955 \Rightarrow R_{M_i}(t) = \kappa(r)0,955 \Rightarrow \sigma = 4,020$ [66].

Na osnovu već dobijenih vrednosti standardne normalne statističke raspodele pouzdanosti rada komponenata sklopova usvajaju se sledeće vrednosti parametara:

$$\varphi = \ln s - r \cdot \sigma = \ln 800000 - 0,95 \cdot 4,020 = 1,390$$

Ovako dobijene vrednosti statističke metode raspodele rezultiraju sve vrednosti parametara (u prilogu P.5 – P.8 na strani 220-221), a za čije su potrebe uzete vrednosti funkcija raspodela otkaza odmah nakon najvećih vrednosti pouzdanosti, jer iste predstavljaju početak otkaznih stanja komponenata sklopova motornih vozila [66].

Grafik prenosne funkcije $K_a(t)$, određuje se statističkom raspodelom komponenata pouzdanosti na osnovu koje će se sprovesti dalje korekcije zavisnosti pouzdanosti rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova motornih vozila. Takođe od eksploatacionog vremena dobiće se vrednosti merodavnih pouzdanosti, prikazan je na slici 4.7.

[30]. Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački novinski centar, Beograd, 1990.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

U cilju određivanja što preciznijih rezultate za pouzdanost sigurnog rada komponenata analiziranih sklopova motornih vozila, uzeće se korekcione vrednosti pouzdanosti dobijene na osnovu lognormalne statističke raspodele pouzdanosti kao odabrane raspodele.

Izračunate korekzione vrednosti pouzdanosti biće prikazane tabelarno (tabela 4.5), a rezultat su primene izabrane lognormalne statističke raspodele pouzdanosti u obliku [6], [30]:

$$K_i(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t \frac{1}{\sigma \cdot t \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)^2} dt$$

Zamenom dobijamo: $z = \frac{x - \mu}{\sigma} = \frac{\ln t - \mu}{\sigma}$; diferenciramo $p_0(t)$,

$$z = \left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma} \right)' = \frac{(\ln t - \mu)\sigma - (\ln t - \mu)\sigma}{\sigma^2} \Rightarrow \frac{dz}{dt} = \frac{1}{t} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2} = \frac{1}{t \cdot \sigma} \Rightarrow z = \frac{dt}{t \cdot \sigma}$$

Iz razloga što je: $K(t) = 1 - \int_{-\infty}^z \varphi(z) dz$ i $\varphi(z) = t \cdot \sigma \cdot f(t)$, sledi konačni izraz za izračunavanje pouzdanosti rada komponenata analiziranih sklopova [6], [30]:

$$K_a(t) = \frac{f(t)}{\lambda_o(t)} = \frac{\varphi(z)}{\lambda_o(t) \cdot t \cdot \sigma}$$

gde je:

$\lambda_o(t)$ - intenzitet otkaza,
 σ - standardna devijacija.

Dobijene oblasti sigurnosti funkcionisanja mogu biti osnova za predviđanje oblasti vremena sigurnog rada, vremena rada sa dozvoljenim rizikom i oblasti rada koji ukazuje na neophodnost izvođenja remonta komponenata i celog sklopa. Analiza će poslužiti prilikom određivanja korelacije povezanosti uticaja zavisnosti pouzdanosti, promene temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima analiziranih sklopova (slike 4.7, 4.8 i 4.9).

Potrebno je konstruisati grafik na bazi dobijenih rezultata pouzdanosti o njihovoj zavisnosti od vremena rada komponenata sklopova $f(K_a(t), s(t))$ i to u dva slučaja: bez primene i sa primenom parametara stanja komponenata, tako da će biti moguće grafički prikazati oblasti sigurnosti rada komponenata sklopova motornih vozila. (u prilogu P.5 – P. 8 na strani 220-221). Dijagrami, na kojima su date pouzdanosti, tačno prikazuju prevojne tačke prelaza pouzdanosti u stanje remonta po mernim mestima (prikaz na slikama 4.7, 4.8 i 4.9) i određivanje zavisnosti ispravnog rada sastavnih komponenata sklopova motornih vozila (u prilogu P.39 – P. 40 na strani 242-243).

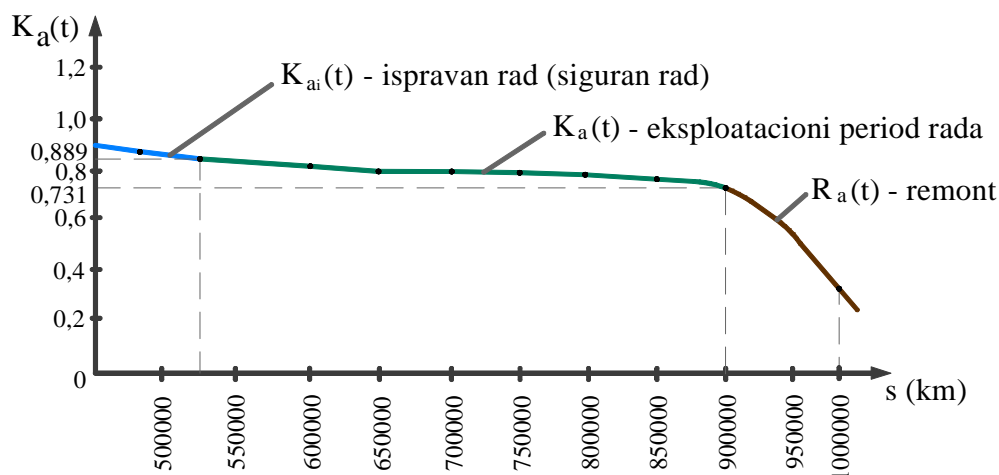
[6]. Adamović Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

[30]. Vujanović N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački novinski centar, Beograd, 1990

Za mogućnost predviđanja momenta kada će doći do odstupanja osnovnih karakteristika sastavnih komponenti motornih vozila od dozvoljenih vrednosti, vrlo je bitno da izabrani parametri stanja u potpunosti definišu stanje sastavnih komponenta motornih vozila. Kao osnov za izbor parametara, najčešće se uzima uslov da njihov broj bude najmanje moguć.

r. b.	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put sastavnih komponenta	Naziv sastavnih komponenta motornih vozila	$g_{n_i}(t)$	z	φ	σ	$K_a(f) = \varphi(z)$	$R_a(t)$
1.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (stabilni ležajevi) M_1	$1,291 \cdot 10^{-5}$	0,12	1,390	4,020	0,889	0,731
2.	31.12.2011 ÷ 31.12.2012	500 000 – 1 200 000	kolenasto vratilo (leteći ležajevi) M_2	$1,103 \cdot 10^{-6}$	0,11	1,171	3,361	0,912	0,782
3.	31.12.2012 ÷ 31.12.2013	500 000 – 1 200 000	bregasto vratilo M_3	$1,047 \cdot 10^{-5}$	0,08	1,094	2,403	0,957	0,815

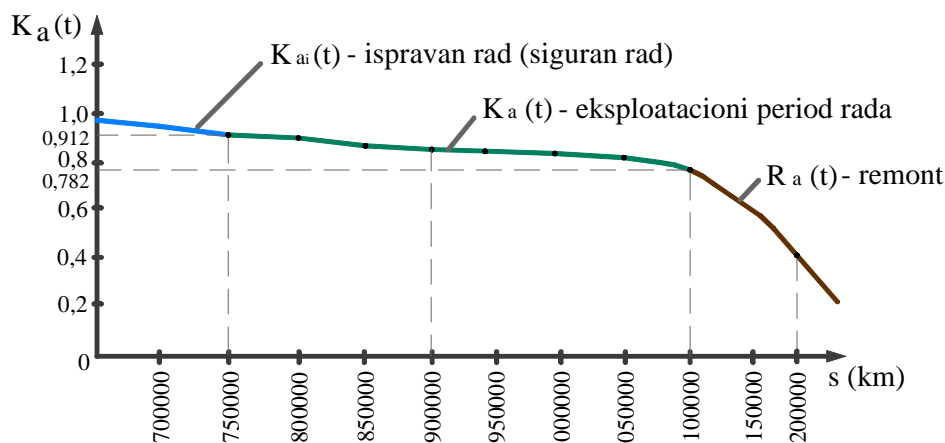
Tabela 4.5 Rezultati parametara $g(t)$, z , μ , σ , K_a u slučaju lognormalne raspodele pouzdanosti sastavnih komponenta motornih vozila (M_1 , M_2 i M_3) Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [66]



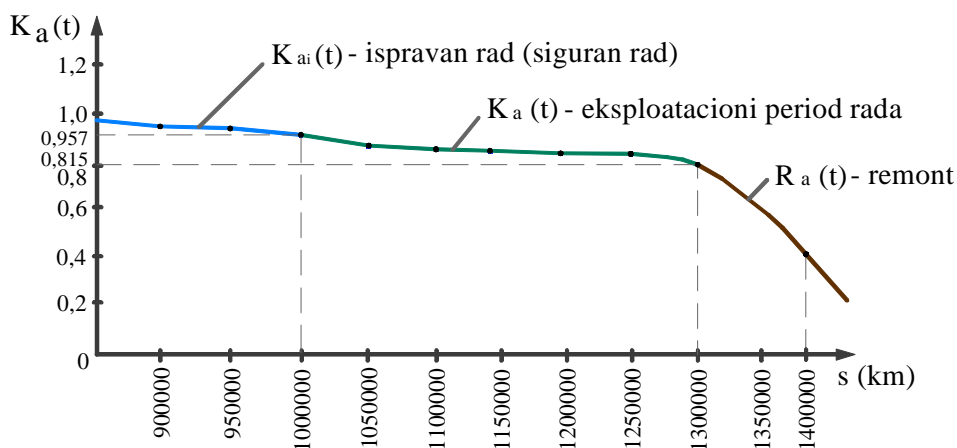
Slika 4.7 Grafik prikazane vrednosti pouzdanosti, pređenog puta komponenta u oblasti eksploatacionog rada na mernom mestu M_1 motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [66]

Pored ovih navedenih, postoji i veoma veliki broj ulaznih parametara, koji karakterišu optimalno stanje i uslove eksploatacije komponenta motornog vozila (antikorozivna sredina, kinematski faktori, termoelastičnost sastavnih komponenti itd.).

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.



Slika 4.8 Grafik prikazane vrednosti pouzdanosti, pređenog puta komponenta u oblasti eksploatacionog rada na mernom mestu M_2 motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [66]



Slika 4.9 Grafik prikazane vrednosti pouzdanosti, pređenog puta komponenta u oblasti eksploatacionog rada na mernom mestu M_3 motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [66]

Izbor najpovoljnije koncepcije i modela dijagnostike stanja u smislu primene preventivnog održavanja po vremenu uslovljen je nizom uticaja tehničkog i ekonomskog karaktera. Precizna metodologija, nameće potrebu za posebnim sistemskim prilazom, koji se razmatra u ovom istraživanju. Osnovna karakteristika metodologije sistemskog prilaza je njegova orijentisanost ka cilju, koji istraživani problem treba da postigne, pa se izbor najpovoljnije koncepcije i modela za određene sastavne komponente vozila u celini vrši sa stanovišta uticaja definisanih kriterijuma i definisanog cilja. Zato, primenom ovog prilaza može se doći do optimalnog rešenja problema za date uslove. Razvijen je algoritam za praćenje eksploatacionog sistema dijagnosticiranja i izbora najpovoljnije koncepcije i modela dijagnostike stanja za primenu na nivou sastavnih komponenta vozila, a na osnovu simulacije modela na računaru.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

4.6.3 IZBOR PARAMETARA KONTROLE METODOM INKORPORACIJE

Kompletnu dijagnostičku sliku sastavnih komponenata sklopova motornih vozila dobijamo povezivanjem dijagnostičkih parametara izvođenja i procesa dekompozicije istih. Primena metode inkorporacije je svrsishodna i potrebna u slučaju komplikovanih teorijskih varijanti, gde će za formiranje baze podataka komponenata motornih vozila poslužiti ulazne informacije.

Zbog različitosti pojava otkaza po mestu, vrsti i načinu nastanka, učestalosti i vremenu trajanja, potrebno je sublimirati verovatnoće otkaza i veličina parametara stanja motornih vozila i njihovih komponenata sklopova, koje se menjaju različitim intenzitetom, na različitim lokacijama, i u različitom vremenu, a koji se ne mogu ili ih je komplikovano matematički formulisati.

Dati problem se može uspešno rešavati pomoću metode inkorporacije prema šemi toka dijagnoze parametara stanja komponenata vozila i algoritma za konstruisanje modela određivanja parametara dijagnostike (prikazan je na slici 4.10) i koja se može bazirati na identifikaciji komponenata sklopova motornih vozila (kroz istraživanja komponenata motornih vozila po principu strukture otkaza i parametara stanja sklopova), na primeni otkaza na bazi vrednosti parametara stanja komponenata i na modelu izbora parametara stanja komponenata metodom inkorporacije. Data slika daje prikaz algoritma za postavljanje modela uz poboljšanje kontrole pogodnosti i održavanja kao i mogućnost više dorada sa istovremenim praćenjem dijagnostičkih parametara i rezultata [217].

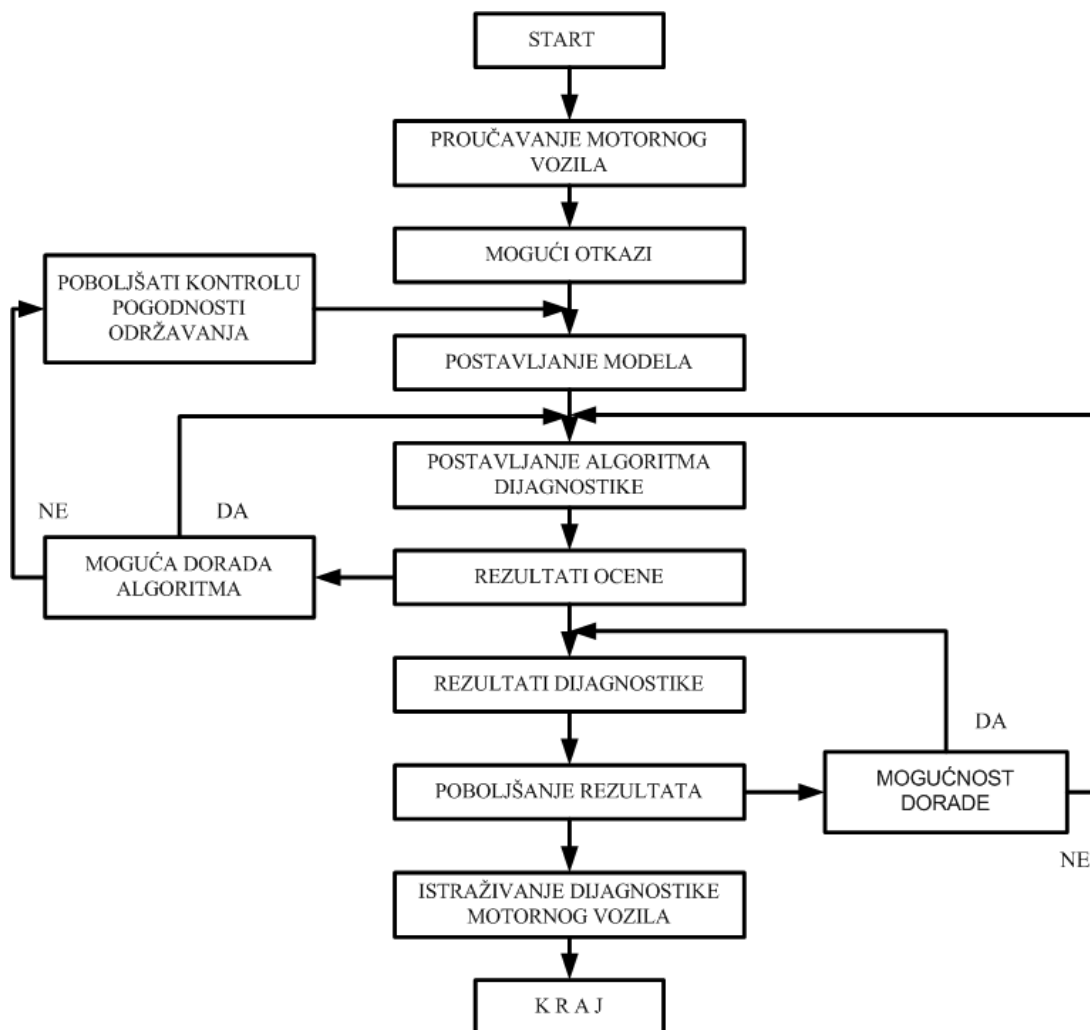
Sam model se može uraditi kao prototip za primenu i dokazivanje metodoloških karakteristika metode inkorporacije parametara stanja komponenti, verovatnoće otkaza u povećanju efikasnosti komponenata i istraživanja komponenata sklopova motornih vozila.

Ovaj model se pre svega odnosi na komponente motornih vozila koja stoje u pripravnosti radi upotrebe u krajnjem slučaju. Ako se dogodi da takve komponente otkazu još dok su u pripravnosti, može doći do katastrofalnih posledica u slučaju da ih je neophodno upotrebiti. Da bi smo to izbegli, neophodno je vršiti kontrolu stanja. Ukoliko se ustanovi neispravno stanje mogu se vršiti intervencije održavanja ili eventualna zamena komponenata sklopova. Naime, potrebno je obezbediti optimalni interval kontrole stanja tako da se obezbedi maksimalna gotovost motornih vozila.

Dato je kao:

- rešenje dobijeno primenom statističkih i verovatnih proračuna koji se ne mogu koristiti za utvrđivanje trenutnog stanja komponenti sklopova motornih vozila, pa samim tim se ne mogu koristiti ni za donošenje operativnih – izvršnih odluka,
- metoda inkorporacije parametara stanja i verovatnoće otkaza predstavlja podlogu za koncept planskog održavanja stanja komponenata motornih vozila,
- analiza metode koja istovremeno predstavlja predviđanje i sprečavanje otkaza motornih vozila i sastavnih komponenti, pri čemu je razvijen jedinstveni prototip modela optimizacije postupaka tehničke dijagnostike motornog vozila.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.



Slika 4.10 Analiziranje algoritma za praćenje eksploatacionog sistema dijagnosticiranja motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [64]

Sastavne komponente sklopova motornih vozila [64]:

M_1 – kolenasto vratilo – stabilnih ležajeva (pouzdanost komponente vratila),

M_2 – kolenasto vratilo – letećih ležajeva (pouzdanost komponente vratila),

M_3 – bregasto vratilo (pouzdanost komponente vratila).

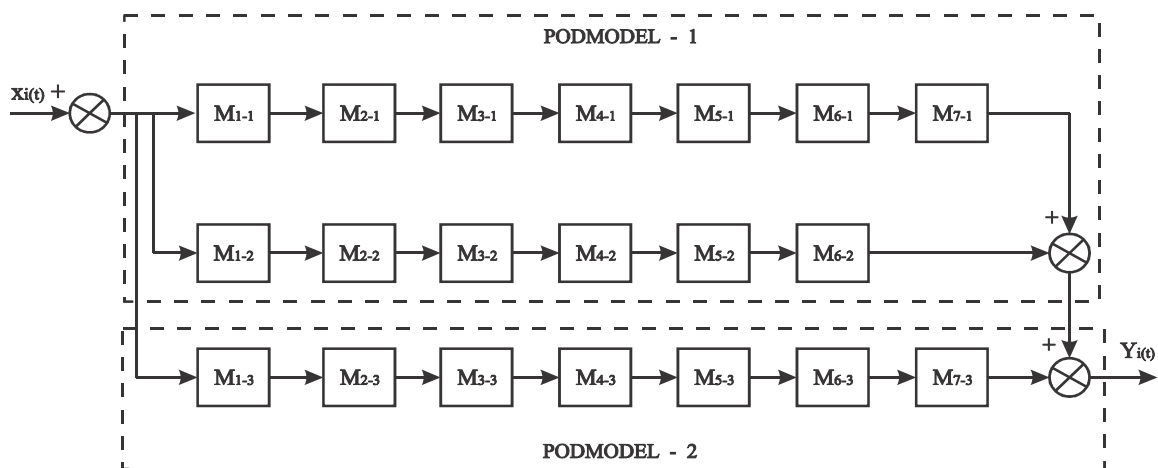
Pouzdanost $K_a(t)$ sklopova motornih vozila koji je izrađen od n komponenata zavisi od pouzdanosti $K_o(t)$ svake pojedinačne komponente i od načina povezivanja komponente u motorno vozilo [72]. Kada vozilo radi (bez obzira na nivo pouzdanosti) postavlja se pitanje kvalitet komponenata, odnosno izvršenja dela funkcije kriterijuma.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, Branko., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

[72]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Josimović, Lj., „Istraživanje radnih temperatura na stabilnim ležajevima motornih vozila“, Časopis „Menadžment znanja“ godina X, broj 1, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2015.

Funkcionalna pogodnost za izvršenje funkcije cilja predstavlja verovatnoću da vozilo uspešno izvrši projektovanu funkciju cilja (ukoliko funkcioniše) u projektno propisanim uslovima rada i uslovima okoline. Takođe, kao mera verovatnoće izvršenja funkcije cilja, za koju je vozilo projektovano, može se odrediti kao odnos mere izvršenih zadataka i resursa (odnosno predviđenih zadataka) u intervalu $\Delta(t)$.

Na slici 4.11 prikazan je blok model pouzdanosti sastavnih sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, pri čemu je razvijen jedinstveni prototip modela po podmodelima 1 i 2. Data slika daje prikaz rasporeda mernih mesta stabilnih, letećih i kliznih ležajeva. Navedena merna mesta pomenutih ležajeva ukazuju signalom na moguće promene u praćenju pojedinih parametara (temperature ili zazora), čime se smanjuje mogućnost nastanka otkaza na pojedinim komponentama. Komponente su tako povezane da do pojave otkaza bilo koja n redno vezana komponenta izazvaće i otkaz samog vozila, pa će predstavljati pouzdanost sistema sa M_{1-7} redno vezanih sastavnih komponentata M_{1-1} , M_{2-1} , M_{3-1} , M_{4-1} , M_{5-1} , M_{6-1} , M_{7-1} . Takođe, komponente koje su tako povezane daju da motorno vozilo bude ispravano (radi bez otkaza) i ako je bar jedna od m paralelno vezanih komponentata bude ispravna (svi osim jednog mogu da otkazu).

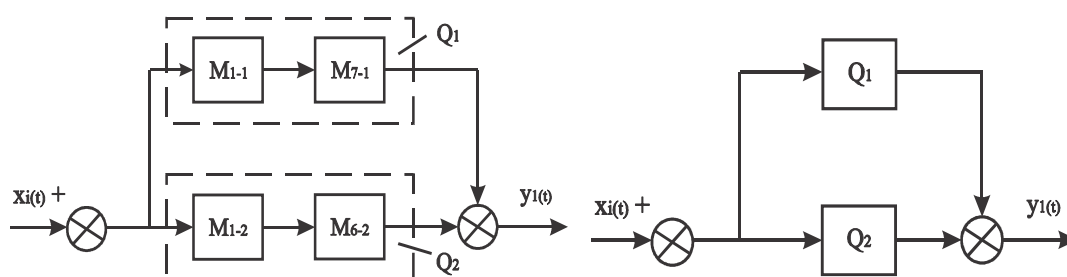


Slika 4.11 Raspored mernih mesta blok podmodela pouzdanosti sastavnih komponentata motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Raspored mernih mesta na kolenastom vratilu motornog vozila od:

- M_{1-7} – merna mesta stabilnih ležajeva,
- M_{1-6} – merna mesta letećih ležajeva,
- M_{1-7} – merna mesta bregastih ležajeva.

Na slici 4.12 prikazana je redukcija komponenti sklopova za praćenje temperature u motoru vozila Volvo D9B 340 kroz analizu komponentata podmodela 1. Data merna mesta daju signal u slučaju promene temperature u motoru, čime se blagovremeno može reagovati na potencijalnu pojavu otkaza. Sistem izgrađen od redno vezanih komponenta, od kojih svaki objedinjuje više paralelno vezanih komponenta. Pouzdanost sistema od n redno vezanih komponenta, od kojih svaki ima po m paralelno vezanih komponentata. Ako su inteziteti otkaza svih komponenti u jednom delu jednaki onda su oni jednaki za sve komponente Q_{1-2} (sve delove sistema).



Slika 4.12 Raspored prikazanih komponenta sklopova M_{1-7} i M_{1-6} za praćenje temperature motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Prvi deo ima u svom sastavu komponente M_{1-1} , M_{2-1} , M_{3-1} , M_{4-1} , M_{5-1} , M_{6-1} , M_{7-1} , tako redno povezane komponente koji se nalazi u radu i predstavljaju jedan sistem Q_1 koga čine sve komponente vezane za stabilne ležajeve:

$$Q_1 = M_{1-1} \cdot M_{7-1}$$

Drugi deo ima u svom sastavu komponente M_{1-2} , M_{2-2} , M_{3-2} , M_{4-2} , M_{5-2} , M_{6-2} , tako redno povezane komponente koji se nalazi u radu i predstavljaju jedan sistem Q_2 koga čine sve komponente vezane za leteće ležajeve:

$$Q_2 = M_{1-1} \cdot M_{6-1}$$

Prenosna funkcija podmodela 1 predstavlja funkciju cilja da sistem uspešno izvrši projektovanu funkciju pouzdanosti u projektno propisanim uslovima režima za praćenje temperature na mernim mestima M_{1-7} i M_{1-6} i uslovima okoline:

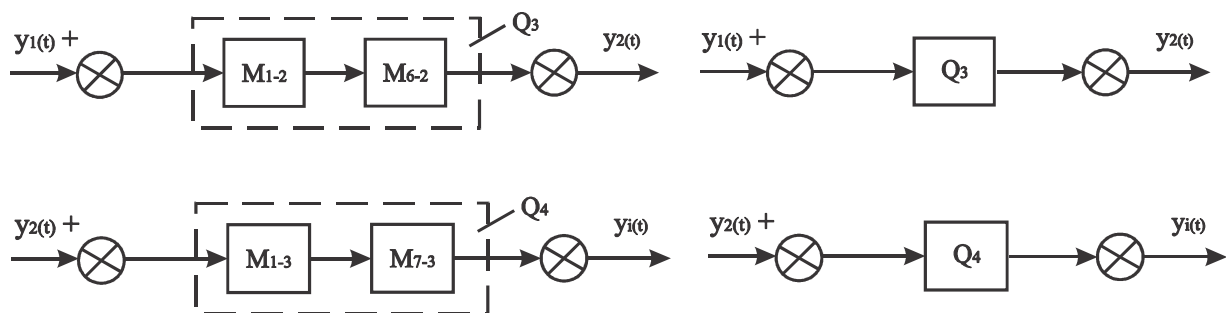
$$K_{PM_1}(t) = \frac{\gamma_1(t)}{x(t)} = \frac{M_{1-1} \cdot M_{7-1}}{1 - M_{1-1} \cdot M_{7-1}}$$

$$K_{PM_1}(t) = \frac{M_{1-1} \cdot M_{2-1} \cdot M_{3-1} \cdot M_{4-1} \cdot M_{5-1} \cdot M_{6-1} \cdot M_{7-1}}{1 - M_{1-1} M_{2-1} M_{3-1} M_{4-1} M_{5-1} M_{6-1} M_{7-1}}$$

Na slici 4.13 prikazana je redukcija komponenta sklopova za praćenja pohabanosti ležajeva motornih vozila Volvo – D9B 340 kroz analizu komponenta podmodela 2, koji je primenjen i u slučaju pojave zazora na ležajevima vratila. Ako su inteziteti otkaza svih komponenta u rednoj vezi konstantni, onda će pouzdanosti sistema inteziteta otkaza međusobno biti jednaki.

Treći deo ima u svom sastavu komponente M_{1-2} , M_{2-2} , M_{3-2} , M_{4-2} , M_{5-2} i M_{6-2} tako redno povezane komponente koji se nalazi u radu i predstavljaju jedan sistem Q_3 koga čine sve komponente vezane za bregaste ležajeve, koje su jednake intezitetu sistema:

$$Q_3 = M_{1-2} \cdot M_{6-2}$$



Slika 4.13 Raspored prikazanih komponenta sklopova M_{1-6} i M_{1-7} za praćenje pohabanosti ležajeva motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Četvrti deo ima u svom sastavu komponente M_{1-3} , M_{2-3} , M_{3-3} , M_{4-3} , M_{5-3} , M_{6-3} i M_{7-3} redno povezane koji se nalazi u radu i predstavljaju jedan sistem Q_4 koga čine sve komponente vezane za klizne ležajeve:

$$Q_4 = M_{1-3} \cdot M_{7-3}$$

Prenosna funkcija podmodela 2 predstavlja funkciju cilja da sistem uspešno izvrši projektovanu funkciju pouzdanosti u projektno propisanim uslovima režima za praćenje temperature na mernim mestima M_{1-7} i M_{1-6} i uslovima okoline:

$$K_{PM_2}(t) = \frac{\gamma_2(t)}{\gamma_1(t)} = \frac{M_{1-2} \cdot M_{6-2}}{1 - M_{1-2} \cdot M_{6-2}} = \frac{M_{1-2} \cdot M_{2-2} \cdot M_{3-2} \cdot M_{4-2} \cdot M_{5-2} \cdot M_{6-2}}{1 - M_{1-2} M_{2-2} M_{3-2} M_{4-2} M_{5-2} M_{6-2}}$$

$$K_{PM_3}(t) = \frac{\gamma_2(t)}{\gamma_1(t)} = \frac{M_{1-3} \cdot M_{7-3}}{1 - M_{1-3} \cdot M_{7-3}} = \frac{M_{1-3} \cdot M_{2-3} \cdot M_{3-3} \cdot M_{4-3} \cdot M_{5-3} \cdot M_{6-3} \cdot M_{7-3}}{1 - M_{1-3} M_{2-3} M_{3-3} M_{4-3} M_{5-3} M_{6-3} M_{7-3}}$$

Ukupna prenosna funkcija $K_f(t_i)$ pouzdanosti stanja komponenta sklopova motornih vozila kod kojih je broj ispravnih komponenta mora biti veći ili jednak minimalnom potrebnom broju komponenta funkcije $g(t)$:

$$K_f(t_i) = K_{PM_1}(t) \cdot K_{PM_{2-3}}(t)$$

$$K_f(t_i) = \frac{M_{1-1} \cdot M_{7-1}}{1 - M_{1-1} M_{7-1}} \cdot \frac{M_{1-2} \cdot M_{6-2}}{1 - M_{1-2} M_{6-2}} \cdot \frac{M_{1-3} \cdot M_{7-3}}{1 - M_{1-3} M_{7-3}}$$

Optimalna prenosna funkcija pouzdanosti zavisi od pouzdanosti $K_f(t)$ svake pojedinačne komponente i od načina povezivanja komponente u sistemu. Navedene su osnovne veze delova sistema:

$$K_f(t_i) = \frac{M_{1-1} \cdot M_{7-1} \cdot M_{1-2} \cdot M_{6-2} \cdot M_{1-3} \cdot M_{7-3}}{(1 - M_1 M_2) \cdot (1 - M_1 M_5) \cdot (1 - M_7 M_8)}$$

Merodavne pouzdanosti iz eksploatacije kada sistem radi (bez obzira na nivo pouzdanosti) odnosno izvršenja dela funkcije kriterijuma na merna mesta M_1, M_2, M_3 kao i intezitetu u sistemu (m i n komponenta), pri čemu funkcija pouzdanosti sistema ($K_i(t_i)$ – funkcija pouzdanosti u radu komponenta i $K_a(t_i)$ – funkcija pouzdanosti u radu sklopa) ovakve strukture jednaka je:

$$K_i(t) = K_{f_1} = K_{f_2} = K_{f_3} = K_{f_4} = 1$$

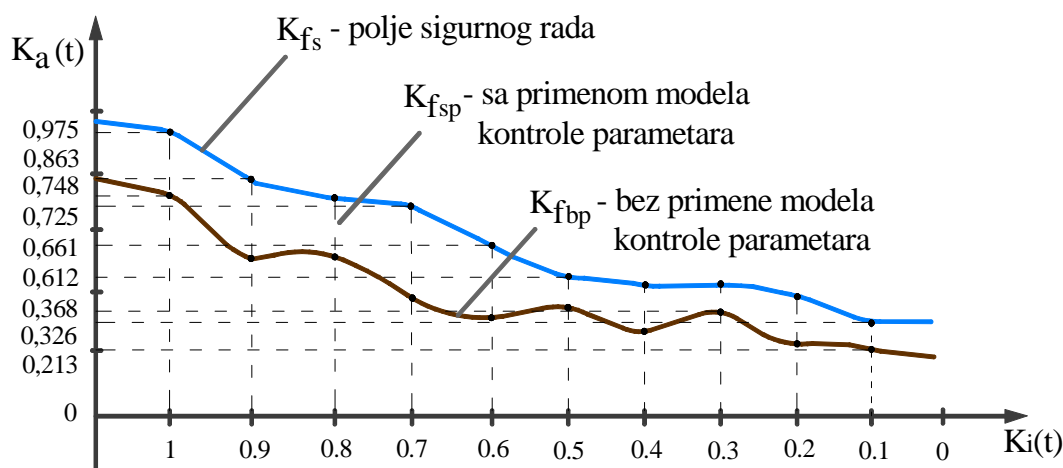
r. b.	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put u radu komponenta $s(km)$	Funkcija pouzdanosti u radu komponenta vozila $K_i(t_i)$	Vrednost pouzdanosti $K_i(t)$	Funkcija pouzdanosti u radu sklopa vozila $K_a(t)$	Vrednost pouzdanosti $K_a(t)$
1.	31.12.2009.	700 000	$K_{i1}(t)$	1,00	$K_{a1}(t)$	0,748
2.	06.06.2010.	750 000	$K_{i2}(t)$	0,90	$K_{a2}(t)$	0,613
3.	31.12.2010.	800 000	$K_{i3}(t)$	0,80	$K_{a3}(t)$	0,574
4.	30.06.2011.	850 000	$K_{i4}(t)$	0,70	$K_{a4}(t)$	0,541
5.	31.12.2011.	900 000	$K_{i5}(t)$	0,60	$K_{a5}(t)$	0,509
6.	30.06.2012.	950 000	$K_{i6}(t)$	0,50	$K_{a6}(t)$	0,471
7.	31.12.2012.	1 000 000	$K_{i7}(t)$	0,40	$K_{a7}(t)$	0,452
8.	30.06.2013.	1 050 000	$K_{i8}(t)$	0,30	$K_{a8}(t)$	0,368
9.	30.09.2013.	1 100 000	$K_{i9}(t)$	0,20	$K_{a9}(t)$	0,295
10.	31.12.2013.	1 200 000	$K_{i10}(t)$	0,10	$K_{a10}(t)$	0,213

Tabela 4.6 Rezultati prenosne funkcije pouzdanosti sklopova motornih vozila bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja komponenta (M_1, M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Prikaz vrednosti prenosne funkcije pouzdanosti analiziranih sklopova motornih vozila izvršen je tabelarno, prikaz u tabelama 4.6 i 4.7. Prikazani su konačne vrednosti funkcija pouzdanosti u zavisnosti od parametara dijagnostike stanja i vremenskog intervala rada analiziranih komponenta sklopova. Na osnovu dobijenih vrednosti, izvršen je grafički prikaz zavisnosti $f(K_a(t), K_i(t))$ (prikaz na slici 4.14).

r. b.	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put u radu komponenta $s(km)$	Funkcija pouzdanosti u radu komponenta vozila $K_i(t_i)$	Vrednost pouzdanosti $K_i(t)$	Funkcija pouzdanosti u radu sklopa vozila $K_a(t)$	Vrednost pouzdanosti $K_a(t)$
1.	31.12.2009.	700 000	$K_{i1}(t)$	1,00	$K_{a1}(t)$	0,975
2.	06.06.2010.	750 000	$K_{i2}(t)$	0,90	$K_{a2}(t)$	0,863
3.	31.12.2010.	800 000	$K_{i3}(t)$	0,80	$K_{a3}(t)$	0,794
4.	30.06.2011.	850 000	$K_{i4}(t)$	0,70	$K_{a4}(t)$	0,725
5.	31.12.2011.	900 000	$K_{i5}(t)$	0,60	$K_{a5}(t)$	0,661
6.	30.06.2012.	950 000	$K_{i6}(t)$	0,50	$K_{a6}(t)$	0,612
7.	31.12.2012.	1 000 000	$K_{i7}(t)$	0,40	$K_{a7}(t)$	0,587
8.	30.06.2013.	1 050 000	$K_{i8}(t)$	0,30	$K_{a8}(t)$	0,524
9.	30.09.2013.	1 100 000	$K_{i9}(t)$	0,20	$K_{a9}(t)$	0,443
10.	31.12.2013.	1 200 000	$K_{i10}(t)$	0,10	$K_{a10}(t)$	0,326

Tabela 4.7 Rezultati prenosne funkcije pouzdanosti sklopova motornih vozila sa primenom parametara dijagnostike stanja komponenta (M_1, M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [61]



Slika 4.14 Dijagram zavisnosti prenosne funkcije pouzdanosti sklopova motornih vozila u zavisnosti od parametara dijagnostike stanja komponenta sa primenom parametara dijagnostike stanja komponenta – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [64]

Motorno vozilo je izgrađeno sa m paralelno vezanih komponenta, ali za izvršenje funkcije cilja bar kod ovih k komponenta mora biti ispravno. Pouzdanost komponenta motornih vozila ovakve strukture kod koga broj ispravnih komponenta mora biti veći ili jednak minimalno potrebnom broju n [69].

Za rešavanje problema pouzdanosti zahteva se određivanje mnogih faktora, od kojih zavise pokazatelji pouzdanosti. Kao osnovni javljaju se faktori vremena i režima tehničke eksploatacije komponenta motornih vozila [71]. Takođe neophodna je informacija o izmeni radne sposobnosti sastavnih komponenta vozila u toku planiranog perioda rada. Informacija o pouzdanosti komponenta vozila je neophodna u svim etapama njihovog stvaranja, pri projektovanju, izradi, ispitivanju, eksploataciji, održavanju i otpisu.

Statistička informacija o pouzdanosti sastavnih komponenta motornih vozila u procesu njihove eksploatacije dozvoljava da se odrede pokazatelji pouzdanosti za određeni tip modela s uzimanjem u obzir režima rada i uslova eksploatacije za određeni interval vremena.

Celokupnost faktora, koji određuju pouzdanost sastavnih komponenta motornih vozila, karakteriše se slučajnim veličinama, pa se i sami pokazatelji pouzdanosti javljaju, takođe, kao slučajne veličine i određuju se na osnovu metoda verovatnoće i matematičke statistike [64].

- [64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.
- [69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.
- [71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

4.6.4 SUŠTINA I PRIKAZ PROBLEMA UTICAJA MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Problem dijagnostike stanja motornih vozila može se rešavati na različite načine. U tu svrhu, najčešće se koriste metode ili uprošćene šeme, koje se mogu predstaviti različitim oblicima matematičkih modela. Sam prikaz modela treba da je što više pojednostavljen, odnosno da se realizuje kroz proces izrade najprostijih šema.

Neposredni zadatak dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila, jeste iznalaženje rešenja za optimalno definisanje kriterijuma i ograničenja. Najbolje, u ovom smislu, ne mora uvek da bude matematički ekstremna vrednost odgovarajuće kriterijumske funkcije, već to može biti i neko kompromisno rešenje, koje je najbolje sa aspekta postavljenog kriterijuma i ograničenja (npr. gotovost, raspoloživost komponenata). Poseban problem u postupku dijagnostike stanja pouzdanosti jeste definisanje strukture preferencije. Problem predstavlja i izbor kvalitativnih parametara (za određivanje mera kvaliteta i efikasnosti) koji se teško uključuju u normativne metode istraživanja.

Kriterijum pouzdanosti K_K može biti formulisan u vidu kriterijumske funkcije $K_K = f(x)$ ili da se bazira na više kriterijumskih funkcija $F(x)$ i na strukturi relacije preferencije [20]:

$$K_K = (F(x), C)$$

Preferencija C treba da sadrži informacije ili definisane relacije za upoređivanje i uređenje skupa neinferiornih rešenja u prostoru odlučivanja ili u prostoru kriterijumskih funkcija. Što znači da, u slučaju dijagnostike, globalni kriterijum K_K je dvojak, čiji su elementi kriterijumska funkcija $F(x) = (f_1(x), \dots, f_n(x))$ i struktura preferencije C koja definiše relacije pouzdanosti.

Postupak uključivanja strukture preferencije u postupak, obuhvata sledeća tri prilaza u analizi dijagnostike stanja sastavnih komponenata motornih vozila [15]:

1. postupak se odnosi na korišćenje višeatributne funkcije, koja sadrži pojedine kriterijume i strukturu preferencije u vidu jedne matematičke funkcije $K(x)$ i koja predstavlja kriterijumsku funkciju. Ovde praktično ne postoji problem donošenja konačne odluke, već se samo može javiti kao pitanje usvajanja rešenja, da li da se usvoji ili da se odbaci.

2. postupak dijagnostike stanja je dvostepeni i njime se rešava zadatak uključivanjem samo kriterijumske funkcije pouzdanosti sastavnih komponenata sklopova i pri tom se koristi matematička metoda za određivanje skupa neinferiornih rešenja i usvaja se konačno ili optimalno rešenje.

3. postupak je ponovljen i njime se struktura preferencije uključuje postepeno i više puta. Sam problem donošenja konačne odluke se javlja u svakom ponavljanju, pa se smatra da je ovde lakše izvršiti izbor odgovarajuće metode nego u drugom prilazu.

[15]. Барзилович, Е.И.: МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, "Высшая школа", Москва, 1998.

[20]. Бедняк, М.Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.

Kod komponenata kod kojih je došlo do pojave otkaza i za ocenu vrste otkaza, koriste se metode koje predstavljaju ocenu kritičnosti analiziranih sastavnih komponenata sklopova motornih vozila i/ili razvijena je FMEA metoda. Otkaz se definiše kao logično, sistematsko ispitivanje neke jedinice komponente ili njene konstrukcije i u funkciji je utvrđivanja i analizirane verovatnoće, uzroka i posledica realnih i potencijalnih nedostataka u funkcionisanju. U analizi otkaza primenjuju se tehnike koje sadrže osnovne aktivnosti: proces proučavanja komponenata i vrsta otkaza radi njihove klasifikacije i procena načina i posledica otkaza u cilju ocene kritičnosti.

Za sve odabrane metode, pored njihovih pojedinačnih uloga i funkcija, postoji i zajednička, a to je da se one zasnivaju na određenim znanjima i iskustvima o uzrocima, manifestacijama i učestalosti otkaza. Takođe, primena pomenutih metoda zahteva detaljno poznavanje međuzavisnosti uzroka i posledica koje se manifestuju kroz oštećenja i otkaza motornih vozila.

Pomenuta FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analitička i sistematska kvalitativna analiza mogućih otkaza koja ocenjuje kritičnost svake posmatrane pojedinačne komponente sklopova ili podsistema i njihov uticaj na vozilo [96]. Proces teče paralelno sa procesom konstruisanja, obuhvata ispitivanja kako idejnog tako i realnih rešenja. Sledi matematičko vrednovanje parametara analize, pa je i konačna ocena rešenja data matematički, što omogućava međusobno upoređivanje projektnih rešenja.

Analizom se prate pojave otkaze u određenom vremenskom periodu i tada dolazi do izdvajanja najčešćih otkaza po učestalosti pojavljivanja. Sam proces analize je zasnovan na kombinovanju teorije verovatnoće i iskustva stečenom u praksi kroz konstruisanje, tako da primena ove analize povećava pouzdanost, povećava kvalitet proizvoda kao i nivo tehnologije njegove izrade, smanjuje troškove testiranja i usavršavanja tehnologije proizvodnje, odnosno obezbeđuje optimalne troškove tokom proizvodnje motornih vozila. Radi konačnog izbora i primene parametara, neophodno je izraditi tabelarni dokument koji će omogućiti sprovođenje analize. Prvi korak u analizi je alokacija projektovane komponente sklopova motornih vozila (blok šeme, definisanje podsistema i označavanje svake bitne komponente čiji se kvalitet prati).

U prikazivanju rezultata pomogli su dijagrami prikazani na slikama 4.15 i 4.16 tako što se na apscisi beleže, opadajućim redosledom, vrednosti učestalosti otkaza u toku vremenskog intervala rada i pređenog puta, a na ordinati stepen njegove učestalosti $Z_i(t)$ u određenom vremenskom intervalu bez primene i sa primenom kontrole parametara stanja komponenata motornih vozila (u prilogu P.39 - P.42 na strani 242-245) [64].

$$Z_i(t) = \frac{N_i(t)}{Y_i}$$

gde je:

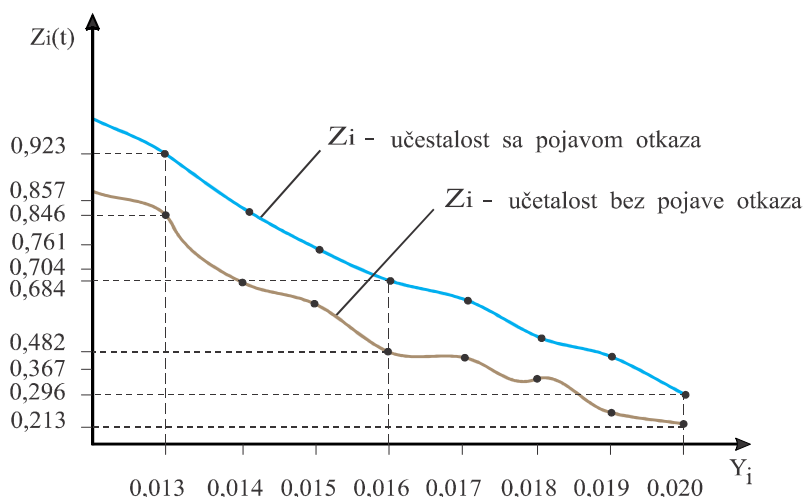
$N_i(t)$ - vrednosti učestalosti pojave otkaza u vremenu t ,

Y_i - ukupan broj učestalosti u radu, do vremena t .

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i sprovođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[96]. Коллакот, Р. А.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, «Шудостроение», Санкт Петербург, 2000.

Grupisani otkazi, tj. njihovi rezultati, upoređuju se sa listom otkaza kod FMEA metode i proverava se da li smo FMEA metodom predvideli otkaze iz grupe čestih otkaza (Y_1 do Y_i – ukupan broj učestalosti u toku vremenskog intervala rada i pređenog puta vozila, tabele u prilogu P.39 i P.42 na starni 242-245) i da li smo za njih dobili najveći faktor rizika.



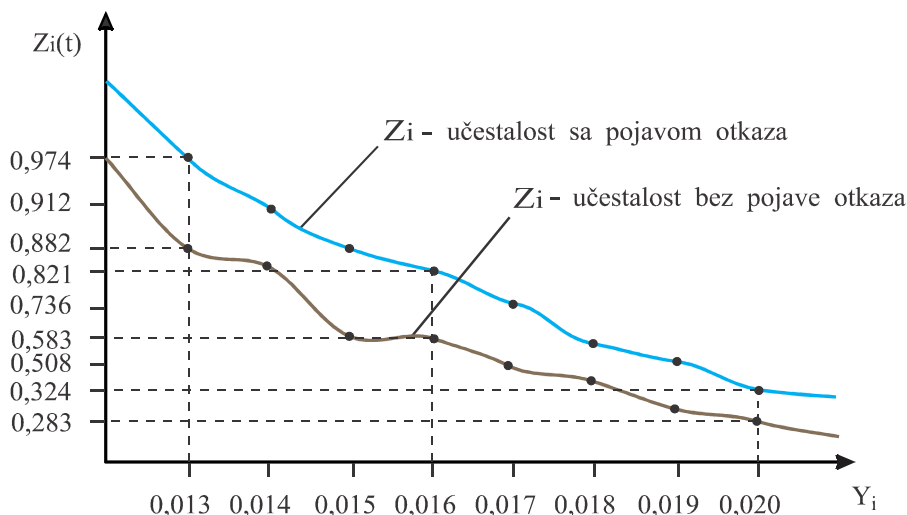
Slika 4.15 Dijagram rezultata prikazivnja učestalosti pojave otkaza na mestu M_1 sastavnih sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Kao glavni cilj statističke metode ističe se otklanjanje uzroka i smanjenje verovatnoće pojave otkaza, a primenjuju se, uglavnom u fazi konstruisanja za čiju potrebu su i nastale, a kasnije su počele da se primenjuju i u fazama proizvodnje kao i kod preventivnog održavanja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila [20]. Mnoge analize se vrše kod motornih vozila kod kojih je veliki uticaj preventivnog održavanja na sigurnost u radu, uticaj na okolinu, kod sistema koji imaju visoke troškove održavanja, česte otkaze ili zahtev za često korektivno održavanje sklopova.

Pod relevantnim parametrima sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, koje proučava dijagnostika otkaza i analiza oštećenja istih, podrazumevaju se: same radne karakteristike komponenata sklopova motornih vozila (vrsta kretanja, opterećenje, brzina, temperatura, vreme rada i druge), struktura komponenti sklopova motornih vozila (ležaj, rukavac, mazivo, atmosferski uticaji) i svojstva komponenata u sklopu, proces trenja i habanja (moguće vrste i uticajne veličine).

Utvrđivanje uzroka oštećenja i otkaza se uglavnom vrši procenom, na osnovu već postojeće njihove klasifikacije, a pri tome je poznato da otkazi nastaju uz određene pravilnosti, bez obzira što se u praksi kao uzrok može javiti veliki broj različitih faktora koji deluju u metodi simulacije kreiranja modela. Treba imati u vidu da složena konstrukcija, korišćeni materijal, uslovi rada i preventivno održavanje, često čine teškoće u utvrđivanju primarnog uzroka otkaza komponenata motornih vozila. Na osnovu tehničkih informacija i odgovarajućih dokumenata, dijagnostika stanja je orijentisana na identifikaciju uzroka pojave otkaza komponenata motornih vozila i njihovu analizu.

[20]. Бедняк, М. Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.



Slika 4.16 Dijagram rezultata prikazivnja učestalosti pojave otkaza na mestu M_2 sastavnih sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [64]

Baza podataka je neophodna za utvrđivanje uzročnika otkaza, mesta pojave i njihovu manifestaciju na svakoj komponenti sklopa ili mehanizma motornog vozila. Vrste otkaza sastavnih komponenata sklopova, najčešće izazvanih greškama u konstruisanju, na materijalu, u proizvodnji, montaži, eksploataciji i greškama u podmazivanju, treba da posluže kao smernice pri analizi otkaza koja se sprovodi u praksi i da omogućuje definisanje odnosa uzrok – manifestacija. Očigledno je da više uzročnika izaziva jednu manifestaciju otkaza [199]. Otkaz se definiše kao fizički i/ili hemijski proces koji dovodi do gubitka zadate funkcije i pojava ili simptoma koji su prouzrokovani procesom istih.

Model dijagnostike stanja se bavi određivanjem optimalne periodičnosti rada komponenata za slučaj poznavanja funkcije raspodele rada između vremena otkaza. Suština ovog modela je da se u određenim vremenskim intervalima izvodi dijagnostika stanja sastavnih komponenata motornih vozila i ovde je vremenski interval manji od srednjeg vremena između otkaza. U tom slučaju periodičnost dijagnostike stanja je optimalna ukoliko je gotovost (raspoloživost) sistema maksimalna, a troškovi održavanja minimalni [199].

Ova disertacija proučava model analitičke dijagnostike koji je primenljiv u planiranju postupka dijagnostike stanja pouzdanosti i definiše strategiju i promenu stanja komponenata sklopova motornih vozila. Takođe, model najpre utvrđuje rešenja optimalna po pojedinim kriterijumima, a zatim određuje kompromisna rešenja koja se predlažu i na osnovu kojih treba usvojiti jedno konačno rešenje.

Održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti svodi se na to da se kao sastavni delovi sistema koristi ograničenja međuremontnog resursa, uz izvršenje neophodnih aktivnosti održavanja radi otklanjanja nastalih otkaza. Stvarni nivo se nalazi u granicama dozvoljenih normi [64].

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[199]. Wohllebe, H., Technische Diagnostik in Maschinenbau, veb vrelag tehnick, Dresden, 1998.

4.7 RAZVOJ MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA I NJEGOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

4.7.1 UTICAJ POSTUPKA DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Razvijeni model analitičke dijagnostike stanja, u najširem smislu reči, obuhvata sistem jednačina, tabela, grafikona, običnih, parcijalnih i diferencijalnih jednačina, rekurentnih relacija i sl., koje predstavljaju analitičku, numeričku interpretaciju pojava koje se u predmetu dešavaju, efekata koji su od interesa i koji opisuju funkcionisanje analize rada komponenata sklopova motornih vozila. Istovremeno, određuje karakteristike stanja u zavisnosti od vremena, početnih uslova, ulaza i parametara stanja čime se omogućava izvođenje zaključka o nekim osobinama sastavnih komponenata sklopova motornih vozila.

Novi model analitičke dijagnostike stanja zahteva primenu složenih matematičkih izraza u analizi problema. Određivanje modela obuhvata raspored sastavnih komponenata sklopova motornih vozila prema oznakama njihovog redosleda u stablu otkaza, a koji će biti iskorišćen u analizi pouzdanosti rada komponenata posmatranih sklopova. Odgovarajućim modelom predstavljamo: savršeno poznavanje i primenu složenih matematičkih postupaka izračunavanja, različitih teorija, teorema, metoda, pa se tako može doći i do problema u definisanju postupaka i načina rešavanja različitih zadataka.

Razvijeni model dijagnostike stanja je zasnovan na metodologiji koja obuhvata izradu blok dijagrama u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata analiziranih sklopova motornih vozila. Metodologija sadrži konstrukciju monitornog sistema (slika 4.17), pa su komponente, uzimajući njihovu funkcionalnost i namenu, redom raspoređene po sklopovima, od kolenastog vratila preko klipnjača i bregastog vratila, pa je ovim izvršena redukcija složenih struktura blok dijagrama. Dobijeni konačni izrazi prenosnih funkcija analiziranih sklopova $V_p(t)$ – za sklop komponenata na vratilu i u njima zamenom vrednosti pouzdanosti komponenata $K_0(t)$ za vremenske intervale $700000 \text{ km} \leq \Delta s_i \leq 1000000 \text{ km}$ pređenog puta, daju tabelarnu vrednost u prilogu P.7 – P.12 na strani 221-223 značajne pouzdanosti iz kojih se kontrolišu krive pouzdanosti funkcija analiziranih komponenata sklopova [63].

Kako bi se uspešno formirao model sigurnosti funkcionisanja, neophodno je bilo odrediti sve nabrojane parametre teorijske i eksploatacione analize vozila (koji su određeni analitičkim ili eksploatacionim putem, detaljnije u poglavljima 4 i 5), a zatim iste povezati u matematičkom obliku. Ovo je ostvareno analitičkim putem i iskazano u obliku prenosnih funkcija optimalnog rada modela $K_a(t)$ koji će definisati sigurnost rada analiziranih sklopova (detaljna matematička izvođenja će biti objašnjena u poglavljima 5 i 6) [63].

Uticaj dijagnostika stanja, određen pomoću modela dijagnostike, karakteriše se:

- ukazivanjem na podatke koje treba obezbediti da bi se sprovele potrebne analize, olakšava predviđanja budućih stanja komponenata vozila uz procenu rizika ili granicu poverenja, otkriva vezu između pojedinih uticajnih parametara koji se mogu utvrditi empirijskim metodama,

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

- pruža mogućnost da se motorna vozila posmatraju kao celina ili skup komponenata sklopova koji će omogućiti definisanje stepena i koncepciju uticaja svih promenljivih parametara, daje procenu upoređenja više mogućih varijanti, što olakšava izbor najbolje ili optimalne vrednosti.

Danas, u praksi su iskazani mnogobrojni različiti problemi vezani za modelovanje. Za njihovo uspešno rešavanje, smatramo da najpre treba izvršiti indentifikaciju samog problema, uzimajući u obzir i sve komponente motornih vozila koje imaju bilo kakav uticaj na isti. Takođe, mora se izvršiti analiza problema i indentifikacija parametara u cilju sagledavanja njihovog uticaja i opisa. Izvršena kvalitetna analiza problema treba da bude preduslov koji se mora ispuniti kako bi se mogao izraditi kvalitetan model. Zatim se pristupa proračunskoj proveru postavljenog modela, što na kraju omogućuje dobijanje kvantitativnog rešenja [66].

Definisanje modela, koji će precizno opisati sve značajnije osobine sastavnih komponenti sklopova motornih vozila, je neophodno radi uspešnog rešavanja problema dijagnostike stanja motornih vozila. Ima više načina dolaženja do matematičkog modela, a najčešće je matematičkim izražavanjem poznatih fizičkih i drugih zakonitosti u skladu sa kojim se komponente sklopova motornih vozila ponašaju, uopštavanjem eksploatacionih podataka i originalnom sintezom međusobno zavisnih ulaza, upravljanja i sistema izlaza [70]. Izbor pravog modela dijagnostike stanja zasniva se na pitanju šta se od modela očekuje, a sledeća faza je analiza raspoloživih informacija o stanju sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, dok se na kraju pristupa definisanju modela, koji čini most između matematičkih metoda i modela.

Postoji velika mogućnost za greške u računanju prilikom rešavanja složenih problema, zbog nedostataka parametara za određene postupke, nedovoljno tačnih početnih pretpostavki i izvesnih ograničenja. Ponekad i pored dobrog poznavanja i odgovarajuće primene adekvatnijih matematičkih postupaka, može se napraviti greška kakva se javlja čak i kod jednostavnih modela, a ova zapažanja leže u činjenici da što je problematika složenija time je i matematički problem zahtevniji u smislu da sadrži veći broj jednačina i obimnija izračunavanja. Priroda samog matematičkog problema iskazuje potrebu za odgovarajućom metodom.

Pre izbora metode predviđanja neophodno je razviti koncept održavanja i definisati potrebu za korektivnim i preventivnim održavanjem. Pri razmatranju statističkih raspodela koje se koriste za utvrđivanje srednjeg i maksimalnog vremena održavanja, moraju se posmatrati stvarni uslovi pod kojima će se komponente vozila koristiti.

Prilikom izbora određene metode predviđanja pogodnosti održavanja komponenata motornih vozila, ne moramo se ograničiti na korišćenje samo jedne metode. Može se koristiti više metoda alokacije u jednom sistemu posmatranja komponenata vozila, s tim što će biti u primeni statistička metoda na kojoj će se bazirati vrednost pouzdanosti kao glavni oslonac.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[70]. 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.

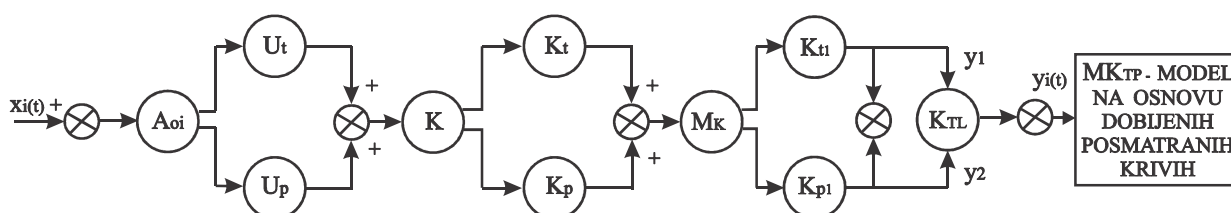
4.7.2 UTICAJ MATEMATIČKOG MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Analiza postupaka dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila zahteva uspešnu primenu nekog matematičkog modela, pa je potrebno ispuniti određene uslove:

- treba obuhvatiti sve parametre važne za problem koji se analizira i zadovoljiti zahtev za potrebnim karakteristikama komponentata, tako da se pri svim ponavljanjima dobija uvek isti karakter rezultata,
- treba da omogući naknadna usavršavanja ili uključivanje novih parametara, ako se za to ukaže prilika, da bude dovoljno fleksibilan, tako da se potrebne analize komponentata mogu ubaciti u raspoloživom vremenu i raspoloživom tehnikom.

Matematički model postupaka dijagnostike stanja sastavnih komponentata sklopova motornih vozila treba da ima sledeće karakteristike kojima će moći da (slika 4.17):

- ukaže na činjenicu da motorno vozilo treba da se posmatra kao celina, a povećane temperature i pohabanosti ležajeva treba pratiti u toku vremena,
- stvori uslov za upoređenje više mogućih varijanti radi izbora optimalne varijante i omogući da se otkriju veze između pojedinih uticajnih parametara koje nisu ranije zapažene ili koje se ne mogu ustanoviti empirijskim metodama,
- uputi na podatke koje treba obezbediti da bi se sprovele potrebne analize vozila,
- registruje nastale otkaze ležaja u toku njegovog životnog veka i omogući predviđanja budućih stanja ili događaja, uz procene rizika ili granice poverenja itd.



Slika 4.17 Prikaz modela dijagnostike stanja sastavnih komponentata sklopova motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

pri čemu su:

- A_{oi} – ukupni otkazi sastavnih komponentata usled analiziranih parametara
- U_t – otkazi nastali usled povećanja temperatura u ležaju,
- U_p – otkazi nastali usled zazora ležajeva,
- K – pouzdanost,
- K_t – pouzdanost rada sastavnih komponentata na osnovu uticaja radnih temperatura,
- K_p – pouzdanost rada sastavnih komponentata na osnovu uticaja zazora ležajeva,
- Mk – model dijagnostike stanja pouzdanosti,
- MK_{TP} – model dijagnostike stanja pouzdanosti na osnovu blok dijagrama prema mernim mestima nivoa temperature i pohabanosti ležajeva,
- K_{t_1} – pouzdanost na osnovu povećane temperature u ležaju,

K_{pl} – pouzdanost na osnovu pohabanosti ležajeva,

K_{TL} – korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležaja,

$Y_i(t)$ – vrednosti učestalosti pojave otkaza u vremenu t .

Pomenuta analiza modela analitičke dijagnostike je obuhvatila redosled mernih mesta komponenata (M_1 , M_2 i M_3) sklopova prema oznakama u rasporedu komponenata motornih vozila.

Sklopovi komponenata su raspoređeni redosledno, od kolenastog vratila, bregastog vratila i dr. (slika 4.2). Na osnovu pomenutog, prikazan je model blok dijagram koji obuhvata raspored komponenti sklopova uzimajući i njihovu funkcionalnost i namenu, tako da je izvršena redukcija složenih struktura blok dijagrama.

Istraživanjem modela dijagnostike stanja, uz dobijane prenosne funkcije pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila $K_p(t)$, izvršiće se njegovo konačno rešavanje. Kao što se sa slike 4.17 vidi, radi se o otvorenom sistemu automatskog upravljanja pouzdanosti. Sam model blok dijagrama pouzdanosti analiziranih komponenata sklopova motornih vozila izrađuje se prema izabranim mernim mestima (M_1 , M_2 i M_3) temperature i pohabanosti ležajeva na kolenastom vratilu [70].

Kako pouzdanost rada sastavnih komponenata analiziranih sklopova direktno zavisi od veličine vrednosti zazora usled pohabanosti ležajeva na analiziranim mernim mestima potrebno je izvršiti korelaciju njihove uzajamnosti. Kako su merodavne pouzdanosti rada analiziranih sklopova određene na osnovu odabrane statističke raspodele, neophodno je ove parametre uzajamno povezati i odrediti njihovu zavisnost korelacije povezanosti [20].

Sprovođenje analize komponenata je obuhvatilo polinom četvrtog stepena $g(x)$ sa realnim koeficijentima (v_1, v_2, v_3, v_4), pa se polazi od opšteg oblika realnog polinoma n -tog stepena, pri čemu su $c_i \in N, i = 0, 1, 2, 3, 4, \dots, n, i \in N$, [70], koji se naziva polinom sa realnim koeficijentima i primenjuje se u analitičkom određivanju polinoma višeg stepena:

$$g(x) = v_1 x^n + v_{n-1} x^{n-1} + \dots + v_1 x + v_0$$

gde je:

v_{1-n} – koeficijent realnog polinoma,

x^n – parametri promene stanja komponenti.

Data vrednost analiziranog polinoma četvrtog stepena sa polinomom n -tog stepena daje nivo parametara pouzdanosti $K_M(t)$ koje treba obezbediti svakoj pojedinačnoj komponenti u sistemu vozila, da bi se dobila željena, odnosno zadata pouzdanost sistema za unapred definisano vreme rada (t) [70]:

$$K_M(t) = v_4 Z^4 + v_3 Z^3 + v_2 Z^2 + v_1 Z + v_0$$

[20]. Бедняк, М.Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.

[70]. 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.

gde je:

$K_N(t)$ – polinom sa realnim koeficijentom koji daje zavisnost pouzdanosti u funkciji vremena rada komponenata,

Z_i^n – vrednost zazora na izabranom mernom mestu,

v_i – realni koeficijent promene stanja komponenata.

Za određivanje njihovih realnih parametara pouzdanosti K_1, K_2, K_3 i K_4 postaviće se sistem jednačina polinoma četvrtog stepena sa realnim koeficijentima u opštem obliku na mernim mestima M_1, M_2 i M_3 koje obuhvataju vrednosti promene stanja komponenata i zazora za unapred definisano vreme rada (t) na vratilu koje određuju ovu zavisnost [70]:

$$K_1 = v_0 + v_1 Z_1 + v_2 Z_1^2 + v_3 Z_1^3 + v_4 Z_1^4, \quad K_2 = v_0 + v_1 Z_2 + v_2 Z_2^2 + v_3 Z_2^3 + v_4 Z_2^4$$

$$K_3 = v_0 + v_1 Z_3 + v_2 Z_3^2 + v_3 Z_3^3 + v_4 Z_3^4, \quad K_4 = v_0 + v_1 Z_4 + v_2 Z_4^2 + v_3 Z_4^3 + v_4 Z_4^4$$

Nastali otkaz otklanja se zamenom komponente koja je otkazala, i to tako da se ova zamena obavlja veoma brzo, u vrlo kratkim zanemarljivim periodima vremena. Realni koeficijenti polinoma v_i promene stanja komponenata D i D_i se dobijaju sređivanjem i zamenom kolona determinanti dobijenih određenih vrednosti parametara:

$$v_4 = \frac{D_1}{D}, \quad v_3 = \frac{D_2}{D}, \quad v_2 = \frac{D_3}{D}, \quad v_1 = \frac{D_4}{D}, \quad v_0 = \frac{D_5}{D}$$

Da bi se dobile tačne vrednosti koeficijenata polinoma $v_0, v_1^1, v_2^1, v_3^1, v_4^1$ u odnosu na one koje se dobijaju analitičkim pristupom, izvršeno je programiranje dobijenih realnih koeficijenata polinoma pomoću matematičkog programa MATLAB 5.2 [70]:

$$x = [Z_1^1(t)_{Z_3}, Z_1^2(t)_{Z_3}, Z_1^3(t)_{Z_3}, Z_1^4(t)_{Z_3}], \quad y = [Z_2^1(t)_{Z_4}, Z_2^2(t)_{Z_4}, Z_2^3(t)_{Z_4}, Z_2^4(t)_{Z_4}]$$

Određivanje parcijalnih vrednosti pouzdanosti $K_o(t)$ promene stanja komponenata na mernim mestima M_1, M_2 i M_3 kao i učestalosti pojave otkaza u vremenu (t) a sastoje se od raspodele vremena do pojave otkaza M_{Mi} i u kome se sprovode postupci održavanja [70]:

$$K_o(t) = \frac{M_1(t) \cdot M_2(t) \cdot M_3(t)}{y_1(t) + y_2(t) + y_3(t)}, \quad U(t) = M_1(t) \cdot M_2(t) \cdot M_3(t)$$

$$M_{M_1} = \frac{M_1(t) \cdot M_2(t) \cdot M_3(t)}{f(t)_{M_1}} = \frac{Q_1(t) \cdot Q_2(t)}{f(t)_{M_1}} = \frac{\frac{M_1(t)}{K_{LM1}(t)} \cdot \frac{M_2(t)}{K_{LM2}(t)} \cdot \frac{M_3(t)}{K_{LM3}(t)}}{v_1(t)Z_1 + v_2(t)Z_2 + v_3(t)Z_3}$$

$$M_{M_2} = \frac{M_1(t) \cdot M_2(t)}{f(t)_{M_2}} = \frac{Q_3(t)}{f(t)_{M_3}} = \frac{\frac{M_1(t)}{Y_1(t)} \cdot \frac{M_2(t)}{Y_2(t)}}{v_1(t) \cdot Z_1 + v_2(t) \cdot Z_2}$$

[70]. 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.

$$M_{M_3} = \frac{M_3(t)}{f(t)_{M_3}} = \frac{Q_4(t)}{f(t)_{M_3}} = \frac{M_1(t)}{v_1(t)Z_3}$$

gde je:

- $Z_i(t)$ - zazor ležajeva na mernom mestu,
- $f(t)_M$ - funkcija uticaja zazora na površine ležaja,
- t_i - vreme ispravnog rada komponenta,
- β_i - koeficijent korelacije usled promene temperature na ležajevima,
- T_i - promena temperature na ležajevima po mernim mestima,
- $Q(t)$ - vrednosti funkcije zazora po mernim mestima,
- $U_i(t)$ - funkcija promene zazora na ležajevima po mernim mestima,
- $K_{L M_i}$ - pouzdanost ležajeva u korisnom periodu njihovog rada po mernim mestima.

Na osnovu blok dijagrama parametara pouzdanosti sastavnih komponenta i raspodele radnih mesta M_1 , M_2 i M_3 za definisano vreme rada (t). Trenutci realnih parametara pouzdanosti K_{L_i} i vremena u kojima se javljaju otkazi, tj. u kojima se obavlja postupak održavanja, određeni relacijama dobijamo [70]:

$$K_{oi}(t) = M_{M_1} \cdot M_{M_2} \cdot M_{M_3} = \frac{K_{LM_1} \cdot Z_1(t)}{f(t)_{M_1}} \cdot \frac{K_{LM_2} \cdot Z_2(t)}{f(t)_{M_2}} \cdot \frac{K_{LM_3} \cdot Z_3(t)}{f(t)_{M_3}} = \frac{K_{LM_i} Z_i(t)_{M_i}}{f(t)_{M_i}}$$

$$K_{L1}(t) = \frac{K_{LM_1} \cdot Z_1(t)}{f(t)_{M_1}}, \quad K_{L2}(t) = \frac{K_{LM_2} \cdot Z_2(t)}{f(t)_{M_2}}, \quad K_{L3}(t) = \frac{K_{LM_3} \cdot Z_3(t)}{f(t)_{M_3}}$$

Raspodela vremena do pojave otkaza u kojima se javljaju otkazi može se interpretirati eksponencijalnom metodom. Sređivanjem opšteg izraza relacije bloka sigurnosti rada sastavnih komponenta motornih vozila u zavisnosti od pojave pohabanosti na datim mernim mestima 1, 2 i 3, izražena je jednačinom pouzdanosti $K_{L\beta}(t)$ [70]:

$$K_{L\beta}(t) = \frac{K_{L1}(t)}{1 - K_{L1}(t) \cdot K_{L2}(t)} = \frac{K_{LM_i} Z_i}{K_{LM_1} Z_1(t) \cdot K_{LM_2} Z_2(t)}$$

Trenutci vremena u kojima se javljaju otkazi u ovako modeliranom procesu obnavljanja (dok su trenutci u kojima se završava postupak održavanja) matematičkim sređivanjem parametara pouzdanosti sastavnih komponenta vozila i zamenom u predhodnom izrazu dobijamo [70]:

$$K_{L\beta}(t) = \frac{\frac{K_{LM_1}(t)Z_1(t) \cdot K_{LM_2}(t)Z_2(t)}{f(t)_{M_1} \cdot f(t)_{M_2}}}{\frac{K_{LM_2}(t)Z_2(t) + K_{LM_3}(t)Z_3(t)}{f(t)_{M_2} \cdot f(t)_{M_3}}}, \quad K_{L\beta}(t) = \frac{\frac{K_{LM_i}(t) \cdot Z_i(t)}{f(t)_{M_i}}}{\frac{K_{LM_2}(t) \cdot Z_2(t)}{f(t)_{M_2}} + \frac{K_{LM_3}(t) \cdot Z_3(t)}{f(t)_{M_3}}}$$

[70]. 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.

Slučajne vrednosti $K_{L\beta}(t)$ predstavljaju i ovde vremena rada do pojave otkaza komponenta na vozilu. Svako od ovih vremena, ima neku raspodelu verovatnoća. Ove raspodele u načelu nisu jednake, pošto se "prvi" otkazi javljaju pod jednim, a "drugi" i sledeći pod nekim drugim radnim i ostalim uslovima. Daljim sređivanjem pouzdanosti sastavnih komponenta dobijamo izraz:

$$K_{L\beta}(t) = Z_1(t) \cdot Z_2(t) \cdot Z_3(t) \leq 1,00$$

Vremena u kojima se javljaju otkazi komponenta vozila, tj. u kojima se obavlja postupak održavanja vozila, određeni su relacijama, a smenu vraćamo u izraz [70]:

$$\beta_1 = K_{L1}(t) \cdot K_{L2}(t), \quad \beta_2 = K_{L2}(t) \cdot K_{L3}(t), \quad U_i(t) = M_1(t) = M_2(t) = M_3(t),$$

$$K_{Li}(t) = K_{L1}(t) = K_{L2}(t) = K_{L3}(t)$$

Konačna jednačina analitičkog modela dijagnostike stanja sigurnosti rada parametara pouzdanosti komponenta sklopova na osnovu uticaja temperature, zazora ležaja i pređenog puta motornih vozila [70]:

$$MK_{TP(t)} = \frac{K_{Li}^2 \cdot Z_i^2 \cdot K_{oi}^4(t) \cdot \left(\frac{1+v_2(t)}{U_i(t)} \right)^2}{\left(\frac{v_1^2(t) \cdot K_{o2}^2(t)}{\beta_1 + U_i(t)} \right)^2 \cdot \beta_2^2 \cdot U_i^4(t)}$$

Ovo je realnije i bolje odgovara potrebama prakse, uvođenjem date smene:

$$v_0 = M_1 - Z_{M1}(t), \quad v_1 = M_2 - Z_{M2}(t), \quad v_2 = M_3 - Z_{M3}(t), \quad v_3 = M_4 - Z_{M4}(t)$$

Prikaz analitičkog modela dijagnostike i kontrole stanja za jedan ciklus rada se izvode u trenucima v_1, v_2, v_3 sve dok se ne otkrije otkaz. Intervali između kontrole stanja ne moraju biti konstantni, a moraju se redukovati ukoliko je povećan rizik pojave otkaza.

Uvođenjem koeficijenta β_1 i β_2 dobija se opšti oblik modela sigurnosti rada sklopova motornih vozila prema izabranim mernim mestima na osnovu uticaja temperature, zazora i pređenog puta motornih vozila [70]:

$$MK_{TPi}(t) = \frac{y(t)}{x(t)} = \left[U_i \cdot \beta_1 \cdot v_0 + (v_1 + v_2 + v_3)^2 \cdot \frac{t_i^2 \cdot v_1}{1 + \frac{\beta_1 \cdot t_1}{U_i}} + \beta_2 \cdot v_4 \cdot U_2 \right] \cdot U_i \cdot \beta_1 \cdot t^2 \cdot \beta_2$$

Postoje različiti načini za postupak dijagnostike stanja motornih vozila. Jedna od najčešće korišćenih mogućnosti jeste primena metode i uprošćene šeme procesa, koja se iskazuju različitim oblicima matematičkih modela. Sam tok analize biće prikazan tabelarno i pomoću dijagrama uz izbor dijagnostičkih parametara koji se upravo baziraju na ocenu stanja komponenta sklopova motornih vozila.

[70]. 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.

4.7.3 ANALIZA GRANIČNE VREDNOSTI MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

Postupak analize granične vrednosti je kompleksan način proučavanja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila u eksploatacionim uslovima i zahteva timski rad uz korišćenje svih raspoloživih podataka. U određivanju granične vrednosti, najznačajnije mesto zauzima dijagnostika stanja kontrole kritičnih parametara vrednosti, tako da se u toku rada mogu primeniti: merenje i kontrola nivoa pohabanosti ležajeva, kontrola funkcionalnih parametara (radna temperatura, pritisak i dr), kontrola usled zamora u materijalu sastavnih komponenata motornih vozila, i dr. [71]. Sledi da za svaku sastavnu komponentu motornih vozila treba izraditi posebnu tabelu koja sadrži: kontrolisane tehničke parametre, određene varijante održavanja stanja komponenata i instrumente za merenje dijagnostičkih stanja komponenata.

Izbor i primena parametara u modelu dijagnostike stanja komponenata treba da su takvi da mogu rešiti odnos periodičnosti dijagnostičkih kontrola i vremenskog trenutka. Tada treba izvršiti odgovarajuće analize načina i posledice otkaza, kako bi se obezbedio normalan proces eksploatacije komponenata motornih vozila.

Važne operacije pri određivanju graničnih vrednosti obuhvataju transformaciju fizičkih pojava koje prate rad ispravnosti komponenata sklopova motornih vozila, praćenje merenja određenih parametara u određenim granicama vrednosti, omogućavanje poređenja vrednosti izmerenih parametara sa dozvoljenim vrednostima utvrđenim tehničkim normama, ukazivanje na procenu određivanja stanja komponenata na bazi rizika.

Granične vrednosti koje dobijamo, daju mogućnost praćenja stanja komponenti sklopova motornih vozila i pri tom određuju odgovarajuće mesto izvršenja dijagnostičkih kontrola komponenata, najbolji izbor režima dijagnostike, kao i najkvalitetnije instrumente za merenje parametara dijagnostike stanja motora.

Na osnovu praćenja dobijene vrednosti sigurnog rada ležajeva kolenastog vratila motornih vozila u periodu od 30.06.2009. god. do 31.12.2013.god. za motorna vozila Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad iznose $t_p = 500000 \div 1000000 \text{ km}$, pri opsegu radnih temperatura $93^{\circ}\text{C} \div 99^{\circ}\text{C}$ i opsegu pohabanosti ležajeva $z = 0,08 \div 0,12[\text{mm}]$ [64]. Data merenja ukazuju da radna temperatura i pohabanost ležajeva treba da budu u dozvoljenim granicama.

Svako sledeće utvrđivanje granične vrednosti zahteva dalja usavršavanja i primenu novih tehnologija. Primena graničnih vrednosti treba da omogući takvu dijagnostiku koja će se definisati optimalnim izborom parametara i upotrebom najsavremenije opreme. Neophodno je da date granične vrednosti i dalje budu u funkciji novih modela i postupaka dijagnostike stanja motornih vozila.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

4.8 METODOLOGIJA DIJAGNOSTIKE STANJA I NJEN UTICAJ NA POUZDANOST KOČIONIH SISTEMA MOTORNIH VOZILA

Tehnološki razvoj vodi ka sve većoj pouzdanosti motornih vozila, i čini da motorna vozila postaju sve složeniji po svojoj konstrukciji i nameni. Zahtevi za sigurnost funkcionisanja motornih vozila predstavljaju bitnu osnovu za planiranje i praktičnu realizaciju kvalitetnih i neophodnih postupaka tehnologije održavanja.

Da bi se održao zahtevani nivo sigurnosti funkcionisanja motornih vozila potrebno je obratiti i pokloniti veću pažnju njihovom održavanju i organizaciji eksploatacije. Ovaj značaj je još veći kada nepouzdanost funkcionisanja motornih vozila ili nekog njegovog dela direktno utiče na bezbednost samog rukovaoca. Ovako značenje i primenu imaju sistemi za kočenje kao podsistemi motornih vozila.

Vozilo svojim konstrukcionim i eksploatacionim karakteristikama, i pouzdanošću svog funkcionisanja, u određenoj meri utiče na vozača, tj. na njegove psihofizičke mogućnosti za upravljanje vozilom. To znači da jedan broj udesa predstavlja rezultat nedovoljne koncentracije ili zamora vozača, i delom se vezuje i za vozilo, koje je, u većoj ili manjoj meri, uticalo na ovako stanje vozača. Takođe, suštinski značaj predstavlja stanje stepena ispravnosti kočionih sistema i tehničke ispravnosti vozila.

Rezultati provere tehničke ispravnosti vozila, pokazuju da je procenat vozila kojima se ne odobrava korišćenje u javnom saobraćaju zbog neispravnosti vrlo veliki. U velikom broju slučajeva ovo se odnosi na nedovoljnu efikasnost kočnog sistema. Može se zaključiti i da ovako istraživanje ima značaj sa ciljem povećanja stepena bezbednosti u današnjici, koji svakodnevno odnose stotine ljudskih života.

Metode dijagnostike sistema za kočenje i osnovnih delova sistema za kočenje su raznovrsne i zavise uglavnom od dijagnostičkih parametara, koje je neophodno u toku procesa dijagnostike utvrditi, zavisno i od mogućnosti korišćenja raznovrsne kompjuterske i merne tehnike. U ovom delu koristiće se informatička metoda istraživanja.

Značenje pojmova pouzdano, efikasno i bezbedno kočenje objašnjava se pomoću različitih veličina, a usvojeno je da se ove osobine sistema za kočenje zajednički nazivaju funkcionalne karakteristike. Analogno tome, funkcionalne karakteristike sistema za kočenje su sve one osobine pomoću kojih se ocenjuje sposobnost kočnica da izvrše zadatke koji se pred njima postavljaju, odnosno sve one veličine koje određuju performanse i pouzdanost kočnice, obzirom na zakonske propise ili druge zahteve vezane za obezbeđenje zaustavnog puta ili usporenja, ili pak drugih uslova kod kojih sistemi za kočenje imaju primenu. Sistemi za kočenje moraju istovremeno zadovoljiti ne samo zakonske propise, već i zahteve za izvršenje funkcije u skladu sa vladajućim uslovima rada i opterećenja.

Dakle u sadašnjoj metodologiji rezultat efikasan sistem za kočenje je onaj sistem koji zadovoljava zakonske uslove, gde nema limitiranih prognoziranih perioda za koje se može tvrditi da će sistem za kočenje biti efikasan. Veoma često se dešava u praksi da sistem za kočenje zadovolji zakonske uslove, a da već nakon nekoliko sati upotrebe sistem bude u otkazu. Postavlja se pitanje da li sistem za kočenje u određenim uslovima rada, posebnim promenama (povišena temperatura, pojava feading-a, ili delimično opadanje funkcionalnih karakteristika) u vremenima eksploatacije jeste efikasan.

Kako sistemi za kočenje imaju skoro najveću primenu u saobraćaju kao podsistemi tehničkog sistema vozila, veoma često se dešava da u datim uslovima režima funkcionisanja dođe do pojave otkaza koji je trenutnog stanja, i koji se u sadašnjoj metodologiji tehničke ispravnosti vozila veoma teško identifikuje.

Sistemi za kočenje motornih vozila uključuju više funkcionalno i konstrukciono odeljenih sklopova i podsklopova, sa relativno velikim brojem elemenata. Prikladno je da se u prvom približenju pouzdanost sistema za kočenje analizira na bazi podele sistema na nekoliko podsistema, funkcionalno ili konstrukciono objedinjenih, a uz uslov da se svaki podsistem posmatra kao jedan složeni element, čija se pouzdanost integralno analizira.

Na primer, za glavnu ili radnu kočnicu kao osnovni podsistemi, tj. složeni elementi mogu da se definišu: komanda, prenosni mehanizam i izvršni mehanizam kočnice. Ista ovakva podela može da se prihvati i za pomoćnu, odnosno parkirnu kočnicu. U slučaju da se u sistemu radne kočnice obezbeđuju nezavisni prenosni mehanizmi kočnica prednjih i zadnjih točkova, ove odvojene delove prenosnog mehanizma takođe treba tretirati kao posebne elemente. Na sličnim osnovama mogu se utvrditi strukture sistema za kočenje, a u slučaju kada on uključuje dopunsku kočnicu ili neke druge značajne, funkcionalno ili konstrukciono izdvojene sklopove ili podsklopove.

Analize su pokazale da je za izučavanje pouzdanosti sistema za kočenje, a posebno njihovih kočnih obloga, od osnovne važnosti karaktera neispravnosti (otkazi i poremećaji) i o načinu, tj. mogućnostima izvršenja opravki (zamena, podešavanje, spontano iščezavanje). Drugim rečima, ako je posmatrani element ispravan u odnosu na događaje koji predstavljaju poremećaje, on bezuslovno mora da bude ispravan i u odnosu na događaje koji označavaju otkaze elementa. Ovo govori da se pouzdanost kočne obloge u odnosu na dve definisane vrste neispravnosti, mora odrediti na osnovu zakona uslovnih verovatnoća događaja A i B, pri čemu je sa A označen događaj da obloga nije otkazala a sa B događaj da obloga nije doživela poremećaj, tj. pad izlaznih karakteristika [217].

Rad kočnica motornih vozila praćen je pretvaranjem mehaničke energije u toplotu. Zbog toga je najispravnije da se o opterećenju kočnica prosuđuje na osnovu količine energije koja se u određenom periodu vremena u njima transformiše.

Rad kočenja, prema tome, predstavlja osnovni pokazatelj stepena njihove opterećenosti. Očigledno je da ovaj pokazatelj istovremeno sasvim realno opisuje i nivo opterećenja samih kočnih obloga, koje svojim fizičkim karakteristikama neposredno učestvuju u pretvaranju mehaničke energije u toplotu. Dakle, rad kočenja je osnovni pokazatelj rada kočnih obloga, odnosno opterećenja koje one trpe u eksploataciji.

Da bi se na osnovu rada kočenja omogućilo šire orijentisanje o uslovima pod kojima se kočne obloge eksploatišu, neophodno je da se vrednosti ovog pokazatelja obezbede na što širim osnovama. Pored prosečnih vrednosti rada kočenja po jedinici pređenog puta, potrebno je da se poseduju podaci i o učestanostima pojave, određenih nivoa rada kočenja, i o činiocima koji rad kočenja neposredno određuju. U ovom smislu pokazatelji uslova rada kočnih obloga su i veličine kočnih momenata i prosečnih brzina kretanja vozila pri kočenju, raspodele brzina i pređenih puteva u toku i između kočenja.

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Treba da se napomene da se u određenim situacijama, posebno kada postoje teškoće u realizaciji odgovarajućih eksperimentalnih radova, uslovi rada kočnih obloga mogu ocenjivati uz pomoć izvesnih drugih pokazatelja, koji posredno definišu rad kočenja i nivo toplotnih opterećenja. U ovu svrhu može se koristiti razlika brzine vozila na početku i na kraju kočenja (gušenje kinetičke energije vozila), zatim veličina radnih pritisaka u prenosnom mehanizmu tj. komandnoj instalaciji sistema za kočenje, veličina usporenja itd. I na kraju, potrebno je da se ukratko ukaže i na značenje rada kočenja kao osnovnog pokazatelja opterećenosti kočnih obloga sa stanovišta dejstva osnovnih uticajnih činilaca koji određuju opterećenja, odnosno uslove rada u širem smislu reči.

S tim u vezi treba da se ponovo naglasi da se kočenje vozila vrši u određenim trenucima ili periodima vremena, zavisno od niza subjektivnih i objektivnih činilaca. Istaknuto u ovom smislu saobraćajne uslove (nailazak na vozilo ili drugu prepreku na putu, mere regulisanja saobraćaja, neočekivane opasnosti itd), putne uslove (ulazak u krivinu, održavanje brzine sa spustovima itd.), želje i navike vozača itd. Pri izučavanju opterećenja kočionih obloga u stvarnim uslovima eksploatacije moraju da se i ovi činiooci obuhvate na adekvatan način. Bez njihovog poznavanja dobijenih rezultata eksploatacionih ispitivanja statistički ne mogu da se obrade u obliku odgovarajućih kriterijuma, prikladnih za analize pouzdanosti kočnih obloga u širem domenu posmatranja. Očito je da i subjektivni i objektivni činiooci koji utiču na kočenje, tj. na veličinu rada kočenja vozila, imaju u svojoj biti slučajan karakter. To nameće potrebu da se njihovo identifikovanje vrši odgovarajućim statističkim postupcima. Odgovarajuća eksploataciona ispitivanja, tj. merenja stvarnih vrednosti osnovnih pokazatelja opterećenja kočnih obloga, treba da se obave u uslovima koji su sa stanovišta dejstva najvažnijih subjektivnih i objektivnih činilaca u što većoj meri poznati. Za ove činioce se moraju usvojiti određeni pokazatelji.

Kod frikcionih parova kočnica trenje zavisi od sastava i vrste frikcionog materijala, ali i od vrste i sastava metalnog elementa frikcionog para. Osnovna veličina kojom se određuje proces trenja je sila trenja. Međutim, u praksi se veoma često koristi i druga veličina: koeficijent trenja koji predstavlja odnos između sile trenja i normalnog opterećenja kontakta kočnice.

Koeficijent trenja za pojedine vrste materijala frikcionih obloga određuje se eksperimentalno. Prema preporukama iz literature, pouzdana vrednost koeficijenta trenja za frikционе parove kočnica je u granicama $0,45 \div 0,55\%$. Postoji veliki broj materijala za frikционе obloge čeljusti kočnica različitih svojstava, pa se zbog toga mora biti oprezan pri njihovom izboru.

Eksperimentalno je ustanovljeno da kod većine materijala za frikционе obloge kočnica, koeficijent trenja opada sa porastom temperature. Ova pojava opadanja frikcionih svojstava, u uslovima teških režima eksploatacije i velikog broja uključenja kočnice, poznata je pod nazivom „FEDING“. Kod dobrih frikcionih materijala, u granicama prosečnih radnih temperatura ($300 - 400^{\circ}\text{C}$), pad koeficijenta trenja iznosi najviše (15-20%). Pri hlađenju frikcionih obloga (pri vraćanju na umerene radne temperature oko 100°C) frikciona svojstva se vraćaju, odnosno dolazi do obnavljanja koeficijenta trenja. Ovo je karakteristika dobrih frikcionih materijala, o kojoj treba voditi računa pri izboru frikcionog materijala [217].

[217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Kod pojedinih materijala, naročito u toku nekoliko prvih ciklusa rada (zagrevanja i hlađenja), može da dođe i do porasta koeficijenta trenja iznad početnih vrednosti. Ova pojava je dopustiva i poželjna. Od dobrih frikcionih materijala se očekuje da na povišenim radnim temperaturama ne izgube više od 10 do 15 % svojih početnih frikcionih svojstava, s tim da posle hlađenja koeficijent trenja vrati na početni nivo.

Funkcionalne karakteristike kočnica (koeficijent trenja, istrošenje, rad kočenja), zavise od čitavog niza različitih faktora kao što su pritisak, brzina, temperatura, sastav frikcionih materijala, pređeni put, vreme rada i eksploatacije kod dizalica, gustina, viskozitet ulja, modul elastičnosti, geometrija kočnica, vrsta kočnica i drugi uticaji manjeg značaja.

Izvedeni analitički oblici zakona pouzdanosti sistema za kočenje pružaju osnovu za sprovođenje detaljnih analiza pouzdanosti svih bitnih elemenata sistema za kočenje, pa u okviru toga i samih kočnih obloga, odnosno za bliže određivanje stvarnog značaja i uticaja karakteristika pouzdanosti pojedinih elemenata na svojstva pouzdanog funkcionisanja sistema u celini.

Svođenje problematike na područje kočnih obloga, kao relativno najnepouzdanije elemente u radu, a istovremeno kao vrlo specifične elemente sistema za kočenje, zaključeno je da se pri analitičkom modeliranju funkcije pouzdanosti moraju uzeti u obzir razne vrste neispravnosti, koje se na oblogama najčešće javljaju u eksploataciji. U tom slučaju, funkcija pouzdanosti neposredno ukazuje na osnovne pravce istraživanja, tj. na puteve poboljšanja kvaliteta obloga.

Svođenje problematike na područje primene radnog fluida, kao relativno nepouzdanije funkcije a istovremeno vrlo specifične elemente sistema za kočenje, zaključeno je da se pri analitičkom modeliranju funkcije pouzdanosti moraju uzeti u obzir razne vrste neispravnosti, koje se fluidima najčešće javljaju u eksploataciji. U tom slučaju funkcija pouzdanosti neposredno ukazuje na osnovne pravce istraživanja, tj. na puteve poboljšanja kvaliteta fluida.

Ispitivanja treba da sagledaju uticaje efikasnosti delova sistema za kočenje kao i istrošenje u narednom periodu. Testiranje treba da dokaže i vremenski period eksploatacije u pouzdanom vremenu. Da bi to bilo moguće, neophodno je da se planiraju odgovarajući testovi u kojima će biti mogućnosti da se izvrši neophodna analiza. Iz navedenih razloga, program eksperimentalnih istraživanja obuhvata ispitivanja u testu efikasnosti karakteristika osnovnih delova sistema za kočenje, testove istrošenja, kao i testove radnog fluida.

Testovi efikasnosti karakteristika osnovnih delova sistema za kočenje treba da budu projektovani da omoguće merne veličine realnog opterećenja eksploatacije. Na osnovu tih veličina neophodno je analizirati uticaj na koeficijent trenja, viskoznosti ulja i odstupanja od kriterijuma minimuma vrednosti karakteristika.

Testovi istrošenja treba da budu tako programirani da omoguće istraživanje i daju informaciju pod kojim uslovima sa tim mernim veličinama karakteristika, vremenska pouzdanost je efikasna. Na taj način će se stvoriti uslovi i za povezivanje modela pouzdanosti u informacioni dijagnostički model i dobiti adekvatan model metodologije istraživanje dijagnostike osnovnih delova za kočenje.

Nakon informacije o stanju prilikom provere po sadašnjoj metodologiji tehničke ispravnosti sistema za kočenje, metodom analize kritičnosti osnovnih elemenata identifikuju se elementi od kojih se očekuje kritičnost.

Na osnovu dosadašnjih zapažanja, a imajući u obzir značaj funkcionisanja očekuje se najmanja pouzdanost kod komponenta sistema hidraulična instalacija i doboš kočnica. Iz navedenih pretpostavki metodologija istraživanja će biti usmerena u pravcu istraživanja ovih komponenta sistema.

Polazeći od definisanja uloge kočne obloge, dijagnostika stanja kočne obloge će obuhvatiti sledeće postupke:

- postupak određivanje kočne sile,
- postupak određivanja koeficijenta opadanja funkcionalnih karakteristika,
- određivanje debljine kočne obloge,
- provere budućeg vremena eksploatacije ili pređene kilometraže kod motornih vozila.

Navedene informacije o dijagnostičkom stanju osnovnih elemenata kao skup kompleksnih podataka se na osnovu skupa matematičkih modela i zaključaka sprovedenih u delu teorijskog istraživanja izgrađuju u dijagnozu stanja sistema za kočenje. Pre svega neophodno je identifikovati uzroke nastanka poremećaja razlika rezultata koje se odnose na teorijski pristup u odnosu na eksploatacione rezultate. Sprovedenjem navedenih postupaka i analiza stvaraju se tehnički preduslovi sagledavanja funkcionalnih performansi, što je prvenstveno zadatak primene predložene metodologije istraživanja dijagnostike osnovnih delova sistema za kočenje.

Planirana istraživanja koncipirana su na osnovu prethodnih teorijskih istraživanja na osnovu analize otkaza gde je izvršena identifikacija osnovnih delova za kočenje kod kojih je iskazana najmanja pouzdanost u sklopu sistema za kočenje. Podaci istrošenja, tj. habanja nekih delova za kočenje, podvrgnuta su posebnom sistemskom programu obrade podataka. Takvi eksperimentalni podaci su upoređivani sa simuliranim vrednostima dobijenih analitičkim putem. Određena odstupanja su ukazala na postupak dijagnostike i analizom datih podataka planirana je metodologija dijagnostike, odnosno algoritam na osnovu kojeg je planirana metodologija dijagnostike osnovnih delova za kočenje.

Eksperimentalnim putem na kolovozu na osnovu traga kočenja dolazi se do realnih koeficijenata usporenja na osnovu stvarnih opterećenja uslova eksploatacije. Ispitivanje maskimalnih performansi kočnih obloga se sprovodi u testu sa uslovima koji treba da odgovaraju eksploatacionim uslovima. Neophodno je sagledati te uslove i ponašanje koeficijenta trenja u odnosu na teorijske podatke. Programskim paketom obrađuju se vrednosti koeficijenta trenja u zavisnosti od faktora koji utiču na opterećenje (pritisak, brzina). Takve vrednosti se selektuju u zavisnosti od toga da li odstupaju ili ne u dve grupe. Grupu "A", gde se očekuju nepravilnosti i grupu "B", gde se ne očekuju nepravilnosti.

Polazna osnova za traženje uzroka pojave poremećaja predstavlja grupa "A", kod kojih je došlo do pojave poremećaja. Ispitivanjem istrošenja kočnih obloga primenom hipoteze o linearnoj akumulaciji istrošenja LAI, sa uslovima eksploatacionog opterećenja očekuje se informacija o stanju kočne obloge u daljem vremenu eksploatacije. I ovo eksperimentalno istraživanje je u uskoj vezi sa teorijskim zaključcima i razvijenim matematičkim modelima koji se odnose na ovu problematiku.

Vezom teorijskih modela pristupa se obradi rezultata, preko matematičkog modela izračunava se prognoza preostale kilometraže pređenog puta kod motornih vozila. Ukoliko vladamo informacijom o pređenom putu od momenta zamene kočne obloge, data nam je mogućnost da izvršimo prognozu debljine kočne obloge na osnovu pređenog puta. Ova informacija nam je neophodna u svakom momentu eksploatacije sistema za kočenje [144].

Nakon izračunavanja vrednosti pouzdanosti, izračunava se ukupna pouzdanost radnog fluida. Neophodno je istaći da zbog veoma visokih zahteva i opterećenja koje radni fluid opterećuje, potrebno je postaviti strožiji kriterijum nivoa pouzdanosti za krajnju informaciju pouzdano.

Rezultati stepena kritičnosti po posledicama, ukazuju da je kočini sistem adekvatno raščlanjen na osnovne elemente i da najveći stepen kritičnosti po posledicama u kvantitativnom smislu pokazuju komponente hidrauličkog sistema i doboš kočnica. Ovako tumačenje je i samo po sebi logično, imajući u obzir da ove komponente sistema i trpe najveće opterećenje koje nosi sistem za kočenje [52].

Utvrđivanje stanja sistema za kočenje direktno zavisi od primenjene dijagnostičke metode. Imajući u obzir da tehnologije, obuhvataju vrste postupaka ali i načine njihovog sprovođenja, neophodno je izvršiti projektovanje tehnologije dijagnosticiranja [62]. Ovo podrazumeva da se potpuno definiše i na prikladan način opisana dijagnostička oprema, način njenog priključenja na mernim mestima, celokupni postupak rada prilikom merenja, način prikupljanja rezultata merenja, a zatim i način upoređenja sa dijagnostičkim normativima.

Zakonska obaveza provera kočionog sistema vozila na standardnim uređajima sa valjcima je u nekim slučajevima onemogućena ili veoma nepouzdana. U takvim slučajevima kao rešenje za pojavu neispravnosti uređaja za zaustavljanje rešenje je merenje usporenja vozila u toku probnog kočenja na samom putu. Standardni sistemi za merenje ubrzanja su preskupi za današnje uslove korišćenje na linijama tehničkog pregleda, a metod probnog točka, zbog obimnih priprema, veoma nepraktičan [217].

Jedna od najbitnijih karakteristika kočione tečnosti je tačka ključanja, odlična hemijska stabilnost na niskim i visokim temperaturama i ne nagrizava zaptivke od prirodne gume i metalne delove kočionog sistema. Kočna tečnost je sintetski proizvod na bazi poliglikola i poliglikoletera uz dodatak odogovarajućih aditiva.

Sistem za kočenje motornih vozila zasniva se na principu hidraulike. Sila kočenja iz glavnog kočionog cilindra, preko cevovoda, prenosi se do kočionog cilindra na točkovima, koji obloge kočnica dovodi u dodir sa kočionim dobošima i time izaziva usporenje ili zaustavljanje vozila.

- [52]. Ерифанов Л. И., Епифанова Е. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., - 280 с.: (Серия Профессиональное образование), Москва, 2001.
- [62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.
- [144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.
- [217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Pad viskoznosti je jedan od glavnih pokazatelja upotrebljivosti ulja, a uslovljen je samim režimom rada. Rezultati pokazuju da je došlo do značajne degradacije ulja. Značajna karakteristika je izuzetno veliko prisustvo vode koje utiče na promenu radnog ulja. Promene pH vrednosti i izuzetno velika količina taloga i nečistoća ulja, ukazuju nam na promenu fizičko-hemijskih karakteristika ulja, prisustvom korozija hidraulične instalacije kao i gumenih zaptivki i njihovog oštećenja [62]. Karakteristike ispitivanih uzoraka fluida ukazuju nam na nepozdanost i neadekvatno održavanje radnog fluida. Takođe na osnovu uzoraka nečistoća, na primer gumenih zaptivaka, moguće je odrediti grubo dijagnostiku stanja gumenih komponenata u sklopu kočnih cilindara [144].

Kod dijagnostike stanja kočnog sistema, neophodno je izvršiti identifikaciju o vrsti, tipu kočnog sistema, vremenu eksploatacije, vremenu prethodnog održavanja, sadržaja postupaka dijagnostike i održavanja kao i intezitetu i vrsti eksploatacije. Informacija se sagledava u informacionom sistemu održavanja, sa analizom prethodnog održavanja osnovnih delova.

Sprovedena ispitivanja opterećenja kočnih obloga u eksploataciji potvrdila su rezultate prethodno obavljenih teorijskih analiza, prema kojima osnovnu mernu veličinu opterećenja kočnica predstavlja rad kočenja. Ostale merne veličine (kočni moment, učestalost i trajanje kočenja, prosečna brzina pri kočenju itd.) mogu da se koriste samo kao pomoćne. S tim u vezi je i dokazano da je najispravnije da se o režimu opterećenja kočnica, pa i o najvažnijim uticajnim činiocima, koji ovaj režim određuju, prosuđuje pre svega na osnovu rada kočenja [217].

Osnova dijagnostike kočnih sistema bazira se na održavanju neophodnog intenziteta rada kočenja. Pojava opadanja performansi funkcionalnih karakteristika osnovnih delova za kočenje za rezultat ima smanjen intenzitet rada kočenja, a samim tim i opadanje funkcionalnih karakteristika kočnog sistema. Dosadašnja metodologija predviđa proveru tehničke ispravnosti vozila, sa aspekta trenutne efikasnosti funkcionalnih karakteristika osnovnih delova za kočenje. Sprovedena eksperimentalna istraživanja ukazala su na značaj upotrebe osnovnih delova za kočenje sa gledišta upotrebnog kvaliteta i neophodne standardizacije klase kvaliteta. Eksploatacija takvih delova i njihova pouzdanost su veoma malog vremena korišćenja. Funkcionalne karakteristike ne odgovaraju zahtevima kvaliteta [52].

Sprovedena eksploataciona ispitivanja su pružila i potrebne podatke o stvarnim termičkim opterećenjima ispitivanih kočnica. Imajući u vidu da radne temperature doboša kočnica zavise ne samo od veličine rada kočenja već i od konkretnih uslova hlađenja, odnosno konstrukcija same kočnice, nema mogućnosti da se i ovi dobijeni rezultati na bilo koji način uopštavaju.

- [52]. Ерифанов Л. И., Епифанова Е. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., - 280 с.: (Серия Профессиональное образование), 2001.
- [62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.
- [144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.
- [217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.

4.9 IMPLEMENTACIJA MODELA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE MOTORNIH VOZILA

Prihvatanjem ponašanja pojedinih parametara stanja modela dijagnostike u budućnosti, posle izvršene dijagnostike, a sa ciljem da se obezbedi potrebna pouzdanost procesa eksploatacije ležajeva na vratilima motornih vozila. Određivanje stepena upotrebljivosti motornih vozila neophodno je u smislu njenog optimalnog smanjivanja, kao i određivanje momenata datih dijagnostičkih kontrola stanja ili određivanja modela sprovođenja neophodnih aktivnosti dijagnostike stanja. Znači, rezultati biće uzeti i predstavljaju osnovu za donošenje pojedinih odluka o ležajevima kolenastog vratila.

Posle postavljanja zadataka za određivanje režima dijagnostike (definisanje anticipacije stanja ležajeva motornih vozila), tj. utvrđivanja optimalnih periodičnih dijagnostičkih kontrola stanja za sastavne komponente motornih vozila, uz poštovanje signalizacionih tolerancija za kontrolisane parametre, pojavljuje se novi zadatak za grupisanje periodičnosti dijagnostike i aktivnosti održavanja sastavnih komponenta vozila u optimalnom obliku standarda dijagnostike stanja ležajeva kolenastog vratila.

Primena modela dijagnostike stanja, bazira se na registraciji i obradi brojnih odabranih aktivnosti i karakterističnih indikatora (dijagnostičkih parametara) koji prate i identifikuju ponašanje ležajeva motornih vozila u procesu eksploatacije i omogućavaju donošenje odluka za preduzimanje odgovarajućih aktivnosti dijagnosticiranja radi podizanja nivoa pouzdanosti motornih vozila.

Zbog ovako kompleksne uloge modela dijagnostike stanja ležajeva, neophodno je raditi na njegovoj automatizaciji, odnosno na razvoju automatskog sistema modelovanja dijagnostike stanja komponenta motornih vozila. Neophodno je prvo odrediti i izlaze koje ležajevi motornih vozila treba da obezbede i isto tako izvodljive i potrebne uređaje za dijagnostičko ispitivanje. Sledeći korak se sastoji u identifikaciji koja se zasniva na teoretskim i istraživačkim nalazima odgovarajućih dijagnostičkih signala. Da bi se to ostvarilo, treba da postoji jedan efikasan metod za merenje svakog signala [68].

Uporedo sa razvojem i konstrukcijom osnovne dijagnostičke opreme, treba odlučiti i o formi modela dijagnostike stanja ležajeva motornih vozila. Praktičnosti radi, bilo bi korisno razmatrati više oblika ležajeva koji omogućuju identifikaciju neispravnih komponenta motornih vozila [71]. Konačni model dijagnostike stanja komponenta motornih vozila može se bazirati na gradijentu metoda, na višedimenzionim analizama itd.

Identifikacija ležajeva motornih vozila, na osnovu njihovih otkaza i primeni kompjuterske tehnike može koristiti u slučaju kada se radi o primeni ekspertnog sistema, obuhvatajući time područje veštačke inteligencije. Preliminarne analize pokazuju da primena kompjuterske tehnike na model dijagnostike stanja treba da bude efikasno rešen, eksperimentima, pokrivajući široku oblast dijagnostike stanja ležajeva motornih vozila.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

4.10 DINAMIKA PLANIRANJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA PREMA STANJU MOTORNIH VOZILA

Održavanje motornih vozila u pogledu dinamike i sadržaja sprovođenja mora biti vrlo brižljivo odmereno i strogo usklađena sa stvarnim potrebama. U protivnom mogu se dobiti suprotni efekti. Umesto visoke pouzdanosti, gotovosti i efektivnosti, nepažljivo i prečesto sprovođenje, naročito složenih i dugotrajnih postupaka održavanja, može izazvati pojavu drugih, dodatnih i još ozbiljnijih otkaza, čime se može značajno smanjiti pouzdanost i efektivnost, uz osetno povećanje troškova. Zato treba naći takva rešenja dinamike sprovođenja održavanja vozila koja će obezbediti najveće efekte, što se rešava metodama modeliranja i optimizacije sistema održavanja u okviru tehničke discipline koja koristi inženjerski prilaz i metode rešavanja teorijskih i praktičnih problema održavanja, a čiji je zadatak obezbeđenje lakog i efikasnog održavanja motornih vozila.

Dosadašnja istraživanja u oblasti teorije održavanja, pokazala su da je za kvalitetno upravljanje održavanjem vozila potrebno raspolagati podacima o pouzdanosti i pogodnosti preventivnog održavanja vozila i njihovih komponenata, zatim podacima o raznim resursnim potencijalima i dr. Najčešće se, ne raspolaže sa dovoljno podataka za statističko zaključivanje o pojavi otkaza ili se potrebni pokazatelji ne mogu kvantifikovati i precizno znati ili predvideti. Može se, zaključiti da ne postoji ni adekvatan model koji donosiocu odluke pomaže u odlučivanju i procesu otklanjanja otkaza.

Postoje nekoliko mogućih uzroka neodređenosti kada je u pitanju određivanje ili analiza pouzdanosti. Može se dodati, na prvo mesto, pouzdanosti usled neodređenosti performanse koja predstavlja sposobnost komponente da izvršava zahtevanu funkciju, pod datim uslovima i u datom intervalu vremena jer nije određeno, na primer, koliki može biti "interval vremena rada", zatim koji su to "dati uslovi rada" uporediti različite uslove i sl., a iskustvo govori i o tome da postoje korisnici komponenata koji su loše orijentisani prema sistemu, ili su u pitanju neobučeni rukovaoci i na kraju između izvršavanja zadate funkcije i otkaza, nema međustanja, što naravno ne odgovara stvarnosti [71].

U određivanju neodređenosti u preventivnom održavanju govori se sa dva aspekta:

- analiza neodređenosti performansi pouzdanosti i
- analiza neodređenosti performansi pogodnosti održavanja.

Poznavanju pouzdanosti komponenata vozila koji grade sistem, predstavlja objašnjenje pojma sistema i komponenata sistema. Da bi se odredio pokazatelj pouzdanosti sistema, npr., verovatnoća bezotkaznog rada ili srednje vreme u radu komponenata, neophodno je poznavati sledeće informacije [62]:

- prikaz vozila u vidu komponenata sa njihovim funkcionalno-logičkim vezama,
- polazne podatke o pokazateljima pouzdanosti komponenata,
- kriterijume otkaza sistema, tj. skup stanja sistema sa njihovim klasifikovanjem na radna i neradna stanja.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

[71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

Do razloga koji mogu dovesti do toga da se ne raspolaže navedenim podacima o otkazima komponenata u tom slučaju se javlja problem analize moguće neodređenosti, uslovljene nedostatkom potrebne informacije. Razvijaju se odgovarajuće metode proračuna koje omogućavaju kompenzaciju ove neodređenosti. U skladu sa osnovnim opredeljenjem rada komponenata vozila, koji je po svojoj funkcionalnoj nameni, tipu ili kategoriji vozila na kome se nalazi, uslovima korišćenja vozila i drugim faktorima sličan razmatranom koji se već koristi. U tom slučaju moguće je prikupljanje informacija o otkazima analognih komponenata u toku eksploatacije vozila u poznatom obliku [62]:

- nedostaje informacija o količini komponenata koji grade sistem,
- nedostaje informacija o vezama između komponenata,
- nedostaje klasifikacija sistema na radna i neradna stanja-nedefinisana funkcija kriterijuma,
- približna klasifikacija skupa stanja sistema i komponenata,
- poznat dijapazon promene pokazatelja,
- nepoznati.

Postoje razlike u gledanjima na puteve rešavanja praktičnih problema u održavanju, odnosno dileme u pogledu izbora metodologije ili strategije održavanja. Osnovna dilema je kako i kada odlučivati o sprovođenju postupaka održavanja. U tom okviru su i pitanja ko o tome treba da odlučuje, kvalifikovani stručnjaci, timovi specijalista, rukovodioci ili i jedni i drugi i treći. Pri tome se mora imati u vidu da motivi ili pozivi za sprovođenje održavanja često imaju karakter verbalnih iskaza.

Istaknute razlike u gledanjima na održavanje i dileme koje postoje u vezi sa realizacijom sistema održavanja u pojedinim konkretnim slučajevima verovatno najviše dolaze do izražaja u metodologijama, koje odražavaju osnovni prilaz održavanja. Od više mogućnosti pažnju danas privlače dva osnovna prilaza [62]:

- održavanje prema pouzdanosti,
- totalno produktivno održavanje.

Metodologija održavanje prema pouzdanosti traži detaljno izučavanje otkaza i identifikovanje zakona njihove pojave otkaza u celom periodu upotrebe vozila. Odluke o održavanju u ovom slučaju donose kompetentni i kvalifikovani radnici, na bazi kriterijuma bezbednosti i sigurnosti rada ili kriterijuma troškova. U tom cilju primenjuju se i metode optimizacije, matematički modeli, itd. [64]. Takođe je usmerena pre svega na preventivno održavanje, i to na sve oblike i forme prevencije i preventivne zamene komponenata po vremenu, pregledi stanja, revizije, itd.

Metodologija totalno produktivno održavanja je znatno jednostavnija, pa i načelno mnogo jeftinija. Ona je zasnovana na uvidu u stanje vozila u svakom trenutku i na iskustvu donosilaca odluke o održavanju, te zato ne traži detaljne informacije o pouzdanosti i događajima iz prethodnih perioda. Samim tim je i fleksibilna i omogućava odlučivanje o održavanju i za komponente koje se relativno kratko koriste. Takođe je veoma prikladna i za komponente sklopova vozila sa velikim brojem različitih sklopova [64].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

Odluke o planiranju preventivnog održavanja, pre svega u smislu određivanja periodičnosti i sadržaja odgovarajućih postupaka, po metodologiji preventivnog održavanja motornih vozila se donose na bazi [62]:

- statistički obrađeni informacija o učestanostima pojave otkaza i o drugim relevantnim događajima u radu komponenata, koje se dobijaju obradom i analizom podataka koje obezbeđuje odgovarajući informacioni sistem o radu i održavanju i
- informacija o zakonima pojava otkaza za vitalne komponente, koje takođe obezbeđuje informacioni sistem, samo uz više nivo obrade informacija, s tim što se i u ovom slučaju uvažavaju sopstvena i tuđa iskustva, odnosno zapažanja i primedbe koje se dobijaju iz bilo kojih izvora.

Za donošenje odluka o periodima vremena u kojima treba sprovesti preventivne postupke održavanja, kao i o sadržaju, tehnološkim zahtevima i drugim komponentama ovih postupaka potrebne su kvalitetnije informacije. Zato se u ovom slučaju odluke donose pre svega na osnovu globalnih statističkih pregleda i izveštaja o pojavama najčešćih otkaza, u zavisnosti od ostvarenog rada, stepena opterećenja i drugih važnih komponenata. Za najveći broj komponenata vozila, odnosno za najveći broj otkaza i poremećaja, ove informacije se u principu odnose na relativno kraće vremenske periode i statistički se iskazuju više ili manje nezavisno od prethodnih događaja, odnosno prethodne istorije sklopova koji se održava [62]. Jedino za sasvim mali broj vitalnih komponenata i sklopova, informacije o pojavama otkaza treba da se iskazuju u vidu karakteristika pouzdanosti. Iako obrada informacija o pouzdanosti traži duže periode posmatranja i znatno kompleksnije metode obrade i analize, činjenica da se ovo radi samo za vrlo mali broj komponenata ne opterećuje sistem održavanja prevelikim materijalnim ili drugim naporima.

Kriterijumi za donošenje odluka za planiranje preventivnog održavanja vozila mogu da se u određenim slučajevima i povežu, odnosno dopunjuju. Metodologija održavanje prema pouzdanosti je fleksibilna i dozvoljava razne kompromise [62]. Kriterijumi, treba da se definišu u zavisnosti od vrste, namene i relevantnih karakteristika komponenata vozila. Za motorna vozila, na primer, kriterijumi odlučivanja za preventivno održavanje ležajeva kolenastih vratila mogu se iskazati u funkciji sledeća tri elementa:

- kritičnost otkaza u odnosu na funkciju vozila (da li može dalje da radi, da li se time bilo šta ugrožava, posebno bezbednost saobraćaja, da li se ovaj otkaz i ranije javljao, kako je intervenisano, itd.),
- značajnost otkaza sa stanovišta izvršavanja zadatka vozila, (zadovoljenje reda vožnje, obima prevoza, da li postoji rezervno vozilo, itd.),
- mogućnosti opravke (raspoloživost radionice za održavanje, radnika, rezervnih delova, itd.).

Pošto se svi ovi elementi iskazuju, što znači da imaju u suštini metodologije planiranja preventivnog održavanje prema radu predviđa da se za svaku komponentu odlučivanja definišu odgovarajuće funkcije korišćenja. Na ovoj osnovi, a uz korišćenje statističkih podataka o radu i održavanju komponenata, pre svega u smislu formulacije i provere odgovarajućih iskaza o radu ili pojavi otkaza, mogu se razviti algoritmi i modeli održavanja vozila.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

5.0 EKSPLOATACIONA ISTRAŽIVANJA

5.1 METODE ISTRAŽIVANJA

Metode istraživanja i optimizacije procesa ili sistema održavanja podržane informacionim sistemom dijagnostike stanja komponenata motornih vozila, omogućavaju koncepciju izbora najpovoljnijih parametara i modela dijagnostike stanja. Istraživanje se bazira na naučnim postavkama i matematičkim metodama koje su već afirmisane u teoriji pouzdanosti i teoriji dijagnostike stanja, pre svega na metodama operacionih istraživanja odnosno metodama modeliranja i optimizacije sistema održavanja, metodama teorije verovatnoće i matematičke statistike.

Procesi kontinuirane i diskretne promene parametara stanja u funkciji vremena korišćenja vozila, kao posledica različitih uticaja stohastičkog karaktera, koji dovode do postepenih i iznenadnih otkaza, opredeljuju specifičnost motornih vozila u pogledu izbora metode i kombinovane primene koncepcija i modela dijagnostike stanja, posebno koncepcijom održavanja prema stanju i preventivnog održavanja po konstantnom vremenu.

Za optimalno upravljanje procesima ili sistemom dijagnostike stanja komponentata motornih vozila, koriste se razne metode dijagnostike stanja, koje imaju neposredni zadatak da odrede optimalne vremenske periode u kojima treba sprovesti postupke dijagnostike odnosno preglede stanja, tako da se ostvari zahtevana pouzdanost, minimalni troškovi ili najveća gotovost. Danas je u dijagnostici stanja komponenata motornih vozila, razvijen veliki broj modela, više ili manje sveobuhvatnih ili pojednostavljenih, koji mogu omogućiti izbor i dalju razradu za primenu na motornim vozilima.

Postojeće metode za određivanje vrednosti dijagnostičkih parametara dele se na: funkcionalne i test-metode. Funkcionalna dijagnostika vrši se za vreme rada komponenta motornih vozila, tj. neposredno na samim komponentama pomoću pokretnih dijagnostičkih stanica, prenosnih ili ugrađenih instrumenata (kontrolno-mernih uređaja). Test-dijagnostika se vrši u tehničkim radionicama ili dijagnostičkim stanicama uz korišćenje stacionarne dijagnostičke opreme i kriterijuma određenih normativno-tehničkom dokumentacijom motornih vozila. Primenjene metode koje će se koristiti u ovoj disertaciji su:

1. NAUČNI EKSPERIMENT

Obuhvata metodologiju rada pri analizi temperature i pohabanosti ležajeva i to statističkom metodom istraživanja koja je sprovedena primenom amplitudno frekventne analize. Za merenje temperature i pohabanosti ležajeva na sastavnim komponentama sklopova motornih vozila, korišćeni su sledeći instrumenti: senzori, davači i komparatori.

2. NAUČNO ISPITIVANJE

Ovaj metod je našao svoju primenu na modelu koji obuhvata zavisnost temperature komponenata analiziranih sklopova i pohabanosti njihovih ležajeva, čime je definisan radni vek komponenti na osnovu analize otkaza i ujedno dobijen algoritam za sprovođenje monitornog stanja sigurnosti funkcionisanja komponenata sklopova motornih vozila. Izradom algoritma dobijen je prikaz modela uz primenom parametra stanja komponenata, a u odnosu na prikaz otkaza preventivnog održavanja vozila.

Konačno, izvršena je izrada modela koji povezuje uticaje temperatura, pohabanosti ležajeva i pouzdanost za sastavne komponente sklopova motornih vozila. Takođe, model obuhvata algoritam monitornog sistema kojim je opisan postupak njegovog formiranja, a prema izabranim mernim mestima.

Struktura komponenata zavisi od uzajamnog dejstva komponenata strukture, a određuje se kvalitativnim određenim parametrima stanja, koji predstavljaju mogućnost neposrednog merenja i nosioci su tačnih informacija o stanju komponenata. Stanje vozila, odnosno njegovih sastavnih komponenata može da se ocenjuje vrednošću parametra.

3. STATISTIČKA METODA

Ovom metodom se utvrđuju parametri i pokazatelji koji su praćeni u toku analize i preko kojih se najčešće ocenjuje optimalan period postupaka dijagnostike stanja [4]. Analiziraće se pojedine komponente, sklopovi motornih vozila i ponašanje određenih pokazatelja koji su bitni za analizu povećanja temperature i pohabanosti ležajeva vozila.

4. METODA ANALIZE

Predmet proučavanja ove metode je veoma složen i zasniva se na analizi komponenata sklopova motornih vozila. Metoda analize je našla svoju primenu u postupku rastavljanja motornih vozila na sastavne komponente sklopova [4].

U okviru ove metode postoji i razvijena je verovatnoća nastanka neželjenih događaja, kao njihova posledica javljaju se dijagnostika komponenti sklopova motornih vozila na bazi rizika.

5. METODA SIMULACIJE

Za opis i rešavanje kompleksnih dinamičkih problema, kakvi su procesi promene stanja i održavanja motornih vozila, eksperiment sa realnim sistemom i u realnim uslovima je nemoguće sprovesti [4]. Simulaciona metoda naročito je pogodna za modeliranje i analizu složenih procesa kao što su procesi promene stanja i održavanja motornih vozila, i to zbog njihove složene strukture, dinamike i nestacionarnosti rada, postojanja stohastičkih promenljivih i potrebe upravljanja održavanjem vozila.

Postoji veliki broj simulacije, navešćemo dve:

- simulacija koja predstavlja računski zasnovanu numeričku tehniku za eksperimentalne studije stohastičkih ili determinističkih procesa u vremenu,
- simulacija sa modeliranjem skupa aktivnosti pridruženih konstruisanju modela realnog sistema i njegove simulacije na računaru. Modeliranje se odnosi pre svega na odnose između realnog sistema i modela, a simulacija označava prvenstveno relacije između računara i modela.

Osnovna aktivnost u metodi simulacije je kreiranje modela. Razvoj modela je vezan s manjim ili većim stepenom apstrakcije realnog sistema. Model je prezentacija sistema, a kreiramo ga da bi postigli bolji oblik prezentovanja ukupnog iskustva istraživača i njegovog načina mišljenja o realnom sistemu.

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

5.2 MESTA I NAČIN MERENJA

Kao jedan od najsloženijih tehničkih sistema danas jeste motorno vozilo, koje je samim tim, podložno uticaju velikog broja različitih faktora, čime se stvaraju mogućnosti pojave velikog broja otkaza na istim. Broj pojava mogućih neispravnosti je velik, a broj uzročnika njihove pojave još veći. To nameće potrebu za analizom načina otklanjanja tih neispravnosti. Kompleksnost date problematike kao i njen sve veći značaj u svetu, zahtevaju posebnu pažnju svih onih koji se bave izučavanjem oblasti motornih vozila bilo u fazi njihovog razvoja ili u fazama proizvodnje i korišćenja.

Tokom eksploatacije motornih vozila, neophodno je proveriti da li ono ostvaruje projektovanu funkciju, koja podrazumeva proveru radne sposobnosti motornih vozila. Kontrola, tj. praćenje pravilnosti funkcionisanja pruža mogućnost blagovremenog otklanjanja eventualnih neispravnosti, koje se mogu pojaviti u procesu rada motornih vozila po nameni. Date neispravnosti onemogućavaju pravilan rad pri različitim režimima.

Proces eksploatacije može izazvati nastanak neželjenih posledica u koliko u toku istog dođe do prestanka rada motornih vozila. Na radnu sposobnost motornih vozila, na njeno ispoljavanje, utiču istovremeno spoljni i unutrašnji elementi. U toku rada, na motorno vozilo dejstvuju različiti oblici energije, koji uslovljavaju promenu parametara kod pojedinih sastavnih komponenta i/ili motornih vozila.

Radno sposobno motorno vozilo pravilno funkcioniše pri svim režimima i u toku celokupnog vremena rada. Svako motorno vozilo, koje se tako ponaša je ispravno i radno sposobno, funkcioniše pravilno, a nepravilnosti funkcionisanju se javljaju kada je radno nesposobno i neispravno. Merenja su vršena u JGSP – Novi Sad, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš Ekspres“ a.d. Niš, „Lasta“ d.o.o. Beograd, „Euroline“ d.o.o. Paraćin i „Proplanak“ d.o.o. Kruševac, na mernim mestima ležajeva M_1 , M_2 i M_3 kolenastog vratila (merenje temperature i pohabanosti pri radu stabilnih ležajeva M_1 , letećih ležajeva M_2 i ležajeva na bregastom vratilu M_3).

Utvrđivanje radnog stanja sastavnih komponenta i/ili motornih vozila, može se ostvariti kako primenom odgovarajuće instrumentacije, tako i na osnovu čulnih opažanja izvršilaca (specijalista za dijagnostiku). Merni instrumenti koji se koriste pri merenju su senzori temperature i davači (senzor pritiska u kućištu motora, senzor položaja bregaste osovine, senzor temperature i pritiska usisnoj grani, senzor broja obrtaja radilice, senzor temperature rashladne tečnosti, senzor nivoa ulja, senzor za detekciju vode u gorivu, senzor pritiska goriva, senzor broja obrtaja ventilatora za rashladnu tečnost, davač pritiska i temperature ulja, senzor količine rashladne tečnosti, senzor temperature i indikator filtera vazduha). Merenje zazora površine ležajeva vrši se pomoću komparatora sa preciznošću od 1 mikrona. Utvrđivanje radnog stanja podrazumeva prethodno definisane kriterijume dozvoljenog i nedozvoljenog stanja.

Ispitivanja sastavnih komponenta sklopova motornih vozila mogu se svrstati u sledeće grupe eksploataciona ispitivanja, ispitivanja pri ponašanju sastavnih komponenta sklopova motornih vozila nastalog usled - povećanja temperature i pohabanosti ležajeva, i havarijsko ispitivanje koje se vrši posle popravke komponenta sklopova motornih vozila.

Karakteristike motornog vozila autobusa Volvo – D9B 340 EC06 i D7C 275, odlikuje 6-cilindrični vertikalno montirani motor. Sve varijante imaju turbokompresore i 3 cilindra glave, a svaka pokriva 3 cilindra, motor ima 9,41 litara zapremine i 340 konjskih snaga. Sistem za gorivo se sastoji od elektronski regulisanih brizgaljki i pumpe sa integrisanim varijabilno podesivim uglom α . Sistem ubrizgavanja goriva je EMS (Motor Management Sistem). Sedišta ventila i vođice su od čelika i izmenljivi su. Sve vođice ventila su sa zaptivačima. Injektori su montirani u bakarne čaure na mernim mestima ležajeva M_1 , M_2 i M_3 koje su zaptivene okruglom gumicom (o-ring). Pošto je D9 motor sa malom emisijom štetnih gasova, ne sme biti mašinske obrade koje bi napravila izmene u položaju injektora u odnosu na cilindar i glavu motora. [64], [65].

Eksploataciona ispitivanja ukazuju na početna stanja ležajeva kolenastog i bregastog vratila ali i na otkaze, kao što su lom, poremećaji i sl, tako da time prate odstupanja koja se javljaju pri radu. Ova ispitivanja treba sprovesti pre remonta motornih vozila i na osnovu njih izvršiti planiranje servisa i obim servisiranja radova i utvrđivanje stanja komponenata motornih vozila pre ponovnog puštanja u eksploataciju.

Ispitivanje pri normalnom ponašanju komponenata motornih vozila ima za cilj otkrivanje uzroka povišenog nivoa temperatura i iznalaženje načina za njihovo smanjenje. Sprovodi se kod komponenata kod kojih dolazi do pojave pohabanosti ležajeva kolenastog vratila. Havarijsko ispitivanje komponenata motornih vozila na mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 imaju za cilj da utvrde opšte stanje istih i da proprate da li su posledice havarije u potpunosti otklonjene usled povišenih temperatura i pohabanosti ležajeva [65].

Merenje temperature pojedinih ležajeva kolenastog i bregastog vratila na mernim mestima ležajeva M_1 , M_2 i M_3 vrši se pomoću davača za merenje temperature (davač pritiska i temperature ulja, senzor količine rashladne tečnosti, senzor temperature i dr.) koji je precizno baždaren na određenoj temperaturi. Princip se zasniva na porastu opterećenja pri povećanju zazora kod ležajeva.

Kritična mesta mogu biti stalno ponavljajuća jednokratna i trajnog karaktera. Jednokratna se mogu sasvim odstraniti i treba da se konstruktivno menjaju i otklanjaju. Trajni karakter imaju ona kritična mesta na kojima dolazi do pojave pohabanosti ležajeva (merenje zazora površine ležajeva pomoću komparatora) motorna vozila i ona su najčešće podložna otkazima. Pomenuta kritična mesta se javljaju zbog: neodgovarajućih projektanskih, konstruktivnih rešenja i materijala, nedovoljno dobrih postupaka izrade, neodgovarajućeg rukovanja i održavanja, neodgovarajućeg tehnološkog procesa rada i uticaja okoline (vlažnost, prašina, temperatura i dr.). [64].

Formiranjem modela dijagnostike stanja neophodno je odrediti sve bitne parametre teorijske i eksploatacione analize, povezati ih u matematički oblik, uzimajući u obzir sva kritična mesta i mogućnost pojave otkaza na njima. Definicija modela biće izvedena analitičkim putem u obliku prenosne funkcije pouzdanosti optimalnog modela koja će definisati rad posmatranih ležajeva kolenastog i bregastog vratila.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

5.3 ODREĐIVANJE VREDNOSTI ZAZORA LEŽAJEVA NA MERNIM MESTIMA

Praćenje pohabanosti ležajeva kolenastog i bregastog vratila u toku eksploatacije motornih vozila, vrši se u uslovima određenim nizom različitih faktora koji dovode do poremećaja. Uticaj svake promene parametara stanja pouzdanosti predstavlja osnovu za razvoj novog modela, tako da se dalje obezbeđuje zahtevani nivo pouzdanosti ležajeva baziran na praćenju provere stanja komponenata sklopova motornih vozila. Strukturni parametri ukazuju na međusobnu uslovljenost izlaznih karakteristika stanja ležajeva, bilo da se radi o performansama ili pokazateljima pratećih procesa rada sklopova. Znači da se karakteristike izlaznih procesa mogu primeniti kao dijagnostički parametri, odnosno veličine pomoću kojih se daje ocena stanja komponenata sklopova motornih vozila.

Iz razloga što je intenzitet promene stanja pohabanosti ležajeva uslovljen uticajima brojnih faktora (npr. uslovi korišćenja, kvalitet održavanja, kvalitet materijala itd.), u slučaju da su ove promene kontinuirane i konstantne u funkciji pouzdanosti i vremena, neće doći do pojave otkaza. Sama promena parametara stanja pohabanosti ležajeva se može razmatrati kao funkcija pouzdanosti istovremeno za više komponenata sklopova.

Analizom zadatih parametara, tj. njihovom proverom da li se nalaze u dozvoljenim granicama, određuje se stanje radne sposobnosti ležajeva kolenastog i bregastog vratila. Narušenost stanja radne sposobnosti ležaja nastaje pri ispunjavanju ili neispunjavanju bar jednog od zadatih parametara. U okviru kompleksnog sistema praćenja, kao jedna od kritičnih komponenata motornih vozila izdvaja se pohabanost ležajeva, koja se posmatra u cilju utvrđivanja njegove pouzdanosti [20]. Otkazi ležaja u toku njegovog životnog veka mereni u 10^5 [km], čija je veličina uzorka bila $n = 3$.

Otkazi i oštećenja ležajeva kolenastog i bregastog vratila, izazvani navedenim grupama uzročnika, manifestuju se najčešće kao habanje, lom i plastična deformacija materijala, i predstavljaju vrednosti u zavisnosti od propisanih. To su ujedno i osnovni vidovi otkaza, koji se mogu podeliti, u odnosu na svojstvo materijala, u dve kategorije. Jedna je povezana i zavisna prevashodno od čvrstoće materijala, a druga je funkcija triboloških procesa na spregnutim površinama ležaja – rukavac. Lom i plastična deformacija su oštećenja u funkciji čvrstoće ležaja, dok je habanje sa svim svojim manifestacijama vezano za tribološke procese.

Najčešća pojava otkaza ležajeva jeste habanje. Analiza je rađena na ležajevima motornih vozila tokom generalnih opravki i konstatovano je da su različite vrste habanja prisutne u različitim slučajevima i to zbog plastične deformacije i loma ležajeva [20]. Slaba su sva ona merna mesta komponenata motornih vozila koja su podložna otkazima i ona se mogu pojaviti usled uticaja okoline zbog visoke vlažnosti, pojave prašine, povišene temperature usled lošeg podmazivanja i dr.

Definisanje modela dijagnostike stanja zahteva određivanje navedenih parametara teorijske i eksploatacione analize, zatim njihovo povezivanje u matematički oblik što je i učinjeno analitičkim putem u obliku prenosne funkcije pouzdanosti optimalnog modela koja će definisati rad analiziranih komponenata sklopova motornih vozila.

[20]. Бедняк, м.н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.

5.3.1 STEPEN POHABANOSTI LEŽAJEVA MOTORNIH VOZILA

Na početku eksploatacije, posmatrani ležajevi kolenastog i bregastog vratila nisu beležili veći broj otkaza komponenata, već su se zbog izvesnih nepreciznosti u njihovoj montaži pojavili određeni zastoji, pa se može reći da ovo nisu rani otkazi pri uhodavanju komponenata sklopova, već njihovi nedostaci u toku eksploatacionog rada [9]. Do uhodavanja rada sklopova motornih vozila dolazilo je postepeno (npr. do habanja ležajeva), a u skladu sa tim i do pojave prvih otkaza koji su se pojavili oko 700000 (km) pređenog puta rada komponenata motornih vozila. U periodu od 30.06.2009 god. do 31.12.2013 god. dolazi do intenzivnog rasta otkaza na njihovim sastavnim komponentama, pa je to vreme njihovog nestabilnog rada. Ova situacija se može prikazati dijagramom slike 5.2, primene optimalne zavisnosti broja otkaza M_{ot} i pređenog puta na mernim mestima u funkciji eksploatacionog vremena (t), (tabele 5.1 i 5.2).

Broj evidentiranih otkaza, nastalih usled povišenja nivoa pohabanosti ležajeva kolenastog vratila, odredio je pouzdanost u toku eksploatacionog rada svakog posmatranog sklopa a analiza otkaza sastavnih komponenata posmatranih sklopova biće okrenuta oblasti njihovog nestabilnog rada kada dolazi do njihovog intenziviranja [4]. Ako sa T_1 – obeležimo vreme do kada se analizirani sklop uhodava, a sa T_2 – vreme do koga je analizirani sklop imao rad bez otkaza (eksploataciono – siguran rad), onda je svaki interval vremena posle T_2 interval nestabilnog njegovog rada $T'_2 > T_2$, tj. interval rada sa rizikom.

Na osnovu datih parametara određuje se stanje radne sposobnosti ležajeva kolenastog i bregastog vratila, pa se tako narušenost stanja radne sposobnosti ležaja javlja pri ispunjavanju ili neispunjavanju bar jednog od zadatih parametara. Kao jedna od kritičnih komponenata motornih vozila izdvaja se pohabanost ležajeva, koja se posmatra u cilju utvrđivanja pouzdanosti motornih vozila.

Kao najčešći uzročnik pojave otkaza jeste upravo pohabanost ležajeva kolenastog i bregastog vratila. Praćenjem 260 slučajeva otkaza ležajeva na vozilu, dobijena je učestalost pojedinih uzročnika (prikaz u tabeli 5.1), što utiče na dijagnostiku stanja komponenti sklopova motornih vozila. Prikaz svih otkaza nastalih usled povećanja nivoa pohabanosti ležajeva na mernim mestima posmatranih komponenata motornih vozila, na kojima jesu i nisu primenjene kontrole parametara stanja komponenata, dat je u tabeli 5.1 [65].

Praćenje funkcionisanja komponenata motornih vozila omogućava otkrivanje uzroka koji uslovljavaju pojavu pohabanosti ležajeva kolenastog i bregastog vratila uz istovremeno iznalaženje načina za njihovo ublažavanje ili otklanjanje. Kako ne bi došlo do otkaza komponenata motornih vozila pod dejstvom izvesnog stepena pohabanosti ležajeva, potrebno je uzeti u obzir preventivno održavanje. U slučaju nastanka havarije, primenjuje se tzv. havarijsko ispitivanje komponenata motornih vozila koje ima za cilj da utvrdi opšte stanje istih i da proprati da li su posledice havarije u potpunosti otklonjene [9].

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[9]. Аринин, И.Н.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ, "Высшая школа", Москва, 2005.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

5.3.2 VREDNOST ZAZORA LEŽAJEVA BEZ PRIMENE KONTROLE PARAMETARA

Prikaz broja otkaza u vremenu praćenja određenog pređenog puta i rada ležajeva na komponentama (M_1 , M_2 i M_3) motornih vozila – Volvo – D9B 340 JGSP – Novi Sad, dat je u tabeli 5.1.

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Naziv mernih mesta sastavnih komponenata motornih vozila: M_1 - kolenasto vratilo, M_2 - kolenasto vratilo, M_3 - bregasto vretilo		
		Ukupan broj otkaza na ležajevima		
		M_1 - stabilni ležaj	M_2 - leteći ležaj	M_3 - klizni ležaj
30.06.2009.	500 000	4	4	3
31.12.2009.	550 000	5	5	4
06.06.2010.	600 000	4	3	5
31.12.2010.	650 000	6	5	3
30.06.2011.	700 000	5	4	3
31.12.2011.	750 000	4	3	4
30.06.2012.	800 000	5	4	3
31.12.2012.	850 000	4	5	4
30.06.2013.	900 000	5	4	3
30.09.2013.	950 000	5	5	3
31.12.2013.	1 000 000	6	5	4

Tabela 5. 1 Izmereni rezultati određenog vremenskog perioda, broja otkaza i pređenog puta na mernim mestima ležajeva M_1 , M_2 i M_3 motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Tabela 5.2 pomoći će u konstruisanju dijagrama zavisnosti broja otkaza u funkciji izmerenog unutrašnjeg prečnika kolenastog vratila - stabilni ležajevi – M_1 , (slika 5.1).

Za određivanje procene očekivane vrednosti zazora do koga kolenasto vratilo - stabilni ležajevi (M_1 i M_2) imaju ispravan rad usled pohabanosti njihovog prečnika ($d_{l, sr}$) uzećemo aritmetičku sredinu, vrednost z tih merenja [140]:

$$d_{l, M_1, M_2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{li}$$

Jednačina modela dijagnostike praćenja promene pri merenju zazora između vratila i ležajeva u toku određenog pređenog puta vozila (izračunate vrednosti zazora za model dijagnostike stanja između kolenastog vratila i ležajeva se može proveriti za stvarno izmerenim vrednostima u praksi, gde se mogu uporediti sa stvarno realizovanim vrednostima kriterijumskih funkcija prikupljenim i određenim u informacionom sistemu merenja, ovakve usporedbe i analiza mogu poslužiti za usavršavanje pokazatelja efektivnosti primenjenog modela dijagnostike) ima konačni izraz [140]:

$$z_{s, M_i} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - z_{\max})^2}{n-1}}$$

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.

gde je:

n - broj nezavisnih merenja zazora,

d_{l_i} - zazori svih izmerenih unutrašnjih prečnika ležaja.

Primenom aritmetičke sredine vrednosti prečnika stabilnog ležaja M_1 je:

$$z_{M_1} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} (90,550 + 90,546 + 90,542 + 90,540 + 90,538 + 90,536 + 90,534 + 90,532 + 90,530 + 90,528) =$$

$$z_{M_1} = 90,540[mm] \geq z_{opt}$$

Zabeležena je najveća vrednost zazora kod ležajeva, Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad:

$$z_{M_1, \max} = d_{l, sr} - z = 90,550 - 90,538 = 0,012[mm]$$

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Memo mesto M_1 – stabilnih ležajeva	
		Ukupan broj otkaza	Zabeležena vrednost unutrašnjeg prečnika ležaja d_{l_i} [Φ (mm)]
30.06.2009.	500 000	4	90,550
31.12.2009.	550 000	5	90,546
06.06.2010.	600 000	4	90,542
31.12.2010.	650 000	6	90,540
30.06.2011.	700 000	5	90,538
31.12.2011.	750 000	4	90,536
30.06.2012.	800 000	5	90,534
31.12.2012.	850 000	4	90,532
30.06.2013.	900 000	5	90,530
30.09.2013.	950 000	6	90,529
31.12.2013.	1 000 000	6	90,528

Tabela 5.2 Izmereni rezultati vremenskog perioda i otkaza u periodu praćenja rada stabilnih ležajeva M_1 – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Izračunata optimalna vrednost dozvoljenog zazora ležajeva pomoću eksperimentalne standardne devijacije (vrednosti zazora za model dijagnostike može izračunati za izmerenim vrednostima u praksi gde se mogu uporediti sa standardnim realizovanim vrednostima koji su prikupljeni u određenom sistemu merenja) iznosi [64]:

$$z_{SM_{1opt}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (0,022 - 0,012)^2}{9}} = 0,016[mm]$$

$$\text{Odnosno } z_{M_{1opt}} = 90,550 - 90,534 = 0,016[mm]$$

Najmanja vrednost zazora ležajeva Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad je:

$$z_{\min} = 0,45^3 \sqrt{90,550} + 0,001 \cdot 90,550 = 0,012[mm]$$

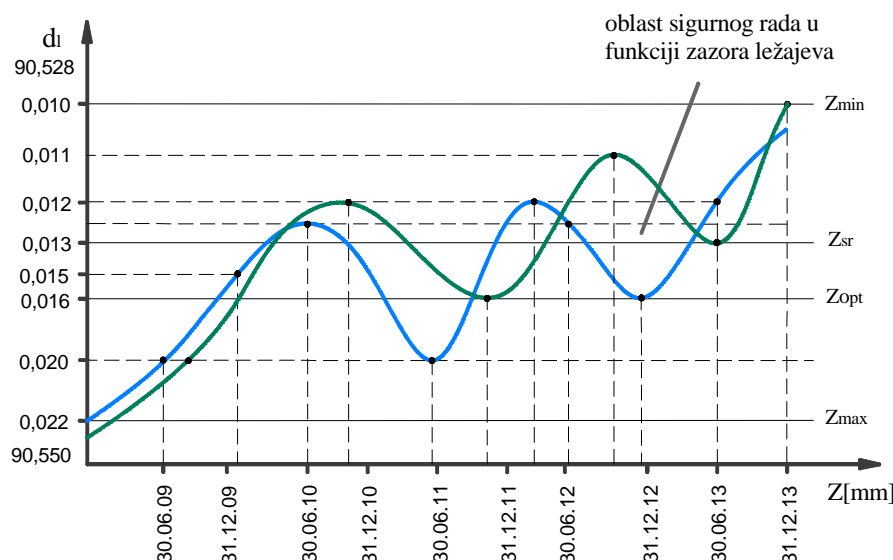
[64]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Metodologija ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

Vrednosti zazora koje se mere na mernim mestima M_1 jednake su:

$$z_{M_1 \min} = z_{ideal} = 0,012[mm]$$

Utvrđene ekstremne vrednosti zazora ležajeva Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad je:

$$z_{M_1 \max} = 0,022[mm] = z_{\max p}$$



Slika 5.1 Grafik prikazane vrednosti dozvoljenih zazora stabilnih ležajeva na mernom mestu M_1 motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [64]

$$z_{M_1 opt} = z_{sr} = 0,016[mm] = z_{opt-p} = z_{sr-p}$$

$$z_{M_1 \min} = z_{ideal} = 0,012[mm] = z_{\min p}$$

$$z_{\max} = \frac{90,528}{90,550}[mm]$$

$$z_{S opt} = \frac{90,274}{90,296}[mm]$$

$$z_{\min} = \frac{90,020}{90,042}[mm]$$

Izračunate vrednosti zazora ležajeva Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad je:

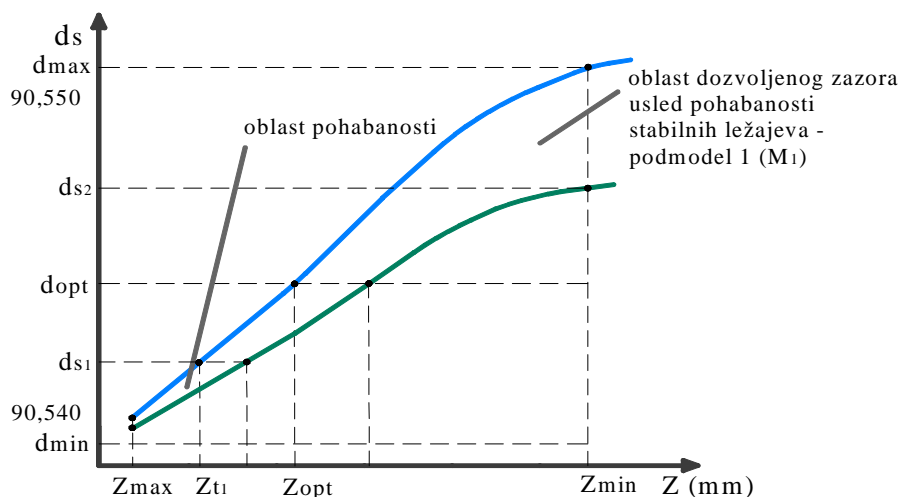
$$z_{M_1, M_2 \max} = 90,550 - 0,022 = 90,528[mm]$$

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014. COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

$$z_{SM_1, M_2 opt} = 90,550 - 0,016 = 90,534 [mm]$$

$$z_{M_1, M_2 min} = z_{ideal} = 90,538 [mm]$$

Za stabilni ležaj (M_1) i (M_2) vrednosti zazora z_{max} , $z_{opt} = z_{sr}$, z_{min} su jednake, dok je za ležaj kolenastog vratila (M_1) gde se mogu uporediti sa stvarno realizovanim vrednostima prikupljenim i određenim u sistemu merenja je veći iz razloga što ovaj stabilni ležaj kolenastog vratila ima veći prečnik i iznosi $d_{l, sr} = 90,540 [mm]$, (tabela 5.2), slika 5.2.



Slika 5.2 Grafik prikazane vrednosti dozvoljenih zazora promenom prečnika stabilnih ležajeva na M_1 – Volvo – D7C 275, “Niš–Ekspres“ – Niš

Izračunati koeficijenti pravca prave jednak je [63]:

$$z = ax + b$$

$$z = 0, \quad a = -\frac{b}{x}, \quad a = -\frac{b}{90,550}, \quad x = 0, \quad z = b$$

$$a = -\frac{z}{90,550}$$

Prikazane eksperimentalne tačke Weibull-ove raspodele (tabela 5.3) su u neposrednoj okolini teorijskih, pa se može zaključiti da reprezentuju realizovane vrednosti odstupanja pohabanosti ležajeva kolenastog vratila. Na osnovu jednačine, mogu se odrediti parametri Weibull-ove raspodele sa optimalnim vrednostima [66]:

- parametar oblika Weibull-ove raspodele:

$$\varepsilon = c = 8,1481$$

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal “Technical Diagnostics”, Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

- parametar razmere Weibull-ove raspodele (vrednosti u tabeli priloga 5 – 8) [67]:

$$\varphi = e^{-a/\varepsilon} = 1,389$$

U slučaju kada su poznate vrednosti parametara Weibull-ove raspodele ($\beta = 15,3464$ i $\varphi = 1,389$) lako se mogu formirati funkcije osnovnih teorijskih Weibull-ovih pokazatelja pouzdanosti, i to u obliku [67]:

- funkcija pouzdanosti:

$$K(t) = e^{-(t/1,389)^{8,1481}} = 0,9459$$

- funkcija nepouzdanosti:

$$N(t) = 1 - e^{-(t/1,389)^{8,1481}} = 0,0441$$

- funkcija gustine otkaza:

$$g(t) = 1,78923 \cdot \left(\frac{t}{1,389}\right)^{6,3714} \cdot e^{-(t/1,389)^{8,1481}} = 0,0214$$

- funkcija intenziteta otkaza:

$$\lambda(t) = 1,78923 \cdot \left(\frac{t}{1,389}\right)^{6,3714} = 0,01851$$

Vrednosti teorijskih pokazatelja pouzdanosti ležajeva koloenastog vratila M_1 i M_2 prikazane su u tabeli 5.4. Grafički prikaz teorijskih pokazatelja pouzdanosti, uporedo sa eksperimentalnim, predstavlja stanje motornih vozila. Tako je, npr., za verovatnoću 50 % pređeni put bezotkaznog rada $t_{50\%} = 7,2514 \cdot 10^3$ [km], za verovatnoću 80 %, $t_{80\%} = 7,7529 \cdot 10^3$ [km] ili za verovatnoću 90 %, $t_{90\%} = 8,2487 \cdot 10^3$ [km].

r. b.	Vremenski interval rada komponenata	Zabeležena vrednost unutrašnjeg prečnika ležaja $d, [(\varnothing)(mm)]$	t	$x_i = \ln t$	S(t)	$K_r = \ln \frac{1}{1 - S(t)}$
1.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,856 – 67,853	7,00	1,793	0,0517	0,947
2.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,853 – 67,850	7,25	2,147	0,2168	0,891
3.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,850 – 67,847	7,75	2,238	0,5725	0,792
4.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,847 – 67,843	8,25	2,273	0,6863	0,685
5.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,843 – 67,839	8,75	2,351	0,8419	0,573
6.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,839 – 67,837	9,25	2,399	0,9379	0,494
7.	31.12.2010 + 31.12.2011	67,837 – 67,835	9,75	2,423	0,9753	0,347

Tabela 5.3 Rezultati parametara stanja komponenata funkcije Weibull-ove raspodele $S(t)$ otkaza ležajeva kolenastog vratila na mestu M_1 i M_2 Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

[67]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost ležajeva motornih vozila, Časopis „Menadžment znanja“ 3-4, godina IX, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2014.

r.b.	Temperaturni intervali	t	n	S(t)	μ	δ	r	$K_4(t)$	$\lambda(t)$
1.	6,5 – 7,0	7,25	2,0129	0,0213	0,1147	0,1384	10,4179	0,9479	0,0934
2.	7,0 – 7,5	7,75	3,4175	0,0204	0,4392	0,1572	9,0427	0,8762	0,3517
3.	7,5 – 8,0	8,25	6,2841	0,0199	0,3927	0,2571	7,8278	0,6573	0,5379
4.	8,0 – 8,5	8,75	7,6137	0,0195	0,1842	0,3617	4,1046	0,5614	1,0045
5.	8,5 – 9,0	9,25	2,6139	0,0125	0,4838	0,5791	2,2791	0,4294	1,6932
6.	9,0 – 9,5	9,75	1,3825	0,0841	0,5825	0,5913	1,3674	0,3728	2,2516
7.	9,5 – 10,0	10,00	3,6941	0,0741	0,6381	0,6149	0,6832	0,2741	1,4831

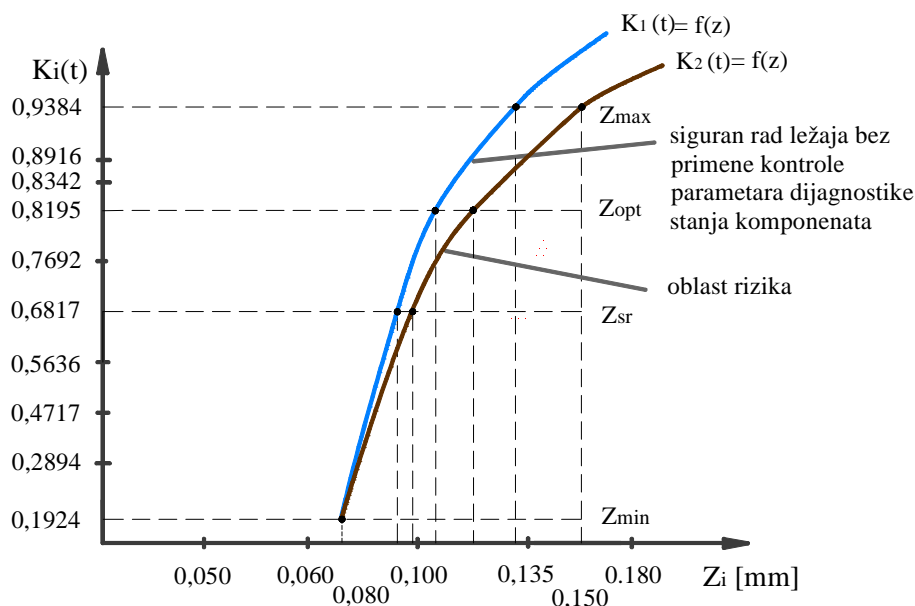
Tabela 5.4 Tabela prikaz osnovnih parametara stanja komponenta teorijskih Weibull - ovih pokazatelja pouzdanosti ležajeva kolenastog vratila na mestu M_1 i M_2 Volvo – D7C 275, “Niš–Ekspres“ – Niš [69]

Na osnovu dobijenih vrednosti zazora u oblasti rada ležajeva kolenastog i bregastog vratila na mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 (tabela 5.5), prikazano je na dijagramu (slika 5.3) zavisnosti pouzdanosti od zazora sa oblastima sigurnog – ispravnog rada i rizika bez primene kontrole parametara stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [144] [70].

r.b.	Pređeni put (km)	$K_i(t)$	$z[M_1, M_2]$	Oblast rada ležajeva M_1 i M_2	$z[M_3]$	Oblast rada ležaja M_3
1.	500000 ÷ 1300000	0,5636	0,019 (z_{max})	rizik komponenta	0,022 0,016	rizik komponenta
2.	500000 ÷ 1300000	0,6817	0,015 ($z_{opr} = z_{sr}$)			
3.	500000 ÷ 1300000	0,7692	0,014 ($z_{opr} = z_{sr}$)			
4.	500000 ÷ 1300000	0,8195	0,011 (z_{min})	ispravan rad komponenta	0,012	ispravan rad komponenta
5.	500000 ÷ 1300000	0,8342				
6.	500000 ÷ 1300000	0,8916				
7.	500000 ÷ 1300000	0,9384				

Tabela 5.5 Izmereni rezultati pouzdanosti i zazora u oblasti pređenog puta i rada ležajeva kolenastog i bregastog vratila na mestu (M_1 , M_2 i M_3) – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [65]

- [65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike napreznja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.
- [69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.
- [70]. 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.
- [144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, Monografija, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.



Slika 5.3 Grafički prikaz zavisnosti pouzdanosti od zazora sa oblastima sigurnog i ispravnog rada i rizika bez kontrole parametara stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [65]

Izračunate vrednosti za merodavne zazore ležajeva kolenastog i bregastog vratila motornih vozila vrše se na osnovu jednačina modela dijagnostike praćenja promene realizovanih minimalnih, maksimalnih i optimalnih vrednosti zazora za postojećim vozilima Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad su [69]:

$$z_{\max} = 0,022[mm]$$

$$z_{\text{opt}} = z_{\text{sr}} = \frac{0,022 + 0,012}{2} = 0,016[mm]$$

$$z_{\min} = 0,012[mm]$$

Propisivanje vrednosti zazora ležajeva kolenastog i bregastog vratila bez obzira na njihovo stanje krije u sebi rizik kvaliteta ležajeva i rizik kvaliteta ugradnje, što može da značajno nepovoljno utiče na pouzdanost ukoliko se ležajevi koji se zamenjuju bili u ispravnom stanju, odnosno ukoliko je njihova zamena bila faktički nepotrebna [144]. Isti problemi se javljaju i pri propisivanju pojedinih vrednosti zazora obaveznih postupkom preventivnog održavanja ležajeva kolenastog i bregastog vratila motornih vozila.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprežanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, Monografija, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.

5.3.3 POHABANOST LEŽAJEVA SA PRIMENOM KONTROLE PARAMETARA STANJA

U periodu od 30.06.2009. – 31.12.2013. god. nakon izvršenog generalnog remonta, zabeleženi su otkazi na sastavnim komponentama (ležajeva: M_1 , M_2 i M_3) motornih vozila primenom parametara stanja (tabela 5.6) – Volvo D7C 275, JGSP – Novi Sad.

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Naziv mernih mesta sastavnih komponenata motornih vozila: M_1 – kolenasto vratilo – stabilni ležajevi, M_2 – kolenasto vratilo – leteći ležajevi, M_3 – bregasto vratilo – klizni ležajevi		
		Ukupan broj otkaza		
		M_1	M_2	M_3
30.06.2009.	700 000	1	1	0
31.12.2009.	750 000	1	1	0
06.06.2010.	800 000	2	1	1
31.12.2010.	850 000	1	1	0
30.06.2011.	900 000	2	2	1
31.12.2011.	950 000	2	1	0
30.06.2012.	1 000 000	2	2	1
31.12.2012.	1 050 000	2	2	1
30.06.2013.	1 100 000	2	2	1
30.09.2013.	1 200 000	3	2	1
31.12.2013.	1 300 000	3	2	1

Tabela 5.6 Rezultati otkaza ležajeva na mestu (M_1 , M_2 i M_3) u određenom vremenskom periodu i pređenog puta motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Demontiranje svakog segmentnog ležaja izvršeno je nakon zabeleženih otkaza i zazora između segmenata i kolenastog vratila, odnosno veličine promene unutrašnjeg segmentnog letećeg ležaja $d_{l_{srp}}$ [mm] (prikaz u tabeli 5.7) [140]. Za utvrđivanje vrednosti zazora do koga segmentni leteći i stabilni ležajevi kolenastog vratila na mestu (M_2 i M_3) imaju ispravan rad usled pohabanosti njegovog unutrašnjeg prečnika ($d_{l_{sr}}$) poslužiće aritmetička sredina vrednosti z tih merenja [144] [196]:

$$d_{l_{M_1, M_2}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_{l_i}$$

Model praćenja promene parametara pri merenju zazora između ležajeva i kolenastog i bregastog vratila sa primenom kontrole parametara dijagnostike motornih vozila iskazan je kroz sledeću konačnu jednačinu [140]:

$$z_{sM_{ip}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (z_i - z_{\max})^2}{n-1}}$$

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.

[144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, Monografija, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.

[196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Naziv mernih mesta sastavnih komponentata: M ₁ – kolenasto vratilo – stabilni ležajevi, M ₂ – kolenasto vratilo – leteći ležajevi			
		Ukupan broj otkaza		Zabeležena vrednost zazora vratila i unutrašnjeg prečnika ležajeva d_i [(Φ) (mm)]	
		M ₁	M ₂	M ₁	M ₂
30.06.2009.	700 000	1	1	90,550	73,835
31.12.2009.	750 000	1	1	90,546	73,810
06.06.2010.	800 000	2	1	90,542	73,625
31.12.2010.	850 000	1	1	90,540	73,550
30.06.2011.	900 000	2	2	90,538	73,410
31.12.2011.	950 000	2	1	90,536	73,360
30.06.2012.	1 000 000	2	2	90,534	73,245
31.12.2012.	1 050 000	2	2	90,532	73,180
30.06.2013.	1 100 000	2	2	90,530	73,060
30.09.2013.	1 200 000	3	2	90,529	72,937
31.12.2013.	1 300 000	3	2	90,528	72,805

Tabela 5.7 Rezultati otkaza ležajeva na M₁ i M₂ u određenom vremenskom periodu i pređenog puta motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Najveću vrednost zazora koja može biti ostvarena između prečnika ležaja kolenastog vratila na mestu (M₁ i M₂) motornih vozila, Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad je [82]:

$$z_{M_1, M_2} = d_{I_{sr}} - dz_{M_1, M_2}$$

$$z_{M_1, M_2 \max} = 73,850 - 73,831 = 0,019 [mm]$$

Pomoću tabele 5.7 možemo odrediti ekstremne vrednosti zazora za ležajeve M₂ i M₃, Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, oni su jednaki vrednosti očekivanog prečnika segmenata [69]:

$$d_{I_{M_1, M_2}} = \frac{1}{10} \sum_{i=10}^{10} (73,835 + 73,810 + 73,625 + 73,550 + 73,410 + 7,360 + 73,245 + 73,180 + 73,060 + 72,805)$$

$$d_{I_{M_1, M_2}} = 73,565 [mm] \geq dz_{opt}$$

Da bi se dobila preciznija vrednost granice optimalnog dozvoljenog zazora ($z_{s \text{ opt}}$) uvešćemo eksperimentalnu standardnu devijaciju jednog merenja za niz od n ponovljenih merenja i izrazićemo je [69]:

$$z_{i \text{ } M_1, M_2} = 0,025 [mm]$$

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[82]. Карагодин, В. И., Митрохин Н. Н., Ремонт автомобилей и двигателей: Учебник для студентов средних профессиональных заведений. – М.: Мастерство; Высшая школа, 496 с. 2001.

$$z_{S_{M_1, M_2, opt}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (0,025 - 0,019)}{9}} = 0,014[mm]$$

Odnosno: $z_{S_{M_1, M_2, opt}} = 73,850 - 73,835 = 0,014[mm]$

Optimalna vrednost zazora ležaja z_{szi} kolenastog vratila je [69]:

$$z_{S_{M_1, M_2, opt}} = 0,011[mm]$$

Idealna vrednost zazora je minimalna vrednost zazora koja leži u tolerancijskom polju labavog naleganja i za nazivne prečnike $\phi 73,950(mm)$ iznosi $z = 0,011[mm]$ što predstavlja pouzdanost ležajeva kolenastog i bregastog vratila u oblasti ispravanog rada, tj. osnovnu toleranciju koja se određuje iz izraza [66]:

$$z = 0,45 \cdot \sqrt[3]{d_{l, sr}} + 0,01d_{l, sr} = 0,011[mm]$$

Onda je idealni zazor $z_{M_1, M_2, min} = z_{ideal} = 0,011[mm]$

Dobijene vrednosti zazora ležajeva kolenastog i bregastog vratila za Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad su [65]:

$$z_{max} = 0,019[mm]$$

$$z_{S_{opt}} = 0,014[mm] = z_{sr}$$

$$z_{min} = z_{ideal} = 0,011[mm]$$

Istraživanje pohabanosti ležajeva je bazirano na naučnim postavkama i već afirmisano u teoriji pouzdanosti i održavanja komponenata vozila, kao pre svega na metodama operacionih istraživanja, odnosno metoda modeliranja, teorije verovatnoće, matematičke statistike i optimizacije održavanja vozila [74]. Rešenja do kojih se došlo istraživanjem pohabanosti ležajeva, odnosno analizirani i definisani matematički model dijagnostike stanja komponenata provereni su metodom simulacije na računaru.

- [65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.
- [66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.
- [69]. 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.
- [74]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Određivanje vrednosti zazora ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

5.3.4 EKSTREMNE VREDNOSTI ZAZORA NA LEŽAJEVIMA

Prikazane vrednosti u tabeli 5.8 – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, beleže otkaze na ležaju M_3 i date vrednosti na unutrašnjem prečniku segmentnog aksijalnog ležaja $d_{l_{srp}}$.

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Naziv mernog mesta sastavnih komponenata: M_3 – klizni ležajevi	
		Ukupan broj otkaza	Zabeležena vrednost unutrašnjeg prečnika ležaja $d_{l_{srp}} [(\Phi)(mm)]$
		M_3	
30.06.2009.	700 000	0	67,865
31.12.2009.	750 000	0	67,862
06.06.2010.	800 000	1	67,859
31.12.2010.	850 000	0	67,856
30.06.2011.	900 000	1	67,853
31.12.2011.	950 000	0	67,850
30.06.2012.	1 000 000	1	67,847
31.12.2012.	1 050 000	1	67,843
30.06.2013.	1 100 000	1	67,839
30.09.2013.	1 200 000	1	67,837
31.12.2013.	1 300 000	1	67,835

Tabela 5.8 Rezultati otkaza na bregastom vratilu M_3 u vremenskom periodu i pređenog puta motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Tabela 5.8 poslužiće za određivanje ekstremnih vrednosti zazora za ležaj bregastog vratila na mestu M_3 :

- Vrednost očekivanog prečnika segmenata za Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad:

$$d_{l(M_3)p} = 67,852mm$$

- Maksimalna vrednost zazora je:

$$z_{(M_3 \max)p} = d_{l_{sr}} - d_{l(M_3)p} = 67,865 - 67,845 = 0,020 [mm]$$

- Dozvoljeni optimalni zazor ležajeva kolenastog vratila za Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, na osnovu eksperimentalne standardne devijacije:

$$z_i = 0,15 + 0,2 + 0,25 + 0,1 + 0,15 + 0,15 + 0,15 + 0,2 + 0,15 + 0,15 = 1,35[mm]$$

$$z_{(M_3)_{opt}} = \sqrt{\frac{(1,35 - 0,020)^2}{10}} = 0,015[mm]$$

- optimalni zazor ležaja je:

$$z_{S(M_3)_{opt}p} = 67,865 - 67,850 = 0,015[mm]$$

- Minimalni zazor je:

$$z_{M_{3\min}p} = 0,012[mm]$$

Ekstremne vrednosti za Volvo - D7C 275, JGSP – Novi Sad su:

$$z_{(M_{3\max})p} = 0,020(mm)$$

$$z_{(M_{3opt})p} = 0,015(mm)$$

$$z_{(M_{3\min})p} = 0,010(mm)$$

Na osnovu dobijenih ekstremnih vrednosti zazora primenom dijagnostike stanja motornih vozila odrediće se vrednosti merodavnih zazora ležajeva kolenastog vratila.

Na osnovu tabele 5.9 konstruisaće se dijagram vrednosti (prikaz na slici 5.4) pouzdanosti od veličine zazora sa oblastima sigurnog i ispravnog rada i rizika sa kontrole parametara dijagnostike stanja i na osnovu njega odrediće se vrednosti merodavnih zazora.

r.b.	Vremenski interval komponentata do otkaza	$K_r(t)_p$	$z_{M_1, M_2} [mm]$	Rad ležajeva M_1 i M_2	$z_{M_3(\min)}$	Rad ležaja M_3
1.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,7194	$0,019(z_{\max})_p$	oblast rizika	$0,020(z_{\max})_p$	oblast rizika
2.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,9479	$0,014(z_{s_{..}})_p$	ispravn rad komponentata	$0,015(z_{s_{..}})_p$	ispravn rad komponentata
3.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,9172	$0,012(z_{\min})_p$		$0,012(z_{\min})_p$	
4.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,8149	$0,011(z_{\min})_p$		$0,010(z_{\min})_p$	
5.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,6725	-	-	-	-
6.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,5973	-	-	-	-
7.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	0,4472	-	-	-	-

Tabela 5.9 Rezultati pouzdanosti u oblasti rada ležajeva (M_1 , M_2 i M_3) motronih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

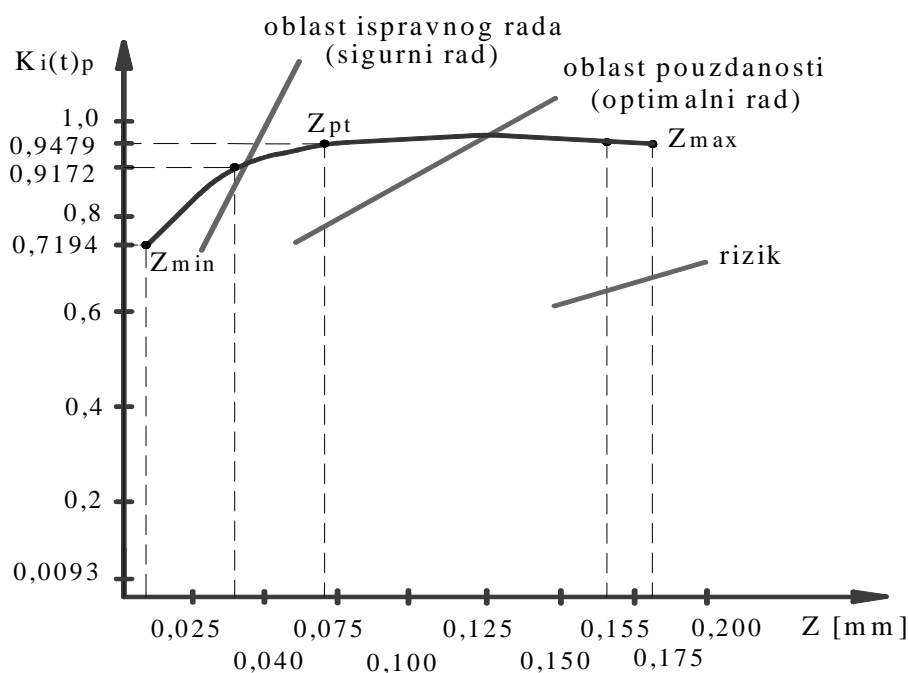
Vrednosti pouzdanosti $K_r(t)_p$ rada ležajeva kolenastog vratila su određene na isti način kao i bez kontrole parametara dijagnostike stanja i prikazane su u tabeli 5.9.

Zazori u oblasti rada ležajeva bregastog vratila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad su:

$$1. z_{(\max)p} = 0,020[mm]$$

$$2. z_{s(opt)p} = \frac{0,020 + 0,010}{2} = 0,015[mm] = z_{spp}$$

$$3. z_{(\min)p} = 0,010[mm]$$



Slika 5.4 Grafički prikaz vrednosti pouzdanosti u oblasti kontrole parametara stanja ispravnog rada ležajeva kolenastog vratila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad u funkciji pouzdanosti i zazoru [65]

Konstrukcija prostornog dijagrama 0_{xyz} sa ekstremnim vrednostima je prikazana u (tabeli 5.9) i to sa i bez primene kontrole parametara stanja (tabela 5.10). Formirani model je obuhvatio istovremeno oblast zavisnosti: $MK_{TP}(t) = g(K_i(t) = \varphi(z) = M_i(t)$, radne temperature T_{mi} i vrednosti zazoru z . Ove zavisnosti odrediće korelacije definisane algoritmom metodologije dijagnostike stanja motornih vozila, dok će prostorna kriva odrediti korelacije zavisnosti u ravanskom sistemu: 0_{xy} i 0_{xz} (korelacija K_1 - oblast sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenti motornih vozila prema parametrima radnih temperatura i pohabanosti – veličini zazoru, prikazano na slikama 5.13 i 5.14), (u prilogu P. 31 – P. 34 na strani 236-237) [65].

Ekstremne tačke korelacija biće osnova za određivanje oblasti dijagnostike stanja motornih vozila u kojima sastavne komponente imaju siguran rad - rad bez rizika, čime je dokazana glavna hipoteza.

Ove krive će analizirati i procentualni učinak optimizacije između maksimalne, optimalne, srednje i minimalne vrednosti korelacija.

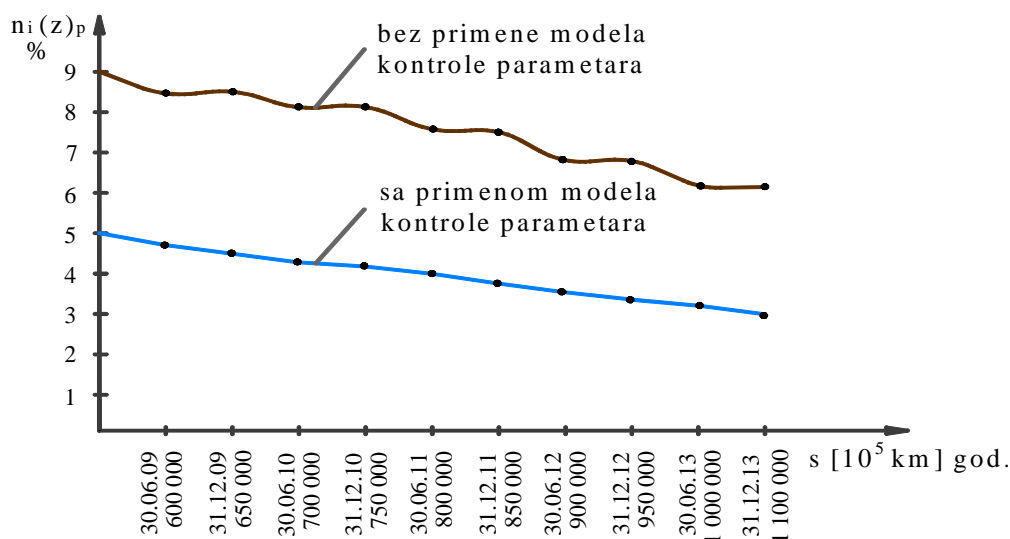
Prostorna kriva biće određena pomoću podprograma koji je programiran u matematičkom programu MATLAB 6.5.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprežanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

Na osnovu tabele 5.10 konstruisaće se dijagram vrednosti (prikaz na slici 5.5) pouzdanosti od vrednosti n broja otkaza usled pohabanosti ležajeva bregastog vratila (npr. period praćenja rada kliznog ležaja M_3) u oblastima sigurnog i ispravnog rada, sa kontrolom i bez kontrole parametara stanja motornih vozila u funkciji eksploatacionog vremena (t) i pređenog puta motornih vozila, a na osnovu njega određiće se vrednosti merodavnih zazora (smanjuje se vrednost pohabanosti ležajeva sa upotrebom modela od 32,7% na 12,4%) [65].

Datum provere pojave otkaza	Pređeni put (km)	Otkazi koji nastaju bez primene kontrole stanja komponenata	Otkazi koji nastaju sa primenom kontrole stanja komponenata
30.06.2009.	700 000	6	-
31.12.2009.	750 000	7	-
06.06.2010.	800 000	8	-
31.12.2010.	850 000	9	-
30.06.2011.	900 000	9	-
31.12.2011.	950 000	-	3
30.06.2012.	1 000 000	-	3
31.12.2012.	1 050 000	-	4
30.06.2013.	1 100 000	-	4
30.09.2013.	1 200 000	-	5
31.12.2013.	1 300 000	-	5

Tabela 5.10 Izmereni rezultati u periodu praćenja rada i otkaza kliznog ležaja na mestu M_3 u određenom vremenskom periodu i pređenog puta motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [65]



Slika 5.5 Grafički prikaz vrednosti vremenskog perioda rada i određenog pređenog puta i broja otkaza usled zazora ležajeva bregastog vratila na mestu M_3 motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [65]

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

5.4 ISTRAŽIVANJA RADNIH TEMPERATURA LEŽAJEVA MOTORNIH VOZILA

Kompleksnim israživanjem, praćena je temperatura na ležajevima kolenastog i bregastog vratila u toku pređenih kilometara i vremenskog intervala rada motornih vozila. Ona je jedna od karakteristika kvaliteta, sa ciljem je da se utvrdi stabilnost njene promene u toku vremena i pređenog puta primenom modela dijagnostike stanja komponenta motornih vozila (poglavlje 5.4 i 6.3). Merenja temperature na ležajevima su u [°C] realizovana je na svakih 100000 km, tako da je veličina uzorka bila $n = 3$, (tabela 5.11), motornih vozila – Volvo – D9B 340 i D7C 275, JGSP – Novi Sad, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš–Ekspres“ – Niš, “Lasta“ – Beograd [63].

Raspored mernih mesta za merenje temperature i pohabanosti ležajeva kolenastog i bregastog vratila motornih vozila je:

Merno mesto 1 – kolenasto vratilo (stabilni ležaj) – M_1

Merno mesto 2 – kolenasto vratilo (leteći ležaj) – M_2

Merno mesto 3 – bregasto vratilo (klizni ležaj) – M_3

Jednaćinom modela predstavljeni su parametri praćenja stanja promene temperature na odgovarajućem mernom mestu i to na kolenastom i bregastom vratilu ležaja motornih vozila u određenom periodu pređenog puta.

r. b.	Vremenski interval rada komponenta	Izmerene vrednosti odstupanja temperature na ležajevima motornih vozila Volvo - D9B 340, JGSP – Novi Sad, T_{mi} (°C) i određenog pređenog puta s (km)					
		$7 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$9 \cdot 10^5$	10^6	$1,1 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$
M_1	31.12.2010 ÷ 31.12.2013	95,3	96,2	97,3	98,5	98,1	99,2
M_2	31.12.2010 ÷ 31.12.2013	95,5	96,6	97,4	98,7	98,4	99,4
M_3	31.12.2010 ÷ 31.12.2013	95,8	96,9	97,8	98,8	98,7	99,8

Tabela 5.11 Rezultati izmerenih odstupanja temperatura na određenom pređenom puta s (km) primenom kontrole parametara na ležajevima kolenastog i bregastog vratila motornih vozila – Volvo – D9B 340, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje

Na bazi eksploatacionih podataka i za utvrđene ekstremne vrednosti odstupanja temperature na ležaju, formiran je interval statističkog skupa $94 [^{\circ}\text{C}] < T_i \leq 99 [^{\circ}\text{C}]$ koji se, na osnovu ukupnog broja podataka ($n = 24$), deli na $k = 6$ grupnih intervala jednakih širina $\Delta T_i = 0,5$ što predstavlja optimalnu vrednost [63].

Za formiran interval statističkog skupa ($94,5 [^{\circ}\text{C}] < T_i \leq 95,5 [^{\circ}\text{C}]$) i usvojene vrednosti ($k = 7$ i $\Delta T_i = 0,5$), mogu se izračunati osnovni pokazatelji eksploatacione raspodele [1-7], čije su vrednosti prikazane u tabeli 5.12.

Navedene numeričke statističke karakteristike eksploatacionih podataka (detaljnije u poglavlju 5.3) su:

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal “Technical Diagnostics”, Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

- Izračunata aritmetička sredina uzorka merenja temperature u toku rada [6]:

$$T = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n T_{mi}$$

- Određena standardna devijacija σ uzorka pri merenju temperature [6] [140]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k \Delta n_i \cdot (T_{mi} - T)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^k f(t) \cdot (T_{mi} - \bar{T})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^k f(t) \cdot T_{mi}^2 - T^2}$$

r. b.	Vremenski interval komponenta do otkaza	Temperaturni intervali (M ₁ , M ₂ i M ₃)	T _i	g _e (t)	Δn _e	K _e (t)
1.	31.12.2010 + 31.12.2011	99,0 – 99,5	99,25	0,1874	3	0,8175
2.	31.12.2010 + 31.12.2011	98,0 – 98,5	98,75	0,2138	9	0,8451
3.	31.12.2010 + 31.12.2011	97,0 – 97,5	97,25	0,2959	14	0,9178
4.	31.12.2010 + 31.12.2011	96,0 – 96,5	96,75	0,2194	19	0,9309
5.	31.12.2010 + 31.12.2011	95,0 – 95,5	95,25	0,1782	23	0,9623
6.	31.12.2010 + 31.12.2011	94,0 – 94,5	94,75	0,1757	27	0,9741
7.	31.12.2010 + 31.12.2011	93,0 – 93,5	93,75	0,1682	29	1,0000

Tabela 5.12 Rezultati izmerenih parametara raspodele na određenim temperaturama ležajeva kolenastog i bregastog vratila na mestu (M₁, M₂ i M₃) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Data funkcija raspodele $g(t)$ odstupanja u zavisnosti od pouzdanosti rada sastavnih komponenta i radne temperature [3]:

$$g(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(T-T_{mi})^2}{2\sigma^2}}$$

Zbog simetričnog rasporeda eksploatacionih podataka pouzdanosti sastavnih komponenta motornih vozila na osnovu odstupanja radnih temperatura, korišćemo normalan (Gaus-ov) zakon raspodele $G_i(t)$ čija funkcija raspodele ima oblik [3]:

$$G_i(t) = 0,5 + \varphi \left(\frac{T - T_{ML}}{\sigma} \right)$$

pri čemu je:

T_{ML} – izmerena temperatura ležajeva na mernim mestima M₁, M₂ i M₃,

σ – standardna devijacija,

φ – koeficijent promene pouzdanosti u zavisnosti od temperature.

[3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[6]. Adamović, Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.

Jednačina modela pri merenju promene temperatura ležajeva T_{ML} na mestu (M_1 , M_2 i M_3) motornih vozila u toku rada i određenog pređenog puta ima svoj konačni izraz [3] [68]:

$$T_{ML} = \left(\frac{G_1(t) \cdot T_1(t)}{T_i} \right) \cdot \frac{T - T_i}{G_1(t) \cdot (T_i)}$$

Upoređivanje i praćenje odstupanja temperature na ležaju, sa ciljem da se utvrdi stabilnost i kvalitet u toku rada, (tabela 5.13 i 5.14, Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad prikazano u prilogu rada P. 13 – P. 16 na strani 224-225) može se višiti na osnovu izračunavanja parametara θ_a , ε_{a_1} , ε_{a_2} , ν_a , koji obuhvataju [68]:

- aritmetička sredina uzorka merenja temperature ležajeva (T) i devijacija (σ) u toku rada je [3] [68]:

$$T = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=3}^1 94,329 = 93,735 \quad \sigma = 0,5749$$

- parametar varijacije (θ_a) [3]:

$$\theta_a = \frac{\sigma}{T} \cdot 100 = 0,9638$$

- parametar asimetrije stanja komponenata (ε_{a_i}) [3]:

$$\varepsilon_{a_1} = \frac{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n (T_i - T_{mi})^3}{\sigma^3} = 0,1495$$

- parametar uporednosti stanja komponenata (ε_{a_i}) [3]:

$$\varepsilon_{a_2} = \frac{\frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^n (T_i - T)^4}{\sigma^4} = 2,5731$$

- parametar razlike praćenja pri merenju (ν_{a_2}) [3]:

$$\nu_{a_2} = \varepsilon_{a_2} - 3 = -0,4269$$

Kada je $T = 99,4285^\circ C$, to je eksploataciona raspodela približno simetrična, ako je $\varepsilon_{a_1} = 0,1495$ to je eksploataciona raspodela pozitivna, odnosno asimetrična, ako je $\varepsilon_{a_2} = 2,5731$ ($\nu_{a_2} = -0,4269$) onda predstavlja normalnu raspodelu [68].

Poređenje i provera saglasnosti eksploatacionih podataka sa teorijskim (u ovom slučaju Gaus-ovim) modelom raspodele omogućava realizaciju pomoću određene teorijske prave. U normalnom (Gaus-ovom) listu verovatnoće nanose se tačke funkcije raspodele u odnosu na parametre funkcije $y_i(t)$ i temperature T , tabela 5.13.

[3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

Teorijska prava u listi verovatnoće Gaus-ove raspodele određena je na osnovu metode najmanjih kvadrata za funkciju raspodele $g_i(t)$ i na osnovu vrednosti iz tabele 5.14 na mestima (M_1 , M_2 i M_3) [140]:

$$y = a + b \cdot x = 102,6295 + 1,4728 \cdot x$$

r. b.	Vremenski interval komponenta do otkaza	Temperaturni intervali (M_1 , M_2 i M_3)	T_i	$x_i = T_i$	$K_i(t)$	$y_i = \frac{T_i - T_{mi}}{\sigma}$
1.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	99,0 – 99,5	99,50	99,25	0,6193	0,1900
2.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	98,0 – 98,5	98,50	98,75	0,6938	0,2400
3.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	97,0 – 97,5	97,50	97,25	0,7663	0,3900
4.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	96,0 – 96,5	96,50	96,75	0,8691	0,4400
5.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	95,0 – 95,5	95,50	95,25	0,9385	0,4600
6.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	94,0 – 94,5	94,50	94,75	0,9213	0,4800
7.	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	93,0 – 93,5	93,50	93,75	1,0000	0,4900

Tabela 5.13 Rezultati prikazane funkcija Gaus-ove raspodele $K(t)$ i odstupanja temperature na ležajevima (M_1 , M_2 i M_3), Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Koeficijent korelacije $r = 0,9583$ je isti i unosi se uporedo sa unetim eksploatacionim tačkama u papiru verovatnoće Gaus-ove raspodele prikazane na slici 5.7. Pošto su eksploatacione tačke u neposrednoj okolini prave, može se zaključiti da normalna raspodela dobro reprezentuje eksploatacione podatke pri kontroli odstupanja temperature na ležaju i predstavlja dijagnostiku stanja zadatog ležaja.

U slučaju kada su poznate vrednosti parametara Gaus-ove raspodele ($\gamma = T = 97,7485$, $\sigma = 0,6173$ i $\Phi = 0,5281$), lako se mogu formirati funkcije Gaus-ove raspodele, i to u obliku [140]:

- izračunavanje funkcije raspodele $S(t)$ (kumulativna verovatnoća) [3]:

$$S(t) = 0,5 + \Phi\left(\frac{T_i - 99,485}{0,6173}\right) = 1,472$$

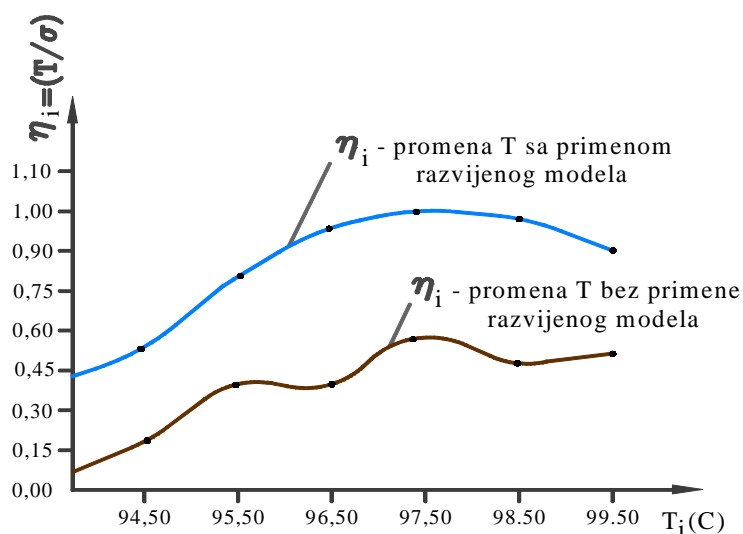
- zakon raspodele (relativna verovatnoća) ili funkcija gustine $g(t)$ raspodele [140]:

$$g(t) = 1,70179 \cdot e^{-\frac{(T_i - 99,4485)^2}{0,87945}} = 1,3158$$

Vrednosti teorijskih pokazatelja pouzdanosti ležaja prikazane su u tabeli 5.14 dok je grafički prikaz teorijskih pokazatelja pouzdanosti, dat uporedo sa eksploatacionim vrednostima, (prikaz na slici 5.6). Iz Gaus-ove raspodele (slika 5.7 a i b) moguće je odrediti, za određenu verovatnoću, temperaturu u ležaju (tabela 5.14). Tako je, npr., za verovatnoću 50 % temperatura ležaja $T_{50\%} = 98,485$ [°C], za verovatnoću 80 %, $T_{80\%} = 97,7485$ [°C] ili za verovatnoću 90 %, $T_{90\%} = 96,5757$ [°C].

[3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.



Slika 5.6 Grafički prikaz temperature na ležajevima motornih vozila bez i sa primenom modela – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [143]

r.b.	Temperaturni intervali (M_1, M_2 i M_3)	T_i	η_i	n	$g(t)$	$\tau_i(t)$	$s(t)$	$K(t)$
1.	99,00 – 99,50	99,25	0,879	3,7461	0,1037	0,246	0,833	0,9673
2.	98,00 – 98,50	98,75	0,948	5,2893	0,1925	0,269	0,897	0,8946
3.	97,00 – 97,50	97,25	0,974	8,2473	0,2318	0,297	0,825	0,6991
4.	96,00 – 96,50	96,75	0,931	6,4429	0,2581	0,273	0,581	0,5082
5.	95,00 – 95,50	95,25	0,817	3,7528	0,1639	0,221	0,296	0,4735
6.	94,00 – 94,50	94,75	0,526	2,5241	0,1217	0,112	0,162	0,3489
7.	93,00 – 93,50	93,75	0,435	2,1359	0,0892	0,084	0,114	0,3024

Tabela 5.14 Rezultati prikazanih parametara teorijskih Gaus-ovih raspodela temperature na ležajevima motornih vozila (M_1, M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, „Lasta“ – Beograd

Hipoteza o Gaus-ovoj raspodeli odstupanja temperature na ležaju prihvata se za nivo značajnosti, $\alpha = 5 \%$, na osnovu sledećih neparametarskih testova tabela 5.13, kao i vrednosti optimizacije koja će predstaviti realno stanje [143] (detaljnije u poglavlju 5.3).

Ocena sposobnosti procesa provere parametara dijagnostike stanja pri merenju temperature vrši se na osnovu [140]:

- funkcije gustine (g_a) relativne širine procesa rada komponenata [140]:

$$g_a = \frac{6 \cdot \sigma}{T} \cdot 100 = \frac{6 \cdot 0,6173}{94} \cdot 100 = 3,402$$

- indeksa preciznosti pri radu komponenata (λ_a) [140]:

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, 2007.

[143]. Nikolić, D., Jevremović, V., Janjić, N., Dimitrijević, N.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE POUZDANOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE LEŽAJEVA, Časopis “MENADŽMENT ZNANJA” GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.

$$\lambda_a = \frac{T}{T_i \cdot \sigma} = \frac{94}{94,25 \cdot 0,6173} = 1,6156$$

- izračunavanje indeksa tačnosti rada komponenata (C_a) [140]:

$$C_a(t) = \frac{T_i - T}{T_i \cdot \sigma} = \frac{99,25 - 94}{94,25 \cdot 0,6173} = 0,1013$$

Relativna funkcija širine rasipanja procesa je $f_a(t) = 112,751 > 80$ što iznosi više nego 80 % od tolerantne vrednosti. Pošto je indeks preciznosti: $\lambda_a(t) = 0,839 < 1$ to je sistem ili proces precizan ili pošto je indeks tačnosti $C_a(t) = 0,109 < 1$ to je sistem ili proces tačan. Na osnovu vrednosti $g_a(t)$, λ_a i $C_a(t)$ može se zaključiti da je kompleksni sistem ili proces sposoban da ostvari propisani nivo kvaliteta. Istovremeno, utiče na određivanje optimalnog rešenja dijagnostike stanja motornih vozila.

Na bazi datih eksploatacionih podataka i parametara μ i σ , Gaus-ove raspodele moguće je konstruisati histogram i poligon Gaus-ove raspodele (slika 5.7 a) i kumulativne raspodele (slika 5.7 b) sa prilagođenim teorijskim krivama Gaus-ove raspodele.

Novi, savršeniji model predstavlja poređenje eksploatacionih i teorijskih vrednosti, pri čemu se zapaža razlika između novo postavljenog modela i postojećih modela koji služe istoj nameni. Prikaz pouzdanosti komponenata u zavisnosti od temperature na mernim mestima (M_1, M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad za grupne intervale dat je u tabeli 5.15.

r. b.	Temperaturni intervali (M_1, M_2 i M_3)	T_i	Funkcija pouzdanosti $K_i(t)_r$	Nivo kvaliteta
1.	93,00 – 93,50	93,75	0,8167	ispravan rad komponenata
2.	94,00 – 94,50	94,75	0,7035	
3.	95,00 – 95,50	95,25	0,6126	
4.	96,00 – 96,50	96,75	0,5391	optimalni rad komponenata
5.	97,00 – 97,50	97,25	0,4548	rizik komponenata
6.	98,00 – 98,50	98,75	0,3714	
7.	99,00 – 99,50	99,25	0,2427	

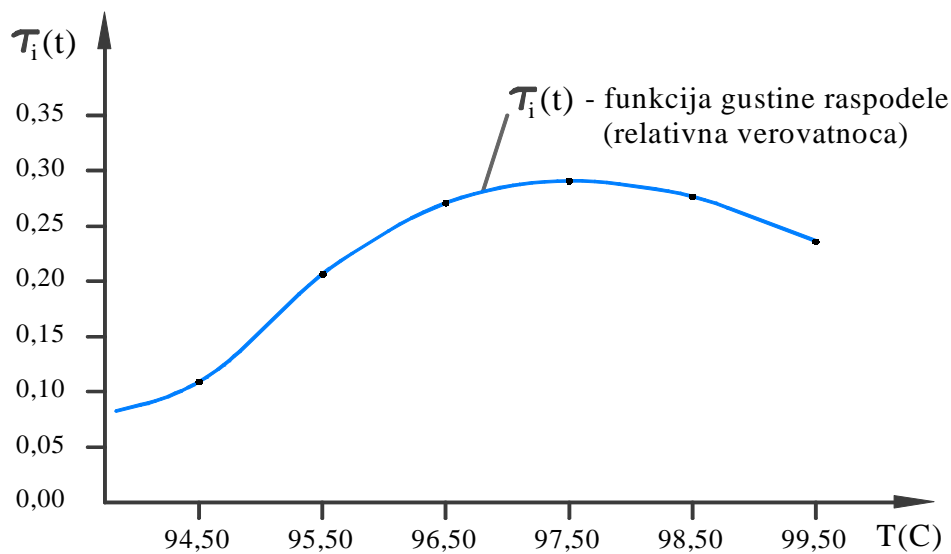
Tabela 5.15 Rezultati prikazanih pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila u zavisnosti od promena temperature (M_1, M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

U zavisnosti od promena temperatura, pouzdanost rada komponenata ležajeva kolenastog i bregastog vratila se izračunava [4]:

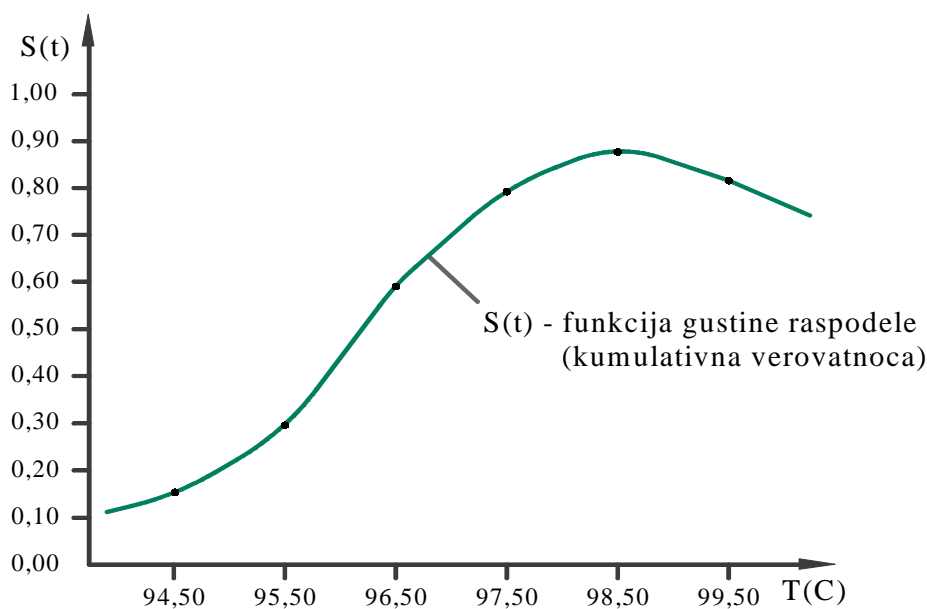
$$K(t)_T = 1 - G_i(x)$$

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.



a)



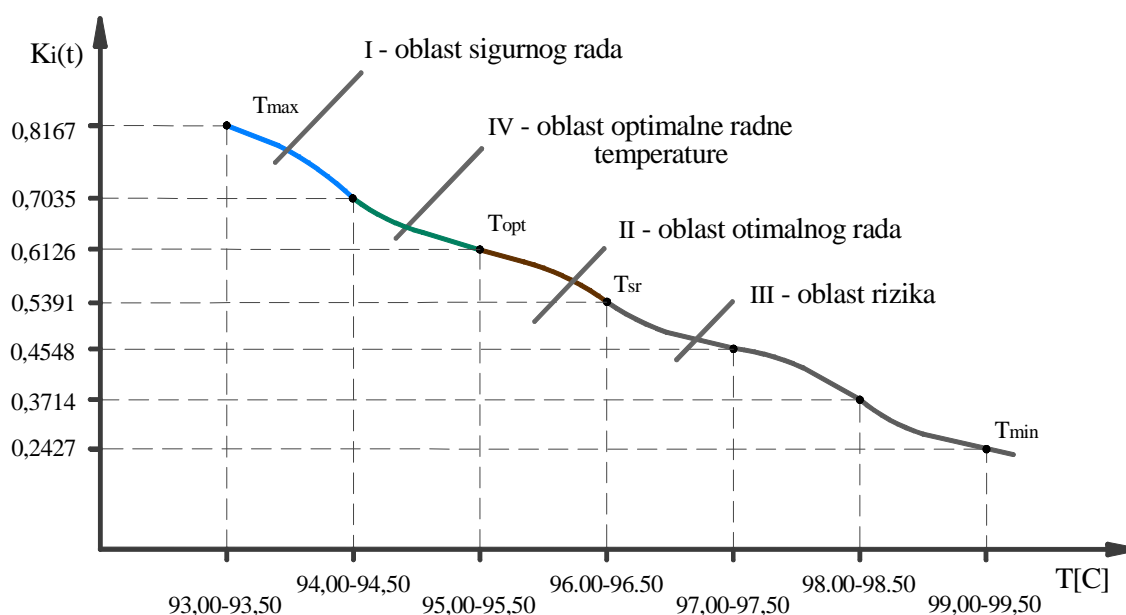
b)

Slika 5.7 Grafički prikaz funkcije parametara stanja komponenata pri odstupanju temperature ležajeva kolenastog i bregastog vratila a) funkcija gustine raspodele b) kumulativna funkcija raspodele – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [143]

Na osnovu prikazane tabele 5.15 može se i grafički odrediti oblast radnih temperatura ležajeva kolenastog i bregastog vratila bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila, (slika 5.8) [68].

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[143]. Nikolić, D., Jevremović, V., Janjić, N., Dimitrijević, N.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE POUZDANOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE LEŽAJEVA, Časopis "MENADŽMENT ZNANJA" GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.



Slika 5.8 Grafički prikaz funkcije radne temperature ležajeva i funkcije pouzdanosti bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [68]

Koncepcija preventivnog održavanja vozila pri odstupanju temperature ležajeva kolenastog i bregastog vratila pruža povoljnije uslove za ostvarivanje većeg stepena pouzdanosti i iskorišćenja radnog veka sastavnih komponenata od koncepcije preventivnog održavanja po vremenu uz istovremeno snižavanje ukupnih troškova održavanja, pa i troškova životnog ciklusa motornog vozila [143]. Ukoliko su troškovi preventivnog održavanja manji od troškova korektivnog održavanja i njegovih posledica, a ispunjeni su određeni tehnički uslovi za primenu preventivnog održavanja prema stanju, tada je ova koncepcija najcelishodnija [75].

Dosadašnja istraživanja u oblasti teorije održavanja, pokazala su da je za kvalitetno upravljanje održavanjem pri odstupanju temperature ležajeva kolenastog i bregastog vratila potrebno raspolagati podacima o pouzdanosti i pogodnosti preventivnog održavanja vozila. Najčešće se, ne raspolaže sa dovoljno podataka za statističko zaključivanje o pojavi otkaza ili se potrebni pokazatelji ne mogu kvantifikovati i precizno znati ili predvideti [144]. Može se, zaključiti da ne postoji ni adekvatan model dijagnostike stanja koji pomaže u odlučivanju i procesu otklanjanja otkaza.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[75]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Istraživanje radnih temperature ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

[143]. Nikolić, D., Jevremović, V., Janjić, N., Dimitrijević, N.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE POUZDANOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE LEŽAJEVA, Časopis „MENADŽMENT ZNANJA“ GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.

[144]. Nikolić, D., Janjić, N., Dimitrijević, N., Milenković, A.,: MOTORNA VOZILA, Monografija, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.

5.4.1 PROMENA TEMPERATURE NA LEŽAJEVIMA I NJEN UTICAJ NA POUZDANOST

U zavisnosti od promena vrednosti radnih temperatura, a na bazi izračunatih numeričkih statističkih vrednosti karakteristika pouzdanosti rada sastavnih komponenti motornih vozila, usvajaju se parametri normalne (Gaus - ove) raspodele: $\gamma = T_{opt} = 97,7485$, $\sigma = 0,5749$ i $\phi = 0,5281$ na osnovu kojih se dobija opšti izraz raspodele pouzdanosti odstupanja $K(t)_T$ [3], [40], [68]:

$$K(t)_T = \frac{1}{0,5749 \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(97,7485 - T_{mi})^2}{2 \cdot 1,3181}}$$

$$K(t)_T = 0,60795 e^{-\frac{(97,7485 - T_{mi})^2}{2,6362}} = 0,8241$$

Zadnji izraz pokazuje zavisnost pouzdanosti rada sastavnih komponenti motornih vozila sa promenom radnih temperatura. U izrazu T_{mi} su vrednosti pouzdanosti u opsegu od $T_{opt} = 94^\circ C$ do $T_{krit} > 99^\circ C$ onda je $T_{mi} = 94^\circ C \div 99,5^\circ C$ sa devijacijom od $0,2^\circ C$ [68].

Izraz zavisnosti radne temperature sastavnih komponenti motornih vozila od njihove vrednosti pouzdanosti u intervalu $K_{max} = 1,0 \div K_{min} = 0,85$ može se dobiti matematičkim skraćivanjem.

Izračunavanje radne temperature ležajeva [3]:

$$-\ln \frac{K(t)_T}{0,60795} = \frac{(97,7485 - T_{mi})^2}{1,3581}$$

$$\sqrt{-1,3581 \ln \frac{K(t)_T}{0,60795}} = 731,4167 - T_{mi}$$

Jednačina modela pri merenju promena temperature ležajeva na mernom mestu M_1 i M_2 kolenastog i bregastog vratila u postupku dijagnostike stanja motornih vozila sledi izračunavanje temperature T_{mi} u konačnom izrazu [68]:

$$T_{mi} = 93,7391 - (0,0218 \cdot K(t))$$

$K(t)_{T_{max}} = 1,0$ (iskazana maksimalna pouzdanost rada sastavnih komponenata u zavisnosti od najbolje radne temperature).

- [3]. Adamović Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.
- [40]. Говорушенко, Н. Я.: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ. «Высшая школа», Харьков, 1994.
- [68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

Iz datih grupnih intervala mogu se odrediti ekstremne vrednosti radne temperature ležajeva kolenastog i bregastog vratila, što ukazuje da iz ove analize treba posmatrati pouzdanost [68] [75]:

$$T_{mi_{\min}} = 94,8^{\circ}C$$

$$K(t)_T = 0,91 \Rightarrow T_{mi} = 94,1^{\circ}C$$

$$K(t)_T = 0,89 \Rightarrow T_{mi} = 95,1^{\circ}C$$

$$K(t)_T = 0,95 \Rightarrow T_{mi} = 95,5^{\circ}C$$

$K(t)_T = 0,9 \Rightarrow$ ukazuje na negativnu vrednost podkorene veličine, što znači da iz ove analize treba analizirati pouzdanost do minimalne vrednosti od $P(t)_{T_{\min}} = 0,94$ [72].

Na osnovu tabele 5.17 za Volvo D9B 340, JGSP – Novi Sad i to na osnovu grupnih intervala mogu se dobijati ekstremne vrednosti radne temperature na mernom mestu M₁ ležajeva kolenastog i bregastog vratila bez kontrole parametara stanja motornih vozila i to [68]:

$$T_{mi_{\min}} = 94,5^{\circ}C$$

$$T_{mi_{opt}} = 96,3^{\circ}C$$

$$T_{mi_{sr}} = \frac{1}{v} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{(94,8 + 94,9 + 95,0 + 94,8 + 94,9 + 94,8)}{6}$$

$$T_{mi_{sr}} = 94,9^{\circ}C$$

$$T_{mi_{\max}} = 98,2^{\circ}C$$

Sprovedenom analizom se zaključuje da je optimalna temperatura rada analiziranih ležajeva kolenastog i bregastog vratila $T_{mi_{opt}} = 95,5^{\circ}C$ [75].

Poznavanju pouzdanosti komponenata vozila promenom temperature ležajeva, predstavlja objašnjenje verovatnoća bezotkaznog rada ili srednje vreme u radu komponenata, neophodno je poznavati sledeće informacije [45]: prikaz ležajeva sa njihovim funkcionalno vezama, polazne podatke o pokazateljima pouzdanosti ležajeva i kriterijume otkaza ležajeva sa njihovim klasifikovanjem na radna i neradna stanja.

[45]. Данов, В. А., Титов, Е. И.: Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, - 78 с., Москва, 1998.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[72]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Josimović, Lj., „Istraživanje radnih temperatura na stabilnim ležajevima motornih vozila“, Časopis „Menadžment znanja“ godina X, broj 1, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2015.

[75]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Istraživanje radnih temperature ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

5.4.2 RADNE TEMPERATURE LEŽAJEVA KAO FAKTOR DEFINISANJA EKSTREMNIH VREDNOSTI

Dati grafik na slici 5.9 prikazuje dijagram promene temperature na ležajevima i promene izabranih dijagnostičkih parametara za vreme rada ležajeva motornih vozila na određenom pređenom putu (tabela 5.16). Temperatura ulja u motoru je $T_{amb} = 95 \text{ °C}$ [143]. Zaključujemo da je najveći porast temperature ($\Delta T_1 \approx 99 \text{ °C}$) na stabilnom ležaju koji se nalazi na kolenastom vratilu (označena sa $T_1 - M_1$ što se objašnjava činjenicom da se vratila obrću najvećom ugaonom brzinom (1085 min^{-1}), kao i relativno niskim protokom ulja koje podmazuje ovaj ležaj ($V \approx 0,9 \text{ l/min}$). Porast temperature na letećem ležaju (označeno sa $T_2 - M_2$), za vreme trajanja rada motornih vozila iznosi $\Delta T_2 \approx 96 \text{ °C}$, dok je priraštaj temperature na bregastom vratilu kliznog ležaja (označeno sa $T_3 - M_3$), praktično zanemarljiv [68].

r. b.	Vremenski intervali rada komponenata	Temperaturni intervali	Rezultati izmerene temperature ležajeva na osnovu određenog pređenog puta					
			10^5	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
M ₁	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	95,00 – 96,00	95,5	95,3	95,3	95,4	95,6	95,5
M ₂	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	97,00 – 98,00	97,2	97,0	97,4	97,2	97,1	97,0
M ₃	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	98,00 – 99,00	98,4	98,7	98,6	98,9	98,5	98,6

Tabela 5.16 Izmerene vrednost temperature ležajeva i određenog pređenog puta bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila (M₁, M₂ i M₃) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

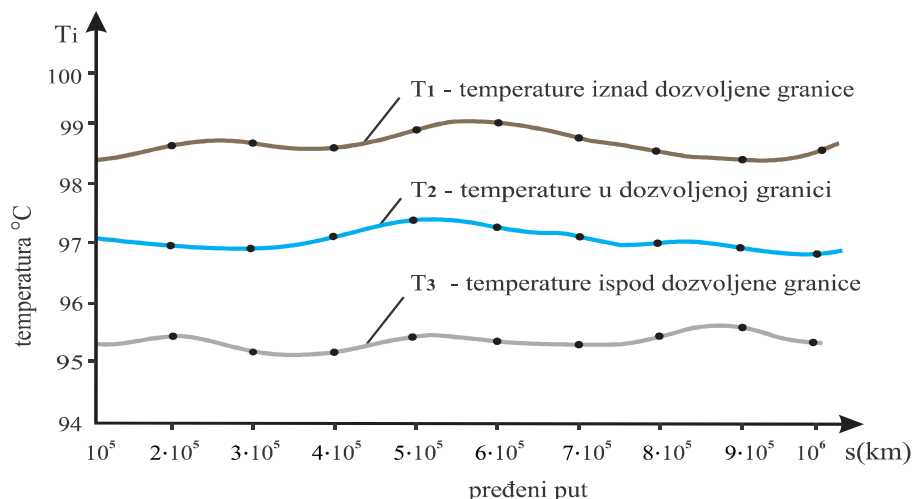
Grafik na slici 5.10, pokazuje da je promena merenog dijagnostičkog parametra temperature ležajeva za vreme trajanja rada motornih vozila mala (tabela 5.17), a time je predstavljena optimalna vrednost u zavisnosti od propisanih [143].

r. b.	Vremenski intervali rada komponenata	Temperaturni intervali	Rezultati izmerene temperature ležajeva na osnovu određenog pređenog puta					
			10^5	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^5$	$8 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^6$
M ₁	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	94,00 – 95,00	94,8	94,9	95,0	94,8	94,9	94,8
M ₂	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	96,00 – 97,00	96,2	96,3	96,2	96,3	96,1	96,0
M ₃	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	97,00 – 98,00	97,2	97,4	97,5	97,3	97,4	97,5

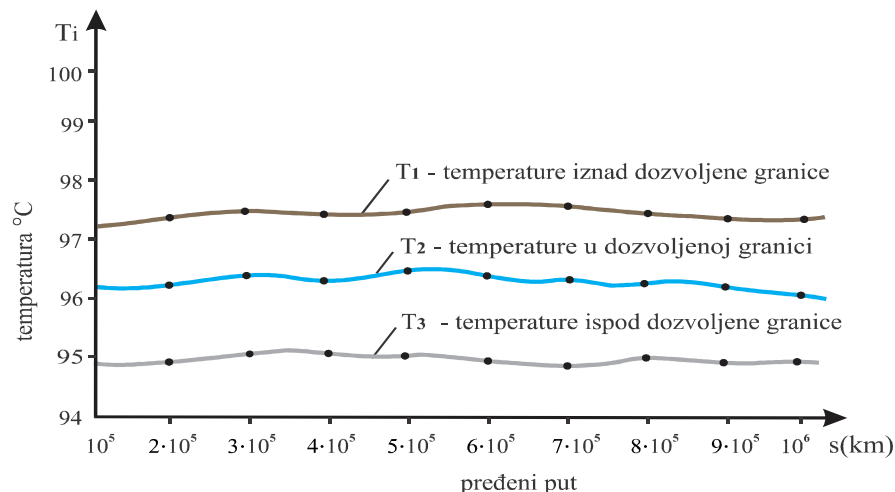
Tabela 5.17 Izmerena vrednost temperature ležajeva i određenog pređenog puta sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila (M₁, M₂ i M₃) – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [143]

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[143]. Nikolić, D., Jevremović, V., Janjić, N., Dimitrijević, N.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE POUZDANOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE LEŽAJEVA, Časopis "MENADŽMENT ZNANJA" GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.



Slika 5.9 Grafički prikaz zavisnosti temperatura ležajeva na mestu M_1 i određenog pređenog puta bez kontrole parametara stanja komponenta motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [143]



Slika 5.10 Grafički prikaz zavisnosti temperatura ležajeva na mestu M_2 i određenog pređenog puta sa kontrolom parametrima stanja komponenta motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [143]

Praćenjem otkaza, uočavamo da se većina mogla sprečiti promenom temperature ležajeva, kada bi se komponente sklopova motornih vozila održavale onako kako to proizvođač propisuje. Neispravnost određenih komponenti motornih vozila utiče na funkcionisanje ostalih komponenta, pa i vozila u celini, a takođe i na njihov kvalitet. Pomenute neispravnosti, ako se ne reaguje na vreme, mogu da izazovu velike zastoje, pa čak i određene lomove. Pomoću raspodele verovatnoće i na osnovu izvršenih merenja i promenom radnih temperatura, utvrđena je primena dijagnostičkih parametara stanja radnih temperatura radi postizanja maksimalne efektivnosti komponenta sklopova motornih vozila.

[143]. Nikolić, D., Jevremović, V., Janjić, N., Dimitrijević, N.: ODREĐIVANJE OPTIMALNE POUZDANOSTI PRI MERENJU TEMPERATURE LEŽAJEVA, Časopis "MENADŽMENT ZNANJA" GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.

Primenom postupka dijagnostike stanja (prikaz u tabelama 5.18, 5.19 i 5.20) zabeležene vrednosti promena radnih temperatura određuju ekstremne vrednosti po mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 , (detaljnije u poglavlju 4.6), gde I - označava prvo zabeleženo merenje (tabela 5.18); II - označava drugo zabeleženo merenje (tabela 5.19) i III - prikazane su vrednosti zabeleženih merenja temperature i pouzdanosti (tabela 5.20).

r. b.	Vremenski intervali rada komponentata	$T_{mi\min}^* [^{\circ}C]$			$T_{mi\max}^* [^{\circ}C]$			$r_{wo} [^{\circ}C]$			$r_{wms} [^{\circ}C]$		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
M_1	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	94,3	94,6	95,7	96,3	97,3	98,1	98,5	99,2	94,3	94,6	94,3	94,2
M_2	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	94,4	94,9	95,4	96,8	97,6	98,4	98,6	99,4	94,5	94,8	94,5	94,6
M_3	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	94,6	94,8	95,8	96,9	97,8	98,7	98,8	99,7	94,8	94,7	94,7	94,9

Tabela 5.18 Izmereni rezultati temperatura na ležajevima kolenastog i bregastog vratila na mestu (M_1 , M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, “Niš–Ekspres“ – Niš

Izmerena optimalna temperatura T_{mlopt} na ležajevima kolenastog vratila na mernom mestu M_1 - Volvo D9B 340, “Niš–Ekspres“ – Niš [68]:

$$T_{mi\ opt\ M_1}^* = \frac{94,3 + 94,6 + 95,7 + 96,3 + 97,3 + 98,1 + 98,5 + 99,2 + 94,3 + 94,6 + 94,3 + 94,2}{12}$$

$$T_{mi\ opt\ M_1}^* = 96,4 [^{\circ}C]$$

$$T_{mi\ sr\ M_1}^* = \frac{T_{mi\min}^* + T_{mi\max}^*}{2} = \frac{94,3 + 99,5}{2} = 96,9 [^{\circ}C]$$

Procedura je ista za određivanje I i III zabeleženog merenja kao i kod svih posmatranih ležajeva kolenastog i bregastog vratila na mestu (M_1 , M_2 i M_3).

Tabela 5.19 predstavlja izmerene vrednosti Δn_i - idealni broj otkaza za - Volvo D9B 340, “Niš–Ekspres“ – Niš, pokazuje da se grupni intervali kreću u granicama [68]:

- Izračunate aritmetičke sredine uzorka merenja temperature ležajeva T_i u toku rada:

$$T_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{mi} = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 (93,75 + 94,50 + 94,75 + 95,25 + 95,75 + 96,25) = 94,85 [^{\circ}C]$$

- Izračunata vrednost praćena promenama pri merenju temperatura ležajeva T_{mi} u toku rada [68]:

$$T_{mi} = T_i + \frac{T - T_i}{F_i(t)(T_{i+1})} \left[\frac{1}{2} - \sum_{i=1}^{\gamma} F_i(t)(T_i) \right] = 96,52 [^{\circ}C]$$

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

r. b.	Merna mesta	Vremenski intervali rada komponenata	Temperaturni intervali	T_i	T_{mi}	Δn_i	$K_i(t) = \varphi_i(t)$
1.	M_1	31.12.2010 + 31.12.2011	93,00 – 93,50	93,75	95,2	7	0,673
2.	M_2	31.12.2010 + 31.12.2011	96,00 – 96,50	94,75	96,8	9	0,768
3.	M_3	31.12.2010 + 31.12.2011	99,00 – 99,50	95,25	97,4	10	0,873

Tabela 5.19 Izmereni rezultati temperaturnih intervala na ležajevima motornih vozila na mestu (M_1 , M_2 i M_3) – Volvo – D9B 340, “Niš–Ekspres“ – Niš

- Izračunata standardna devijacija σ uzoraka pri merenju temperature [4] [140]:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta n_i (T_{mi} - T)^2} = 0,037$$

Na osnovu standardne devijacije $\sigma = 0,037$; $z = 0,11$; $K(z) = 0,1135$ dobijamo sledeću vrednost pouzdanosti $K_i(t) = 1 - \varphi_i(t)$, (tabela 5.20).

r.b.	Vremenski interval komponenata do otkaza	Temperaturni intervali	$\varphi_i(t)$	$K_i(t)$	$T_m [C]$	$\sigma = 0,347; z = 0,11; K(z) = \varphi(z) = 0,1135$
1.	31.12.2010 + 31.12.2011	93,00 – 93,50	0,0471	0,9715	97,2	ispravan rad komponenata
2.	31.12.2010 + 31.12.2011	94,00 – 94,50	0,1739	0,8852	96,1	
3.	31.12.2010 + 31.12.2011	95,00 – 95,50	0,2472	0,8091	95,4	
4.	31.12.2010 + 31.12.2011	96,00 – 96,50	0,3718	0,7469	95,5	optimalni rad komponenata
5.	31.12.2010 + 31.12.2011	97,00 – 97,50	0,4614	0,6683	97,9	rizik komponenata
6.	31.12.2010 + 31.12.2011	98,00 – 98,50	0,5381	0,5689	98,6	
7.	31.12.2010 + 31.12.2011	99,00 – 99,50	0,6627	0,3842	99,1	

Tabela 5.20 Izmereni rezultati radne temperature i pouzdanosti sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad

Temperature ležajeva prikazane u intervalima u funkciji pouzdanosti sa primenom kontrole parametara stanje motornih vozila [68]:

$$T_{mi \min p} = 93,4^{\circ}C$$

$$T_{mi \max p} = 95,5^{\circ}C$$

$$T_{misredp} = \frac{93,4 + 95,5}{2} = \frac{188,9}{2} = 94,4^{\circ}C$$

[4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2010.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

[140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet “Mihajlo Pupin”, Zrenjanin, 2007.

$$T_{mioptp} = \frac{93,4 + 94,4}{2} = 93,7^{\circ}C$$

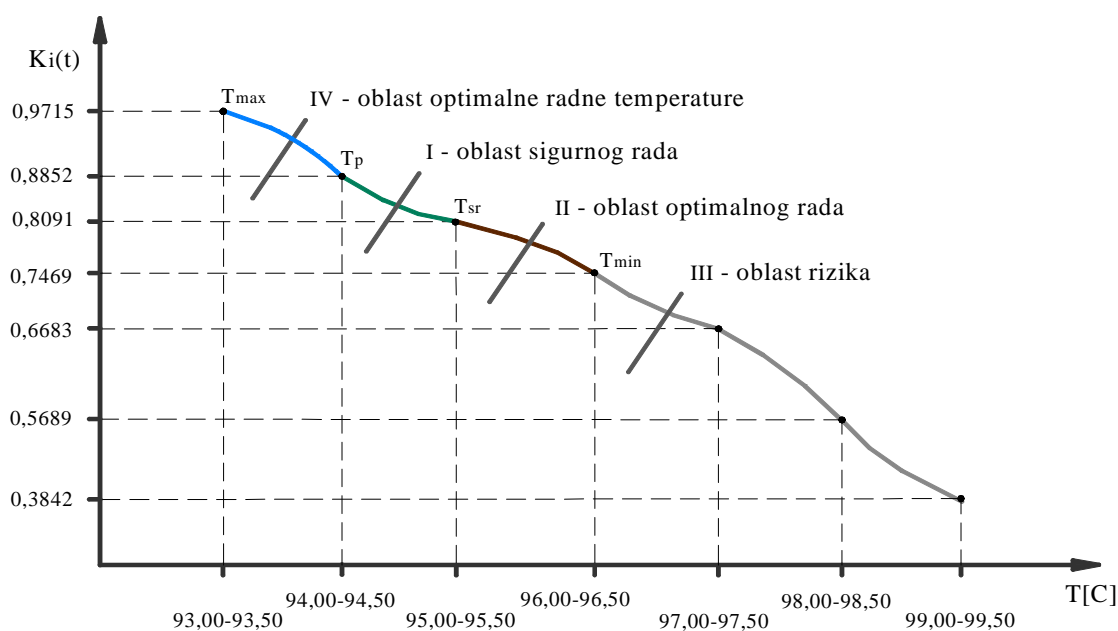
Izračunate vrednosti pouzdanosti ležajeva – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad u zavisnosti od temperature su [68]:

$$T_{\min p} = 93,4^{\circ}C \quad P_i(t) = 1,0$$

$$T_{\max p} = 95,6^{\circ}C \quad P_i(t) = 0$$

$$T_{srp} = 94,4^{\circ}C \quad P_i(t) = 0,258$$

$$T_{optp} = 93,7^{\circ}C \quad P_i(t) = \frac{0,585 + 0,571}{2} = 0,5689$$



Slika 5.11 Grafik funkcije radne temperature ležajeva i funkcije pouzdanosti sa primenom kontrole parametara stanja motornih vozila – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad [68]

Pouzdanosti temperaturnih intervala u funkciji pouzdanosti (oblast optimalne radne temperature ležajeva kolenastog i bregastog vratila) sa izmenom parametara stanja motornih vozila, prikazan je dijagramom na slici 5.11. Raspon radnih temperatura $93,4 \div 95,5^{\circ}C$, se zadržava uvođenjem parametara (smanjenje intervala promene ulja na 15000 km i menjanjem filtera), a bez primene parametara dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, u funkciji eksploatacionog vremena (t), $97 \div 99,5^{\circ}C$, a na osnovu njega određiće se vrednosti temperature (smanjuje se vrednost temperature ležajeva sa upotrebom modela od 17,4% na 9,7%) [68].

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

5.5 DEFINISANJE MODELA OPTIMIZACIJE POSTUPAKA DIJAGNOSTIKE I NJEGOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Izbor najboljeg modela optimizacije postupaka dijagnostike u smislu izabranih kriterijuma koji reprezentuju meru ostvarenja postavljenih ciljeva i na osnovu kojih se različiti modeli održavanja mogu međusobno upoređivati moguće je realizovati primenom određenih metoda, prema kojoj je napravljen program za višekriterijumsko odlučivanje.

Razvijen je model koji omogućava optimalno, upravljanje procesima promene stanja i održavanja motornih vozila. Model je zasnovan na realnoj situaciji da stohastičke promene parametara stanja vozila nemaju potrebu njihovog držanja u granicama dozvoljenih odstupanja funkcije pouzdanosti. Koristeći savremene metode verovatnoće i matematičke statistike, modeliranja i simulacije, definisana je naučno zasnovana metodologija za razvoj i primenu modela.

Model predstavlja originalnu sintezu savremenih optimalnih matematičkih modela preventivnog održavanja prema stanju i preventivnog održavanja "po vremenu", na bazi kriterijuma pouzdanosti, maksimalne gotovosti ili minimalnih troškova. Definisani matematički model je programski interpretiran i objedinjen u originalni računarski program za primenu modela.

Kako bi se odredila zavisnost uzajamnih povezivanja korelacije (I, T_m, z) poći će se od formiranja kvadratne determinante oblika 3×3 sa koeficijentima korelacija, (u poglavlju 5.3 i 5.4) [136]. Ukoliko raspolažemo statističkim podacima o vremenskim trenucima nastanka otkaza, zakonitost promene stanja može se opisati promenom intenziteta otkaza i parametra toka otkaza. U drugom slučaju, može se raspolagati i sa informacijama o zakonitostima promene funkcija izlaznih dijagnostičkih parametara $f(x)$:

$$f(x) = M K_1^* x^n + M K_{n-1}^* x^{n-1} + \dots + M K_i^* x + M K_0^*$$

$$MK_{TP_i}^*(t) = f\left(0, T_{mi}, z(t)\right) \Rightarrow MK_{TP_i}^* = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

gde je:

K_i^* – oznaka povezivanja korelacija koeficijenta pouzdanosti,

$MK_{TP_i}^*(t)$ – model dijagnostike stanja,

$z(t)$ – vrednosti zazora na izabranim mernim mestima,

Određivanjem optimalne periodičnosti dijagnostike stanja za slučaj poznavanja funkcije raspodele rada između otkaza. Suština definisanja modela je da se u određenim vremenskim intervalima (t_i) izvodi dijagnostika stanja ležajeva kolenastog i bregastog vratila i ovde je vremenski interval (t_i) je manji od srednjeg vremena između otkaza (t_{ur}), odnosno $t_i \leq t_{ur}$. U tom slučaju periodičnost dijagnostike stanja (t_i) je optimalna ukoliko je gotovost komponenata maksimalna, a troškovi održavanja minimalni, ima oblik:

[136]. Muždeka, S.: LOGISTIKA - LOGISTIČKO INŽENJERSTVO - POUZDANOST, POGODNOST ZA ODRŽAVANJE, GOTOVOST, INTEGRALNO TEHNIČKO OBEZBEĐENJE (Skripta), TUSSNO, Beograd, 2000.

$$T_{\beta}(t) = z_1(t) \cdot z_2(t) \cdot z_3(t) \quad \Rightarrow \quad Mk_{(t)} = [Mk_i] = \begin{bmatrix} 1 & T_{mi} & z \\ 0 & 1 & z \\ 0 & T_{mi} & 1 \end{bmatrix}$$

gde je:

$T_{mi}(t)$ – vrednosti temperature ležajeva u određenom vremenskom intrvalu (t_i),

$T_i(t)$ – realni koeficijent promene stanja komponenta,

β_i – koeficijent korelacije usled promene temperature na ležajevima,

$U_i(t)$ – otkazi usled merenja temperature.

Model definiše moguća stanja komponenta, tako da se određuje izraz za gotovost. Na osnovu kriterijuma maksimalne gotovosti dobija se optimalni period preventivnog održavanja. Izračunavanjem determinante $MK_{TP(t)}^*$ imaće oblik [70]:

$$MK_{TP(t)}^* = \begin{bmatrix} 1 & T_{mi} & z \\ 0 & 1 & z \\ 0 & T_{mi} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & T_{mi} \\ 0 & 1 \\ 0 & T_{mi} \end{bmatrix} = 1 - T_{mi}$$

Ako se dogodi da ležajevi kolenastog i bregastog vratila otkazu dok su u radu, može doći do katastrofalnih posledica. Da bi smo to izbegli, neophodno je vršiti kontrole stanja. Ukoliko se ustanovi neispravno stanje mogu se vršiti intervencije održavanja ili eventualna zamena ležajeva. Naime, potrebno je obezbediti optimalni interval kontrole stanja tako da se obezbedi maksimalna gotovost komponenta motornih vozila. Kao rezultat dobijamo izraz za određivanje zavisnosti prostorne krive parametara stanja motornih vozila u vidu jednačine [70]:

$$z_i(t) = T_1(t) \cdot T_2(t) \cdot T_3(t) \quad \Rightarrow \quad MK_{TP(t)}^* = (1 \cdot T_{mi} \cdot z_i)^2$$

Kao element modela dijagnostika koja se može razmatrati kao samostalno stanje ležajeva kolenastog i bregastog vratila u kojem se komponente podvrgavaju kontroli parametara sistema. Jednačina modela dijagnostike stanja $MK_{TP(t)}^*$ motornih vozila ima konačni oblik [70]:

$$MK_{TP(t)}^* = \frac{T_i^2 \cdot z_i^2 \cdot K_{oi}^4(t) \cdot \left(\frac{1 + v_2(t)}{U_i(t)} \right)^2}{\left(\frac{v_1^2(t) \cdot K_{o2}^2(t)}{\beta_1 + U_i(t)} \right)^2 \cdot \beta_2^2 \cdot U_i^4(t)}$$

Cilj ovog modela je određivanje vrednosti za grupnu periodičnost kontrole stanja ležajeva (t_i) koja odgovara minimalnim troškovima C_g min. Ležajevi kolenastog i bregastog vratila funkcionišu nezavisno jedni od drugih kao i od ostalih komponenta u tom sistemu pa je moguće proveravati za svaki parametar pojedinačno. Veza koja tada nastaje pokazuje se izvođenjem radova na dijagnostikama stanja na različitim komponentama motornih vozila.

[70]. 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.

Postojeća ravanska zavisnost korelacija biće određena pomoću podprograma koji je formiran na osnovu matematičkog programa MATLAB 6.5 i kojim se dobijaju aproksimacije krivih korelacija. Na osnovu ovih krivi aproksimacija određuje se procenat povećanja njenim uvođenjem.

- aproksimativni matematički program ravanskih krivih korelacija

* parametarski podaci za aproksimaciju korelacije $MK_{TP(t)}^*$ [69]:

$$z = [z_1^1(t)_{\min}, z_1^2(t)_{sr}, z_1^3(t)_{opt}, z_1^4(t)_{\max}] \Rightarrow y = [T_2^1(t)_{\min}, T_2^2(t)_{sr}, T_2^3(t)_{opt}, T_2^4(t)_{\max}]$$

$$z = [z_{\min}, z_{sr}, z_{opt}, z_{\max}] \Rightarrow x = [T_{mi \min}, T_{misr}, T_{miopt}, T_{mi \max}]$$

* dati stepen polinoma kojim se vrši aproksimacija:

$$n = 1 \dots 4$$

* izračunati vektor v sadrži koeficijente polinoma stepena t :

$$v = \text{lopys}(z, t)$$

* izračunati polinoma kojim je izvršena aproksimacija [70]:

$$z_1 = z_{\min} : \frac{1}{10^3} : z_{\max} \Rightarrow t_1 = t_{\min} : \frac{1}{10^3} : t_{\min}$$

$$x_i = \text{lopys}(t_1, z_1) \Rightarrow \text{taus}(z_1, t_1, z, t).$$

Za određivanje zavisnosti korelacija dobiće se dve krive bez primene kontrole i sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila. Iz tih razloga u podprogramima treba prvo odrediti korelaciju koja uzima zavisnost u funkciji parametara:

1. vrednosti bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja [70]:

$$x_i = [T(t)_{\min}, T(t)_{sr}, T(t)_{opt}, T(t)_{\max}] \Rightarrow z_i = [z(t)_{\min}, z(t)_{sr}, z(t)_{opt}, z(t)_{\max}]$$

$$x_{mv} = [T_{mv \min}, T_{mv sr}, T_{mv opt}, T_{mv \max}] \Rightarrow z_{mv} = [z_{\min}, z_{sr}, z_{opt}, z_{\max}]$$

2. vrednosti vezane za primenu kontrole parametara dijagnostike stanja [70]:

$$x_{mv} = [T(t)_{\min}, T(t)_{sr}, T(t)_{opt}, T(t)_{\max}] \Rightarrow z_{mv} = [z(t)_{\min}, z(t)_{sr}, z(t)_{opt}, z(t)_{\max}]$$

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[70]. 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.

Ponašanja parametara stanja ležajeva kolenastog i bregastog vratila nakon izvršene dijagnostike, a sa ciljem da se obezbedi potrebna efektivnost procesa eksploatacije predstavlja osnovu za donošenje odluka sprovođenja određene aktivnosti održavanja komponenata motornih vozila [70]:

$$x_{mv} = \left[T_{mvs_{\min}}, T_{mvs_{sr}}, T_{mvs_{opt}}, T_{mvs_{\max}} \right] \Rightarrow z_{mv} = \left[z_{s_{\min}}, z_{s_{sr}}, z_{s_{opt}}, z_{s_{\max}} \right]$$

Analiziranjem prikazane vrednosti dobijene ravanske rezultujuće krive bez primene kontrole i sa primenom kontrole parametara stanja korelacija zazora i temperature ležajeva motornih vozila mogu se aproksimirati matematičkim izrazima kao i prikazati ravanskom krivom korelacija na slikama 5.12 – 5.14 [69]:

$$g(x) = M K_{TP1}^* z^n + M K_{TPn-1}^* K_{TPn-1} z^{n-1} + \dots + M K_{TPi}^* z + M K_{TP}^* z_0$$

Korelacija temperature i zazora ležajeva $MK_{TP(t)}^*$ kolenastog i bregastog vratila na mestu (M_1, M_2 i M_3) u vremenskom periodu i određenog pređenog puta vozila [70]:

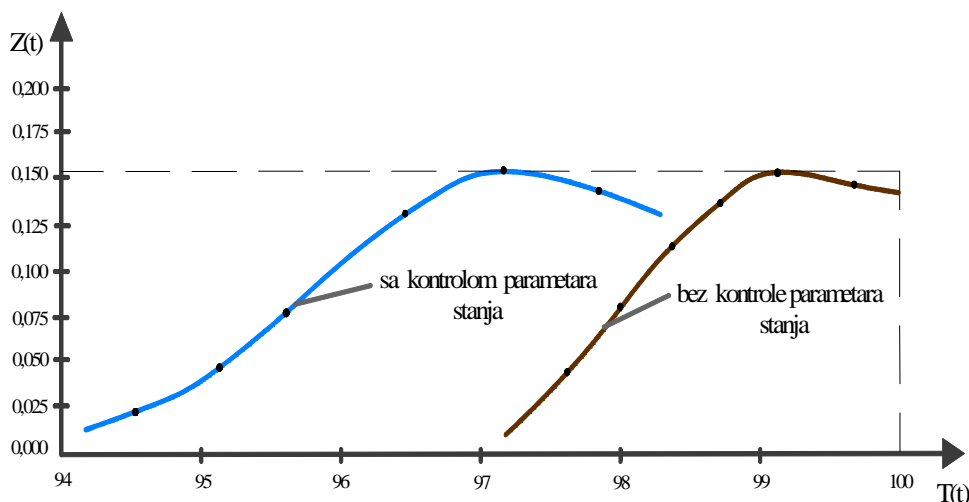
$$MK_{TP(t)}^* = [MK_{TP1}] = \begin{bmatrix} 1 & T_{mi} & z \\ 0 & 1 & z \\ 0 & T_{mi} & 1 \end{bmatrix} \Rightarrow MK_{TP1}^* = \begin{bmatrix} T_{mv} & g(z)_{\max} \\ T_{mv} & g(z)_{opt} \\ T_{mv} & g(z)_{sr} \\ T_{mv} & g(z)_{\min} \end{bmatrix}$$

Osnovna ideja za primenu modela dijagnostike stanja, koja počiva na uzajamnoj vezi kontinualne promene parametra stanja i njihov uticaj na pouzdanost, jeste da se na osnovu organizovanog praćenja promene parametra stanja, kojeg treba prethodno odrediti "stanje" sastavnih komponenata i da se na bazi tako dobijenih rezultata "provere stanja" donese odluka, za zahtevani nivo pouzdanosti, o sprovođenju postupaka dijagnostike stanja ili nastavku korišćenja komponenata do sledeće "provere stanja", odnosno da se na taj način realizuje optimalno, upravljanje komponenata procesom preventivnog održavanja motornih vozila.

Takvim upravljanjem procesom preventivnog održavanja obezbeđuje se zahtevani nivo pouzdanosti, maksimalno moguća iskorišćenost resursa komponenata, prognozirane preostale resursa rada, kao i objektivizacija obima postupaka dijagnostike stanja pri kompleksnoj oceni stanja motornog vozila, pri čemu se izbegavaju nepotrebna rasklapanja i zamene komponenata. Ali, pošto preventivno održavanje ne može biti generalno rešenje za celo motorno vozilo u modelu dijagnostike stanja se primenjuje model uz primenu preventivnog održavanja "po vremenu" [70].

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value off 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.

[70]. 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.



Slika 5.12 Grafik vrednosti korelacija pohabanosti ležajeva i temperature sa i bez primene kontrole parametara stanja motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad [63]

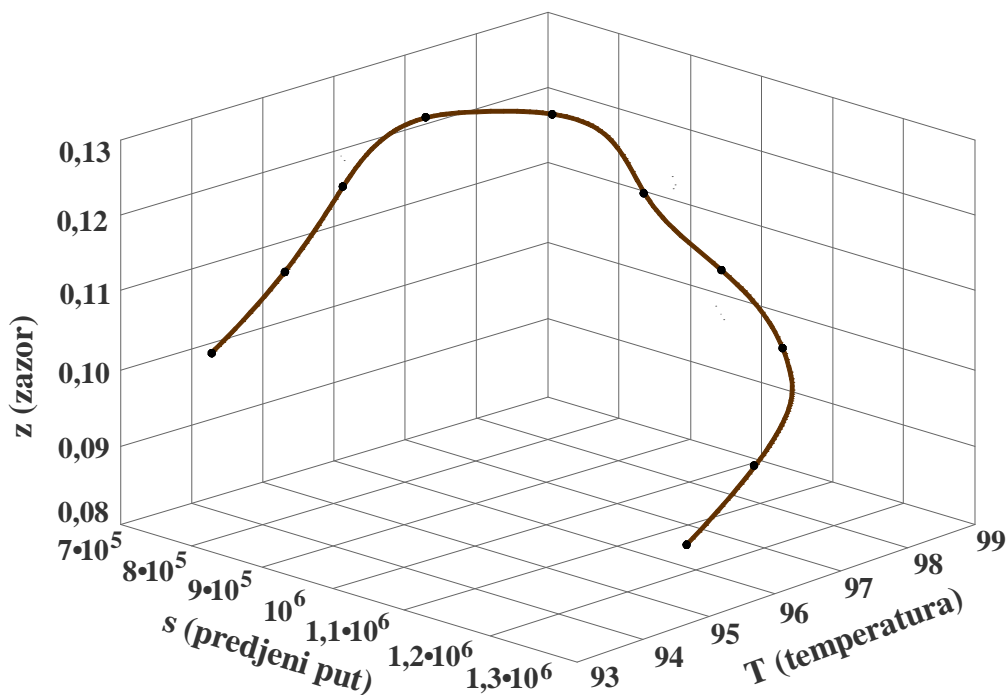
Za rešenje problema određivanja optimalnih periodičnosti sprovođenja postupaka dijagnostike stanja komponenta korišćena je metoda simulacije pod kojom se ovde podrazumeva eksperimentisanje s modelom dijagnostike stanja, gde se procesi promene stanja pohabanosti i temperature ležajeva odvijaju u određenom vremenskom intervalu, u cilju određivanja optimalnih izlaznih operacionih karakteristika modela dijagnostike stanja.

U modulu dijagnostike stanja razvijen je sopstveni algoritam koji omogućava simulaciju izbora najpovoljnijih parametara, primenom računara, a modul je razvijen i proveren metodom simulacije. Utvrđenim eksperimentima i simulacijom modela dijagnostike stanja na računaru određene su optimalne, izlazne operacione karakteristike modela, koje daju osnovu za optimalno upravljanje procesima promene stanja komponenta i održavanja motornih vozila: vreme "prve" provere stanja komponenta, dozvoljena vrednost parametra stanja, "signalizaciona tolerancija" parametra stanja, vreme "druge" provere parametra stanja, "gornja granica regulacije" nivoa pouzdanosti komponenta, kao i određeni su optimalni intervali preventivnog održavanja "po vremenu" na bazi kriterijuma minimalnih troškova i kriterijuma maksimalne gotovosti vozila [70].

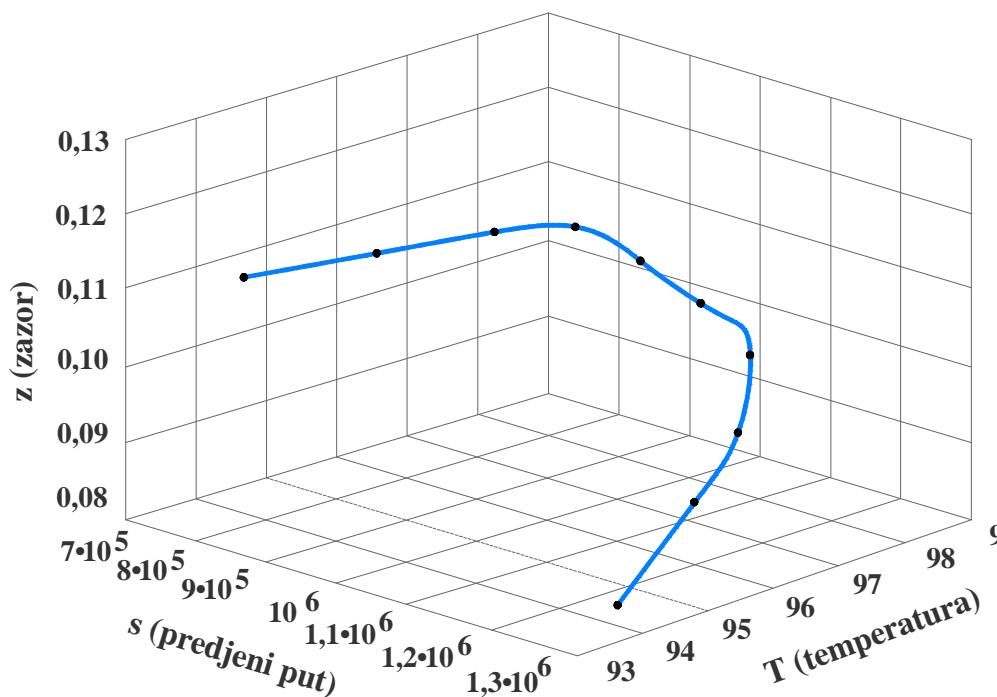
Za izvršenje postavljene funkcije cilja istraživanja, koja proizilazi iz značaja savremene koncepcije dijagnostike stanja i potrebe za upravljanjem procesima promene kontrole parametara stanja i održavanja, naznačenih problema organizovanja optimalnog procesa preventivnog održavanja motornih vozila i problema primene modela dijagnostike stanja, te iz postavljene hipoteze istraživanja, potrebno je razviti i primeniti optimalni model, na bazi kombinovane primene modela dijagnostike stanja i preventivnog održavanja komponenta motornih vozila.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[70]. 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.



Slika 5.13 Grafik vrednosti korelacija temperature, zazora i određenog pređenog puta bez primene kontrole parametara stanja motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad



Slika 5.14 Grafik vrednosti korelacija temperature, zazora i određenog pređenog puta sa primenom kontrolom parametara stanja motornih vozila – Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Kod ovog modela nivo pouzdanosti je usvojen i izražava se pokazateljima pouzdanosti. Ovi pokazatelji moraju da poseduju maksimalan broj informacija o stanju ležajeva i moraju da budu pogodni za uporednu analizu. Tim zahtevima odgovara kretanje nivoa pouzdanosti $K(t)$ i intenziteta otkaza $\lambda(t)$.

Da bi se uvelo održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti za ležajeve kolenastog vratila potrebno je rešiti niz organizaciono-tehničkih stanja sistema od kojih su najvažniji: organizacija sistema stalnog sakupljanja i obrade podataka o pouzdanosti, razrada metoda utvrđivanja gornjeg dozvoljenog nivoa pouzdanosti, organizacija upoređivanja stvarnog nivoa pouzdanosti sa dozvoljenim i analizom posledica uz korišćenje računara, kao i formiranje pouzdanih kriterijuma za dalju eksploataciju komponenata u slučaju pojave predotkaznog stanja. Informacije o pouzdanosti komponenata vozila potiču od rezultata istraživanja ponašanja komponenata u realnim uslovima eksploatacije, a intenzitet otkaza se tretira kao osnovni pokazatelj pouzdanosti.

Razvojem modela dijagnostike stanja i rastuća složenost strukture savremenih motornih vozila, kao i heterogenost i suprostavljenoost sve oštrijih zahteva koji se postavljaju u pogledu njihovog prilagođavanja vladajućem okruženju, nameću logičnu potrebu da se motorna vozila moraju analizirati i rešavati "sistemskim prilazom", tako da se zadovolje svi zahtevi i obezbede sva potrebna svojstva i osobine u smislu obuhvatanja svih relevantnih činioaca koji određuju njihov rad, tj. izvršavanja njihove funkcije cilja.

U fazi životnog ciklusa u kojoj se motorna vozila koriste, odnosno u kojoj se realizuje njihova funkcija cilja, sistemski prilaz posebno ukazuje na značaj održavanja, odnosno na postupke i metode koje u uslovima verovatne pojave otkaza, poremećaja i drugih nepovoljnih stohastičkih uticaja treba da obezbede rad vozila na zadovoljavajući način. Ovi postupci su uslovljeni svojstvima komponenata koji se održavaju, ali i osobinama i karakteristikama procesa i sistema održavanja. Upotrebnost kvaliteta motornih vozila, koji predstavlja njegovo kompleksno svojstvo stohastičkog karaktera, eksplicitno je zavisano od svojstava sistema, ali i od valjanosti i kvaliteta procesa i sistema održavanja.

Procesi kontinualne i diskretne promene parametara stanja u funkciji vremena korišćenja vozila, kao posledica različitih uticaja stohastičkog karaktera, koji dovode do "postepenih" i "iznenadnih" otkaza komponenata, opredeljuju specifičnost motornih vozila u pogledu izbora i kombinovane primene koncepcija i modela dijagnostike stanja, posebno preventivnog održavanja prema stanju i preventivnog održavanja "po vremenu".

Model optimizacije postupaka dijagnostike stanja je zasnovan na realnoj situaciji da stohastičke promene parametara stanja motornog vozila pod dejstvom različitih unutrašnjih i spoljašnjih poremećaja, i njihov izlazak izvan dozvoljenih odstupanja postavljene funkcije pouzdanosti, nameće potrebu izbora parametara, odnosno traži se optimalno, upravljanje procesima promene stanja i održavanja na bazi kriterijuma pouzdanosti.

Tokom celog perioda korišćenja model dijagnostike stanja vozila je izložen uticaju širokog spektra spoljnih i unutrašnjih poremećaja stohastičkog karaktera, koji dovodi do odstupanja njihovih osnovnih karakteristika i parametara stanja od dozvoljenih vrednosti. U zavisnosti od korisnika radne karakteristike komponente se održavaju u granicama dozvoljenih odstupanja ili ponovo vrata u zadati interval, zavisno od karakteristika primenjene tehnologije i organizacije održavanja vozila.

5.6 POZITIVNI I NEGATIVNI UTICAJI MODELA DIJAGNOSTIKE STANJA MOTORNIH VOZILA

Analiza modela obuhvata rad sastavnih komponenti koje su izložene apsolutnoj i relativnoj temperaturi i pohabanosti ležaja bez primene i sa primenom kontrole parametra stanja motornih vozila. Poseban problem predstavlja izbor modela dijagnostike stanja motornih vozila kada je u pitanju preventivno održavanje, jer ima više sklopova podložnih otkazima, kao i praćenje komponente koje su izrazito stohastičkog karaktera.

Razvijeni model se temelji na analizi parametara dijagnostike stanja motornih vozila i daje određene uslove pri radu komponenti sklopova. Izražen je kao dinamičko-statistički, integralni i matematički postupak koji omogućava optimalno upravljanje procesima promene stanja komponentata i održavanja sklopova motornih vozila. Model je zasnovan na realnom praćenju stohastičkih promena parametara stanja komponentata, čije se vrednosti pod dejstvom različitih poremećaja nalaze izvan dozvoljenih odstupanja. Predstavljene su funkcijom pouzdanosti koja traži optimalno dinamičko rešenje i upravljanje procesima promene stanja komponentata, kao i primenom preventivnog odražavanja na bazi pouzdanosti komponentata [63].

Cilj modela je da se na osnovu organizovanog praćenja parametara stanja odredi stanje sastavnih komponenti motornih vozila, a zatim i da se odredi periodičnost provere parametra stanja komponenti kao i vremenski trenutak sprovođenja postupka preventivnog održavanja sklopova motornih vozila. Parametri smanjuju uticaj temperature i pohabanosti ležajeva, tj. parametar koji je smanjio uticaj radnih temperatura, obuhvatio je svakodnevnu promenu kontrole viskoznosti ulja i obuhvatio je recikliranje (filtriranje, obogaćivanje aditivima) i to na svakih 100000 (km) pređenog puta motornih vozila, a bez primene kontrole parametara zamena ulja vrši se na 15000 (km). Površina segmenata stabilnih ležajeva je bila u kvalitetu obrade IT 6, materijal kalaj i olovo, a sa primenom kontrole parametara stanja je kvalitet obrade površina segmenata povećana na IT 5 (sadržaj kalaja i olova povećan za 1,85% (85-87% Sn, 6-8% Sb, 3-5% Cu, 1,2% Cd 0,3% Ni) [63].

U analizi sigurnosti funkcionisanja rada posmatranih komponentata sklopova, kao i u određivanju njihovih karakteristika pouzdanosti (poglavlje 5.3), poslužiće rezultati brojnih otkaza na mestima M_1 , M_2 i M_3 koji se dobijaju u datim eksploatacionim uslovima rada ležajeva. Zabeleženi otkazi nastali kao posledica eksploatacionog rada pojedinih komponentata nastali su pod uticajem temperatura i pohabanosti ležajeva, što predstavlja uzrok pojave otkaza kod komponentata analiziranih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, prikazani na stablu otkaza (slika 2.1). Evidentirani otkazi su zabeleženi isključivo na mernim mestima M_1 , M_2 , i M_3 , pa se na njima i nalaze merna mesta sa davačima i sensorima, što predstavljaju najopterećenija mesta u radu komponentata motornih vozila.

Model je izrađen na bazi zakonitosti promene i primene kontrole parametara stanja, izmerenih vrednosti parametara poznatih karakteristika pouzdanosti sastavnih komponentata sklopova motornih vozila i dobijenih izlaznih vrednosti kojima se utvrđuje kada treba sprovesti odgovarajuće postupke da bi se obezbedio najviši nivo pouzdanosti komponentata, tj. kada treba vršiti kontrolu parametara stanja ležajeva.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Pozitivni uticaji modela dijagnostike stanja komponenata motornih vozila su:

- model je optimalan i integralan jer predstavlja sistem rada komponenata po vremenu, a pri tom opisuje i prati dinamiku statističkih procesa promene parametara stanja komponenata u funkciji vremena rada motornih vozila,
- obezbeđuje zahtevani nivo pouzdanosti komponenti motornih vozila u celokupnom životnom veku, vrši praćenje promena identifikovanih parametara stanja sklopova i uvid u stanje sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, obezbeđuje stanje u radu bilo koje komponente sklopa motornih vozila i dr.,
- preventivna podešavanja radi sprečavanja otkaza i zamena komponenata podložnih habanju, starenju i sl., definisani su parametri stanja i menjaju se u funkciji vremena rada komponenata motornih vozila [69],
- na bazi ispitivanja stanja komponenata utvrđeni su koeficijenti iz jedinične promene stanja i potrebne vrednosti parametra stanja komponenata, izabrani dijagnostički parametri u potpunosti odgovaraju parametrima stanja komponenata i zadovoljavaju statističke zahteve (npr. brzinu dijagnostike, informativnost, stabilnost, osetljivost, objektivnost, itd.) [71].

Negativni uticaji modela dijagnostike stanja komponenata motornih vozila su:

- utvrđivanje zakona preraspodele vremena rada do otkaza sastavnih komponenata motornih vozila, a time nije određena potpuna pouzdanost u funkciji sigurnosti u toku eksploatacije sastavnih sklopova,
- unutrašnje stanje može da se ocenjuje nekim prognostičkim parametrom, koji je slučajan, menja se u funkciji vremena, slučajni otkazi se događaju sa verovatnoćom pojave u zavisnosti od vrednosti pojedinih kontrola parametara dijagnostike stanja komponenata,
- nemogućnosti korišćenja pri proceni funkcije intenziteta između vremena otkaza komponenata motornih vozila što se može utvrditi statističkim metodama.

Novi model daje određenu vrednost stanja komponentama sklopova motornih vozila i predstavlja optimum korišćenja bez nastanka otkaza u odnosu na postojeće metode i parametre [73]. Definisane modela dijagnostike stanja motornih vozila predstavlja proces promene stanja komponenata koji je osetljiv i složen, dok ujedno treba da je tačan, tj. treba da obuhvati sve bitne uticajne parametre i realne dobijene vrednosti koje daju karakteristiku dijagnostike stanja motornih vozila [64]. Modelom se rešava složen stohastički proces promene parametara stanja komponenata motornih vozila.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[71]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Josimović, Lj., Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.

[73]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

5.7 RADIONICA ZA ISTRAŽIVANJE

Prilaz instrumentima komponenata u vozilu treba da bude usmeren ka nezavisnim jedinicama koje vrše funkciju dijagnostičkog ispitivanja, uključujući i merenje nivoa dijagnostičkih signala uz omogućavanje da operator uđe u proces dijagnostičkog testiranja. Ovi autonomni dijagnostički aparati uprošćavaju uvođenje dijagnostike stanja u praksi i obezbeđuju projektovanje celokupnog sistema za dijagnostiku motornih vozila.

Savremena dijagnostička oprema razvija se sa maksimalnom pažnjom, vodeći računa da se obezbedi visoki nivo primene, odnosno orijentisanosti prema korisniku, što predstavlja karakteristiku i svih savremenih kompjuterskih programa.

Danas se u tehnologijama dijagnosticiranja koriste veoma savremeni, elektronski podržani dijagnostički sistemi stanja komponenta, koji su relativno usko specijalizovani, tj. prilagođeni potrebama vozila kome su namenjeni i sistemu u koji su ugrađeni na konkretnom vozilu. Sa druge strane, još uvek postoje i široko se primenjuju i konvencionalna dijagnostička sredstva, koja se odlikuju visokom univerzalnošću, kao što su, na primer, dinamometrijski valjci, sredstva za dijagnostiku sistema za upravljanje ili oslanjanje i sl. (radionica JGSP – Novi Sad) [63].

Dijagnostika stanja motora i njegove opreme predstavlja oblast u kojoj su do sada, kada je reč o savremenim dijagnostičkim sistemima, ostvareni najveći dometi. Kod drugih sistema vozila primena elektronske dijagnostičke opreme nešto je usporenija. Međutim, u novije vreme se intenzivno radi na praktičnoj primeni principa namernog izazivanja i simuliranja otkaza. Ovi principi omogućavaju širu primenu dijagnostičkih sredstava ne samo kod vozila (merenje temperature i pohabanosti ležajeva pomoću senzora i davača unutar samog motora) već i pri utvrđivanju stanja protiv - blokirajućih sistema, sistema za klimatizaciju vozila, elektronskih komandnih uređaja kod automatskih transmisija, aktivnog oslanjanja, odnosno oslanjanja sa promenljivim prigušenjem i sl.

U skladu sa tim, sve više se radi na razvoju i primeni novih elektronskih dijagnostičkih sistema koji su posebno prilagođeni za izvršavanje različitih dijagnostičkih funkcija kod odabranih motornih vozila. Ovakvi dijagnostički sistemi su često modularnog tipa, ubačeni su u radionicama i njima se upravlja pomoću računara. Radi odgovora novim izazovima dijagnostike stanja, koji su nametnuti primenom vrlo različitih kompleksnih elektronskih sistema na vozilima, proizvođači dijagnostičke opreme stalno rade na usavršavanju dijagnostičkih metoda i odgovarajućih uređaja.

Radionica za istraživanje ima osnovnu jedinicu dijagnosticiranja, koja omogućava dijagnostičarima praktičan rad na utvrđivanju stanja vozila. Kod ovih radionica postoje i dopunski moduli koji su specijalizovani za odgovarajuće analize i merenja odgovarajućih parametara stanja pri povišenim temperaturama i pohabanosti ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu. Ako je osnovna jedinica dijagnostike stanja radionice namenjena za dijagnostiku kod putničkih vozila, onda postoje instrumenti koji omogućavaju njeno prilagođavanje i za potrebe dijagnostike kod privrednih vozila [62].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Radionice sa dijagnostičkom opremom se u tom pogledu odlikuju zapaženom inteligencijom, odnosno visokom pogodnošću za rad. U isto vreme, treba da je jednostavna za rukovanje, a odlikuje se brzinom dobijanja visokovrednih rezultata ispitivanja. Omogućavaju prikupljanje informacija na principima ugrađene, priključne ili prikopčane dijagnostičke merne opreme. One su prikladne za proširenje i uvođenje inovacija. To se postiže bilo proširenjem osnovnog uređaja dodavanjem mikro-procesora ili drugim modifikacijama, dodavanjem novih perifernih jedinica. Omogućeno je da se savremene radionice neprekidno adaptiraju u skladu i potrebama budućeg razvoja.

Potrebno je da su radionice obavezno opremljene kvalitetnim monitorima, relativno jednostavnim štampačima, kao i prikladnim tastaturama. Monitori služe za vizuelnu komunikaciju sa dijagnostičarem, ukazujući mu na sve relevantne alfa-numeričke pokazatelje stanja komponenata, odnosno faze postupka koji se sprovodi i neophodne instrukcije za njihovo izvršenje. Ovi monitori često imaju ulogu osciloskopa, pomoću kojih se u digitalizovanom obliku prikazuju posmatrani analogni procesi.

Savremene radionice imaju niz prednosti. One su u stanju da protumače svaki dijagnostički signal, na osnovu čega automatski donose zaključak o stvarnom otkazu i ukazuju na način njegovog otklanjanja. Činjenica da se ne ograničavaju samo na konstataciju o postojanju ili nepostojanju signala, predstavlja jednu od njihovih ključnih prednosti. Tako se obavlja ceo proces dijagnostike stanja komponenata, uzimajući na analizu dijagnostički signal, mereći dijagnostičke parametre koji ga karakterišu i upoređujući ih sa prethodno utvrđenim normativima (radionica JGSP – Novi Sad).

Zbog složenosti strukture motronih vozila, nije moguće obezbediti primenu jedinstvenih metoda i uređaja za dijagnosticiranje stanja celog vozila. Različiti sistemi vozila odlikuju se specifičnim radnim i pratećim procesima, zbog čega postoji objektivna potreba da se za svaki od sistema vozila primeni adekvatna dijagnostička metoda, uz odgovarajuću dijagnostičku opremu.

U oblasti dijagnostike stanja vozila, velika pažnja se poklanja osobinama motora. U toku je razvoj dijagnostičke opreme koja ima za cilj da obezbedi maksimalnu objektivizaciju procesa utvrđivanja stanja. Kod drugih sistema vozila, a naročito kod onih kod kojih elektronika nije zastupljena u znatnijem obimu, situacija je objektivno nešto drugačija. Zbog toga se u dijagnostici drugih motora još uvek intenzivno koriste klasični dijagnostički uređaji (davači, komparatori, dinamometrijski i kočni valjci i sl.).

Dijagnostika stanja kompletnog vozila očigledno mora da se vrši u posebno opremljenoj dijagnostičkoj radionici. Takva radionica mora da bude opremljena raznovrsnim dijagnostičkim sistemima, od kojih se mnogi i inače koriste u domenu opštih provera stanja, kao što je, primera radi, obavezni tehnički pregled vozila.

Mada potreba za održavanjem varira kvalitativno, održavanje jasno izražava zajedničku grupu problema u svim oblastima, kao što su dijagnostika i preventivne opravke. Zbog toga postoji veoma jaka potreba za ustanovljenjem opšte teorije ili univerzalne tehnologije sposobne za pokrivanje ovih oblasti. Međutim, prema rezultatima istraživanja, visokorazvijena tehnika održavanja je usavršena pomoću znatnih investicija u svim oblastima, ali je svaka od njih povezana sa određenom oblašću, tako da između njih ne postoji univerzalna tehnologija.

Da bi se sprečio otkaz, potrebno je primeniti veoma kompleksno znanje koje se ne ograničava samo na mašinski ili elektro deo, iz razloga što komponente motornih vozila moraju da sadrže različite elemente uređaja itd. Teorije zasnovane na ovoj raznovrsnosti će se razlikovati od konvencionalnih, a mogla bi se stvoriti i jedna apstraktna teorija u kojoj se ne bi uzimale u obzir fizičke karakteristike komponenti motornih vozila, kako bi se pojednostavio problem, s tim što bi njegova praktična vrednost bila mala. U ovom slučaju, fizičke karakteristike bile bi izražene kroz model, a rezultate dobijene pomoću modela trebalo bi smatrati merodavnim.

Tehnologija održavanja može tačnije da se okarakteriše pojmom nerazjašnjivosti. Ukoliko dođe do otkaza vozila, problematična tačka će biti izolovana pomoću dijagnostike i nakon toga će biti izvršena opravka. Dijagnostika i opravke moraju da se posmatraju kao složena oblast koja postaje sve složenija, polazeći od kontrolne tehnologije koja se razvila do adaptivne kontrole, ali bez teorije za sistematizaciju dijagnoza i obnavljanja [62].

Ovo je veoma neobičan aspekt tehnologije održavanja vozila. Oblasti u kojima se otkazi često javljaju u mnogim komponentama motronih vozila se ispravljaju ponovnom konstrukcijom, pa se na taj način javlja manji broj otkaza. Vrlo je teško uočiti fenomen koji se često ponavlja i logički postaviti opšte pravilo za upravljanje njime. Efikasnije je da se prvo postavi hipoteza ili pretpostavka, pa da iz nje proistekne tehnika za rešavanje problema. Međutim, da bi se efektivno koristio ovaj metod, sa velikom verovatnoćom za uspeh, ima još teoretskih teškoća i problema koje treba rešiti u budućnosti.

Održavanje prema stanju uz korišćenje tehničke dijagnostike vozila koristi se veliki broj informacija i podataka. Povećavaju se zahtevi u oblasti obrade i analize podataka s ciljem da se osigura blagovremeno preduzimanje određenih aktivnosti u održavanju. To uslovljava neophodnost proširenja dijagnostičkog centra za dijagnostiku stanja motornih vozila i usavršavanje njene organizacione strukture (radionica „Niš–Ekspres“ – Niš). Sve informacije o stanju sistema i njegovim komponentama, o njihovom nivou pouzdanosti, raspoloživosti, troškovima održavanja, treba da budu dostupne svim nivoima organizacione strukture. Za obradu i analizu ovih informacija neophodan je i savremeni računarski centar, koji će se posebno organizovati u okviru pripreme održavanja.

Automatski sistem raspoznavanja otkaza vozila mora uključivati ulazni uređaj otkaza koji prima sve parametre radnog procesa, uređaj za primanje rešenja koji upoređuje postojeću situaciju sa ranije fiksiranom i prima rešenja o prisustvu te ili druge pojave, uređaj koji upravlja sistemom raspoznavanja otkaza. Za dobijanje informacija o sniženju nivoa radne sposobnosti motornih vozila, neophodno je na odgovarajući način izvršiti podešavanje davača sistema kontrole (npr. senzor pritiska u kućištu motora, senzor položaja bregaste osovine, senzor temperature i pritiska usisnoj grani, senzor broja obrtaja radilice, senzor temperature rashladne tečnosti, senzor nivoa ulja, senzor za detekciju vode u gorivu, senzor pritiska goriva, senzor broja obrtaja ventilatora za rashladnu tečnost, davač pritiska i temperature ulja, senzor količine rashladne tečnosti, senzor temperature i indikator filtera vazduha). U zavisnosti od zadatka sistema kontrole, zahtevi za podešavanjem mogu biti različiti. U isto vreme oni imaju zajednički zahtev, a to je pouzdanost kontrole. Za sve druge slučajeve, sistem kontrole mora biti podešen tako da sve verovatnoće lažnih signala i neotkriveni otkazi budu minimalni [62].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

Za normalno funkcionisanje većine savremenih motronih vozila potrebni su sistemi upravljanja i zaštite. Zadatak sistema upravljanja je održavanje parametara motronih vozila sa zadatom tačnošću u određenim granicama. Prema mestu i načinu rada, dijagnostičke instrumente i uređaje moguće je podeliti na: ugrađeni dijagnostički instrumenti koji čine sastavni deo konstrukcije motronih vozila i koriste se za neprekidnu kontrolu stanja najkritičnijih komponentata; prenosni dijagnostički instrumenti i uređaji primenjuju se u ocenjivanju stanja komponentata motornih vozila u poljskim i radioničkim uslovima i stacionarna dijagnostička oprema i uređaji koji nalaze se u specijalizovanim dijagnostičkim radionicama gde se vrši potpuna ocena stanja motronih vozila.

Za primenu koncepcije preventivnog održavanja prema stanju, potrebno je motorno vozilo posmatrati kao složeni dinamički skup određenih podsistema, odnosno komponentata (motor, ležajevi, transmisija, hodni deo, uređaj za upravljanje i kočenje i dr.) za koje je potrebno odabrati parametre stanja, koji se menjaju postepeno u funkciji vremena korišćenja i prate periodičnom proverom. Sve komponente motornog vozila mnogostruko su međusobno povezane i po principu rada veoma različito. Ovo zahteva prilikom dijagnostike stanja korišćenje mnogih principijelno različitih metoda, tehnologija, instrumenata i uređaja, te organizaciju njihove primene prilikom ocene stanja vozila.

Pregled prema stanju u procesu održavanja motornog vozila je cena koju svesno plaćamo da bi za uzvrat dobili pouzdane informacije o stanju posmatranih komponentata i sprečili pojavu stanja u otkazu. Sisteme dijagnoze za određivanje stanja motronih vozila možemo posmatrati kao sistem test dijagnostike i sistem funkcionalne dijagnostike.

U sistemu test-dijagnostike uticaj na komponente motronih vozila dijagnostike stanja je postupan i polazi od sredstava za dijagnostiku. Vrstu i redosled prenosa uticaja možemo birati u početku uz uslov efektivne organizacije procesa dijagnostike. Može se primenjivati kako u periodu kada se komponente ne koriste po pravoj nameni, tako i u procesu izvršavanja prave namene funkcionisanja, a mogu biti samo sa takvim signalima koji ne utiču na normalan rad i za dopunske ulaze koji se uvode specijalno za potrebe dijagnostike (radionica "Niš-Ekspres" – Niš).

Uticaji na osnovne ulaze komponentata motronih vozila u sistemu funkcionalne dijagnostike zadati su njegovim radnim algoritmom funkcionalnog osposobljavanja komponentata motornih vozila, posle otkaza, za namenu za koju je projektovan. Kod oba oblika sistema dijagnostike održavanja motronih vozila vrše se provere preko sredstava za dijagnostiku. Održavanje se može uzimati kao osnovni izlaz sistema koji je neophodan za upotrebu motronih vozila po nameni, kao i dopunski izlaz uspostavljen samo za potrebe dijagnostike na kontrolnim tačkama.

Komponente provere obuhvataju predaju ulaznih signala motronih vozila i prijem i merenje odgovarajućih izlaznih signala. Sredstva dijagnostike realizuju neki algoritam kao i način rezultata elementarnih provera motronih vozila. Rezultate dijagnostike treba predstaviti u obliku koji je pogodan za praktično korišćenje i treba ih dešifrovati. Tehnologije automatizovanog dijagnosticiranja vozila moraju da se tretiraju kao integralne komponente projektovanja samog vozila. Projektovanje vozila na bazi uvažavanja potrebe za njegovim održavanjem najbolje se realizuje kroz ovakve automatizovane sisteme. Time se značajno doprinosi ostvarenju visoke ugrađene pogodnosti održavanja.

5.8 IMPLEMENTACIJA TEHNIČKE DIJAGNOSTIKE SA ASPEKTA NIVOA POUZDANOSTI MOTORNIH VOZILA

Izborom softera za upravljanje održavanjem vozila, moramo još pridodati da su od velikog značaja dokazanost postignutih rezultata proizvođača softera na tržištu, kao i dugotrajnost bavljenjem ovim poslom. Takođe je veoma bitna ponuda i kompletna usluga tj. dopuna softerskog sistema novom verzijom. U pogledu usluga se očekuje: inženjerski konsalting, sakupljanje podataka, unošenje podataka, obuka, implementacija i postimplementacijska podrška.

Korisnici vozila imaju osigurani prvoklasni sistem inženjerske pomoći pri uvođenju i razvoju, direktnu telefonsku liniju, besplatno ažuriranje nove verzije i periodične tehničke preglede. Servisni centri svuda po svetu spremni su da snabdevaju i pomognu svakog korisnika. On line help će pomoći u svakom trenutku da se prevaziđe nastali problem.

Jedan od najboljih metoda implementacije softerskog paketa za upravljanje procesom održavanja motornih vozila su: priprema svih podataka za unos u sistem, numerisanje opreme i šema tako da se one moraju prilagoditi ograničenjima softerskog paketa i instalacija hardvera i softera.

Sama instalacija hardvera i softera je kritičan korak za uspeh programa. Sve ovo može biti izbegnuto korišćenjem dobrih zaštitnih uređaja na svoju računarsku opremu. Izborom bezprekidnog napajanja mogu se koristiti u oblastima gde dolazi do česte pojave nestanka električne energije. Računari za industrijska okruženja moraju biti odabrani za rad u lošim mikroklimatskim uslovima. Ovakvi računari su nešto skuplji ali mogu sprečiti padove sistema i gubitke podataka, što će nas kasnije mnogo više koštati.

Frekventno pravljenje rezervnih kopija podataka je bitna zaštita od gubitka podataka. U nekim slučajevima padovi napona ili udarac u računar, mogu uništiti podatke u njemu. Bez rezervnih kopija podataka, svi podaci će biti zauvek izgubljeni. Rezervne kopije podataka, ostaju jedna od najzapuštenijih oblasti u radu računarom podržanog sistema upravljanja [62]. Procesom održavanja motornih vozila, a pogotovo u mrežnom okruženju. Većina sistema kod vozila dolazi sa efektivnim sigurnosnim nivoima koje dozvoljavaju višekorisnički sistem. Ovo čuva podatke od neovlašćenog korišćenja i stvara održana ograničenja sistema za one koji žele da im neovlašćeno pristupe.

Sistem upravljanja održavanjem motornih vozila u koraku implementacije faze unosa podataka, pri prikupljanju podataka angažuje se službenik za unos podataka u sistem. Ovo će eliminisati da se osoblje održavanja dodatno optereti ovim poslom. Zato se koriste profesionalci za unos podataka onda će projekat brzo i relativno bez većih opterećenja osoblja biti priveden karju.

Vrši se procesa prikupljanja podataka o ispitivanju komponenata motornih vozila predstavlja dijagnostiku stanja istraživanja rezultata i donošenja zaključaka o primeni kontrole parametara stanja ležajeva. Takođe pomoćna sredstva u njihovoj eksploataciji i održavanje za obezbeđenje neophodne pouzdanosti ležajeva motornih vozila. Kao i pri istraživanju povećanja nivoa radnih temperatura i pohabanosti ležajeva motronih vozila u paralelnoj sprezi sa primenom kontrole parametara ispitivanja pouzdanosti [62].

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

Ispunjenjem prethodnih uslova čuvaju se i podaci o dijagnostici stanja koja se može primeniti u više slučajeva određivanja stanja motornih vozila: kod određivanja stanja u kojem se motorna vozila nalaze u trenutku posmatranja, a to je zadatak dijagnostike; ocenjivanja karakteristika već izabranih i novih sredstava za dijagnostiku stanja sa stanovišta njihove pouzdanosti i tačnosti i istraživati eksperimentalni sistem dijagnosticiranja celog motornog vozila [62].

Aktuelni podaci koji su smešteni u računaru, bilo da su iz nekog drugog sistema o utvrđivanju pouzdanosti pomoću dijagnostike stanja utvrđuju se, između ostalog da li je zadovoljena potrebna radna sposobnost i sigurnost od otkaza važnih komponenata. Za ovu vrstu primene dijagnostike stanja koriste se razni postupci dijagnostike stanja ležajeva. Na osnovu sve veće zastupljenosti automatizacije i mehanizacije i značaj dijagnostike stanja za radnu sposobnost je sve veći. Taj značaj će u budućnosti sve više rasti. Ispitujući softer pouzdanost se utvrđuje i prognozom preostalog korišćenja komponenata motornih vozila.

Uzajamno povezani parametri pouzdanosti i dijagnostike stanja određuju stanje motornih vozila u celosti. Dijagnostika, koja se bazira na dovoljno razrađenoj naučnoj osnovi, na matematičkim i fizičkim metodama koje omogućuju postizanje optimalnih rezultata, predstavlja nov ogranak kibernetike koji se ubrzano razvija novim programima. Osim toga, dijagnostika je i važan sastavni deo održavanja jer ona omogućuje da se bez demontaže odredi tehničko stanje ležajeva motornih vozila i predvidi stepen njihovog pouzdanog rada. Pri ovome, pouzdanost se definiše kao verovatnoća da će motorna vozila uspešno vršiti funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu trajanja i projektovanim uslovima okruženja [62].

Upoznavanje sistema u službi održavanja komponenata motornih vozila je dobra komunikacija da pomogne ograničenju obuke korisnika. To je aktivnost koju će preduzeće izostaviti kada bude usvojilo budžet za program. Ovo je greška pošto će obuka determinisati koliko će brzo sistem biti implementiran i koliko će biti iskorišćen. Primenom softera sa upustvom za obuku korisnika ali i radnika koji žele da nauče još nešto više. Jedini pravi put za ostvarivanje ovog cilja jeste obuka i vežbe korisnika.

Obukom treba istražiti uzroke neispravnosti kao jedan je od bitnih zadataka dijagnostike stanja, a sprovodi se sa ciljem da ukaže na mesta i uzroke pojava neispravnosti na komponentama motornih vozila. Takođe kako se vrši zamena defektnih komponenata i otklanjanje grešaka u montaži, predstavljaće osnovu za obuku korisnika radi zamene neispravnih komponenata koja će se vršiti [62]:

- proveru radne sposobnosti komponenata motornih vozila,
- proveru funkcionalnosti komponenata motornih vozila, i
- istraživanje otkaza (mesto, oblik i uzrok otkaza).

Kroz upoznavanje sistema i obuke vršiće se utvrđivanje radno stanje vozila koje podrazumeva prethodno definisane kriterijume dozvoljenog i nedozvoljenog stanja, u određenim uslovima u toku određenog vremena realnog procesa eksploatacije. Ako se motorno vozilo nalazi u neispravnom stanju, za sprečavanje otkaza u njegovom radu neophodno je izvršiti odgovarajuće aktivnosti održavanja komponenata, što omogućuje dalju eksploataciju.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

5.9 INDIKATORI PERFORMANSI DIJAGNOSTIKE I POUZDANOSTI MOTORNIH VOZILA

Dijagnostika vozila predstavlja objektivnu metodu utvrđivanja stanja u kome se ono nalazi. Postavljanje dijagnoze je postupak koji predhodi svakoj operaciji održavanja, tj. predstavlja njenu prvu fazu. Dijagnostikom se uglavnom obuhvataju postupci utvrđivanja stanja i njegovih uzroka, koji se zasnivaju na primeni sredstava dijagnostike. Višekriterijumski pristup u oceni performansi funkcije održavanja vozila imaju značajno mesto. Takođe, odnosi se na pregled mera i indikatora koji su tom prilikom korišćeni.

Indikatore performansi je neophodno pratiti i poboljšavati tokom vremena radi obezbeđenja postavljenih ciljeva preduzeća. Uvođenjem standarda za indikatore performansi funkcije održavanja u novije vreme predstavlja način da se formalne mere radi ocene funkcije održavanja ili i u cilju mogućnosti poboljšanja performansi funkcije održavanja vozila [7]. Održavanje predstavlja identifikovanje i ublažavanje degradacije funkcionisanja sklopova motornih vozila kao vraćanje projektovanih funkcija sklopova, njegovih komponentata i struktura u otkazu, u prvobitno stanje.

Preventivne aktivnosti održavanja mogu biti periodične, predviđene ili planirane i izvode se pre nego što dođe do otkaza sklopova motornih vozila, njegovih komponentata, kako bi se komponentama produžio vek trajanja i rada. Indikatori za praćenje performansi održavanja sklopova motornih vozila predstavljaju komparaciju stvarnog stanja funkcije održavanja u preduzeću sa referentnim vrednostima. Na taj način se može oceniti ukupna efektivnost funkcije (službe, pogona, preduzeća, radne jedinica i sl.) održavanja u jednoj kompaniji, naročito ako funkcija održavanja komponentata ima centralizovani ili decentralizovani oblik. Sledeći indikatori se mogu primeniti na program preventivnog održavanja vozila [7]:

- zastoj komponentata sklopova motornih vozila;
- usklađenost preventivnog održavanja komponentata;
- efektivnost preventivnog održavanja komponentata;
- otkazi izazvani lošim programom preventivnog održavanja;
- troškovi otklanjanja otkaza sklopova vozila;
- procena troškova preventivnog održavanja;
- zalihe rezervnih delova vozila.

Zastoj komponentata sklopova motornih vozila – ovaj pokazatelj ističe uticaj koji program preventivnog održavanja ima na sklopove vozila. On se fokusira na ono što preventivno održavanje program dizajniran da eliminiše otkaze komponentata [7].

Indikator identifikuje da li otkaz ili neplanirani zastoj predstavlja problem za sklopove motornih vozila. Zastoj može nastati usled drugog problema, a ne zbog programa preventivnog održavanja vozila.

Ovaj indikator uzima ukupan zastoj usled otkaza komponentata ili sklopa i ispituje ga u kontekstu svih zastoja. To može biti zajedničko kod nekih sklopova da se odnose prema otkazu kao prema neplaniranom zastoju. Ukupni zastoj predstavlja svo izgubljeno vreme, zbog održavanja, nabavke, transporta i dobavljača.

[7]. Adamović, Ž, Savić.N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

Usklađenost preventivnog održavanja – ovaj indikator ispituje broj zadataka preventivnog održavanja vozila koji su planirani, u odnosu na broj završenih zadataka preventivnog održavanja. Obično sastavljen na nedeljenom nivou, koristan je za naglašavanje programa preventivnog održavanja koji se može razviti [7].

Ovaj indikator efikasno meri usklađenost preduzeća sa svojim programom preventivnog održavanja. To je jedan od ključnih indikatora za bilo koji program preventivnog održavanja. Cilj je da se ima 100% završnih planiranih zadataka, i ako ovaj broj nije lako postignut, trebao bi da bude cilj svih preduzeća.

Efektivnost preventivnog održavanja – ovaj pokazatelj ispituje količinu rada koji se ostvaruje iz preventivnog održavanja programa. Prilikom dijagnosticiranja, otkriće se komponente sklopova motornih vozila koje pokazuju znake habanja ili predstojeće otkaze. Na osnovu radnog naloga doći će do ispravke ili zamene komponenata pre nego što dođe do otkaza. Takođe mogu se uključiti podešavanja komponenata kao i promena komponenata, pa čak i veliki remont [7].

Pokazatelj programa dijagnosticiranja vozila je efikasana za procene preventivnog održavanja. Ova mera se razmatra na mesečnom nivou, i ako druge frekvencije praćenja mogu da budu prihvatljive u zavisnosti od frekvencije nadležnosti. Rezultujući procenat će naglasiti da li je preventivno održavanje vozila programom efikasno u proaktivnom pronalaženju problema opreme.

Otkazi izazvani lošim programom preventivnog održavanja – ovaj indikator ispituje uzroke otkaza a zatim ispituje da li su ti uzroci trebali biti detektovani kroz program preventivnog održavanja vozila. Takođe je pokazatelj koji ocenjuje efektivnost preventivnog održavanja zadataka i temeljnost pojedinca pri obavljanju zadataka [7].

Merenje upoređuje ukupan broj otkaza koji bi mogli da budu sprečeni ili otkriveni od strane programa preventivnog održavanja sa ukupnim brojem otkaza. Rezultujući procenat ukazuje na mogućnost za poboljšanje nadogradnjom ili izmenom programa preventivnog održavanja vozila.

Sam indikator je koristan za bilo koje preduzeće koje želi da poboljša svoj program preventivnog održavanja, omogućava precizan uvid u efekat koji preventivno osigurava da je politika preventivnog održavanja isplativa.

Troškovi otklanjanja otkaza sklopova vozila – ovaj pokazatelj ispituje otkaze na još jedan način: direktni troškovi otkaza i hitnih popravki. Takođe uključuje cenu radne snage, materijal, iznajmljivanje opreme, izvođače kao i druge direkne troškove održavanja [7].

Ovim indikatorom se ponovo mogu izračunati na različitim nivoima: nivo odeljenja održavanja, nivo proizvodnog pogona i nivo opreme. Takođe zahteva da su svi otkazi ili hitne popravke jasno identifikovane pa čak i male aktivnosti od 5 do 10 minuta u suprotnom mnogi troškovi neće biti ispravno identifikovani.

Rezultat je izražen u procentima, zato što su troškovi održavanja u reaktivnom režimu znatno veći od troškova u planiranom režimu rada motornih vozila.

[7]. Adamović, Ž, Savić.N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

Procena troškova preventivnog održavanja – ovaj indikator poredi procene troškova radne snage i materijala za zadatke preventivnog održavanja sa stvarnim troškovima za obavljanje zadataka. Ova mera ukazuje na tačnost procene [7].

Prednost ovog indikatora uključuje sposobnost da efikasno prati tačnost procene zadataka preventivnog održavanja. Ovaj indikator se ne treba meriti tokom malih vremenskih perioda. U nekim slučajevima je za zadatak da promaši procenjene troškove zbog retoatkrivenih problema. Takođe ako se ova analiza obavlja u različitim vremenskim intervalima, treba se obezbediti rezultat kao dobar pokazatelj tačnosti.

Prilikom određivanja određenih procena onda data podešavanja mogu biti urađena radi osiguravanja tačnosti. Tako da je tačnost od vitalnog značaja, posebno kada organizacija održavanja koristi sistem rasporeda koji je integrisan sa sistemom rasporeda proizvodnje.

Zalihe rezervnih delova – ovaj pokazatelj se koristi da pronade rezervne komponente koje nisu više u upotrebi. Takođe stavke mogu se kupiti kao rezervne komponente sklopova vozila koje više ne postoje u fabrici. Komponente koje su kupljene u velikim količinama ali nisu iskorišćene nemaju dalje koristi. Tako eliminisanje ovih komponenata umanjuje se vrednost zaliha i naredne troškove njihovog održavanja koje se moraju platiti [7].

Ovaj indikator je koristan za isticanje mogućnosti da se smanji ukupna vrednost inventara. Tako da u preduzećima gde su oprema i procesi ubrzano zastareli promenom tehnologija, praćenje ovog pokazatelja je od velike važnosti. Takođe procenat indikatora pokazuje mogućnost za razvoj kroz eliminaciju stavki iz inventara skladišta.

Za dato vozilo i date uslove korišćenja i preventivnog održavanja koji omogućavaju da reference budu unapred poznate, samo jedno rešenje strategije održavanja je optimalno. U ovom slučaju se postižu najpovoljnije vrednosti pouzdanosti, gotovosti, troškova korišćenja i održavanja i smanjuju ukupni troškovi životnog ciklusa. Zadatak optimizacije komponenata održavanja je iznalazenje tog optimuma.

Zadaci provere ispravnosti, provere radne sposobnosti, pravilnog funkcionisanja i istraživanje uzroka neispravnosti predstavljaju opšte zadatke dijagnostike stanja komponenata motornih vozila. Sa procesom izražavanja pouzdanosti povezan je pojam kvantitativne karakteristike nekog od svojstava koje određuje pouzdanost stanja komponenata vozila. Do kvantitativnih podataka o pouzdanosti vozila može se uglavnom doći na sledeća tri načina: proračunom, laboratorijski i u toku eksploatacije [62].

Ukupna svojstva jedne komponente vozila u pogledu izvršavanja njenog zadatka, odnosno postavljene funkcije cilja, mogu se izraziti funkcijom efektivnosti. Pošto je rad komponente u vremenu izložen brojnim slučajnim uticajima, a i pošto je sasvim izvesno da pojava otkaza, kao i svih drugih događaja u životu komponente, ima stohastički karakter, funkcija efektivnosti se izražava kao verovatnoća da će posmatrana komponenta uspešno stupiti u dejstvo u trenutku potrebe i da će uspešno izvršavati zadatak funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu i pod datim uslovima okoline [62].

[7]. Adamović, Ž, Savić, N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

[62]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.,: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS.CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.

5.10 UTICAJ DIJAGNOSTIKE NA EKONOMIKU POSLOVANJA TRANSPORTNIH PREDUZEĆA

Složena struktura i ponašanja vozila izražava se preko komponenata i veza između njih, opisuje se strukturnim parametrima, a mogu da budu: različite geometrijske veličine, mehaničke veličine, vibroakustične veličine i toplotne veličine. Dijagnostičkim parametrima stanja vozila se opisuju izlazni procesi.

Primenjeni dijagnostički parametri stanja vozila zavise od: ulaznih karakteristika, karakteristika procesa, spoljašnjeg opterećenja i uslova spoljašnje sredine. Na primer, izlazni procesi kod vozila mogu biti: trenje frikcionih elemenata (radni proces) i povećanje temperature elemenata (prateći proces), prenos mehaničkih opterećenja kod ležišta kolenastog i bregastog vratila (radni proces) i pojava trenja (prateći proces) i td.

Veličina koja izražava izlazne karakteristike vozila može biti dijagnostički parametar ako ispunjava sledeće uslove [3]:

- jednoznačnost, tj. jednoj vrednosti parametra odgovara samo jedna, strogo određena, vrednost izlazne karakteristike,
- osetljivost izlazne karakteristike na promenu strukturnog parametra i
- mogućnost merenja performansi i drugih karakteristika izlaznih procesa.

U slučaju transportnog preduzeća koje raspolaže svojim voznim parkom, može da se realizuje sistem za održavanje koji će bilo u celosti bilo delom da izvrši zahteve za održavanjem vozila tog voznog parka.

U okviru sistema transportnog preduzeća, podsistem održavanja realizuje zahteve za održavanjem motornih vozila. Sredstva za rad, kadrovi i finansijska sredstva neophodna za redovno poslovanje i investicione poduhvate su resursi kojima ovaj sistem u najvećem broju slučajeva raspolaže, ali je neophodno njihovo neprestano prilagođavanje potrebama sistema (proširivanje, održavanje, menjanje, usavršavanje, banke, obrazovne institucije i sl.). Ovi resursi se u tom smislu mogu posmatrati kao ulazi u sistem održavanja vozila transportnih preduzeća, polazeći od činjenica [7]:

- da se tokom transportnog procesa odvija promena tehničkog stanja i transformacija energije, da transportni proces ima primarni uticaj na proces formiranja zahteva za održavanjem,
- smatra se da vozila sa zahtevom za uslugu (predmet rada) mogu posmatrati kao ulazi u sistem održavanja.

Izlaz iz sistema održavanja su motorna vozila transportnih preduzeća čiji su zahtevi za opslugom realizovani kao informacije i direktni uticaji na okolinu. Informacije se, globalno posmatrano, odnose na potrebe vozila vezane za njegov rad, mogućnosti obavljanja rada komponenta kao i na ostvareni rad [7]. Direktni uticaj sistema na okolinu čine otpisana vozila, komponente i materijal, upotrebljivost vozila i slično.

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

[7]. Adamović, Ž, Savić.N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

Na tok procesa utiču promene samog vozila (tehnologija, organizacija i slično) i okruženje koje ovde na prvom mestu čine druge komponente vozila transportnih preduzeća u okviru kojih se generišu zahtevi za uslugom iz koje se dopunjavaju resursi i permanentno nabavlja energija, rezervni delovi, materijal i slično. Okolinu sistema tako čine ostali delovi transportnog preduzeća i okolina transportnog preduzeća (društveno-politički sistem, tržište, konkurencija - preko uticaja na proizvodni proces, priroda).

Osnovna postavka za poslovanje transportnih preduzeća koja pružaju usluge iz oblasti održavanja vozila i transporta je da su otvorena tržištu i da se razvijaju prema zahtevima i mogućnostima tržišta. U manjoj meri ispunjavaju ugovorne obaveze proizvođača vozila prema korisnicima vozila. Proizvodni sistem, na ovaj način postavljenog preduzeća, čini sistem za održavanje i transport vozila. Osnovna koncepcija i moguća struktura ovog sistema je analogna sistemu vozila [3].

Vozila transportnih preduzeća sa zahtevom za opslugu koja su posmatrana kao ulaz u sistem sa svojim zahtevima, a da sistem za održavanje nije u direktnoj vezi sa transportnim procesom koji je jedan od glavnih uticajnih činilaca u procesu generisanja zahteva za održavanjem. Moguć je slučaj čvršće poslovne veze između korisnika vozila i preduzeća koje održava vozila u kom slučaju transportni proces intenzivnije utiče na proces održavanja.

Sistema za održavanje vozila transportnih preduzeća u ovom slučaju je znatno jednostavniji: da se kvalitetno obavi maksimalna količina rada u jedinici vremena. Time se klijenti brzo i kvalitetno opslužuju što utiče na njihov ponovni dolazak i na širenje kruga klijenata. Kvalitet obavljenih intervencija uticaće na dva načina na poslovanje preduzeća:

- smanjuje broj dolazaka vozila na intervencije, i
- širi krug klijenata.

Na taj način se i kvalitet intervencija javlja kao tržišna kategorija: sa malo višim kvalitetom od prosečnog u posmatranoj sredini može se doći do pozitivnih efekata. Znači da nema definisanih zahteva u odnosu na kvalitet (izuzetak su preduzeća koja rade pod ugovorom sa proizvođačima vozila kada oni definišu minimalno prihvatljiv nivo kvaliteta).

Sigurnost funkcionisanja predstavlja jednu od najznačajnijih karakteristika mnogih proizvoda vozila. Obezbeđenje sigurnosti funkcionisanja obuhvata pouzdanost i pogodnost održavanja i transport vozila transportnih preduzeća, kao i podršku održavanju koju obezbeđuje kupac (i/ili isporučilac). Odgovornost za obezbeđenje sigurnosti funkcionisanja snose i isporučilac i kupac.

Povećanje javnog poverenja u usluge koje pružaju transport i informacioni sistemi, dovodi do većih zahteva i očekivanja korisnika u pogledu kvaliteta usluge. Sigurnost funkcionisanja takvog vozila u javnom transportu koje obavlja takve usluge, predstavlja glavni faktor koji doprinosi kvalitetu ovih usluga kao i bezbednost u saobraćaju.

Ograničeni resursi i stalna briga o sigurnosti i zaštiti okoline, povećanje kompleksnosti vozila, zajedno sa rastućim interesom za troškove veka proizvoda, takođe naglašavaju potrebu za obezbeđenjem sigurnosti funkcionisanja, tj. njegovih komponenata. Iskustvo pokazuje da troškovi održavanja mogu znatno prevazići troškove nabavke.

[3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.

Mnogi proizvodi komponenata vozila transportnih preduzeća su razvijeni sa namerom da zadovolje potrebe korisnika ili zahteve date u specifikacijama. Ovi zahtevi se, normalno, odnose na pouzdanost i pogodnost održavanja, a ponekad i na raspoloživost pod određenim uslovima logističke podrške održavanju. Kupac je često jedini odgovoran za eksploataciju i održavanje komponenata vozila.

Poslovanju svakog transportnog preduzeća je da se ostvari maksimalna produktivnost uz minimizaciju troškova koji se pri tome pojavljuju. Nezavisno od primenjene metode održavanja vozila (ili njihovih kombinacija) neophodno je da se prati proizvodni proces, prikupljaju podaci i proračunavaju komponente i strukture troškova. Pri tome se na osnovu dobijenih rezultata, može uticati na politiku i strategiju održavanja.

Zahvaljujući ovakvom pristupu, može se planirati optimalni obim aktivnosti iz oblasti održavanja. Prikupljeni i obrađeni podaci se uvode u upravljačku spregu i koriste za poređenje sa bliže definisanim ciljevima. Na osnovu toga se u upravljačkom delu vrši analiza, optimizacija i izučavanje sistema održavanja vozila odnosno postavljanje uslova i ograničenja za odlučivanje [7].

U toku eksploatacije vozila transportnih preduzeća posebnu pažnju treba posvetiti njihovoj pouzdanosti. Zahtevana eksploataciona pouzdanost mora da bude realno određena jer ista ima bitan uticaj na izbor metoda održavanja, a samim tim i troškove koji se pri tome stvaraju. Kod povišenja nivoa zahtevane eksploatacione pouzdanosti dolazi do povećanja direktnih i smanjenja indirektnih troškova. Troškovi održavanja se pri tome mogu minimizirati uz ostvarenje optimalne pouzdanosti.

Iz svega napred rečenog je očigledno da se u zavisnosti od izabrane metode održavanja (vezane za stanje i značaj opreme) u mnogome menjaju troškovi održavanja vozila transportnih preduzeća. Takođe je neophodno napomenuti da se za određene uslove i postavljene zahteve navedni troškovi mogu minimizirati. Veoma je bitno koliko su na ovaj način određene optimalne vrednosti (pri minimalnim troškovima održavanja), na primer za gotovost i pouzdanost različite od onih koje diktira značaj komponenata, odnosno uslovi njihove eksploatacije. Ukoliko su razlike beznačajne, može se reći da je primenjen optimalni način održavanja komponenata vozila [7].

Životni ciklus jednog vozila transportnog preduzeća ima složenu strukturu, on zahvata niz posebnih, ali međusobno povezanih, i vremenski usklađenih grupa aktivnosti. Odnos ovih vremenskih segmenata određen je dejstvom velikog broja činilaca [7]. Zato i način interpretacije životnog ciklusa može biti različit, zavisno, pre svega od vrste sistema i načina posmatranja, odnosno želja i ciljeva analize. Uobičajeno je, tumačenje (a to odgovara i preporukama međunarodnog standarda IEC-a [7]) da životni ciklus vozila uključuje pet vremenskih faza, koje obuhvataju sledećih pet grupa aktivnosti:

- konceptijsko i idejno rešenje,
- razvoj i projektovanje (konstruisanje),
- proizvodnja i postavljanje (puštanje u rad),
- korišćenje i održavanje i
- rashodovanje (regeneracija, sekundarne sirovine).

[7]. Adamović, Ž, Savić.N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

Očigledno je da su ovako definisane faze životnog ciklusa vozila transportnih preduzeća po svojoj strukturi takođe složene, tako da se mogu dalje raščlanjivati. Ovo je ponekad nužno, posebno kad se rešavaju različiti zadaci iz oblasti razvoja, proizvodnje i korišćenja vozila, koji obično obuhvataju probleme različitog karaktera i obima.

Ostvarivanje svake aktivnosti u životnom ciklusu vozila transportnih preduzeća, pa i svakog segmenta ovog ciklusa pojedinačno i zahteva ulaganje određenih materijalnih sredstava. U tom smislu se može govoriti i o ukupnim troškovima životnog ciklusa ili o ukupnim ulozenim sredstvima u vozila transportnih preduzeća. Troškovi životnog ciklusa uključuju sledeće pojedinačne troškove: troškove nabavke, koji uključuju i transport, opremu, osiguranje; troškove rada, koji uključuju radnu snagu, tj. rukovaoce, pogonsku energiju, pomoćne objekte i instalacije nužne za rad; troškove održavanja, koji uključuju radnu snagu na održavanju, rezervne delove, alate, uređaje i objekte za održavanje i troškove administracije, koji uključuju upravljanje, informatiku i slično.

U strukturu troškova životnog ciklusa vozila transportnih preduzeća eksplicitno iskazujemo samo grupe troškova koji obično imaju najveći značaj. Ovako definisani ukupni troškovi životnog ciklusa C_u mogu se uprošćeno modelirati na sledeći način [7]:

$$C_p = C_e + C_r + C_{nr} \Rightarrow C_i = C_r + C_m \Rightarrow n_i = \frac{1}{p}$$

$$C_u = C_i \cdot n_i + C_q \cdot p + C_p(1 - p)$$

gde je:

- C_u – ukupni troškovi životnog ciklusa,
- C_p – troškovi preventivnog održavanja,
- C_q – troškovi korektivnog održavanja,
- C_e – troškovi vrednosti komponenata,
- C_r – troškovi radne snage,
- C_i – troškovi dijagnostike stanja komponenata,
- C_m – troškovi materijala,
- C_{nr} – troškovi neiskorišćenog resursa,
- p – verovatnoća nastanka otkaza između dve dijagnostičke kontrole stanja,
- n_i – broj dijagnostičkih komponenata.

Ako se analiziraju ukupni troškovi održavanja vozila transportnih preduzeća, isti se mogu svrstati u dve grupe i to: direktne i indirektne. Kada se analiziraju direktni troškovi, njima uvek pripadaju i svi oni koji se odnose na potrošni materijal (zavisno od metode održavanja) pripada: izvođenje aktivnosti opsluživanja sistema, pronalaženje neispravnih komponenata, zamena neispravnih komponenata, izvođenje preventivnih periodičnih opravki i opravka neispravnih komponenata. Indirektni troškovi se odnose na: neplanirane vremenske gubitke u zastoje, oštećenje komponenata i pad kvaliteta proizvoda, škart, itd.

Osnovne zakonitosti promene troškova najbolje se sagledavaju iz analize uticaja inteziteta održavanja vozila transportnih preduzeća i postavljenih kriterijuma vezanih za gotovost i pouzdanost motornih vozila.

[7]. Adamović, Ž, Savić.N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.

Primer: Troškovi preduzeća za vozila gradskog prevoza JGSP – Novi Sad, životnog ciklusa komponenta sklopova vozila Volvo – D7C 275 i Volvo – D9B 340, koje obuhvataju sve i pojedinačne troškove ležajeva kolenastog i bregastog vratila: troškove nabavke, koji uključuju i transport, opremu, osiguranje; troškove rada, koji uključuju radnu snagu, tj. rukovaoce, pogonsku energiju, pomoćne objekte i instalacije nužne za rad; troškove održavanja, koji uključuju radnu snagu na održavanju, rezervne delove, alate, uređaje i objekte za održavanje i troškove administracije, koji uključuju upravljanje, informatiku i slično.

Strukturu troškova životnog ciklusa vozila transportnog preduzeća JGSP – Novi Sad, eksplicitno iskazuje samo grupe troškova koji obično imaju najveći značaj. Ovako definisani ukupni troškovi životnog ciklusa C_u mogu se uprošćeno izračunati na sledeći način:

$$C_p = C_e + C_r + C_{nr} \Rightarrow C_i = C_r + C_m \Rightarrow n_i = \frac{1}{p}$$

$$C_u = C_i \cdot n_i + C_q \cdot p + C_p(1 - p)$$

gde je:

- C_u – ukupni troškovi životnog ciklusa,
- C_p – troškovi preventivnog održavanja,
- C_q – troškovi korektivnog održavanja,
- C_e – troškovi vrednosti komponenta,
- C_r – troškovi radne snage,
- C_i – troškovi dijagnostike stanja komponenta,
- C_m – troškovi materijala,
- C_{nr} – troškovi neiskorišćenog resursa,
- p – verovatnoća nastanka otkaza između dve dijagnostičke kontrole stanja,
- n_i – broj dijagnostičkih komponenta.

- troškovi upotrebljenih komponenti na autobusu Volvo - D7C 275 (zamena ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu): $C_e = 76\,450,00$ din.,
- troškovi radne snage za zamenu ležajeva: $C_r = 24\,550,00$ din.,
- troškovi neiskorišćenog resursa: $C_{nr} = 18\,900,00$ din.,
- troškovi materijala: $C_m = 44\,520,00$ din.,
- troškovi dijagnostike stanja komponenta: $C_i = 35\,500,00$ din.,
- troškovi korektivnog održavanja: $C_q = 29\,350,00$ din.,
- verovatnoća nastanka otkaza između dve dijagnostičke kontrole stanja: $p = 0,97$,
- broj dijagnostičkih komponenta jednak je: $n_i = 0,507$,
- troškovi preventivnog održavanja: $C_p = 119\,900,00$ din.

Ukupni troškovi životnog ciklusa: $C_u = 137\,258,00$ din.

Na osnovu analize ukupnih troškova održavanja vozila Volvo – D7C 275, transportnog preduzeća JGSP – Novi Sad, koja je uključila radnu snagu na održavanju, rezervne delove, alate, uređaje i objekte za održavanje, troškove administracije, i uključuje upravljanje, informatiku i slično za zamenu ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu iznosi 137 258,00 din.

6.0 REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1 SOPSTVENI REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Sprovedeno sopstveno istraživanje se bavi izborom najboljih parametara radi definisanja i primene modela dijagnostike stanja, praćenja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Stepenn sigurnosti funkcionisanja motornih vozila usled primene parametara dijagnostike stanja, u procentima povećan je za $K_{os} = 17,9\%$. Takođe, procentualno se povećala i sigurnost funkcionisanja komponenata sklopova motornih vozila, što je sve dovelo do povećanja nivoa pouzdanosti motornih vozila u oblasti auto industrije.

Smanjenje radne sposobnosti stanja motornih vozila u procesu eksploatacije nastaje usled različitih uzroka, koji utiču na početne parametre, izazivajući habanje ležajeva, deformaciju, lomove, koroziju i druge otkaze. Ako je stanje motornih vozila takvo da vrednost makar i jednog zadatog parametra koji karakteriše sposobnost izvođenja zadate funkcije ne odgovara zahtevima utvrđenim normativno-tehničkom dokumentacijom, motorno vozilo se smatra nesposobnim za rad. Radna sposobnost može biti obnovljena pri održavanju, a može se pokazati da je to tehnički nemoguće ili ekonomski necelešhodno.

Rezultati su bazirani na strukturnim, organizacijskim, tehnološkim i drugim osobinama postupka dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila. Formiranjem modela dijagnostike stanja, predviđa se mogućnost primene najznačajnijih parametara teorijske i eksperimentalne analize, a na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice sigurno ispravnog i optimalnog rada i oblasti rizika.

Za određivanje procene očekivane vrednosti zazora do koga kolenasto vratilo – stabilni ležajevi (M_1 i M_2) imaju ispravan rad usled pohabanosti njihovog prečnika ($d_{l, sr}$) uzećemo aritmetičku sredinu, vrednost z tih merenja. Zabeležena najmanja vrednost zazora kod ležajeva, Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad je [70]:

$$z_{M_3 \min} = d_{l, sr} - z = 90,550 - 90,538 = 0,012(mm)$$

Izračunata optimalna vrednost dozvoljenog zazora pomoću eksperimentalne standardne devijacije (vrednosti zazora za model dijagnostike može izračunati za stvarno realizovanim vrednostima u praksi gde se mogu uporediti sa standardnim realizovanim vrednostima prikupljenim i određenim sistemom merenja) koje iznose [70]: $z_{M_3 opt} = 90,550 - 90,534 = 0,016(mm)$. Utvrđene ekstremne vrednosti na mestu M_3 su: $z_{M_3 \max} = 0,022(mm) = z_{\max p}$. Idealna vrednost zazora je minimalna vrednost zazora koja leži u tolerancijskom polju labavog naleganja i za nazivne prečnike $\phi 73,950(mm)$ iznosi $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$ što predstavlja pouzdanost ležajeva u oblasti ispravnog rada, tj. osnovnu toleranciju koja se određuje izrazom [70]: $z_{\max} = 0,015(mm)$, $z_{S_{opt}} = 0,013(mm) = z_{sr}$, $z_{\min} = z_{ideal} = 0,011(mm)$. Merodavni zazori u oblasti rada ležajeva za Volvo - D7C 275, JGSP – Novi Sad su $z_{(M_{3 \max})_p} = 0,012(mm)$, $z_{(M_{3 opt})_p} = 0,011(mm)$, $z_{(M_{3 \min})_p} = 0,010(mm)$.

[70]. 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.

Promena stanja komponentata u toku eksploatacije javlja se kao slučajan proces koji ima karakter verovatnoće. Pri tom, trenutak prelaza ispravnog stanja u stanje neispravnog rada karakteriše početak pojave neispravnosti, tj. javlja se kao uslovni otkaz. Ako se motorno vozilo nalazi u neispravnom stanju, za sprečavanje otkaza u njegovom radu neophodno je izvršiti odgovarajuće aktivnosti održavanja, što omogućuje dalju eksploataciju.

Ekstremne vrednosti radne temperature ležajeva bez kontrole parametara stanja motornih vozila i to: $T_{mi\min} = 94,7^{\circ}C$, $T_{mi\opt} = 95,5^{\circ}C$, $T_{mi\max} = 98,2^{\circ}C$. Izračunate vrednosti pouzdanosti ležaja Volvo D9B 340, JGSP – Novi Sad u zavisnosti od temperature su: $T_{\min p} = 94,5^{\circ}C$, $T_{\max p} = 98,7^{\circ}C$, $T_{srp} = 96,6^{\circ}C$, $T_{optp} = 95,5^{\circ}C$. Temperature prikazane u intervalima u funkciji pouzdanosti sa primenom kontrole parametara stanja motornih vozila: $T_{mi\min p} = 93,4^{\circ}C$, $T_{mi\max p} = 95,5^{\circ}C$, $T_{misredp} = 94,4^{\circ}C$, $T_{mi\optp} = 93,7^{\circ}C$ [68].

Istraživanje je uzelo u obzir i preventivno održavanje na bazi rizika kojim su obuhvaćeni rizici kod određenih komponentata motornih vozila, a rangiranjem se određuju kritične tačke na posmatranim komponentama na koje treba obratiti posebnu pažnju. Zbog toga, istraživanje pored dijagnostike, obuhvata i elemente procesa eksploatacije vozila, veze sa sistemom pouzdanosti, ograničenja pri formiranju modela, uslovljenost kapaciteta radnih mesta i dr.

Radna temperatura je praćena na ležajevima u okviru određenih pređenih kilometara i vremenskog intervala rada motornih vozila. Cilj merenja je da se utvrdi stabilnost njene promene u toku vremena i određenog pređenog puta primenom modela dijagnostike stanja (poglavlje 5.4). Merenje temperature na ležajevima je u [$^{\circ}C$] realizovano je na svakih 100000 km, tako da je veličina uzorka bila $n = 9$, Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad. Na osnovu opšteg izraza određivanja zavisnosti prostorne krive dijagnostike stanja motornih vozila za ekstremne vrednosti max. i min., dobija se vrednost ukupne korelacije: bez primene kontrole parametara:

$MK_{TP}^*(t)_{\max} = (1,2 \cdot 99,5 \cdot 0,022)^2 = 6,9001$ [$^{\circ}C / \text{sec}$] i sa primenom kontrole parametara:

$MK_{TP}^*(t)_{\max s} = (1,24 \cdot 98 \cdot 0,016)^2 = 3,7798$ [$^{\circ}C / \text{sec}$] [68].

Intenzivni otkazi na ležajevima usled njihove pohabanosti nastaju zbog uticaja velike transverzalne sile. Naime, u periodu od 30.06.2009. god. do 31.12.2013. god., i pređenog puta 1300000 km, došlo je do debalansa samog vratila i nesigurnog rada komponentata motornih vozila, što procentualno iznosi 15,8%. Dobijene vrednosti o veličini zazora bez primene kontrole parametara za ležajeve M_1 , M_2 i M_3 iznose: $z_{M_1, M_2}(\text{mm})_{\min} = 0,014$, $z_{M_1, M_2, \opt} = 0,018(\text{mm})$, $z_{M_1, M_2, \max} = 0,022(\text{mm})$, a za ležaj sa primenom kontrole parametara iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2, \min} = 0,011(\text{mm})$, $z_{M_1, M_2, \opt} = 0,013(\text{mm})$, $z_{M_1, M_2, \max} = 0,015(\text{mm})$, a vrednosti veličine zazora bez primene kontrole parametara za M_3 iznosi: $z_{M_3, \min} = 0,012(\text{mm})$, $z_{M_3, \opt} = 0,013(\text{mm})$, $z_{M_3, \max} = 0,014(\text{mm})$, a sa primenom kontrole parametara iznosi: $z_{M_3, \min} = 0,010(\text{mm})$, $z_{M_3, \opt} = 0,011(\text{mm})$, $z_{M_3, \max} = 0,012(\text{mm})$.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

6.2 DOKAZIVANJE GLAVNE HIPOTEZE

Posmatrani model dijagnostike stanja najpre daje rešenja koja su optimalna po pojedinim kriterijumima, a zatim utvrđuje i kompromisna rešenja koja se predlažu, a pomoću kojih treba usvojiti jedno konačno rešenje. Model se može, kao prototip, primeniti u dokazivanju metodoloških karakteristika, verovatnoće otkaza u toku povećanja efikasnosti rada ležajeva, kao i u samom proučavanju komponenata sklopova motornih vozila. Kao takav, istovremeno je primenljiv u planiranju dijagnostike stanja vozila.

U analizi i formiranju modela, krenulo se od parametara dijagnostike stanja motornih vozila i zabeleženih ukupnih otkaza na njihovim sastavnih komponentama, nastalih pod dejstvom povećanih radnih temperatura i pohabanosti ležajeva (merodavna analiza je objašnjena u poglavlju 5). Neophodno je da postoji baza podataka o već utvrđenim uzročnicima, mestu pojave i manifestaciji za svaku komponentu sklopa motornih vozila. Otkazi bilo koje vrste koji se javljaju na sastavnih komponentama sklopova su posledica najčešćih grešaka u konstruisanju, materijalu, proizvodnji, montaži, eksploataciji i grešaka podmazivanja. Sve one treba da posluže kao smernice prilikom analize otkaza koja se sprovodi u praksi i koja će omogućiti otkrivanje uzroka [65].

Postupak dijagnostike stanja predstavlja izbor najznačajnijih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Kao alternativa za određivanje optimalne sigurnosti, uzeta je pouzdanost rada sastavnih komponenti na osnovu zabeleženih otkaza u dva slučaja (tabele 4.1 i 4.2).

Na slici 4.10 prikazan je algoritam za praćenje eksploatacionog rada koji je doprineo zaokruživanju metodologije dijagnostike stanja za potrebe određivanja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila (slika 4.3 i 4.4). U definisanju odgovarajuće statističke metode za određivanje date dijagnostike stanja motornih vozila, pošlo se od sledeće dve faze i to [63]:

- evidentiranog broja otkaza n sastavnih komponenata motornih vozila u odnosu na početni nivo stanja,
- analize rada sastavnih komponenata motornih vozila u toku njihove eksploatacije.

Analiza pouzdanosti je obuhvatila merodavne pouzdanosti ustanovljene dejstvom povećanja radnih temperatura i pohabanosti ležajeva. Određenim vrednostima posmatrane pouzdanosti, definisan je model pouzdanosti na bazi model blok dijagrama na mernim mestima pouzdanosti utvrđenih na osnovu radnih temperatura i na osnovu pohabanosti ležajeva vozila.

Njihovom povezanošću i međusobnim uticajima, formirana je korelacija parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila, Mk_I – korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležajeva vozila.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

Na bazi uzajamno povezanih korelacija, sprovedena je analiza modela u empirijskom istraživanju, koji se može primeniti kako na jednostavne tako i na složene sisteme bez obzira na gabaritnost komponenata sklopova vozila.

Rešavanjem opšteg oblika determinanti $K(t)$, dobijen je konačni izraz za određivanje zavisnosti prostorne krive parametara dijagnostike stanja motornih vozila gde su analizirane neophodne ravanske krive zavisnosti korelacija, koju određujemo na osnovu datog dobijenog modela. Iste su izvedene na bazi podprograma koji je formiran pomoću matematičkog programa MATLAB 6.5 (slike 5.13 i 5.14), gde su na dijagramima prikazane po dve ravanske krive korelacije i to jedna bez primene kontrole, a druga sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila.

Analiziranjem prikazane vrednosti dobijene ravanske rezultujuće krive bez primene kontrole i sa primenom kontrole parametara stanja korelacija zazora i temperature ležajeva motornih vozila koji se mogu aproksimirati matematičkim izrazima i prikazati ravanskom krivom korelacija na slikama 5.12 - 5.14 [66]. Primenom korelacije temperature i pohabanosti ležajeva (M_1 , M_2 i M_3) u vremenskom periodu i određenog pređenog puta, kao rezultat se dobija izraz za određivanje zavisnosti prostorne krive parametara dijagnostike stanja motornih vozila: $f(x) = M K_1^* x^n + M K_{n-1}^* x^{n-1} + \dots + M K_i^* x + M K_0^*$

Primenom parametara (zamena ulja i filtera na 15000 km) zadržava se opseg radnih temperatura $98 \div 99,5^\circ C$, u slučaju primene kontrole parametara, a bez njihove primene opseg temperatura je $94,5 \div 97^\circ C$ što je manje za 8,6%, čime se takođe opravdava uvođenje ovih parametra dijagnostike stanja vozila [64].

U cilju optimalnog definisanja modela dijagnostike stanja pouzdanosti, algoritme i softver treba obuhvatiti kroz izradu modela baze podataka tako da skup vrednosti tih podataka definišu stanje u sistemu praćenja dijagnostike. Određeni model, pravim izborom parametara u postupku dijagnostike stanja, imaće primenu sa pozitivnim efektom čime će se povećati pouzdanost, gotovost i ocena parametara trenutnog stanja pri radu komponenata sklopova motornih vozila [70]. Suština je da se odredi stepen uticaja parametara na pouzdanost sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, kao i granice rada komponenata u zavisnosti od merodavne pouzdanosti i vrste raspodele.

Uvek postoje mogućnosti da korisnik motornog vozila varira pri sprovođenju preventivnih postupaka održavanja kao i njihov obim i dubinu, odnosno stepen obnavljanja, broj zamenjenih komponenata u sklopovima. To dozvoljava izbor najbolje koncepcije i modela dijagnostike stanja kao i preventivnog održavanja vozila. Stvorene okolnosti određuju najpovoljnije kriterijume optimizacije vrhunske raspoloživosti komponenata motornih vozila pri minimalnim troškovima održavanja.

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i sprovođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[70]. Janjić, N., Adamović, Z., Nikolić, D., Asonja, A., Stojanović, 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.

Tokom celog perioda korišćenja motorna vozila su izložena uticaju širokog spektra spoljnih i unutrašnjih poremećaja stohastičkog karaktera, koji dovode do odstupanja njihovih osnovnih karakteristika i parametara stanja od dozvoljenih vrednosti. U stalnoj je proverbi da se radne karakteristike komponenata motornih vozila održe u granicama dozvoljenih odstupanja ili ponovo vrata u zadati interval. Takođe razvijeni su različiti sistemi dijagnostike i održavanja, zavisno od karakteristika primenjene koncepcije dijagnostike stanja, tehnologije i organizacije održavanja komponenata vozila.

Procesi kontinualne i diskretne promene parametara stanja komponenata su u funkciji vremena korišćenja motornog vozila, kao posledica različitih uticaja stohastičkog karaktera, koji dovode do "iznenadnih" otkaza, opredeljuju specifičnost motornih vozila u pogledu izbora i kombinovane primene koncepcija i modela dijagnostike stanja kao i posebno preventivno održavanje prema stanju.

Razvijeni modeli dijagnostike stanja se aproksimira procesom ili sistemom dijagnostike, a zajedničko je svojstvo to da postoji na pokazateljima pouzdanosti ili na zakonitostima promene parametara stanja i razvijeni su za pojedine komponente (npr. kolenasta i bregasta vratila). U praksi se, međutim, javlja problem njihove aplikacije na realnim komponentama, odnosno postavlja se problem realizacije stvarnog upravljanja stanjem tih komponenata. Teorijska dostignuća pružaju zaista velike mogućnosti, ali je potrebno dosta truda da se, u mnogim slučajevima, apstraktni matematički aparat modela dijagnostike stanja aplicira na primenjena istraživanja komponenata motornih vozila [70].

Formirani model dijagnostike stanja omogućava optimalno, upravljanje procesima promene stanja i održavanja motornih vozila. Model je zasnovan na realnoj situaciji da stohastičke promene parametara stanja motornih vozila nameću potrebu njihovog držanja u granicama dozvoljenih odstupanja funkcije maksimalne pouzdanosti. Koristeći savremene metode verovatnoće i matematičke statistike, modeliranja i simulacije, definisana je naučno zasnovana metodologija za razvoj i primenu modela [70]. Model predstavlja originalnu sintezu dijagnostike stanja, izbora parametara i raspoloživosti komponenata sa smanjenjem pojave otkaza uz preventivnog održavanja prema stanju i preventivnog održavanja "po vremenu", na bazi kriterijuma pouzdanosti, maksimalne gotovosti i minimalnih troškova.

Na kraju, data je i dokazana glavna hipoteza koja treba da omogući formiranje modela dijagnostike stanja u cilju postizanja maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti motornih vozila u radu. Zaključak koji sledi, a ujedno predstavlja i potvrdu glavne hipoteze jeste da uspešno izvršena analiza izabranih parametara stanja sastavnih komponenata motornih vozila, doprinosi modelu dijagnostike stanja za utrdivanje vrednosti, maksimalnoj pouzdanosti i raspoloživosti komponenata sklopova motornih vozila. Zahvaljujući svemu ovome i primenom dobijenih rezultata koji nastaju usled povećanja temperature i pohabanosti ležajeva, na komponentama vozila se na taj način smanjuje pojava otkaza za 15,8% [67].

[67]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost ležajeva motornih vozila, Časopis „Menadžment znanja“ 3-4, godina IX, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2014.

[70]. 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.

6.3 VREDNOSTI RADNIH TEMPERATURA NA MERNIM MESTIMA

Upotreba opreme za merenje temperature ležajeva, tj. davača temperature površine između ležajeva i vratila, zavisi od sastavnih komponenata motornih vozila i viskoziteta ulja, a primenjena je na sledeći način [68].

Radna temperatura je praćena na ležajevima u okviru određenih pređenih kilometara i vremenskog intervala rada motornih vozila [52]. Cilj merenja je da se utvrdi stabilnost promene temperature u toku vremena i određenog pređenog puta primenom modela dijagnostike stanja (poglavljje 5.4). Merenje temperature na ležajevima je u [$^{\circ}\text{C}$] realizovana je na svakih 100000 km, tako da je veličina uzorka bila $n = 9$, motornih vozila Volvo – D9B 340 i D7C 275, JGSP – Novi Sad, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš–Ekspres“ – Niš, Lasta – Beograd [64].

Na mestu merenja 1, (slika u prilogu P. 1 g. na strani 216) davačem temperature sa dva radna kontakta izvršeno je merenje temperature na ležaju M_1 , od kojih prvi daje signal kod porasta temperature 94°C (95°C), a drugi obustavlja rad kod porasta temperature iznad $96,5^{\circ}\text{C}$ (97°C) [68].

Na mestu merenja 2, (slika u prilogu P. 1 g. na strani 216) davačem temperature sa dva radna kontakta, merenje temperature je izvršeno na ležaju M_2 , od kojih prvi daje signal kod porasta temperature 94°C (95°C), a drugi obustavlja rad iznad $96,5^{\circ}\text{C}$ (97°C).

Na mestu merenja 3, (slika u prilogu P. 1 g. na strani 216) davačem temperature sa dva radna kontakta izvršeno je merenje temperature na ležaju M_3 , od kojih prvi daje signal kod porasta temperature 94°C (95°C), a drugi obustavlja rad kod porasta temperature iznad $96,5^{\circ}\text{C}$ (97°C) [68].

Korišćenjem zabeleženih vrednosti radnih temperatura (tabela 5.15 i 5.20), a na osnovu datih vrednosti pouzdanosti $K_i(T)$, utvrđen je kvalitet (obuhvata sve tri oblasti sigurnosti funkcionisanja rada sastavnih komponenata sklopova motornih vozila), na osnovu kog su određeni grupni intervali opsega radnih temperatura [68].

Na prikazanom dijagramu (slika 5.8), jasno se izdvajaju ovi intervali rada u okviru kojih nisu primenjeni parametri postupka dijagnostike stanja motornih vozila.

Bez primene kontrole parametara stanja motornih vozila, je grupni interval ispravnog rada kreće se u opsegu temperatura $96,5 \div 97,5^{\circ}\text{C}$, a sa primenom kontrole parametara stanja motornih vozila $94,5 \div 96,5^{\circ}\text{C}$ [68].

- [52]. Ерифанов Л. И., Епифанова Е. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., - 280 с.: (Серия Профессиональное образование), Москва, 2001.
- [64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i sprovođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.
- [68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

6.4 VREDNOSTI POHABANOSTI LEŽAJEVA NA MERNIM MESTIMA

Sigurnost funkcionisanja analiziranih ležajeva motornih vozila može se predvideti na osnovu vrednosti zabeleženih stalnih praćenja zazora ležajeva i vratila motornih vozila.

Do pojave intenzivnih otkaza na ležajevima usled njihove pohabanosti zbog uticaja velike transverzalne sile, došlo je u datom periodu od 30.06.2009. god. do 31.12.2013. god., i pređenog puta 1300000 km, što je sve uticalo na debalans samog vratila i nesiguran rad komponenata motornih vozila, što procentualno iznosi 15,8% [63]. Otkazi su periodični, a njihov broj kao i veličina zazora je zabeležena u tabeli 5.1.

Evidentirani otkazi nastali su usled povećanja zazora koje su zabeleženi uz pomoć senzora lociranih na svakom sklopu ležaja i vratila.

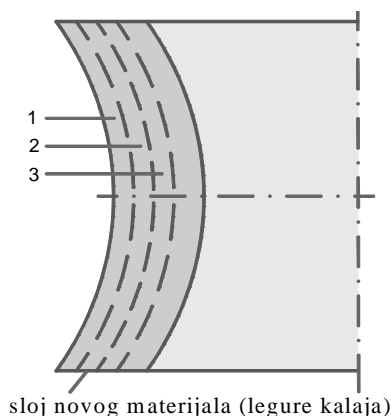
Zbog svega pomenutog, pristupilo se generalnom remontu motora. Veličina unutrašnjeg prečnika ležaja izmerena je nakon demontaže, a njegove vrednosti date su kroz tri zone i to:

Merenje u zoni 1 obuhvata zonu merenja prečnika stabilnog ležaja kolenastog vratila neposredno posle određenog pređenog puta,

Merenje u zoni 2 obuhvata zonu merenja prečnika letećeg ležaja kolenastog vratila neposredno posle određenog pređenog puta,

Merenje u zoni 3 obuhvata zonu merenja prečnika bregastog vratila neposredno posle određenog pređenog puta.

Prikaz zone merenja zazora i unutrašnjeg prečnika stabilnog ležaja i vratila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, date je na slici 6.1.



Slika 6.1 Prikaz preseka prečnika stabilnog ležaja pri merenju pohabanosti,
 1 - zona merenja stabilnog ležaja, 2 - zona merenja letećeg ležaja,
 3 - zona merenja bregastog ležaja, JGSP – Novi Sad

Date zone merenja korišćene su za određivanje vrednosti spoljnog prečnika kolenastog vratila i ležajeva bez i sa primenom kontrole parametara stanja motornih vozila.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Vrednosti zazora bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila su kod stabilnog ležaja M_1 i letećeg ležaja M_2 određene prema idealnom zazoru jer je promena zazora približno linearna, dok kod kliznog ležaja M_3 Weibull-ovom raspodelom su određeni merodavni zazori (tabela 5.3 i 5.4).

Dobijene vrednosti zazora su nam pokazale da se radi o čvrstom naleganju $\Phi 68 H 8 / f 7$, $\Phi 68 H 8_{+0}^{+54}$, $\Phi 68 f 7_{-36}^{-71}$, što ukazuje da je granični zazor, $Z_g = 0,012 \mu m$ što se i vidi iz zabeleženih merenja (tabele u prilogu P. 31 – P. 34 na strani 236-237).

Kako bi se smanjio procenat zazora spoljnjeg prečnika kolenastog vratila za vreme generalnog remonta, uveden je nov parametar pohabanosti čiji se uticaj ogleda u promeni tolerancijskog polja naleganja stabilnog ležaja, i u skladu stim je uvedeno novo naleganje $\Phi 68 H 7 / g 6$.

U tabeli 5.2 prikazane su izmerene vrednosti unutrašnjeg prečnika ležajeva i to u periodu od 30.06.2011. god. do 31.12.2013. god. Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad. Nakon ovog vremena izvršen je generalni remont. Na osnovu tabele 5.7, aritmetičkom sredinom određene su ekstremne vrednosti zazora ležajeva M_1 i M_2 .

Na bazi zabeleženih vrednosti unutrašnjeg prečnika ležajeva M_3 , koje su prikazane u tabeli 5.9, aritmetičkom sredinom određene su ekstremne vrednosti zazora.

Oblasti rizika definisane su u zavisnosti od maksimalne veličine zazora u oblasti rada ležajeva M_1 , M_2 i M_3 , a njihov prikaz se nalazi u tabelama 5.9.

Veličine zazora bez primene kontrole parametara optimizacije za ležajeve M_1 i M_2 iznose: $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 opt} = 0,018(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,022(mm)$, a sa primenom parametara stanja iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(mm)$, $z_{M_1, M_2} (mm)_{opt} = 0,013$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,015(mm)$, a za M_3 je: $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$, $z_{M_3 opt} = 0,011(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,012(mm)$ [69].

Dobijene ekstremne vrednosti zazora ukazuju da se primenom kontrole parametara pohabanost ležajeva smanjuje [69]:

$$\text{- za stabilni i leteći ležaj: } z_{M_1, M_2} = \frac{z_{mv M_1, M_2 \max} (mm)}{z_{M_1, M_2 \min p} (mm)} = \frac{0,022}{0,014} = 1,571$$

$$\text{- za klizni ležaj: } z_{M_3} = \frac{z_{mv M_3 \max} (mm)}{z_{M_3 \min p} (mm)} = \frac{0,015}{0,010} = 1,500$$

Ukupno smanjenje pohabanosti ležajeva je:

$$z = \frac{z_{M_1, M_2} + z_{M_3}}{2} = \frac{1,571 + 1,500}{2} = 1,535 = 15,35\%$$

Primenom modela i uz upotrebu kontrole parametara stanja motornih vozila u periodu od 30.06.2011. god. do 31.12.2013. god. i određenog pređenog puta od 700000 do 1300000 km, dolazi do znatnog smanjenja pojave otkaza koji nastaju usled pohabanosti ležajeva i to sa 32,4% na 15,35% [69].

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

6.5 REZULTATI ISTRAŽIVANJA U FUNKCIJI PRAKTIČNE PRIMENE

Formirani model može nam pokazati do kojih graničnih vrednosti komponente vozila mogu imati ispravan i siguran rad u procesima eksploatacije. Konstruisane granične krive određuju zavisnost frekventne sigurnosti u funkciji eksploatacionog rada komponenta sa dozvoljenim rizikom – optimalni rad analiziranih sklopova. Vrednosti prema izabranim mernim mestima na kojima su vršena merenja temperature i pohabanosti ležajeva, a ostvarena sigurnost funkcije pouzdanosti $K_i(t)$ iznad graničnih krivih, predstavljaju stanje rada komponenta sa nedozvoljenim rizikom. Na bazi datih vrednosti svih parametara bitnih u procesu formiranja modela rada komponenta prema izabranim mernim mestima, izvršena je analiza modela sigurnosnog funkcionisanja rada istih.

Primenom podmodela na izabrana merna mesta za određivanje temperature i pohabanosti ležajeva, izvršeno je njihovo povezivanje u strukturni blok dijagram. Analitičkim pristupom određeni su matematički izrazi koji obuhvataju lokaciju mernih mesta kao i njihovo međusobno povezivanje, a zatim je određen opšti analitički oblik prenosne funkcije modela $MK_{TPi}(t)$ koji definiše sigurnost rada posmatranog sklopa.

Praćenjem i analizom promene temperatura ležajeva u toku vremena, uz uvođenje novih parametara dijagnostike stanja, primećujemo da se povećala vrednost rada ležajeva u odnosu na njihovo postojeće stanje (detaljnije u poglavlju 5.4). Grupni interval ispravnog rada se kreće u rasponu temperatura bez primene parametara dijagnostike stanja $98 \div 99,5^\circ C$, a sa primenom parametara dijagnostike stanja $94,5 \div 97^\circ C$.

Veličine zazora bez primene kontrole parametara optimizacije za ležajeve M_1 i M_2 iznose: $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 \text{opt}} = 0,018(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,022(mm)$, a za ležaj a sa primenom kontrole parametara iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(mm)$, $z_{M_1, M_2 \text{opt}} = 0,013(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,015(mm)$. Ukupan procenat smanjenja rizika i povećanje sigurnosti funkcionisanja rada ležajeva u okviru merenja i analiza praćenja promene pohabanosti, povećala su vrednost trajanja rada ležajeva u odnosu na postojeće stanje istih.

Osnovu svoje opravdanosti, ovo istraživanje ima u analizi koja obuhvata povećanje optimalne vrednosti rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila za približno 12% u odnosu na prvobitno postojeće stanje rada istih (detaljnije u poglavlju 5.3) [64].

Rezultati istraživanja omogućiće sprovođenje tj. praktičnu primenu, a time i opravdanost programiranja algoritma neophodnog za izradu matematičkog modela dijagnostike stanja motornih vozila. Modelom se određuje veza periodičnosti provere parametara i signalizacije tolerancije parametara stanja komponenta u cilju obezbeđenja željenog nivoa pouzdanosti. Dobijane vrednosti imaće svoju naučnu i veliku praktičnu primenu u oblasti auto industrije, dok će istovremeno biti od posebnog značaja za unapređenje postupaka dijagnostike stanja motornih vozila i postupaka preventivnog održavanja, gde će naći i svoju opravdanost. Ostvareni rezultati ukazuju na mogućnost povećanja produktivnosti rada komponenta sklopova motornih vozila, a time će ujedno i auto industrija moći da smanji pojavu otkaza na svojim komponentama za 15,8%, pre svega na bazi veka trajanja i izdržljivosti komponenta [64].

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i sprovođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.

6.6 DISKUSIJA REZULTATA ISTRAŽIVANJA I UPOREĐIVANJE SA DRUGIM, UZ UTVRĐIVANJE NJIHOVE MEĐUSOBNE SLIČNOSTI I RAZLIKE

Primenom metode najmanjih kvadrata za funkciju raspodele, a kontrolisanjem odstupanja radnih temperatura u ležajevima, konstruisan je dijagram položaja teorijske prave i eksperimentalnih tačaka uzoraka. Ujedno je određen interval statističkog skupa ($94^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 99^{\circ}\text{C}$) i dati su pokazatelji eksploatacione raspodele na osnovu eksploatacionih podataka o utvrđenim ekstremnim vrednostima radnih temperatura ležajeva. Dalje, izvršena je ocena sposobnosti provere parametara dijagnostike pri merenju temperature, a zatim je definisan dijagram promena parametara stanja komponenti pri eksploatacionoj funkciji raspodele odstupanja temperature ležajeva.

U analizi koja sledi definisane su oblasti sigurnog i optimalnog rada kao i rizika posmatranih komponenata, na osnovu kojih su određene ekstremne vrednosti radnih temperatura. Na osnovu pomenutih ekstremnih vrednosti parametara dijagnostike radnih temperatura sa postupcima optimizacije, izvršeno je i merenje vrednosti odstupanja temperatura ležajeva, što je omogućilo formiranje grupnih intervala radnih temperatura, pomoću Weibull-ove raspodele.

Ekstremne vrednosti određene su primenom aritmetičkih sredina i idealne vrednosti zazora i one su uzete kao početni parametri Weibull-ove raspodele za utvrđivanje merodavnih zazora a istovremeno i za definisanje oblasti sigurnog, ispravnog rada i oblasti rizika vozila.

Uvođenjem parametra (smanjenje intervala promene ulja na 15000 km i menjanjem filtera), ne menja se raspon radnih temperatura $94,5 \div 96^{\circ}\text{C}$, a bez primene kontrole parametara kreće se u rasponu od $97 \div 99,5^{\circ}\text{C}$ [69]. Prethodna istraživanja su obuhvatila određivanja ekstremnih vrednosti radnih temperatura stabilnih ležajeva $97,5 \div 100,5^{\circ}\text{C}$ i njenu optimizaciju. Krenulo se od merenja radnih temperatura ležajeva na kolenastom vratilu i od ekstremnih ispitivanja. Na osnovu empirijskih istraživanja, izvršeno je formiranje model blok dijagrama pouzdanosti na bazi posmatranja kolenastog vratila motornih vozila [77].

Bez primene kontrole parametara stanja za ležajeve M_1 i M_2 veličine zazora iznose $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(\text{mm})$ a za ležaj $z_{M_3 \max} = 0,022(\text{mm})$, dok sa primenom parametara stanja iznose (promena naleganja) $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(\text{mm})$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,015(\text{mm})$, a za M_3 je $z_{M_3 \min} = 0,012(\text{mm})$, $z_{M_3 \max} = 0,014(\text{mm})$ [69], $z_{M_3 \min} = 0,010(\text{mm})$, $z_{M_3 \max} = 0,012(\text{mm})$.

Za definisanje merodavnih zazora pri merenju pohabanosti ležajeva na kolenastom vratilu sa primenom kontrole parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila, korišćena je procedura slična onoj koja se primenjuje i kod ostalih ležajeva. Korišćenjem ekstremne standardne devijacije i merodavnih zazora $z_{kv} = 0,015 \text{ mm}$, određene su oblasti rada i drugih ležajeva [77].

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[77]. Karastojković Z., Smajić Z., Kovačević Z., Tehnička dijagnostika kolenastog vratila SUS motora, Časopis »Tehnička dijagnostika«, vol. 12, br. 3, str. 38-45, Beograd, 2013.

Samo u slučaju pravilnog izbora najznačajnijih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja kolenastog vratila motornih vozila moguć je postupak dijagnostike stanja kolenastog vratila. Statistička analiza raspodele prikazuje primenu metodologije postupaka dijagnostike stanja koji je upotrebio analizu stanja rada pri određivanju sigurnosti funkcionisanja kolenastog vratila motornih vozila. Metoda rešavanja dijagnostike stanja pouzdanosti vratila obuhvatiće najpre fazu prikazivanja evidentiranog broj otkaza na pomenutom, a zatim i analizu eksploatacionih uslova rada kolenastog vratila motornih vozila [146].

Istraživanja izvršena na motornim vozilima bave se izborom optimalnih parametara u cilju definisanja i primene modela kontrole dijagnostike stanja, praćenja sigurnosti funkcionisanja ležajeva kolenastog vratila motornih vozila tokom pojave otkaza. Upoređivanje utvrđenih stepena sigurnosti funkcionisanja kolenastog vratila usled primene različitih parametara dijagnostike stanja, upućuje na njihovu izvesnu razliku. Naime, u ovoj disertaciji primenjeni parametri (praćena temperatura i veličine zazora) pokazuju u procentima povećanje stepena sigurnosti za $K_{os} = 17,9\%$, dok u ostalim radovima koji proučavaju ovu problematiku, zbog primene drugih parametara, dobijene su druge vrednosti znatno manje od pomenutih, procentualno izražene iznose 5,4% [70].

Definisani model dijagnostike stanja zahteva izbor najboljih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja kolenastog vratila motornih vozila. U ovoj disertaciji za određivanje optimalne sigurnosti, kao jedna od alternativa, uzeta je pouzdanost rada ležajeva kolenastog vratila bazirana na zabeleženim otkazima u slučaju primene i u slučaju bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja. Izvesna sličnost pri formiranju modela dijagnostike kolenastog vratila postoji i u drugim radovima koji se bave proučavanjem ove problematike. Pomenute sličnosti jasno se mogu uočiti upoređivanjem dijagrama koji prikazuju dati model formiran usled primene kontrole dijagnostičkih parametara [147].

Za potrebe sagledavanja strukture kolenastog vratila, uvodi se održavanje na bazi rizika, koji predstavlja još jedan dijagnostički parametar. On ukazuje na razlike u rezultatima nastalih zazora usled otkaza, proučavanjem postupka dijagnostike stanja kolenastog vratila motornih vozila u ovom u odnosu na ostale radove [147]. Analizom su obuhvaćeni rizici kod ležajeva kolenastog vratila motornih vozila, a rangiranjem se na njima određuju kritične tačke. Istraživanje koje je pokazalo razliku veličine zazora ležajeva kolenastog vratila, pored dijagnostike obuhvata i elemente procesa eksploatacije vozila, veze sa sistemom pouzdanosti, ograničenja pri formiranju modela, uslovljenost kapaciteta radnih mesta i dr. Pomenuta razlika u zazoru ogleda se u broju zabeleženih otkaza kojih u ovom radu ima znatno manje u odnosu na broj otkaza u ostalim radovima iz ove oblasti [70], [146].

[70]. 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.

[146]. Nikolic, N., Torovic, T., Antonic, Z., Doric, J., Algoritam za konstruisanje uslovnog dijagrama habanja glavnih rukavaca kolenastog vratila motora SUS, časopis - FME Transactions, vol. 39, br. 4, str. 157-164, Beograd, 2011.

[147]. Nikolić N., Torović T., Antić Ž., Dorić J., Upotrebn prikaz dva analitička postupka konstruisanja dijagrama opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila, Časopis - IMK-14 - Istraživanje i razvoj, vol. 17., br.1, Kruševac, 2011.

6.7 ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Izbor modela dijagnostike stanja za određene komponente motornih vozila uslovljen je različitim uticajima tehničkog i ekonomskog karaktera, pa se odluka o pogodnosti primene parametara i modela mora doneti za svaku komponentu posebno. Odlučivanjem prema sopstvenom razvijenom algoritmu statističke analize na bazi kojeg je izrađen model, dolazi se, do najboljeg rešenja za izbor koncepcije i modela dijagnostike stanja, u skladu sa definisanim kriterijumima, podacima o pokazateljima pouzdanosti, definisanim zakonitostima promene parametara stanja komponenata motornih vozila, konstrukcijskoj pogodnosti za održavanje, troškovima održavanja, i dr.

Postupak dijagnostike stanja moguć je samo u slučaju pravilnog izbora najvažnijih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Primena metodologije postupaka dijagnostike stanja prikazana je statističkom analizom, koja je upotpunila analizu stanja rada pri određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila, a metoda rešavanja dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila obuhvaćene su sa dve osnovne početne faze, najpre prikazivanje evidentiranog broj otkaza n sastavnih komponenata motornih vozila na osnovu početnog nivoa stanja (u prilogu P.1 - P.4 na strani 218-219), a zatim analizu eksploatacionih uslova rada sastavnih komponenata motornih vozila (u prilogu P.17 - P.20 na strani 226-227).

Prikazane faze daju kvalitet upotrebe koji se manifestuje kroz performanse pouzdanosti. Date performanse obuhvataju dve metode:

Metoda 1: obuhvata evidentirane podatke u otkazima nastalih usled dejstva povišene temperature i pohabanosti ležajeva i ujedno definišu empirijsku funkciju gustine raspodele $S_a(t)$, empirijsku funkciju intenziteta otkaza $\lambda_a(t)$ i empirijsku funkciju pouzdanosti $K_a(t)$, iz empirijskih podataka (tabele 5.9 i 5.20, slike 5.4 i 5.11). Ova metoda je ustanovila redosled organizacije raspodele dijagnosticiranja sastavnih komponenata motornih vozila (slika 5.12). Takođe, postavila je osnov u određivanju pouzdanosti rada u toku njihove eksploatacije i time omogućila određivanje korekcionne vrednosti pouzdanosti usled otkaza kojim su nastali na sastavnih komponenata sa primenom i bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila. Data metoda pomogla je u grupisanju učestalosti pojavljivanja otkaza kao i način njihovog nastanka i njihove posledice prema uticajnosti, a takođe je obuhvatila i redosled toka dijagnoze parametara stanja sastavnih komponenata motronih vozila.

Metoda 2: sadrži izbor statističke raspodele pouzdanosti komponenata posmatranih sklopova koja obuhvata podatke o otkazima nastalih pod uticajem povišene temperature i pohabanosti ležajeva u eksperimentalnim uslovima. Ova metoda sadrži model koji je prikazan kao model dijagnostike stanja sastavnih komponenata vozila (slika 5.12) i u njoj je izvršena podela na podmodele 1 i 2 (prikaz na slikama 5.13 i 5.14), čime je dobijena matematička zavisnost optimalne prenosne funkcije pouzdanosti. Na osnovu utvrđene zavisnosti određene su, bez i sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila, vrednosti prenosnih funkcija pouzdanosti, a zatim je grafički prikazana zavisnost na bazi dobijenih vrednosti ($f(K_i(t)), K_a(t)$), (slika 4.14). Dijagram pokazuje da se granice vrednosti pouzdanosti na osnovu prenosnih funkcija, nalaze se u intervalu

$K_{a_i}(t) = 0,89 \div 1,0$. Za vrednosti $K_{a_i}(t) < 0,95$ prenosna funkcija $K_i(t)$ se znatno smanjuje, što ukazuje da minimalna pouzdanost rada komponenti sklopova motornih vozila ne bi trebalo da se analizira ispod ove granice.

Normalna Gausova raspodela, odnosno merodavna statistička raspodela pouzdanosti sastavnih komponenata motornih vozila omogućila je definisanje date prenosne funkcije i konstruisanje dijagrama zavisnosti pouzdanosti (u priloga P.39 i P.40 na strani 242-243) u eksploatacionim uslovima gde je određeno okvirno vreme ispravnog i sigurnog rada ležajeva $K_a(t)_{\min} = 0,96$ za minimalnu vrednost pouzdanosti [69].

Granice ispravnog rada sastavnih komponenata sklopova motornih vozila su: vrednosti $t \leq 700000 \text{ km}$, zabeležene na mestu merenja 1, vrednosti $t \leq 900000 \text{ km}$, zabeležene na mestu merenja 2, vrednosti $t \leq 1300000 \text{ km}$, zabeležene na mestu merenja 3.

Primena ležaja kolenastog vratila predstavlja pojas ispravnog i sigurnog pređenog puta $t_N = 700000 \div 1000000 \text{ km}$, dok kod bregastih ležajeva vreme je veće i iznosi $t_V = 1000000 \div 1300000 \text{ km}$. Donja granica eksploatacionog vremena ispravnog i sigurnog rada odnosi se na stanje bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila, dok se gornja granica odnosi na stanje sa optimalnom primenom parametara [69].

Ove će nam oblasti u daljoj analizi poslužiti kao okvirne u određivanju merodavnih pouzdanosti motornih vozila. Buduća istraživanja bi obuhvatila određivanje sigurnog rada – rada bez rizika u zavisnosti od merodavne pouzdanosti (tabela 4.6) primenom odabrane statističke raspodele prema mernim mestima. Kroz praćenje eksploatacionog pređenog puta $s(\text{km})$ u ovim oblastima, vršiće se stalna provera uticaja temperature i pohabanosti ležajeva, jer one predstavljaju siguran i ispravan rad komponenata sklopova motornih vozila (eksploatacioni rad bez rizika).

Formirani model dijagnostike stanja pouzdanosti sastavnih komponenata motornih vozila je obuhvatio najznačajnije parametre teorijske i eksperimentalne analize (uticaj temperature i pohabanost ležajeva kao parametre koji su povezani u matematički oblik), a njegova analiza započela je sa primenom kontrole parametara i zabeleženim ukupnim otkazima na komponentama motorih vozila.

Istraživanjem pouzdanosti, zaključujemo da je ona u sprezi sa merodavnom pouzdanošću koja je određena i zavisi od povećanja nivoa radnih temperatura i pohabanosti ležajeva. Na bazi datih vrednosti analizirane pouzdanosti, određen je model na osnovu model dijagrama (slika 4.17) koji obuhvata merna mesta pouzdanosti pod dejstvom radnih temperatura i pouzdanosti nastale pod uticajem pohabanosti ležajeva.

Povezanošću svih pomenutih vrednosti formiraju se korelacije parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila, kao što je korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležajeva (K_{aL}). Na osnovu ustanovljenih korelacija, sprovedena je analiza modela kroz empirijska istraživanja, pa možemo konstatovati da se ovakav model može primeniti kako na jednostavne tako i na složene sisteme, bez obzira na gabaritnost komponenata sklopova motornih vozila.

[69]. 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.

Na bazi empirijskih istraživanja, sadržano je formiranje model blok dijagrama pouzdanosti pri istraživanju komponenti sklopova motornih vozila prema mernim mestima. Naredna istraživanja su obuhvatila određivanja ekstremnih vrednosti radnih temperatura ležajeva i njenu optimizaciju. Pošlo se od ekstremnih ispitivanja i merenja radnih temperatura ležajeva na mernim mestima (poglavlje 5, tabela 5.4).

Na bazi datih eksploatacionih podataka utvrđenih ekstremnih vrednosti radnih temperatura ležajeva, formiran je interval statističkog skupa ($95^{\circ}\text{C} \leq T_i \leq 99,8^{\circ}\text{C}$) i određeni su pokazatelji eksploatacione raspodele (tabela 5.11). Određene su numeričke statističke karakteristike eksploatacionih podataka i izvršen tabelarni prikaz linearizacije Gaus-ovom raspodelom $K(t)$, (tabela 5.13) [63]. Pri kontroli odstupanja radnih temperatura u ležajevima (prikaz na slici 5.11 i tabela 5.20), primenom metode najmanjih kvadrata za funkciju raspodele, konstruisan je dijagram položaja teorijske prave i eksperimentalnih tačaka uzoraka. Zatim, sprovedena je ocena sposobnosti provere parametara tehničke dijagnostike pri merenju temperature, a nakon toga konstruiše se dijagram promena parametara stanja komponenti pri eksploatacionoj funkciji raspodele odstupanja temperature ležajeva (prikaz na slici 5.20 – Volvo – D9B 340, JGSP – Novi Sad).

Na osnovu konstruisanih dijagrama na slikama 5.8 i 5.11, određen je kvalitet koji je definisao granice elemenata:

- sigurnog i ispravnog rada ležajeva,
- optimalnog rada ležajeva,
- oblasti rizika.

U tabelama 5.15 i 5.20 i na slikama 5.8 i 5.11 prikazane su ove okvirne oblasti na osnovu kojih su određene ekstremne vrednosti temperature ležajeva bez primene kontrole parametara i sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila.

Dalja analiza sadrži određivanje ekstremnih vrednosti parametara dijagnostike – radnih temperatura sa postupcima optimizacije, a zatim su na bazi izmerenih vrednosti odstupanja temperatura ležajeva, formirani grupni intervali radnih temperatura, pomoću Weibull-ovu raspodele. Ovde su definisane oblasti sigurnog i optimalnog rada kao i rizika posmatranih komponentata, na osnovu kojih su određene ekstremne vrednosti radnih temperatura ($T_{mv\ min}, T_{mv\ max}, T_{mvsr}, T_{mvopt}$).

Kao treći parametar postupaka dijagnostike stanja, uzeta je analiza pohabanosti ležajeva sa zabeleženim otkazima na mernim sklopovima motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad (tabele 5.5 i 5.9), a bez primene kontrole parametara i sa primene kontrole parametara zabeležene su vrednosti unutrašnjih prečnika ležajeva.

Primenom aritmetičkih sredina i idealne vrednosti zazora, određene su njegove ekstremne vrednosti. One su poslužile kao početni parametri Weibull-ove raspodele za određivanje merodavnih zazora $z_{mv\ min}, z_{mv\ max}, z_{mvsr}, z_{mvopt}$ kao i za određivanje oblasti sigurnog i ispravnog rada (tabela 5.9).

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

Približno ista procedura je korišćena i za određivanje merodavnih zazora pri određivanju pohabanosti ležajeva sa primenom kontrole parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila. Određene su oblasti rada ležajeva korišćenjem ekstremne standardne devijacije i merodavnih zazora.

U periodu od 30.06.2009. god. do 31.12.2011. god., Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad na osnovu pređenog puta dolazi do intezivnog rasta otkaza pod uticajem nastale pohabanosti ležajeva, tj. bez primene kontrole parametara. Za ovaj period se može reći da je to vreme njihovog nestabilnog rada, što procentualno iznosi 32,7% [68]. Uvođenjem modela sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja u periodu od 31.12.2011. god. do 31.12.2013. god. dolazi do smanjenja pojave otkaza, tj. na osnovu njega određene se vrednosti merodavnih zazora, procentualno 12,4%.

Na osnovu utvrđenih svih ekstremnih vrednosti parametara postupaka dijagnostike stanja, pristupa se u izradi rezultirajućeg modela. Određuju se korelacije koje su definisane algoritmom za praćenje eksploatacije preko blok podmodela pouzdanosti do metodologije samog modela dijagnostike stanja komponenata motornih vozila (prikaz na slici 4.17).

Matematička zavisnost korelacija je postavljena formiranjem kvadratnih determinanti oblika 3×3 sa koeficijentima korelacije. Rešavanjem opšteg oblika determinanti $MK_o(t)$ dobijen je konačni izraz za određivanje zavisnosti prostorne krive parametara dijagnostike stanja motornih vozila.

S obzirom da je kriva prostorna, a za analizu su bile neophodne ravanske krive zavisnosti korelacija, iste su određene pomoću podprograma koji je formiran na osnovu matematičkog programa MATLAB 6.5. (prikaz na slici 5.12 – 5.14). Na istim dijagramima su uvek prikazane po dve ravanske krive korelacije i to jedna bez primene, a druga sa primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila.

Na slici 5.12 prikazan je dijagram koji predstavlja vrednost zavisnosti korelacija zazora usled pohabanosti ležajeva i temperature, Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, gde je vrednost datih parametara sa primenom i bez primene kontrole parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila (optimalna vrednost predstavljena je odnosom temperature intervala $94,5^{\circ}\text{C} \div 99^{\circ}\text{C}$ i zazora $0,010 \div 0,022$ (mm)) [68].

Krive zavisnosti korelacija u prostoru, prikazane su na slikama 5.13 i 5.14 i one su obuhvatile određene vrednosti parametara dijagnostike stanja radnih temperatura, kao i pohabanost ležajeva sa primenom i bez primene parametara dijagnostike stanja. Takođe, na osnovu ovih parametara određene su ekstremne vrednosti temperature i pohabanosti ležajeva motornih vozila.

Sistemi za kočenje motornih vozila uključuju više funkcionalno i konstrukciono odjeljenih sklopova i podsklopova, sa relativno velikim brojem elemenata. Testovi efikasnosti karakteristika osnovnih delova sistema za kočenje treba da budu projektovani da omoguće merne veličine realnog opterećenja eksploatacije. Na osnovu tih veličina neophodno je analizirati uticaj na koeficijent trenja, viskoznosti ulja i odstupanja od kriterijuma minimuma vrednosti karakteristike ležajeva.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

Vrednosti radnih temperatura ležajeva $94,5 \div 96^\circ\text{C}$, se zadržava uvođenjem parametra (smanjenje intervala promene ulja na 15000 km i zamena filtera), a bez primene parametara dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, u funkciji eksploatacionog vremena (t), $95 \div 99,5^\circ\text{C}$, a na osnovu njega određuje se vrednosti temperature (smanjuje se vrednost temperature ležajeva sa upotrebom modela od 17,4% na 9,7%) [66].

Primenom kontrole parametra stanja, opseg temperatura ležajeva se smanjuje [63]:

$$\Delta T_i = (99,5 + 97) \div (94,5 + 96) = 6^\circ\text{C}$$

procentualno: $\Delta T_i = \frac{94,5 + 96}{99,5 + 97} = 0,969 \rightarrow (9,7\%)$ što takođe opravdava uvođenje ovog

parametra.

Kod određivanja veličine zazora bez primene kontrole parametara stanja za ležajeve M_1 i M_2 iznose: $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(\text{mm})$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,022(\text{mm})$ a za ležaj $z_{M_3 \min} = 0,012(\text{mm})$, $z_{M_3 \max} = 0,014(\text{mm})$, a sa primenom kontrole parametara stanja iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(\text{mm})$, a za M_3 je: $z_{M_3 \min} = 0,010(\text{mm})$ [70].

Ukupno smanjenje pohabanosti ležajeva je [63]:

$$z = \frac{z_{M_1, M_2} + z_{M_3}}{2} = \frac{1,571 + 1,500}{2} = 1,535 = 15,35\%$$

Utvrđene vrednosti zazora nam pokazuju da se radi o čvrstom naleganju, a ekstremne vrednosti zazora ukazuju na to da se sa primenom parametra ukupna pohabanost ležajeva smanjuje na 15,8% (detaljnije u poglavlju 5.3) [63].

Upotrebom kontrole parametara stanja i primenom modela dijagnostike stanja motornih vozila u periodu od 30.06.2011. god. do 31.12.2013. god. i na osnovu određenog pređenog puta od 700000 do 1300000 km, Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, dolazi do znatnog smanjenja pojave otkaza koji nastaju usled zazora na ležajevima i to sa 32,4% na 15,8%. (u prilogu P. 31 – P. 34 na strani 236-237) [74]. Upotrebom kontrole parametra stanja (koji se ogleda u poboljšanju kvaliteta površine ležajeva i promeni veličine zazora), smanjuje se procenat srednje veličine za 15,35% čime se i opravdava uvođenje ovog parametra [63].

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[70]. 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.

[74]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Određivanje vrednosti zazora ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

7.0 ZAKLJUČCI I DISKUSIJE

Svrha glavne hipoteze, koja je data kroz ova istraživanja, jeste formiranje modela dijagnostike stanja u cilju postizanja maksimalne pouzdanosti i raspoloživosti motornih vozila u radu i sastavnih komponenata sklopova motornih vozila.

Kada model sigurnosti funkcionisanja posmatranih sklopova nije bio u upotrebi u periodu od 30.06.2009. god. do 31.12.2011. god, Volvo D7C 275, JGSP – Novi Sad, dolazi do intezivnog rasta pojave otkaza usled pohabanosti ležajeva, pa je to period njihovog nestabilnog rada, što procentualno iznosi 32,7% [70] (u prilogu P.1 – P.4 na strani 218-219). Uvođenjem modela sa primene kontrole parametara dijagnostike stanja u periodu od 31.12.2011. god. do 31.12.2013. god., dolazi do smanjenja pojave otkaza, u funkciji eksploatacionog vremena (t), procentualno na 12,4% (u tom vremenu je u primeni model sigurnosti funkcionisanja analiziranih komponenata) [69].

Vrednosti radnih temperatura ležajeva sa primenom i bez primene parametara dijagnostike stanja motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, je u funkciji eksploatacionog vremena (t), a na osnovu njega izmerena vrednosti temperature (smanjuje se vrednost temperature ležajeva sa upotrebom modela od 17,9% na 9,7%) [69].

Formirani model dijagnostike stanja zahteva izbor najboljih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Za određivanje optimalne sigurnosti, kao jedna od alternativa, uzeta je pouzdanost rada sastavnih komponenata bazirana na zabeleženim otkazima u dva slučaja i to u slučaju primene i u slučaju bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja. Model je poslužio kao osnova za postavljanje jednačine kojom se određuju zavisnosti prostorne krive parametara stanja motornih vozila. Za dobijanje ekstremnih vrednosti jednačine prostorne krive, koristiće se ekstremne vrednosti korelacija $MK_{TPo(t)}^*$, parametara i to [70]:

1. Izračunavanjem zavisnosti korelacije bez kontrole parametara dijagnostike stanja vozila $MK_{TPo(t)}^*$ dolazi do intezivnog rasta pojava otkaza, a na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice:

$$MK_{TPo(t)}^* = \frac{T_i^2 \cdot z_i^2 \cdot K_i^4(t) \cdot \left(\frac{1 + v_2(t)}{U_i(t)} \right)^2}{\left(\frac{v_1^2(t) \cdot K_2^2(t)}{\beta_1 + U_i(t)} \right)^2 \cdot \beta_2^2 \cdot U_i^4(t)}$$

$$K_{oMV\beta}(t)_{opt} = f(\beta_{1opt}, \beta_{2opt}, v_{iopt}, U_i(t)_{opt})$$

Promene stanja ležajeva može se opisati promenom intenziteta otkaza i parametra toka otkaza na osnovu toga dobija se vrednost:

[69]. 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.

[70]. 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.

$$\begin{aligned}
 MK_{TP_o}^*(t) &= \left(K_{MV\beta}(t)_{opt} \cdot T_{miopt} \cdot z_{opt} \right)^2 \\
 MK_{TP_o}^*(t) \left[\frac{^{\circ}C}{\mu m \cdot s} \right] &= \left(K_{oMV\beta}(t)_{opt} \cdot T_{miopt} \cdot z_{opt} \cdot 10^3 \right)^2 \\
 MK_{TP_o}^*(t) &= (0,137 \cdot 97 \cdot 0,022 \cdot 10^3)^2 = 1,4732 \cdot 10^6 \quad [^{\circ}C / s]
 \end{aligned}$$

2. Izračunavanje zavisnosti korelacija sa kontrolom parametara dijagnostike stanja vozila dolazi do smanjenja pojave otkaza a na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice sigurnog ispravnog rada:

$$MK_{TP_o(t)}^* = \frac{T_i^2 \cdot z_i^2 \cdot K_i^4(t) \cdot \left(\frac{1+V_2(t)}{U_i(t)} \right)^2}{\left(\frac{V_1^2(t) \cdot K_2^2(t)}{\beta_1 + U_i(t)} \right)^2 \cdot \beta_2^2 \cdot U_i^4(t)}$$

$$K_{oMV\beta}(t)_s = \left(\beta_{1sopt}(t) \cdot T_{sopt} \cdot z_{sopt} \cdot 10^3 \right)^2$$

$$MK_{TP_a}^*(t)_s = (0,137 \cdot 76,5 \cdot 22,2)^2 = 13729585 \quad [^{\circ}C / s]$$

Procentualno povećanje uvođenjem primene kontrole parametara dijagnostike stanja iznosi (povećanje optimalne vrednosti):

$$\Delta MK_{TP_o}^*(t)_s = \frac{MK_i(t)}{MK_a(t)_s} = \frac{1,4732 \cdot 10^8}{13729585} = 8,1738\%$$

Posmatranje vrednosti korelacija pohabanosti i temperature $MK_{TP_o(t)}^*$ na osnovu ravanskih krivih bez i sa primenom kontrole parametara dijagnostike se procentualno povećala i sigurnost funkcionisanja komponenata kao i sposobnost određenog kvaliteta pouzdanosti koja je definisana sa granicom sigurnog ispravnog i optimalnog rada sklopova motornih vozila. Analizom se obuhvataju rizici kod određenih komponenata motornih vozila, a rangiranjem se određuju kritične tačke na posmatranim komponentama vozila na koje treba obratiti posebnu pažnju:

1) sledi korelacija $MK_{TP_1}^*(t) = g(T_{mvm}, z)$:

- korelacija zavisnosti bez primene kontrole parametara:

$$MK_{bp_1}^*(t) = \begin{bmatrix} T_{mvm} & z \\ 0 & z \end{bmatrix} = T_{mvm} \cdot z$$

Optimalna vrednost je:

$$MK_{TP_1}^*(t)_{opt} = T_{mvmopt} \cdot z_{opt} = 97 \cdot 0,016 = 1,536 \quad [mm \cdot ^{\circ}C]$$

- korelacija zavisnosti sa primenom kontrole parametara:

$$MK_{TP_{sp_1}}^*(t)_{opt.s} = T_{mv_{mopt.s}} \cdot z_{opt.s} = 96 \cdot 0,014 = 1,358 \text{ [mm} \cdot \text{°C]}$$

- 2. Povećanje korelacije u procentima iznosi:

$$\Delta MK_{TP_{sp_1}}^*(t) = \frac{MK_{TP_1s}^*(t)_s}{MK_{TP_{sp_1}}^*(t)_{opt.s}} = \frac{1,536}{1,358} = 0,1131\%$$

Oblasti sigurnog rada analiziranih sastavnih komponenta sklopova motornih vozila nalaze se između maksimalne i minimalne vrednosti korelacije ($T_{mi\ max}, T_{mi\ min}, z_{max}, z_{min}$).

Istraživanje pored dijagnostike stanja ležajeva kolenastog i bregastog vratila, obuhvata i komponente procesa eksploatacije vozila, veze sa sistemom pouzdanosti, ograničenja pri formiranju modela, uslovljenost kapaciteta radnih mesta. Na osnovu opšteg izraza vrši se određivanje zavisnosti prostorne krive primenom kontrole parametara dijagnostike stanja motornih vozila: za ekstremne vrednosti maksimuma i minimuma uzete su vrednosti temperature i pohabanost ležajeva, pa su dobijene sledeće vrednosti ukupne korelacije pouzdanosti $MK_{TP_0(t)}^*$ sa granicom ispravnog rada vozila:

- bez primene kontrole parametara [68]:

$$MK_{TP_{bp}}^*(t)_{max} = (K_{o\beta}(t)_{max} \cdot T_{max} \cdot z_{max})^2$$

$$MK_{TP_{bp}}^*(t)_{max} = (1,2 \cdot 99,5 \cdot 0,022)^2 = 6,9001 \text{ [}^0\text{C/sec]}$$

- sa primenom kontrole parametara [68]:

$$MK_{TP_{sp}}^*(t)_{max.s} = (K_{o\beta}(t)_{max.s} \cdot T_{max.s} \cdot z_{max.s})^2$$

$$MK_{TP_{sp}}^*(t)_{max.s} = (1,24 \cdot 98 \cdot 0,016)^2 = 3,7798 \text{ [}^0\text{C/sec]}$$

- bez primene kontrole parametara [68]:

$$MK_{TP_{bp}}^*(t)_{min} = (K_{o\eta}(t)_{min} \cdot T_{min} \cdot z_{min})^2$$

$$MK_{TP_{bp}}^*(t)_{min} = (0,294 \cdot 96,5 \cdot 0,014)^2 = 0,1578 \text{ [}^0\text{C/sec]}$$

- sa primenom kontrole parametara [68]:

$$MK_{TP_{sp}}^*(t)_{min.s} = (K_{o\beta}(t)_{min.s} \cdot T_{min.s} \cdot z_{min.s})^2$$

$$MK_{TP_{sp}}^*(t)_{min.s} = (0,0317 \cdot 95 \cdot 0,012)^2 = 0,0131 \text{ [}^0\text{C/sec]}$$

- a) Izračunavanje vrednosti u okviru oblasti sigurnog rada bez primene kontrole parametara:

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, BANSKO, Bulgaria, 2014.

$$\Delta MK_{TPbp}^*(t) = MK_{TPbp}(t)_{\max} - MK_{TPbp}(t)_{\min} = 6,9001 - 0,01578 = 6,7423 \text{ [}^{\circ}\text{C / sec]}$$

b) Izračunavanje vrednosti u okviru oblasti sigurnog rada sa primenom kontrole parametara [62]:

$$\Delta MK_{TPsp}^*(t)_s = MK_{TPsp}(t)_{\max p} - MK_{TPsp}(t)_{\min s} = 3,7798 - 0,0131 = 3,7667 \text{ [}^{\circ}\text{C / sec]}$$

Povećanje sigurnosti funkcionisanja rada komponenata [62]:

$$K_{os} = \frac{\Delta MK_{TPbp}^*}{\Delta MK_{TPsp}^*} = \frac{6,7423}{3,7667} \cong 17,9\%$$

K_{os} - oblast optimizacije sigurnosti rada komponenata.

Primenom parametara optimizacije, procenat srednje veličine temperture se smanjuje za 12,5% pa se time zapravo opravdava njegovo uvođenje. Naime, uvođenjem parametara zadržava se opseg radnih temperatura $94 \div 95,5^{\circ}\text{C}$, a bez primene parametara $96,5 \div 99^{\circ}\text{C}$, dati opseg temperatura se smanjuje procentualno za 9,5%. Iz priloženog, možemo uočiti puno opravdanje uvođenja ovih parametara u vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad.

Jednačine za određivanje zavisnosti prostorne krive dijagnostike stanja motornih vozila dobijene su na osnovu ekstremne vrednosti korelacija MK_{TPi}^* parametara.

Oblasti sigurnog rada analiziranih sastavnih komponenata sklopova motornih vozila se nalaze između maksimalne i minimalne vrednosti određenih korelacija ($T_{mi\max}, T_{mi\min}, z_{\max}, z_{\min}$). Na osnovu opšteg izraza određivanja zavisnosti prostorne krive dijagnostike stanja motornih vozila za ležajeve na mesta M_1, M_2 i M_3 ekstremne vrednosti max. i min., dobija se vrednost ukupne korelacije: bez primene kontrole parametara: $MK_{TP}^*(t)_{\max} = (1,2 \cdot 99,5 \cdot 0,022)^2 = 6,9001 \text{ [}^{\circ}\text{C / sec]}$ i sa primenom kontrole parametara: $MK_{TP}^*(t)_{\max.s} = (1,24 \cdot 98 \cdot 0,016)^2 = 3,7798 \text{ [}^{\circ}\text{C / sec]}$ [70].

Dobijene vrednosti o veličini zazora bez primene kontrole parametara za ležajeve M_1 i M_2 iznose: $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,022(mm)$, a sa primenom kontrole parametara iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,015(mm)$ a vrednosti veličine zazora bez primene kontrole parametara za M_3 iznosi: $z_{M_3 \min} = 0,012(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,014(mm)$ a sa primenom kontrole parametara iznosi: $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,012(mm)$ (u prilogu P.21 – P.26 na strni 228-233) [70].

Pozitivni uticaji modela dijagnostike stanja komponenata motornih vozila su:

- model je optimalan i integralan jer predstavlja sistem rada komponenata po vremenu, a pri tom opisuje i prati dinamiku statističkih procesa promene parametara stanja komponenata u funkciji vremena rada motornih vozila,

[70]. 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.

- obezbeđuje zahtevani nivo pouzdanosti komponenata motornih vozila u celokupnom životnom veku, vrši praćenje promena identifikovanih parametara stanja sklopova i uvid u stanje sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, obezbeđuje stanje u radu bilo koje komponente sklopa motornih vozila i dr.,
- preventivna podešavanja radi sprečavanja otkaza i zamena komponenata podložnih habanju, starenju i sl., definisani su parametri stanja i menjaju se u funkciji vremena rada komponenata motornih vozila,
- na bazi ispitivanja stanja komponenenata utvrđeni su koeficijenti iz jedinične promene stanja i potrebne vrednosti parametra stanja komponenata, izabrani dijagnostički parametri u potpunosti odgovaraju parametrima stanja komponenata i zadovoljavaju statističke zahteve (npr. brzinu dijagnostike, informativnost, stabilnost, osetljivost, objektivnost, itd.).

Novi model daje određenu vrednost stanja komponentama sklopova motornih vozila i predstavlja optimum korišćenja bez nastanka otkaza u odnosu na postojeće metode i parametre. Definisane modele dijagnostike stanja motornih vozila predstavlja proces promene stanja komponenata koji je osetljiv i složen, ujedno treba da je tačan, tj. treba da obuhvati sve bitne uticajne parametre i realne dobijene vrednosti koje daju karakteristiku dijagnostike stanja motornih vozila [65]. Modelom se rešava složen stohastički proces promene parametara stanja komponenata motornih vozila.

Sprovedeno istraživanje za motorna vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, se bave izborom najboljih parametara radi definisanja i primene modela dijagnostike stanja, praćenja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila tokom pojave otkaza. Akcenat istraživanja stavljen je na optimalni izbor parametara za formiranje modela, na teorijsku i eksperimentalnu analizu komponenata vozila. Sigurnosti funkcionisanja motornih vozila usled primene parametara dijagnostike stanja, u procentima povećan je za $K_{os} = 17,9\%$, a procentualno se povećala i funkcionalnost komponenata motornih vozila, a što je sve dovelo do velikih ušteda u funkcionisanju vozila [65].

Ova doktorska disertacija je uzela u obzir strukturne, organizacijske, tehnološke i druge osobine postupka dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila, odnosno, sve funkcije koje određuju pogodnost sistema dijagnostike. Formiranjem modela dijagnostike stanja, predviđa se mogućnost primene najznačajnijih parametara teorijske i eksperimentalne analize, a na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice sigurnog ispravnog i optimalnog rada u oblasti rizika.

Za potrebe sagledavanja strukture sastavnih komponenata motornih vozila, uvodi se takozvano održavanje na bazi rizika. Analizom se obuhvataju rizici kod određenih komponenata motornih vozila, a upoređivanjem se određuju kritične tačke na posmatranim komponentama vozila JGSP – Novi Sad, "Niš–Ekspres" – Niš, "Lasta" – Beograd i dr. na koje treba obratiti posebnu pažnju. Zbog toga, istraživanje pored dijagnostike, obuhvata i elemente procesa eksploatacije vozila, veze sa sistemom pouzdanosti, ograničenja pri formiranju modela, uslovljenost kapaciteta radnih mesta i dr. Predmet istraživanja su i mogućnost analize podataka o otkazima sistema na vozilu, njihovo korišćenje u postupku dijagnosticiranju i sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila.

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

7.1 NAUČNI DOPRINOS DISERTACIJE

Doktorska disertacija obuhvata problematiku formiranja modela dijagnostike stanja motornih vozila i njihov uticaj na pouzdanost motornih vozila. U tehnološkom smislu, doprinos disertacije se ogleda u primeni metoda simulacije za izbor najboljih parametara i funkcionisanja komponenata sklopova, sa aspekta pouzdanosti njihovih sklopova, što bi se dokazalo na istraživanju komponenata motornih vozila.

Hipoteza disertacije je: "Definisati model dijagnostike stanja radi postizanja maksimalne pouzdanosti motornih vozila i njihove raspoloživosti u radu". Rezultati bazirani na datim istraživanjima, a koji predstavljaju naučni doprinos predmetnoj problematici, omogućili su proveru i dokazivanje glavne hipoteze i postavljanje pomoćnih hipoteza ove disertacije. Cilj je da se odredi stepen uticaja parametara na pouzdanost sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, kao i granice rada komponenata u zavisnosti od merodavne pouzdanosti i vrste raspodele.

Naučni doprinos disertacije predstavlja opravdanost istraživanja koja se zasniva prvenstveno na potrebi za iznalaženje rešenja modela preventivnog održavanja motornih vozila, koji bi bio osnova za fomiranje tzv. baze znanja u okviru fleksibilnih servisnih sistema. Analizirani model u okviru disertacije treba da doprinese unapređenju problematike. Održavanja prema stanju komponenata vozila je u okviru koje dijagnostika stanja ima ključnu ulogu.

Model dijagnostike stanja omogućava simulaciju programa, kojim se aproksimativno prikazuju osobine i ponašanja modeliranih procesa promene stanja i preventivnog održavanja i na taj način zamenjuju realni eksperimenti. Takvim postupkom, mogućnost i efikasnost modela dijagnostike stanja se značajno povećava, odnosno realizuje se automatizovano, optimalno upravljanje procesima promene parametara stanja i održavanja i pouzdanošću vozila, što danas i predstavlja jednu od osnovnih razvojnih tendencija u oblasti modeliranja, optimizacije i upravljanja održavanjem.

Jednu od najvitalnijih funkcija sistema preventivnog održavanja motornih vozila čini planiranje praćenja zavisnosti temperature i pohabanost ležajeva pri preventivnom održavanju vozila. Ona proističe iz činjenice da dijagnosticiranje predstavlja najvažniji deo logističke podrške sistemu za koji posmatrana vozila predstavljaju održavanje komponenata vozila. Sistemskim planiranjem se obezbeđuje kvalitetno funkcionisanje upravljanja preventivnim održavanjem. Izvršenje upravljačkih funkcija odvija se na više mesta, ali prema predloženom modelu, strateški značajno mesto predstavlja ulaz u sistem dijagnostike stanja motornih vozila. Na ovom mestu vrši se usmeravanje vozila na pojedina mesta za izvršenje dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila.

Istraživanje modela dijagnostike stanja komponenata za automatizovano upravljanje procesom preventivnog održavanja vozila, predstavlja danas najinteresantniju koncepciju - preventivnog održavanje prema stanju vozila. Upravljanje procesima promene stanja i održavanja, posebno kada se radi o ležajevima vozila s velikim brojem sastavnih komponenata različitih karakteristika, traži mnogo informacija, ali i brzo donošenje odluka. To u mnogim slučajevima može da dovede i do grešaka, čije posledice mogu biti i veoma teške. Motorna vozila su nepouzdana, što uslovljava kao imperativ obezbeđenje sigurnosti funkcionisanja u cilju obezbeđenja upotrebnog kvaliteta komponenata.

Razvijeni model dijagnostike stanja je aproksimacija procesa ili sistema preventivnog održavanja, a zajedničko im je svojstvo to da počivaju na pokazateljima pouzdanosti ili na zakonitostima promene parametara stanja i razvijeni su za pojedine komponente motornih vozila. U praksi se, međutim, javlja problem njihove aplikacije na realnim komponentama vozila, odnosno postavlja se problem realizacije stvarnog upravljanja stanjem motornih vozila. Teorijska dostignuća pružaju zaista velike mogućnosti, ali je potrebno dosta truda da se u mnogim slučajevima, apstraktni matematički model dijagnostike stanja aplicira na primenjena istraživanja.

Zadatak istraživanja dijagnostike stanja je da izvrši izbor najboljih parametara pri preventivnom određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Stvaranje mogućnosti za automatizovanu optimizaciju sadržaja preventivnog postupaka održavanja, njegovog trajanja i periodičnosti, kako po nivoima održavanja i vrsti, tj. tipu vozila, tako i za svako vozilo pojedinačno, jeste takođe istraživanje. Na taj način treba da budu stvoreni uslovi za visoku efektivnost vozila i za permanentno usavršavanje sistema preventivnog održavanja.

Model pouzdanosti zasniva se na model blok dijagrama o mernim mestima motornih vozila i ima preventivni karakter, koji ćemo obezbediti stalnim praćenjem parametara stanja motornih vozila, radi blagovremenog otkrivanja promena dozvoljene vrednosti parametara stanja ili radi otkrivanja graničnih vrednosti parametara stanja pri kojoj se javlja otkaz.

Metode ispitivanja su našle svoju primenu na modelu dijagnostike stanja koji obuhvata zavisnost temperature i pohabanost komponenata analiziranih sklopova i pohabanosti njihovih ležajeva, čime je definisan radni vek komponenti na osnovu analize otkaza i ujedno dobijen algoritam za sprovođenje monitornog stanja sigurnosti funkcionisanja komponenata sklopova motornih vozila. Pre izbora metode predviđanja neophodno je razviti koncept preventivnog održavanja i definisati potrebu za korektivnim i preventivnim održavanjem. Pri razmatranju statističkih raspodela koje se koriste za utvrđivanje srednjeg i maksimalnog vremena preventivnog održavanja, moraju se posmatrati stvarni uslovi pod kojima će se vozila koristiti.

Rezultat istraživanja predstavlja razvijeni model dijagnostike stanja, kao i razvoj i verifikaciju naučno zasnovane metodologije za optimalne, dinamičke promene parametara stanja i preventivnog održavanja motornih vozila. Osnovni zadatak je pravilan izbor, analize i aplikacije najpovoljnijih optimalnih modela na bazi sistemskog prilaza i metoda modeliranja i simulacije na računaru i na realnom sistemu motornih vozila.

Optimizacija postupka dijagnostike stanja, izborom najboljih parametara u određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila, čini naučnu opravdanost ovih istraživanja. Kao alternativa, uzeta je određivanje potrebna sigurnost pouzdanosti rada komponenata na osnovu zabeleženih otkaza motornih vozila.

Sprovedeno istraživanje za motorna vozila se bave izborom najboljih parametara radi definisanja i primene modela dijagnostike stanja, praćenja sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila tokom pojave otkaza. Akcenat istraživanja stavljen je na optimalni izbor parametara za formiranje modela, na teorijsku i eksperimentalnu analizu komponenata vozila.

Sadržaj istraživanja obuhvata pravilan izbor parametara za formiranje modela, a takođe i izbor određenih metoda rešavanja uz primenu modela dijagnostike stanja i njegovog uticaja na pouzdanost motornih vozila. Formiranjem modela dijagnostike stanja predviđa se mogućnost primene najznačajnijih parametara teorijske i eksperimentalne analize. Na osnovu ocene sposobnosti i određenog kvaliteta pouzdanosti definišu se granice sigurno ispravnog i optimalnog rada i oblasti rizika.

Najvažniji zadatak sprovedenog istraživanja dijagnostike stanja je izbor parametara pri određivanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila. Stvaranje mogućnosti za automatizovanu optimizaciju sadržaja preventivnog postupaka održavanja, njegovog trajanja i periodičnosti, kako po nivoima održavanja i vrsti, tj. tipu vozila, tako i za svako vozilo pojedinačno, jeste takođe istraživanje.

Dalji privredni razvoj motornih vozila na kojima se ovi sistemi zasnivaju, traži, pored ostalog, i stalna usavršavanja sistema dijagnostike stanja. Usled razvoja kompleksnosti i dinamike procesa promene dijagnostike stanja i održavanja, posebno su došle do izražaja težnje da se razviju metode automatizovanog upravljanja dijagnostičkim procesima i sistemom održavanja u cilju permanentnog usavršavanja sistema održavanja.

Naučni doprinos istraživanja ogleda se u iznalaženju rešenja modela preventivnog održavanja vozila, koji bi bio osnova za formiranje tzv. baze znanja u okviru fleksibilnih servisnih sistema. Analizirani model u okviru disertacije treba da doprinese unapređenju problematike održavanja po stanju u okviru koje dijagnostika ima ključnu ulogu.

Polazeći od ovih osobina, a na osnovu kritične analize postojećih rešenja dijagnostike stanja, kao i mogućnosti praćenja i upravljanja preventivnim održavanjem i pouzdanošću, primenom modela, sa aspekta savremenih postavki i metoda teorije održavanja, došlo se do zaključka da poboljšanja upotrebnog kvaliteta motornog vozila uz istovremeno sniženje troškova održavanja, mogu da se očekuju ako se obezbedi kvalitetnije upravljanje procesom preventivnog održavanja. U ovom istraživanju razmatra se automatizovano upravljanje preventivnim održavanjem ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu u pogledu traženja najpovoljnijih rešenja za optimalno, upravljanje procesima promene stanja i preventivnog održavanja, razvojem i primenom optimalnog modela dijagnostike stanja podržanog odgovarajućim programom.

Model dijagnostike stanja je zasnovan na realnoj situaciji da stohastičke promene parametara stanja motornog vozila pod dejstvom različitih unutrašnjih i spoljašnjih poremećaja, i njihov izlazak izvan dozvoljenih odstupanja su postavljene funkcijom pouzdanosti, pa se nameće potreba izbora parametara, odnosno traži se optimalno, upravljanje procesima promene stanja i održavanja na bazi kriterijuma pouzdanosti.

Osnovna hipoteza je da se formiranje složenog modela dijagnostike stanja, koji bi omogućio kompleksnu ocenu stanja motornog vozila i optimalno, upravljanje procesom preventivnog održavanja, može realizovati metodom kombinovane primene optimalnog matematičkog modela dijagnostike stanja, na nivou sastavnih komponenata vozila. Izborom koncepcije preventivnog održavanja i uspešnom primenom optimalnog modela dijagnostike stanja, moguće je automatizovano upravljati procesom preventivnog održavanja ležajeva na kolenastom i bregastom vratilu i na taj način obezbediti zahtevanu pouzdanost i gotovost motornog vozila i smanjiti troškove preventivnog održavanja, a to su tri relevantna faktora preko kojih se meri ili ocenjuje kvalitet održavanja vozila.

7.2 REZIMEI OBRADENIH POGLAVLJA

Disertacija se bavi definisanjem metodologije za razvoj i primenu modela, zasnovana na savremenim naučnim metodama, omogućila je da se razradi ideja, izbor najznačajnijih parametara, formira model i razreši njegova primena do određenog nivoa detaljnosti metodom simulacije. Kao izlaz modela dijagnostike stanja dobijaju se optimalne izlazne operacione karakteristike modela koje u praksi daju osnovu za optimalno praćenje procesa promene stanja i održavanja motornih vozila. Njihovim praćenjem i ispitivanjem, dokazan je i stepen njihove pouzdanosti. Simulacijom se može predvideti vremenski trenutak zamene komponenata sklopova pre nego što dođe do njihovog otkaza.

Prvo poglavlje obuhvata zabeležene ukupne otkaze na komponentama motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad i bavi se njihovom problematikom. Na osnovu date dijagnostike pouzdanosti mogu se vršiti korekcije funkcionisanja, tj. mogu se prilikom održavanja zameniti neispravne komponente sklopova motornih vozila. Primena parametara u postupku dijagnosticiranja omogućava utvrđivanje parcijalnih otkaza na pojedinim komponentama sklopova, kao i nalaženje kritičnog puta na kome je najverovatnije i došlo do otkaza. U užem smislu, analiza pouzdanosti doprinela je sistematizaciji metoda za proučavanje tipa funkcije pouzdanosti komponenata, dok se širi smisao ogleda u njenoj primenljivosti na sve tehničke sisteme. Kroz izvršena sopstvena istraživanja dokazana je i pouzdanost sklopova komponenata motornih vozila.

Drugo poglavlje sadrži značajne objavljene radove koji se bave problematikom pouzdanosti i funkcionisanja komponenata i sklopova motornih vozila i koji su direktno vezani za sam postupak dijagnostike stanja. Suštinu ovih radova čini pojam, odnosno definisanje pouzdanosti primenom osnovnih metoda, a na bazi glavnih pokazatelja pouzdanosti posamtranih sastavnih komponenti, kao i njihov značaj i uloga. Dat je kratak prikaz literature o poznatim postupcima dijagnosticiranja vozila gde su iznete osnovne karakteristike modela i navedena njihova ograničenja.

Treće poglavlje se bavi opisivanjem istraživanja problema, odnosno predmeta, cilja, hipoteza, metodologija, organizacija i naučno društvene opravdanosti dijagnostike stanja motornih vozila. Sama metodologija definiše vezu i vrši proveru parametra stanja sastavnih komponenti motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad u radu i otkazu. Cilj je da se teorijski i eksperimentalno, kontrolisano, sistematski i kritički ispita hipoteza o relacijama za prepoznavanje tipa funkcije pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila na statističkim i simulacionim modelima. Teorijski deo na sistematski način prikazuje matematičke metode kao osnovu za donošenje odluka. Eksploataciona istraživanja obuhvataju dokazivanje hipoteze kroz analizu komponenata i proveru izbora parametara i upoređivanjem tako dobijenih rezultata sa rezultatima dobijenim računarskom simulacijom. Sprovedena istraživanja u toku eksploatacije su omogućila proveru i dokazivanje kako glavne hipoteze, tako i postavljenih pomoćnih hipoteza.

Četvrto poglavlje bazira se na ispitanim metodama dijagnostike stanja koje određuju sigurnost funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad i koje su prikazane algoritmom. Postupak dijagnostike stanja je u funkciji izbora najboljih parametara u cilju obezbeđivanja sigurnosti funkcionisanja

sastavnih komponenti motornih vozila. Za određivanje sigurnosti uzeta je pouzdanost rada sastavnih komponenta na osnovu zabeleženih otkaza u dva slučaja i to bez primene i sa primenom parametara dijagnostike stanja motornih vozila. Nastali otkazi na sastavnim komponentama motornih vozila u eksploatacionim uslovima, analizirani su raznim metodama kojima su ujedno zabeležene učestalosti pojavljivanja otkaza. Prepoznavanje tipa funkcije pouzdanosti komponenta sklopova motornih vozila, vrši se na osnovu izabranih optimalnih parametara i navedenih metoda. Date su analize izlaznih parametara procesa eksploatacije koji određuju verovatnoću ispravne prognoze postojećih stanja sastavnih komponenta motornih vozila. Primenom metoda simulacije, što je dokazano u konkretnoj eksploataciji komponenta, može se predvideti trenutak pravovremene zamene komponente pre nego što dođe do njenog otkaza. Predstavljen je izbor najboljih parametara stanja komponenta motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad. Ovi parametri se koriste za dobijanje optimalnih vrednosti, kao i za razvoj performansi u propisanim granicama bez pojave otkaza.

Izvršena je analiza modela za utvrđivanje perioda dijagnostike stanja komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad, "Niš–Ekspres" – Niš, "Kavim–Jedinstvo" – Vranje, "Lasta" – Beograd. Pomoću modela može se izvršiti pravovremena provera postojećih parametara stanja komponenta i uporediti sa željenim stanjem pouzdanosti novih komponenta. Svi bitni parametri određeni su prema istom sistemu obeležavanja i usvojenim nazivima, tako da se veoma lako mogu primeniti i na druge tehničke sisteme. Ovo omogućuje i upoređivanje njihovih međusobnih rezultata. Dobijene vrednosti modela mogu se takođe primenjivati i na komponentama sa veoma velikim brojem ulaznih parametara, pri čemu treba definisati optimalna stanja i uslove eksploatacije komponenta motornih vozila. Važno je dalje obezbediti da primena parametara bude u granicama dozvoljenih odstupanja od funkcije cilja, tj. da je u granicama optimalnog nivoa pouzdanosti sastavnih komponenta motornih vozila. Model pouzdanosti je definisan na bazi datih vrednosti i obuhvata korelaciju parametara dijagnostike stanja motornih vozila, K_1 – korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležajeva. Na osnovu utvrđene korelacije, izvršena je analiza modela kroz empirijska istraživanja. Prenosnom funkcijom pouzdanosti definiše se vrednost stanja posmatranih komponenti sklopova u vremenu $t(x)$ iz uslova verovatnoće pouzdanosti ili verovatnoće nastanka otkaza komponente u budućem radu. U slučaju kada je intenzitet otkaza monotono rastuća funkcija, onda ona predstavlja optimalni interval promene parametara stanja komponenti po vremenu, pri čemu dostiže svoju maksimalnu vrednost.

Peto poglavlje razmatra formiranje modela blok dijagrama pouzdanosti kod posmatranih komponenti sklopova motornih vozila na mernim mestima. Njegova vrednost se ogleda najviše kroz izvršena sopstvena empirijska istraživanja. Prvo su opisane karakteristike uređaja za merenje temperature i pohabanosti ležajeva, a zatim se pristupilo primeni matematičkog modela u obliku konačne jednačine dijagnostike stanja. Datom jednačinom je utvrđivana zavisnost merodavne pouzdanosti temperature i pohabanosti ležajeva. Formirani model je analizirao podmodele 1 i 2 uz uvođenje korelacionih zavisnosti smena η_1 i η_2 i unošenje vrednosti temperature i pohabanosti ležajeva. Dobijene su ekstremne vrednosti jednačine $(T_{mi\max}, T_{mi\min}, z_{\max}, z_{\min})$, bez primene kontrole parametara stanja motornih vozila određene su vrednosti sa primenom parametara dijagnostike stanja $(T_{mi\max}, T_{mi\min}, z_{\max}, z_{\min})$. Utvrđene ekstremne vrednosti parametara

dijagnostike stanja i algoritmom definisane korelacije upotpunile su posmatrani model. Izračunavanjem opšteg oblika determinanti $K_i(t)$ dobijen je konačni izraz zavisnosti prostorne krive parametara dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila. Za analizu su takođe bile neophodne ravanske krive zavisnosti korelacija bez i sa primenom parametara dijagnostike stanja motornih vozila. Iste su određene pomoću podprograma koji je formiran pomoću odgovarajućeg matematičkog programa.

Šesto poglavlje proučava određene metode primenjene u empirijskim istraživanjima sprovedenim prilikom utvrđivanja pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila. Dobijeni rezultati ovih istraživanja predstavljaju naučni i društveni doprinos predmetnoj problematici. Izvršena empirijska istraživanja su omogućila proveru i dokazivanje glavne hipoteze kao i postavljenih pomoćnih hipoteza. Primena modela omogućava jednostavno određivanje optimalne vrednosti dijagnostike stanja komponenata motornih vozila, a za koju je potrebno poznavati zakon raspodele vremena rada do otkaza. Rezultati dobijeni računarskim simulacijama pokazuju da sve korelacije u eksploatacionim uslovima zavise od izbora parametara, kao i od ponašanja posmatranih komponenata. Ovim se potvrđuje ispravnost razvijenog modela kao i ispravnost razvijenog algoritma modela. Izvođenjem dijagnostike stanja posmatranih komponenata motornih vozila u tačno predviđenim intervalima u toku njihove eksploatacije, primećujemo da nije došlo do otkaza dijagnostičkih komponenti. Takođe zapažamo da se smanjivanjem broja otkaza smanjuju i troškovi održavanja. Konstatujemo da je za dobijanje pouzdanih vrednosti neophodno primenjivati odgovarajuće parametre stanja rada komponenata. U slučaju sprovođenja postupka dijagnostike stanja vozila, uzeti su u obzir svi bitni i potrebni uticajni parametri dijagnostike stanja koji zadovoljavaju sve važne kriterijume. Uzeti parametri, koji se ispoljavaju kroz poboljšanje kvaliteta površine i promenu veličine zazora $z_{M_1, M_2, \min} = 0,012(mm)$, $z_{M_1, M_2, \max} = 0,022(mm)$, $z_{M_3, \min} = 0,010(mm)$, $z_{M_3, \max} = 0,014(mm)$ beleže smanjenje procenta srednje veličine za 15,8% što opravdava njihovo uvođenje. Primenom istih, tj. smanjenjem intervala recikliranja ulja i stalnim filtriranjem, zadržava se interval radnih temperatura $94^\circ C \div 96^\circ C$, dok bez primene parametara $95^\circ C \div 99,5^\circ C$, opseg temperatura se smanjio procentualno 3,5% što opravdava uvođenje ovog parametra.

Sedmo poglavlje akcenat stavlja na analizu jednačina za određivanje zavisnosti prostorne krive dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila. Kako bi dobili ekstremne vrednosti jednačine prostorne krive, koristili smo ekstremne vrednosti korelacija K_1 parametara i to korelacije bez primene i sa primenom parametara dijagnostike stanja. Buduća analiziranja problematike pouzdanosti sklopova motornih vozila treba usmeriti u pravcu novih naučnih i tehničkih dostignuća. Treba uzeti u obzir najznačajnije parametre za potrebe modelovanja kao što su promena temperature i pohabanost ležajeva. Potrebno je imati adekvatnu zamenu za posmatrane komponente sklopova ili doći do novog matematičkog modela. Polja sigurnog rada posmatranih sastavnih komponenata sklopova motornih vozila nalaze se između maksimalne i minimalne vrednosti korelacija. Povećanje sigurnosti funkcionisanja komponenata motornih vozila izraženo u procentima, za date izabrane parametre dijagnostike stanja iznosi 15,35%. Na osnovu opšteg izraza određivanja zavisnosti prostorne krive dijagnostike stanja pouzdanosti motornih vozila, dobijene su vrednosti ukupnih korelacija. Ova disertacija proučava oblast koju karakteriše savremenost, a njeno rešavanje originalnost, dok predloženi rezultati imaju kako teorijski tako i praktični značaj.

7.3 KLJUČNI ZAKLJUČCI

Izborom određivanja stepena sigurnosti i parametara, koja predstavljaju jedan od najperspektivnijih i najekonomičnijih metoda upravljanja procesima promene stanja i održavanja motornih vozila, i primenom razvijenog modela dijagnostike stanja koji se temelji na ovoj koncepciji, ostvaruju se značajni efekti u pogledu obezbeđenja zahtevanog nivoa pouzdanosti i gotovosti motornih vozila, istovremeno smanjujući troškove održavanja. Kako, međutim, koncepcija izbora stepena sigurnosti i parametara nije mogla biti generalno rešenje za organizovanje optimalnog procesa dijagnostika stanja motornih vozila kao veoma složenih sistema, a u težnji da se formira model dijagnostike stanja koji bi obuhvatio sve karakteristike realnog sistema, neizbežno je dovelo do uključivanja u model dijagnostike stanja po vremenu. Ovakav komplementarni karakter modela dijagnostike stanja omogućio je da se reše dve glavne klase problema metodologije preventivnog održavanja prema pouzdanosti: prva zasnovana na osmatranju stohastičkog procesa promene parametra stanja, i druga zasnovana na informacijama o raspodeli funkcije vremena rada do otkaza.

Dijagnostika stanja pouzdanosti je u funkciji izbora najboljih parametara prilikom određivanja stepena sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata motornih vozila, pa je zato uzeta pouzdanost rada sastavnih komponenti na osnovu zabeleženih otkaza u slučaju primene kontrole parametara dijagnostike stanja i bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja, (u prilogu P.1 – P.4 na strani 218-219).

Ukupan rad stabilnih ležajeva, pojas sigurnog rada je $t_N = 700000 \div 800000 \text{ km}$, a kod provere letećih ležajeva vreme je manje i iznosi $t_v = 700000 \div 1000000 \text{ km}$. Donja granica eksploatacionog vremena ispravnog i sigurnog rada odnosi se na slučaj bez primene kontrole parametara dijagnostike stanja pouzdanosti, dok gornja granica znači primenu parametara dijagnostike stanja motornih vozila [65].

Sagledavanjem prenosnih funkcija definisana je normalna Gausova raspodela, tj. merodavna statistička raspodela pouzdanosti sastavnih komponenata motornih vozila i pomoću nje su konstruisani dijagrami zavisnosti pouzdanosti u eksploatacionim uslovima i određeno je okvirno vreme ispravnog i sigurnog rada nosećeg i vodećeg ležaja za minimalnu vrednost pouzdanosti (vrednost pouzdanosti sastavnih komponenata na osnovu eksploatacionih podataka sa i bez primene kontrole parametara, (u prilogu P.17 – P. 20 na strani 226-227), $K_a(t)_{\min} = 0,94$ [65].

U intervalima eksploatacionog vremena t vršiće će se stalna kontrola uticaja temperatura i pohabanosti ležajeva, jer one znače siguran i ispravan rad komponenata sklopova motornih vozila (eksploatacioni rad bez rizika).

Na mernim mestima M_1 , M_2 i M_3 je primenjen model definisan na osnovu radnih temperatura i pohabanosti ležajeva vratila, dobijen je na bazi datih vrednosti posmatrane pouzdanosti model blok dijagrama. Njihovim međusobnim uticajima i povezanošću

[65]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Metode ispitivanja dijagnostike naprezanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.

formiraju se korelacije parametara dijagnostike stanja motornih vozila K_I – korelacija parametara radnih temperatura i pohabanosti ležajeva. Ovakav model je takvog tipa da se može primeniti kako na jednostavne tako i na složene sisteme bez obzira na dimenzije komponenta sklopova motornih vozila (u prilogu P. 9 – P. 16 na strani 222-225).

Krive zavisnosti korelacija u prostoru koje obuhvataju određene vrednosti parametara dijagnostike stanja radnih temperatura, pohabanost ležajeva i pređenog puta sa primenom i bez primene kontrole parametara, prikazane su na slikama 5.13 i 5.14. Istovremeno, na osnovu ovih parametara određene su ekstremne vrednosti pređenog puta, temperature i pohabanosti ležajeva.

Slika 5.12 prikazuje dijagram koji označava vrednost zavisnosti korelacija zazora usled pohabanosti ležajeva i temperature, gde je vrednost određena sa primenom i bez primene kontrole parametara postupaka dijagnostike stanja motornih vozila (optimalna vrednost predstavljena je odnosom temperature intervala $97^{\circ}C \div 99,5^{\circ}C$ i vrednosti zazora $0.005 \div 0,150(mm)$) [69].

Za primenu modela, nužno je da se motorno vozilo posmatra na nivou sastavnih komponenta i isto treba opisati minimalnim brojem parametara stanja, relevantnih za kompleksnu ocenu stanja vozila. Dobijene vrednosti o veličini zazora bez primene kontrole parametara za ležajeve M_1 i M_2 iznose: $z_{M_1, M_2 \min} = 0,014(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,022(mm)$, a sa primenom kontrole parametara iznose (promena naleganja): $z_{M_1, M_2 \min} = 0,011(mm)$, $z_{M_1, M_2 \max} = 0,015(mm)$, a vrednosti veličine zazora bez primene kontrole parametara za M_3 iznosi: $z_{M_3 \min} = 0,012(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,014(mm)$, a sa primenom kontrole parametara iznosi: $z_{M_3 \min} = 0,010(mm)$, $z_{M_3 \max} = 0,012(mm)$ (u prilogu P.21 – P.26 na strani 228-233) [64] [69].

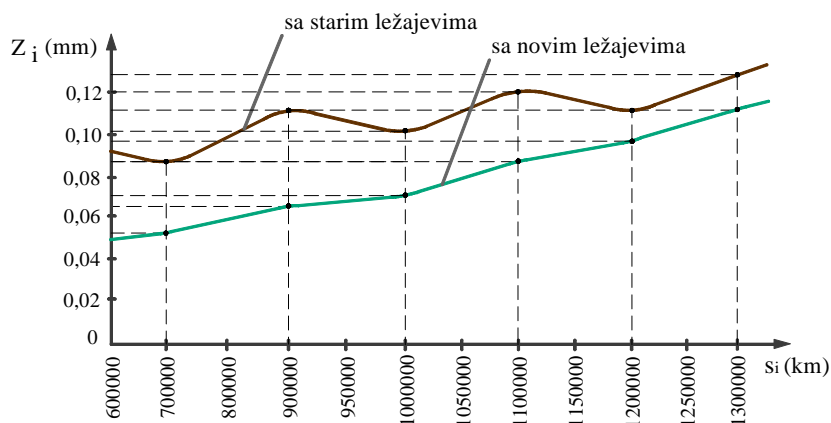
Utvrđene granice ispravnog rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila su [69]:

- vrednosti $s \leq 1000000km$, (slika 4.7), zabeležene su na mestu merenja 1,
- vrednosti $s \leq 1200000km$, (slika 4.8), zabeležene su na mestu merenja 2,
- vrednosti $s \leq 1400000km$, (slika 4.9), zabeležene su na mestu merenja 3.

Iz navedenog sledi zaključak da se konstruktivnom izmenom sa novim stabilnim ležajevima poboljšava kvalitet, može se povećati eksploataciono vreme rada i određeni pređeni put ležajeva za 9,24% (slika 7.1), (u prilogu P.31 – P.34 na strani 236-237) [69]. Ugradnja stabilnog ležaja je izvršena na prečnicima kolenastog vratila $D = 90,282mm$, analiza je sprovedena iz razloga što najveći broj motornih vozila ima ovaj prečnik kolenastog vratila (JGSP-Novi Sad, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš–Ekspres“ – Niš –Niš i Lasta–Beograd).

[64]. Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.



Slika 7.1 Dijagram zavisnosti promene zazora z (mm) u funkciji s (km)

Najpovoljniji način primene matematičkog modela dijagnostike stanja sa kontrolom nivoa pouzdanosti je kada se kontrola nivoa pouzdanosti istih tipova ležajeva motornih vozila ostvaruje upoređivanjem stvarnog broja otkaza i dobijenog rezultata proračuna modela za tzv. gornju granicu regulacije nivoa pouzdanosti u čijim granicama praćeni broj otkaza ima slučajni karakter. Rezultati proračuna modela za dati primer, poslužili su kao signal modela na osnovu koga se donose odluke o održavanju. Primena ovog modela efikasna je za elemente sa približno konstantnim intenzitetom otkaza.

Vrednosti optimalnih zazora ležajeva motornih vozila se smanjuju:

$$\text{- za stabilne i leteće ležajeve: } z_{M_1, M_2} = \frac{z_{mv M_1, M_2 \max} (mm)}{z_{M_1, M_2} (mm)_{\min p}} = \frac{0,022}{0,014} = 1,571$$

$$\text{- za klizne ležajeve: } z_{M_3} = \frac{z_{mv N_3} (mm)_{\max}}{z_{N_3} (mm)_{\min p}} = \frac{0,015}{0,010} = 1,500$$

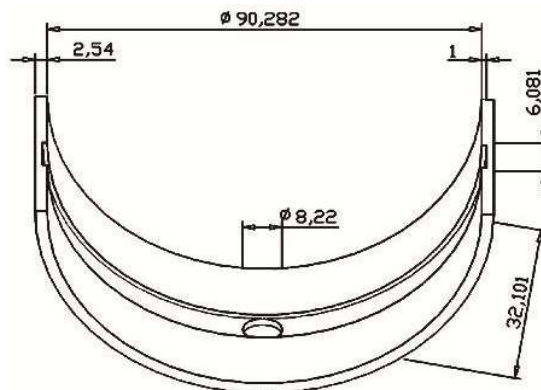
Ukupno smanjenje pohabanosti ležajeva je:

$$z = \frac{z_{M_1, M_2} + z_{M_3}}{2} = \frac{1,571 + 1,500}{2} = 1,535 = 15,35\%$$

Konstatujemo da je glavni razlog u tome što nije dovoljno obezbeđena krutost ležaja, tj. njihova krutost veze sa polutkom. U drugim izvršenim probama kod novih stabilnih ležajeva, promenjen je sadržaj kalaja i olova za 1,85% (85-87% Sn, 6-8% Sb, 3-5% Cu, 1,2% Cd 0,3% Ni), što je uslovalo smanjenje broja istih (slika 7.2) [63].

Model dijagnostike stanja po vremenu određen je optimalnim intervalom posle kojih treba sprovesti postupke održavanja u skladu sa kriterijumom maksimalne gotovosti motornog vozila ili minimalnih troškova. Kod primene ovig modela važi osnovni princip da sve postupke dijagnostike stanja treba sprovesti samo u slučaju kada funkcija intenziteta otkaza u vremenskoj bazi ima rastući karakter.

[63]. Janjic, N., Adamovic Z., Nikolic, D. Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles, Scientific and Technical Journal "Technical Diagnostics", Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.



Slika 7.2 Izgled stabilnog ležaja kolenastog vratila za motorna vozila
Volvo – D7C 275, JGSP – Novi Sad

Promenama kvaliteta površine i zazora, odnosno primenom parametara dijagnostike stanja motornih vozila, smanjuje se pohabanost ležajeva, tj. njihove ekstremne vrednosti za 15,35% (tabela 7.1). Uključivanjem parametara u postupak dijagnostike (zamena ulja i filtera), zadržava se opseg radnih temperatura $94,5^{\circ}\text{C} \div 96^{\circ}\text{C}$, a bez primene parametara $95^{\circ}\text{C} \div 99,5^{\circ}\text{C}$ za 8,5% čime se takođe opravdava uvođenje ovog parametra (u prilogu P.27 – P.30 na strani 234-235) [66]. Uvođenjem modela sa primenom parametara postupaka dijagnostike stanja u periodu od 31.12.2011. god. do 31.12. 2013. god., kao i pređenog puta, dolazi do smanjenja pojave otkaza nastalih usled pohabanosti ležajeva za 4,2%, tj. na osnovu datog modela mogu se smanjiti vrednosti merodavnih zazora, (u prilogu P.31 – P.34 na strani 236-237) [70].

Dijagnostika stanja ležajeva i motornog ulja u eksploataciji je od veoma velikog značaja za ocenu stanja ulja i za ocenu stanja ležajeva, odnosno, komponenata vozila. Ovim se potvrđuje ispravnost razvijenog modela dijagnostike stanja posmatranih komponenta motornih vozila u tačno predviđenim intervalima u toku njihove eksploatacije, pri čemu nije došlo do otkaza dijagnostičkih komponenti. Na osnovu analizom istraživanja motornog ulja, mogu se blagovremeno predvideti nastanci kvarova na vozilima i preventivno delovati na otklanjanju potencijalnih kvarova.

Dobro motorno ulje se sastoji od baznog ulja potrebnih karakteristika, paketa aditiva, koji motornom ulju obezbeđuju potrebne performanse, i indikatora viskoznosti. Takođe, korišćenog motornog ulja utvrđuje se nivo njegove degradacije, a sve u cilju određivanja optimalnog intervala zamene ulja u motoru. Ovo je od velikog uticaja na visinu troškova održavanja komponenata motornih vozila. Da bi troškovi održavanja bili što niži, potrebno je, u praksi, koristiti kvalitetni nivo motornog ulja propisanog od strane proizvođača motora, kvalitetno pogonsko gorivo, a s tim u vezi, menjati motorno ulje u optimalnim intervalima u zavisnosti od tehničkog stanja motora i uslova eksploatacije komponenata motornih vozila.

[66]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.

[70]. Janjić, N., Adamović, Z., Nikolić, D., Asonja, A., Stojanović, 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.

Analiza korišćenog motornog ulja ukazuje na stepen njegove degradacije. Na degradaciju motornog ulja imaju uticaja sledeći činioci: kvalitet korišćenog pogonskog goriva, tehničko stanje komponenta vozila, režim rada ležajeva, uslovi eksploatacije, kao i vrsta i kvalitet motornog ulja. Da bi komponente vozila radile svojim maksimalnim kapacitetom, uz što manju potrošnju goriva, sa što manje tehničkih otkaza, pored svih potrebnih mera i postupaka pravilne eksploatacije, potrebno je voditi računa o izvođenju plansko preventivnog održavanja, a s tim u vezi, sa pravilnim odabirom vrste, viskoznosti, kvalitetnog nivoa motornog ulja, kao i optimalnog intervala njegove zamene u motoru.

Gubitak ulja između dve zamene, u granicama koje predviđa proizvođač (max do 10% od količine ulja u karteru motora), uobičajena je i normalna pojava [68]. Do pojave smanjenja količine ulja u motoru dolazi zbog prirodne karakteristike ulja da isparava i sagoreva. Na visokim temperaturama ulje isparava, pa je količina pare u funkciji kvalitetnog nivoa ulja. Povećana potrošnja ulja, koja je veća od predviđene, predstavlja prvi indikator gubitka pogonskih i konstrukcionih karakteristika motora, jer se procenjuje, da se više od 95% ukupnih gubitaka ulja, odvija u sklopovima ležajeva i kolenastog vratila.

Osnovni problem kod podmazivanja sklopa ležajeva i kolenastog vratila su: debljina uljnog filma i temperatura. U slučaju da je uljni film tanji od dozvoljene debljine, povećava se intenzitet habanja, a javlja se kada je niska viskoznost ulja kao u slučaju termičke nestabilnosti ulja, i indeksa viskoziteta (što je veći indeks, manja je promena viskoziteta, ulje je kvalitetnije), tečljivost na niskim temperaturama (zbog hladnog starta), antihabajuća svojstva (dodatak aditiva koji sprečavaju habanje), aditivi za visok pritisak daju svojstva - podnošenja visokih pritisaka površina u kontaktu, aditivi - dobra antioksidaciona svojstva - sa povišenom temperaturom i kiseonikom iz vazduha dolazi do oksidacije i polimerizacije ulja, što ugušćuje ulje i dovodi do prestanka funkcije ulja - kvalitet baznog ulja [68]. Dobra detergentno-disprezantna svojstva - takođe se obezbeđuju aditivima, drže ih u masi ulja, ne dozvoljavaju "lepljenje" za metalne površine.

U slučaju sprovođenja postupka dijagnostike stanja motornih vozila, uzeti su u obzir svi bitni i potrebni uticajni parametri dijagnostike stanja koji zadovoljavaju sve važne kriterijume kao i sve fizičko-hemijske karakteristike ulja, metalne površina habanja ležajeva nalaze se u predviđenim granicama za sve tipove ležajeva, kvalitetni nivo ulja i dobar izbor paketa aditiva.

Viskoznost ulja utiče na postojanost navedenih ležajeva, zato je neophodno izabrati adekvatnu viskoznost. Ona je uslovljena konstrukcionim rešenjima, a prvenstveno zazorima košuljice ležajeva. Manji zazori zahtevaju ulja niže viskoznosti, odnosno bolje tečljivosti (i obrnuto), da bi se obezbedilo efikasno i kontinualno podmazivanje. Novije konstrukcije zahtevaju ulja nižih viskoziteta. U slučaju većih zazora, a ulje bude manjeg viskoziteta, neće biti dobra nosivost mazivog filma i samim tim lošije podmazivanje. U slučaju manjih zazora a većeg viskoziteta ulja, ulje pod datim pritiskom ne prodire efikasno do mesta podmazivanja, što izaziva brzo habanje. Kod bregaste osovine, uticaj viskoziteta ulja je mnogo manji. Tu je značajniji uticaj antihabajućih svojstava ulja koji se obezbeđuje dodatkom antihabajućih aditiva.

[68]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Research on early temperature of motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 538-544, Bansko, Bulgaria, 2014.

Osim podmazivanja, motorno ulje ima i funkciju odvođenja toplote. Sa promenom temperature u motoru, menja se i viskozitet ulja, što ima efekte na mazivna svojstva ulja, u skladu sa prethodno navedenim. Zato je neophodno da temperatura ulja bude u propisanim granicama, a jedan od ključnih parametara je viskozitet primenjenog ulja, kako bi ostao u predviđenim viskozitetnim granicama i obezbedio efikasno podmazivanje [69]. Viši viskozitet ulja ne obezbeđuje potrebno podmazivanje, javlja se trenje koje se pretvara u toplotu. Niži viskozitet nema dovoljnu nosivost oprerećenja i takođe se javlja trenje koje se pretvara u toplotu.

Na osnovu ispitivanja motornih ulja, može se zaključiti: eksploataciono ispitivanje motornog ulja kvalitetnog nivoa CI-4, viskozitetne gradacije SAE 15W/40, pokazalo je njegov visok kvalitet, što je rezultat kvalitetnog baznog ulja i dobar izbor paketa aditiva; određene fizičko-hemijske karakteristike ulja, kao i metali habanja nalaze se u predviđenim granicama za ove tipove motora i kvalitetni nivo ulja; utvrđeno je da i nakon 350 r/č motornog ulja ono poseduje određenu rezervu i da se može koristiti i nakon predviđenog perioda zamene i gubitak motornog ulja, uočena je uslovljenost sa tehničkim stanjem motora, kao i načinom i intenzitetom njegove eksploatacije.

Dati, svaki ekspertni sistem zahteva dalja usavršavanje tehnologije i nove istraživačke napore. Primena ekspertnog sistema treba da pokaže na osnovu čega je određena takva dijagnoza kojom se utvrđuje proces rada posmatranih komponenti. Ekspertni sistemi su predviđeni za rad sastavnih komponenti motornih vozila u realnim uslovima tako da mogu obavljati svoju funkciju u realnom vremenu (u prilogu P.39 – P.40 na strani 242-243) [70]. Neophodno je da preko odgovarajućeg senzorskog sistema stalno dobija informacije o promeni relevantnih veličina i vremenu rada komponenata. Ovi sistemi mogu uspešno da se koriste, jer su u stanju da veoma brzo, na osnovu softverskog paketa, ispituju, uporede, provere veliki broj podataka i postavljaju dijagnozu stanja svake komponente motornih vozila.

Razvijeni model dijagnostike stanja motornih vozila ima opšti karakter jer može biti primenjen i na druge tehničke sisteme. Razrađena metodologija primene pojedinih matematičkih modela može biti aplicirana na različite komponente i parametre stanja u procesu održavanja motornih vozila.

Primenjeni model dijagnostike stanja ima izbor minimalnog broja parametara stanja merodavnih za ocenu stanja posmatranih sastavnih komponenata motornih vozila, izbor adekvatnog modela, obezbeđenje ulaznih podataka modela (definisanjem zakonitosti promene parametra stanja u funkciji vremena rada vozila, određivanje pokazatelja pouzdanosti, obezbeđenje podataka o vremenima rada i održavanja, troškovima održavanja, i dr.), određivanje izlaznih operacionih karakteristika modela (optimalnih intervala periodičnosti održavanja, dozvoljene vrednosti parametra stanja i nivoa pouzdanosti, i dr.), konstrukcijska neprilagođenost motornih vozila za koncepciju preventivnog održavanja što se mora rešavati još u fazi razvoja vozila, i dr.

[69]. Janjic, Z., Janjic, N., Nikolic, D., Determining the value of the clearance on motor vehicles crankshaft bearings, KNOWLEDGE: International journal, vol.4. Scientific and applicative papers, ISBN 978-608-65653-8-1, p. 607-614, Bansko, Bulgaria, 2014.

[70]. 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.

7.4 PITANJA KOJA DISERTACIJA OTVARA

Cilj daljih istraživanja jeste stvaranje uslova za primenu posmatranog modela i na druga motorna vozila, bez obzira na veličinu, odnosno na gabarit njihovih komponenata. Nova istraživanja biće usmerena na iznalaženje savremenih metoda optimalnog izbora parametara bitnih za statističku analizu.

Rezultati eksploatacionih istraživanja predstavljace naučni i stručni doprinos predmetnoj problematici i omogući će dobijanje i proveru novih rezultata. Na osnovu daljih rezultata, možemo očekivati smanjenje otkaza i povećanje pouzdanosti rada sastavnih komponenata motornih vozila.

Dalja istraživanja ukazuju na potrebu za novom organizacijom procesa dijagnostike, novom tehnologijom i savremenim mernim uređajima koji će se primenjivati na novim, nedostupnim mernim mestima. Uбудuće, treba prikazati savremene i razvijene postupke dijagnostike stanja motornih vozila i ukazati na potrebe i mogućnosti njihove primene u auto industriji.

Uvođenjem novih modela dijagnostike i povećanjem njihovog uticaja na pouzdanost motornih vozila, dobijace u svetu sve više na značaju. Izbor optimalnih parametara u definisanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata, imao bi glavnu ulogu u postavljanju postupka dijagnostike stanja motornih vozila, gde bi se krenulo od zabeleženih ukupnih otkaza na sastavnim komponenata motornih vozila, a koji su rezultat analiziranja parametara postupka dijagnostike stanja motornih vozila.

Postupkom dijagnosticiranja stanja motornih vozila obuhvatiće se neke suštinske informacije, koje direktno upućuju i karakterišu stanje motornih vozila. Sve brži razvoj računarske i merne opreme će omogućiti podizanje kvaliteta kontrole stanja motornih vozila u procesu njihove eksploatacije, a time i širu primenu održavanja prema stanju. Takođe, primenu dobrih motornih ulja sa potrebnih karakteristika, paketa aditiva, koji motornom ulju obezbeđuju potrebne performanse, i indikatora viskoznosti.

Savremena motorna vozila u industriji mogu se opisati beskonačnim brojem izlaznih parametara. Stalna promena eksternih uslova kao i rad u različitim tipovima proizvodnje dovešće do pojave mnogobrojnih vrednosti svakog parametra. Zato se za motorna vozila ne mogu teorijski konstatovati, opisati sva moguća stanja, pa će se kod rešavanja problema dijagnosticiranja motornih vozila otkrivati mnogo brže i lakše sve moguće neispravnosti u odstupanju od normalnog rada, zatim verovatnoće njihovog pojavljivanja, kao i spoljni faktori koji prate pojavu otkaza. To će dalje omogućiti određivanje onih sastavnih komponenata čije tehničko stanje podleže dijagnostičkoj kontroli i odabir parametara dijagnostike stanja vozila.

Znači da će se već u fazi projektovanja omogućiti predviđanje načina i potrebnih sredstava za postupak dijagnostike, njegove kontrole i ocena stanja motornih vozila. Uvođenjem novih kriterijuma za određivanje nivoa pogodnosti kontrole stanja motornih vozila, odredili bi se minimalni troškovi neophodni za realizaciju kontrole. Da bi se povećao nivo pogodnosti, tj. nivo kontrole, nužno je razvijati nove režime kontrole koji ne zahtevaju prekid tehnološkog procesa. Intenzivan razvoj merne i računarske opreme omogući bi kvalitetnu kontrolu stanja i pravilan izbor odgovarajućih parametara.

7.5 NOVINE U PROCESU ISTRAŽIVANJA

Novine u procesu istraživanja treba da omoguće stvaranje uslova za izvodljivost postupaka dijagnostike stanja, kao i za praktičnu primenu datog modela na sva druga motorna vozila. Procesi dijagnostike stanja sastavnih komponenata motronih vozila baziraće se na modelu koji će obuhvatiti najvažnije parametre stanja kao što su uticaj temperature i stepen pohabanosti ležajeva. Takođe, zabeleženi ukupni otkazi na sastavnim komponentama motornih vozila postaće predmet analize uticaja parametara na postupke dijagnostike stanja motornih vozila. Primećujemo da je za dobru organizaciju procesa dijagnostike stanja neophodno utvrditi režim, tehnologiju i mesto izvođenja samog dijagnostičkog postupka.

Proučavanjem novine ove problematike zahteva dobro poznavanje metoda optimalnog izbora parametara značajnih za optimizacionu analizu gde će se vrednosti parametara prilagođavati u zavisnosti od dobijanja vrednosti u toku rada sastavnih sklopova motornih vozila. Dobijeni rezultati će predstavljati naučnu opravdanost i suštinu modela. Sprovedena istraživanja treba da omoguće primenu posmatranog modela i na druga motorna vozila, bez obzira na veličinu, odnosno na gabarit sklopova vozila.

Svaki sistem teži daljem usavršavanju tehnologije i zahteva nove istraživačke napore. Dati sistem treba da pokaže na osnovu čega je definisana takva dijagnostika stanja kojom se utvrđuje proces rada posmatranih vozila a istovremeno treba da omogući rad sklopova motornih vozila u realnim uslovima. Ovi sistemi mogu uspešno da se primenjuju, pre svega zbog svoje brzine, a na osnovu softverskog paketa mogu da upoređuju, ispituju, proveravaju veliki broj podataka i tako odrede dijagnostiku stanja svakog sklopa vozila.

Izvršena istraživanja pokazala su da je za organizaciju postupka dijagnostike stanja neophodno utvrditi režim, tehnologiju, mesto i položaj dijagnostike stanja pri održavanju, odnosno između postupka dijagnostike stanja motornih vozila i režima održavanja, treba uspostaviti vezu logičkog i organskog karaktera.

Sprovedene su novine teorijskog i empirijskog procesa istraživanja problematike modelovanja pri određivanju tipa pouzdanosti sklopova vozila. Ona su omogućila proveru i dokazivanje glavne hipoteze i postavljenih pomoćnih hipoteza. Na osnovu dobijenih rezultatata možemo uočiti mnogobrojne novine u predmetnoj problematici koje do sada nisu istraživane. Primenom formiranog modela izvršeno je definisanje optimalne vrednosti dijagnostike stanja sklopova motornih vozila, a na osnovu zakona raspodele vremena rada do otkaza. Dobijeni rezultati pokazali su da sve korelacije u eksploatacionim uslovima zavise od izbora parametara, kao i od ponašanja posmatranih komponenata, čime se potvrdila ispravnost razvijenog modela kao i ispravnost razvijenog algoritma.

U toku eksploatacije izvršen je postupak dijagnostike stanja posmatranih komponenta motornih vozila u tačno proračunatim intervalima, kada smo i uočili da nije došlo do otkaza dijagnostičkih parametara, jer su se smanjivanjem broja otkaza smanjili i troškovi održavanja. Ujedno smo zabeležili dobijene optimalne vrednosti radnih temperatura i pohabanosti ležajeva na vratilima motronih vozila. Prilikom sprovođenja postupka dijagnostike stanja motornih vozila, uzeti su u obzir svi bitni i potrebni uticajni parametri dijagnostike stanja koji su pri tome zadovoljili sve značajne kriterijume.

8.0 PREDLOG DALJIH ISTRAŽIVANJA

Sušтина novih istraživanja treba da bude u tome da se njima omogući primena posmatranog modela i na druga motorna vozila, bez obzira na veličinu, odnosno na dimenzije komponenata. Kompleksno istraživanje, izvedeno pomoću novih metoda, potpuno će opravdati istraživanje date oblasti.

Strukturna analiza će pokazati da ukupni parcijalni otkazi između kojih postoji uzajamni uticaj, određuju pouzdanost rada komponenata sklopova motornih vozila. Takođe, njome će se ujedno utvrditi izvodljivost postupaka na nekoj stvarnoj komponenti sklopova motornih vozila. Analizom parametara će moći da se prati funkcionalna struktura motornih vozila koju čine podsistemi, pri čemu bi prelaz s jednog na drugi podsistem bio uslovljen pojavom nekog otkaza, a što bi sve bilo praćeno preraspodelom opterećenja na svakom funkcionalnom podsistemu. Upotreba modela pomoću vrednosne analize (stvorila bi uslove) da se primenom algoritamskih postupaka izračunavaju vrednosti koje će omogućiti upoređenje teorijskih i eksploatacionih rezultata.

Rezultati koji bi bili dobijeni na bazi datih istraživanja, predstavljace naučni i stručni doprinos predmetnoj problematici. Eksploataciona istraživanja će omogućiti dobijanje i proveru novih rezultata. Na osnovu novih dijagrama eksploatacije, možemo konstatovati da se očekivani otkazi javljaju već posle 800000 km pređenog puta, a da pri tome nijedna komponenta neće imati radni vek kraći od 1000000 km. U realnim uslovima praćenja serije rada komponenata, potvrdila bi se pretpostavka pouzdanosti, tako bi došlo do otkaza komponenata nakon 900000 km pređenog puta.

Buduća istraživanja će zahtevati dobro poznavanje metoda pravilnog izbora parametara bitnih za optimizacionu analizu. Pri tome će se vrednosti parametara moći prilagođavati u zavisnosti od dobijanja vrednosti u toku rada sastavnih komponenti sklopova motornih vozila (npr. praćenje promena temperature ležaja i zazora). Dobijeni rezultati će predstavljati naučnu opravdanost i suštinu modela. Istovremeno, stalnom proverom parametara, pomenuti rezultati će omogućiti kontinuirano praćenje promena istih, čime će se sigurno opisati radno stanje posmatrane komponente motornih vozila.

Primena složenih eksperimentalnih istraživanja u kombinaciji sa metodama simulacije, pokazala bi potpunu opravdanost proučavanja osnovne problematike u budućim, daljim istraživanjima novih parametara koji su u funkciji stepena pouzdanosti komponenata sklopova motornih vozila.

Pogodnost kontrole će motornom vozilu stvoriti određene uslove prilaza pouzdanosti u toku eksploatacije. Znači da će se već u fazi projektovanja omogućiti predviđanje načina i potrebnih sredstava za postupak dijagnostike, njegove kontrole i ocena stanja motornih vozila. Već smo primetili da problem u pogodnosti kontrole u fazi projektovanja nije posvećena dovoljna pažnja. Posledica toga je razrada programa kontrole stanja, provere i traženja grešaka u fazi eksploatacije, što nije racionalno, pa se zato ovim novim istraživanjem stavlja akcenat i na ovaj problem.

U toku daljih istraživanja treba prikazati savremene i razvijene postupke dijagnostike stanja motornih vozila i ukazati na potrebe i mogućnosti njihove primene u

auto industriji. Rad u različitim režimima proizvodnje kao i stalna promena spoljnih uslova, dovešće do beskrajne kritičine vrednosti svakog parametra, a svi oni će na različite načine uticati i na pogodnost održavanja vozila, odnosno na pogodnost kontrole.

Primena motornih vozila mogla bi se okarakterisati beskonačnim brojem izlaznih parametara. Takođe, kod motornih vozila bi se moglo teorijski konstatovati sva moguća stanja, pa se kod rešavanja problema njihovog dijagnosticiranja najpre otkrivale sve moguće neispravnosti i odstupanja od normalnog rada, zatim verovatnoće njihovog pojavljivanja, kao i spoljni faktori koji prate pojavu otkaza. To bi omogućilo određivanje onih sastavnih komponenata čije stanje zahteva dijagnostičku kontrolu uz primenu odgovarajućih parametara dijagnostike.

Uvođenjem kriterijuma za određivanje nivoa pogodnosti kontrole stanja motornih vozila, odredili bi se troškovi neophodni za realizaciju kontrole. U ovom smislu, trebalo bi pre svega smanjiti troškove materijala, a potrebno vreme svesti na minimum. Kao kriterijum za kvalitet uzeće se rezultat i izvršene kontrole i mogućnost njihove primene na pouzdanost dijagnostičkog procesa. Na pogodnost kontrole uticaće režim korišćenja dijagnostike stanja. Da bi se povećao nivo pogodnosti, tj. nivo kontrole, nužno je razvijati nove režime kontrole koji ne zahtevaju prekid tehnološkog procesa. Intenzivan razvoj merne i računarske opreme omogućio bi kvalitetnu kontrolu stanja i pravilan izbor odgovarajućih parametara.

Analiza gubitaka ulja između dve zamene, bi bila u granicama koje predviđa proizvođač, do pojave smanjenja količine ulja u motoru dolazilo bi zbog prirodne karakteristike ulja isparavanja i sagorevanja. Na visokim temperaturama bi ulje isparavalo, do određene količine pare što bi poboljšalo funkciju kvalitetnog nivoa ulja i aditiva. Povećana potrošnja ulja, koja je veća od predviđene, predstavlja bi prvi indikator gubitka pogonskih i konstrukcionih karakteristika motora, koja bi se odvijala u sklopovima ležajeva kolenastog i bregastog vratila.

Novi modeli dijagnostike stanja i njihov uticaj na pouzdanost motornih vozila će u svetu vremenom dobijati na značaju. Dati modeli će u postupku dijagnostike stanja sastavnih komponenata motornih vozila obuhvatiti najvažnije parametre kao što su uticaj temperature, stepen pohabanosti ležajeva, a koji će biti povezani matematičkim oblikom teorijske i eksperimentalne analize. Izbor optimalnih parametara u definisanju sigurnosti funkcionisanja sastavnih komponenata, imao bi glavnu ulogu u postavljanju postupka dijagnostike stanja motornih vozila. Istovremeno, krenulo bi se od zabeleženih ukupnih otkaza na sastavnim komponenata motornih vozila koji su se javili kao rezultat analiziranja parametara postupka dijagnostike stanja motornih vozila.

Sam proces dijagnosticiranja stanja motornih vozila obuhvatiće logičku obradu neke suštinske informacije, koja zatim dolazi do motornih vozila u radu, da bi se pomenuta informacija, na kraju, pojavila u obliku sistema simptoma, koji direktno upućuju i karakterišu stanje motornih vozila. Sve brži razvoj računarske i merne opreme će omogućiti podizanje kvaliteta kontrole stanja motornih vozila u procesu njihove eksploatacije, a time ujedno i širu primenu održavanja prema stanju.

9.0 L I T E R A T U R A

- [1]. Adamović, Ž.: Tehnologija održavanja, Univerzitet u Novom Sadu, Novi Sad, 1996.
- [2]. Adamović, Ž.: Tehnička dijagnostika, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1997.
- [3]. Adamović, Ž, Josimović, LJ., Veljković, D., Eksploatacija i održavanje motornih vozila, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2005.
- [4]. Adamović, Ž, Stanković, N., Pouzdanost mašina i postrojenja, Stylos, Novi Sad, 2011.
- [5]. Adamović, Ž, Ašonja, A., Teledijagnostika mašina, Duga knjiga, Sremski Karlovci, 2011.
- [6]. Adamović, Ž, Ilić, B., Nauka o održavanju tehničkih sistema, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2013.
- [7]. Adamović, Ž, Savić, N., Petorov, T., Josimović, Lj., Indikatori performansi održavanja mašina u kompanijama, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Beograd, 2013.
- [8]. Adamović, Ž., Ilić, B., Bursać, Ž., Vibrodijagnostičko održavanje mašina i postrojenja, Srpski akademski centar, Novi Sad, 2014.
- [9]. Аринин, И.Н.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ НА АВТОМОБИЛЬНОМ ТРАНСПОРТЕ, "Высшая школа", Москва, 2005.
- [10]. Arsenić, S., Ž.Todorović J.: Programski paket za izbor najpovoljnijeg modula preventivnog održavanja tehničkih sistema, Vojno-tehnički glasnik 5/94., Beograd, 1994.
- [11]. Barlow, R., Proschan F.: Mathematical theory of reliability, New York, 1996.
- [12]. Barlow, R., Hunter L.: Optimum preventive maintenance policies, Operation Res, V8, №1, 1990.
- [13]. Baldin, A. Furlanetto, L.: ODRŽAVANJE PO STANJU, OMO, Beograd, 1999.
- [14]. Baldin, A., Furlanetto, L., Roversi, A. i dr.: PRIRUČNIK ZA ODRŽAVANJE INDUSTRIJSKIH POSTROJENJA, OMO, Beograd, 1998.
- [15]. Барзилович, Е.Й.: МОДЕЛИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ, "Высшая школа", Москва, 1998.
- [16]. Vazijanac, D., Nauka o čvrstoći, Tehnička knjiga, Zagreb 1973.
- [17]. Beliakov, G.: How to build aggregation operators from data, Intemational Joumal of Intelligent Systems, Vol. 18, No. 8, pp. 903-923, Düsseldorf, 2003.
- [18]. Beauzamy, B. and Enflo, P.: Estimations de produits de polynomes, Joumal of Number Theory, Vol. 21, No. 3, pp. 390-412, Berlin, 1985.
- [19]. Beauzamy, B., Bombieri, E., Enflo, P. and Montgomery, H.L.: Products of polynomials in many variables, Joumal of Number Theory, Vol. 36, No. 2, pp. 219-245, Düsseldorf, 1990.
- [20]. Бедняк, М.Н.: МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОМОБИЛЕЙ, "Высшая школа", Киев, 1999.
- [21]. Биргер, И.А.: ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА, "Машиностроение", Москва, 1978.
- [22]. Blancehard B.S, Jr, Lowery E. E.: Maintainability - principles and practicies, Me GRAW-HILL Book COMPANI, NEW YORK, 1969.

- [23]. Боголюбов, С.К., Черчение: Учебник для средних Специальных учебных заведений.- 2-ое изд., испр. М.: Машиностроение, - 336 с.: ил. Москва, 1999.
- [24]. Боголюбов, С. К., Черчение: Optimum mathematical model theory of reliability.: испр. М.: Машиностроение, 347 с.: ил. Москва, 2000.
- [25]. Воžičević, J., Automatsko vođenje procesa, Tehnički fakultet, Zagreb 1972.
- [26]. Bulat, V., Organizacija proizvodnje, BIGZ, Beograd, 1982.
- [27]. Варфоломеев В. Н., Научные основы построения и реализации технологии поддержания автомобилей в работоспособном состоянии на базе диагностической информации: Автореферат дис. докт. техн. Наук. 32 с, Киев, 1994.
- [28]. Vrhovski, M.,: Simulacioni model složenog sistema održavanja vozila tokom životnog ciklusa, Motorna vozila, saopštenja, 92/93, Kragujevac, 1990.
- [29]. Vukadinović, S., Teodorović D.: Elementi teorije pouzdanosti i teorije obnavljanja tehničkih sistema, Privredni pregled, Beograd, 1979.
- [30]. Vujanović N.,: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojno izdavački novinski centar, Beograd, 1990.
- [31]. Vukadinović, S.,: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1973.
- [32]. Vukićević, D., Maksimović, D., Despotović, Z., Bešević, S.: Određivanje optimalnih intervala preventivne zamene delova kod jednog sistema naoružanja, SYMOPIS"96., Zlatibor, 1996.
- [33]. Vujičić, V., Teorija oscilacija, Savremena administracija, Beograd 1970. Zbornik Saopštenja, IV Jugoslovenskog savetovanja zaštita od buke i vibracija, Institut za alatne mašine, Beograd, 1981.
- [34]. Vučković, V.: Primena Vejbulove raspodele u eksploatacionim istraživanjima pouzdanosti motornih vozila, Motorna vozila. 58/59, Kragujevac, 1984.
- [35]. Галкин, В. Г., Парамзин, В. П., Четвергов, В. А.: НАДЕЖНОСТЬ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА, «Транспорт», Москва, 2001.
- [36]. Gasich, V., The system concept and the desng engineer, Automatike engineering, vol. 94, No.11. 1991.
- [37]. Gaylo, B., A perctical reliability and availability program for power plants, Combustion, september, 1989.
- [38]. Gertsbakh, I. B., Model of preventive maintenace, North- Holland, New York, 1987.
- [39]. Gertsbakh, I.B.,: MODELS OF PREVENTIVE MAINTENANCE, North-Holland publishing company, Amsterdam-New York-Oxford, 1997.
- [40]. Говорущенко, Н. Я.: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Харьков, 1994.
- [41]. Говорущенко, Н. Я., Варфоломеев В. Н.: Экономическая кибернетика транспорта, Харьков: ХГАДТУ, -218 с. 2001.
- [42]. Groenhuijsen, F. J.: Railbouwtechniek, TU Delft, 1997.
- [43]. Grupa autora DB,: „ Die Eisenbahnschiene’’, Verlag von Ernst & Sohn, Graz, 1987.
- [44]. Grothus, H.: PRONALAZENJE I OTKLANJANJE U SLABIM TAČKAMA SREDSTVIMA ZA RAD, Institut za tehniku postrojenja, Dorsten, 1995.
- [45]. Grinstead, C.M. and Snell, J.L.: Introduction to Probability, American Mathematical Society, Providence, 1991.

- [46]. Griza, S., Bertoni, F., Zanon, G., Reguly, A., Strohaecker, T R., Fatigue in engine connecting rod bolt due to forming laps, *Engineering Failure analysis*, 16, 1542-1548, 2009.
- [47]. Greuter, E., Zima, S., *Motorrchaden: Schaden an Verbrennungsmotoren und deren Ursachen*, 2, ed, Vogel Buchverlag, Germany, 2000.
- [48]. Данов, В. А., Титов, Е. И.: Электронное оборудование иностранных автомобилей: Системы управления трансмиссией, подвеской и тормозной системой. – М.: Транспорт, - 78 с., Москва, 1998.
- [49]. Duboka, Š.: *Tehnologije održavanja vozila 1*, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [50]. Dyer, J.S., "A Time – Sharing Computer Program for the Solution of the Multiple Criteria Problem", *Management Science*, Vol. 19, No. 12, August, 1989.
- [51]. Dyer, P., and S. McReynolds, *The Computation and Theory of Optimal Control*, Academic Press, Tucson, 1988.
- [52]. Ерифанов Л. И., Епифанова Е. А., *Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования – М. ФОРУМ, ИНФРА, М., 280 с.: (Серия Профессиональное образование), Москва, 2001.*
- [53]. Ермолов, Л. С., Кряжков, В. М., Черкун, В. Е.: *ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ*, «Колос», Москва, 2002.
- [54]. Fajdiga, M.: "Podela snage kao osnova ispitivanju pouzdanosti transmisuje", *Nauka i motorna vozila*, Beograd, 1987.
- [55]. Ivković S., Tanasković T., Stojanović D.: *Plansko održavanje i sprovođenje na kamionskom transportu u rudnicima*, Jugoslovensko društvo za motore i vozila XVI, Beograd, 1997.
- [56]. Ivanović G., Popović, P., Stojović, M.: *Primena analize stabla otkaza u projektovanju motornog vozila*, *Motorna vozila*, Saopštenja, 92/93, Kragujevac, 1990.
- [57]. Ivanović, G., Stanivuković, D.: *Pouzdanost analize projektovanja*, TU SSNO, 1988.
- [58]. Ицкович, А. А.: *ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ПО СОСТОЯНИЮ*, «Транспорт», Москва, 1999.
- [59]. Janković, D., *Održavanje motornih vozila*, Mašinski fakultet, Beograd 1984.
- [60]. **Janjić, N.**: *Informacioni sistem praćenja održavanja vozila u voznom parku*, Magistrski rad, T.F. „Mihajlo Pupin“, Zrenjanin, 2008.
- [61]. **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.
- [62]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D, Janjić, Z., Milenković, A.: *Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila*, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS. CG – ID 23769872, Podgorica, 2013.
- [63]. **Janjic, N.**, Adamovic, Z., Nikolic, D. *Research work process at monitoring and enforcement of maintenance of motor vehicles*, *Scientific and Technical Journal “Technical Diagnostics”*, Vol.13, No.2. ISSN 1451-1975, COBBIS.SR-ID 107426572, Beograd, 2014.

- [64]. **Janjić, N.**, Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Istraživanje procesa rada pri praćenju i sprovođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja, 2014.
- [65]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Metode ispitivanja dijagnostike naprežanja stabilnih ležajeva kolenastog vratila“, Časopis „Tehnička dijagnostika“ ISSN 1451-1975 br.3-4, str 13-20, Banja Luka, 2014.
- [66]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Istraživanje ekstremnih vrednosti pouzdanosti na ležajevima motornih vozila“, Časopis „Održavanja mašina“ godina X, broj 3-4, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2014.
- [67]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B., „Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost ležajeva motornih vozila“, Časopis „Menadžment znanja“ 3-4, godina IX, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2014.
- [68]. 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.
- [69]. 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.
- [70]. **Janjic, N.**, Adamovic, Z., Nikolic, D., Asonja, A., Stojanovic, B., „Impact of dijagnostics state model to the reliability of motor vehicles“, Journal of the Balkan Tribological Association, book 2, vol 21, ISSN 1310-4772, Sofia, Bulgaria, 2015.
- [71]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Josimović, Lj., „Primena datih parametara na model dijagnostike stanja motornih vozila“, Časopis „Održavanja mašina“ godina XI, broj 1-2, ISSN 1452-9688 UDK 005, Smederevo, 2015.
- [72]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Josimović, Lj., „Istraživanje radnih temperatura na stabilnim ležajevima motornih vozila“, Časopis „Menadžment znanja“ godina X, broj 1, ISSN 1452-9661, Smederevo, 2015.
- [73]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Uticaj dijagnostike stanja na pouzdanost motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.
- [74]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Određivanje vrednosti zazora ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.
- [75]. **Janjić, N.**, Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Istraživanje radnih temperature ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.
- [76]. Jones, N. D., Computability Theory, Academic Press, North-Holland, New York and London, 1993.
- [77]. Jovičić, S., Pouzdanost mašinskih konstrukcija, Mašinski fakultet, Kragujevac 1982.
- [78]. Jovičić, S.: Osnovi pouzdanosti mašinskih konstrukcija, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [79]. Jorgenson, D.W., McCall J., Radner R.: Optimal replacement policy, North-Holland, New York, 1974.

- [80]. Johannessen, B.: RAZVOJ I PRIMENA SAVREMENIH METODA ODRŽAVANJA, XIII konferencija YUMO '96, Beograd, 1996.
- [81]. Jorgenson, D.W., McCall, J.J., Radner, R.: OPTIMAL REPLACEMENT POLICY, North - Holland publishing company, Amsterdam-Oxford, 1997.
- [82]. Карагодин, В. И., Митрохин Н. Н., Ремонт автомобилей и двигателей: Учебник для студентов средних профессиональных заведений. – М.: Мастерство; Высшая школа, 496 с. 2001.
- [83]. Karastojković Z., Smajić Z., Kovačević Z., Tehnička dijagnostika kolenastog vratila SUS motora, Tehnička dijagnostika, vol. 12, br. 3, str. 38-45, Beograd, 2013.
- [84]. Kaess, G.: Erfahrungen und Ergebnisse aus dem Einsatz des dynamischen Gleisstabilisators, ETR 10/97. 1997.
- [85]. Kapur, C., Lamberson, R., Reliability in engine ring design, John Wiley and Sons, New York, 1977.
- [86]. Klotzinger, E.: Polaganje koloseka novotrasiranih pruga za velike brzine (prevod Popović Z.) Eisenbahningenieur 10/1994. 1994.
- [87]. Krautkramer, J.H., Werkstoffprüfung mit Ultraschall, Springer-Verlag, Berlin, 1975.
- [88]. Klugar, K.: Eisenbahnbau I, TU, Graz, 1990.
- [89]. Knežević, J.: Prilog analizi sistema zamene elemenata motornih vozila, Motori, 50/51., Kragujevac. 1983.
- [90]. Knežević, J.: PRILOG FORMIRANJU MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MAŠINSKIH SISTEMA PREMA TEHNIČKOM STANJU, OMO br. 5/1, Beograd, 1999.
- [91]. Knežević, J.: "RETROSPEKCIJA" KAO ELEMENT MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA PREMA NJIHOVOM TEHNIČKOM STANJU, OMO br. 6/1, Beograd, 1999.
- [92]. Knežević, J.: "DIJAGNOSTIKA" KAO ELEMENT MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MAŠINSKIH SISTEMA PREMA TEHNIČKOM STANJU, OMO, br. 7/1999. Beograd, 1999.
- [93]. Knežević, J.: "PROGNOSTIKA" KAO ELEMENT MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA MAŠINSKIH SISTEMA PREMA TEHNIČKOM STANJU, OMO br.8/, Beograd, 1999.
- [94]. Knežević, J.: PRILOG PROVERI METODOLOGIJE, "OMO" (I deo), OMO br. 6/1, Beograd, 1998.
- [95]. Knežević, J.: PRILOG PROVERI METODOLOGIJE, "OMO" (II deo), OMO br. 7/1998, Beograd, 1998.
- [96]. Коллакот, Р. А.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ, «Шудостроение», Санкт Петербург, 2000.
- [97]. Kodžopoljić, J.: Prilog proučavanju politike preventivnog održavanja motornih vozila za potrebe ONO, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Beograd, 1981.
- [98]. Kodžopoljić, J., Stanojević P.: Neuristički model raspodele nadležnosti u višenivojskom sistemu održavanja, Jugoslovensko društvo za motore i vozila XVI, Beograd, 1997.
- [99]. Kodžopoljić, J.: Kvalitet i integralno tehničko obezbeđenje tehničkih sredstava i sistema, Vojno-tehnički glasnik 5/94., Beograd. 1994.
- [100]. Kodžopoljić, J.: Tehnološki proces održavanja tehničkih sredstava u hijerarhijski organizovanim sistemima, Vojno-tehnički glasnik 4/96, Beograd, 1996.

- [101]. Корогодский, В. М.: Методологические основы оптимизации надёжности автомобилей, Киевский государственный университет, Киев, 1998.
- [102]. Kolegaev N.R.: Opredelenie optimalnoj dolgoveenosti tehničkih sistem, Sovetskoe radio, Moskva. 1986.
- [103]. Krstić, B., Ravović, Ž.: Optimizacija preventivnog održavanja motornog vozila, RISK'97., Zbornik radova, Niš, 1997.
- [104]. Krstić, B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [105]. Krstić, B.: Dijagnostika stanja motornog vozila, IPS'97, Podgorica, 1997.
- [106]. Krstić B.: Dijagnostika tehničkog stanja i predviđanje životnog veka motornih vozila, Zbornik radova "Prevenција saobraćajnih nezgoda na putevima'98", Novi Sad, 1998.
- [107]. Krstić, B.: Mogućnost određivanja periodičnosti sprovođenja dijagnostike motornih vozila, Zbornik radova sa skupa MVM'04, Kragujevac, 2004.
- [108]. Krstić, B.: On board dijagnostika-aktuelni trendovi razvoja i primene na motornim vozilima, Zbornik radova sa skupa DEM1'05, Banja Luka, 2005.
- [109]. Krstić, B.: Uticaj procesa habanja na rad vitalnih delova motorih vozila, DQM'99, Čačak, 1999.
- [110]. Krstić, B.: Methods and expedient automatic diagnostics process of motor vehicles, "MVM'06" Kragujevac, 2006.
- [111]. Krstić, B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [112]. Ktari, A., Haddar, N., ayedi, F., Fatigue fracture experetise of train engine crankshafts, engineering Failure Analysis, 18,1085-1093, 2011.
- [113]. Lichtberger, B.: Stand der mehanisierten Planumverbesserung, Eisenbahningenieur 10/1992, Berlin, 1992.
- [114]. Marx, L.: Gleisbaumaschinen, Eisenbahningenieur 5/1992. 1992.
- [115]. Martineau, G.: EKSPERTNI SISTEM: POMOĆ U DIJAGNOSTICI I ANALIZI VIBRACIJA, XXI FISITA CONGRESS, Beograd, 1996.
- [116]. Mavrin, I.: O MOGUĆNOSTI VIBRACIJSKE DIJAGNOSTIKE CILINDARSKO KLIPNE GRUPE MOTORA S UNUTRAŠNJIM SAGOREVANJEM, Doktorska disertacija, Zagreb, 1995.
- [117]. Masjuk, S. K., Budko, V. V., Vasilev, V. T.: TRAKTORI E ČAST OSNOVI EKSPLUATACII I REMONTI, "Visšaja škola", Minsk, 2000.
- [118]. Medor, O., Papić, V.: Pristup menadžmentu održavanja vozničkih parkova, Jugoslovensko društvo za motore i vozila XVI, Beograd, 1997.
- [119]. Minić, S.: Model preventivnog održavanja tehničkih sistema "po vremenu" na bazi kriterijuma minimalnih troškova, Vojno-tehnički glasnik 1/95., Beograd, 1995.
- [120]. Minić, S.: Istraživanje modela preventivnog održavanja prema stanju i njihova primena na motornim vozilima, Magistarski rad, Mašinski fakultet Beograd, 1988.
- [121]. Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [122]. Minić, S., Arsenić, Ž., Todorović, J.: "TRADE OFF" model preventivnog održavanja tehničkih sistema, SYMOPIS'96, Zlatibor, 1996.
- [123]. Minić, S.: Konceptija i model preventivnog održavanja tehničkih sistema prema stanju sa proverom: Vojno-tehnički glasnik 6/94., Beograd, 1994.

- [124]. Minić S., Todorović J.: Model preventivnog održavanja "po vremenu" na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti tehničkih sistema. *Vojno-tehnički glasnik* 3-4/94., Beograd, 1994.
- [125]. Minić S.: Model optimalnog grupisanja periodičnosti preventivnog održavanja tehničkih sistema, *Vojno-tehnički glasnik* 4/96, Beograd, 1996.
- [126]. Minić, S., Arsenic Ž.: "Trade off model pereventivnog održavanja, Jugoslovensko društvo za motore i vozila XVI. Beograd, 1997.
- [127]. Мигаль, В. Д. Вибрационные методы и средства распознавания дефектов машин. Харьков: Изд-во ХГПУ, 235 с. Москва, 1996
- [128]. Михайловский, Е. В. и др. Устройство автомобиля: Учебник для учащихся автотранспортных техникумов Е. В. Михайловский, К. Б. Серебряков, Е. Я. Тур., 6-е изд. М.: Машиностроение, 352 с.: ил. Москва, 1997.
- [129]. Михлин, В. М., Диков, К. И., Стариков, В. М. и др.: Эксплуатационная технологичность конструкций тракторов, «Машиностроение», Москва, 2002.
- [130]. Misar, H.: Zweiwegefahrbare Gleis – Weichenumbaumaschine, *ETR* 3/1999. Geismar: Lieferprogramm, Berlin, 1996.
- [131]. Мигаль, В. Д., Цели и задачи диагностирования машин в жизненном цикле, *Вестник ХНАДУ. № 23. – С. 39-41. Москва, 2003.*
- [132]. Moseler, O., Mikrocontrollerbasierte Fehler-erkennung für mechatronische Komponenten am Beispiel eines elektromechanischen Stellantriebs. *Fortschr.-Ber. VDI Reihe 8, Nr. 908. VDI-Verlag, Düsseldorf. 2001.*
- [133]. Moseler, O., T. Heller and R. Isermann (1999). Model-based fault detection for an actuator driven by a brushless DC motor. 14th IFAC-World Congress, Beijing, China, 1999.
- [134]. Moseler, O., and R. Isermann Application of model-based fault detection to a brushless DC motor. *IEEE Trans. Ind. Electronics, Vol. 47, No.5, pp. 1015-1020, 2000.*
- [135]. Moseler, O. and M. Müller A smart actuator with model-based FDI implementation on a microcontroller. 1st IFAC Conference on Mechatronic Systems, Sept. 18-20, Darmstadt, Germany, 2000.
- [136]. Muždeka, S.: LOGISTIKA - LOGISTIČKO INŽENJERSTVO - POUZDANOST, POGODNOST ZA ODRŽAVANJE, GOTOVOST, INTEGRALNO TEHNIČKO OBEZBEĐENJE Skripta, TUSSNO, Beograd, 2000.
- [137]. Neale, M.J.: METODE I EKONOMIČNOST PRAĆENJA STANJA, XIII konferencija YUMO '96, Beograd, 1996.
- [138]. Nijkamp, P., "Stochastic Quantitative and Quantitative Multi - Criteria Analysis for Environmental Design", Research Memorandum No. 56, Department of Economics, Free University. Amsterdam, 1994.
- [139]. Nijkamp, P., and P. Rietveld, "Multi - Objective Programming Models: New Ways in regional Decision - Making ", Research Memorandum No. 43, Department of Economics, Free University, Amsterdam, 1995.
- [140]. Nikolić, D., Optimizacija postupaka tehničke dijagnostike hidroelektrana, doktorska disertacija, Tehnički fakultet "Mihajlo Pupin", Zrenjanin, 2007.

- [141]. Nikolic, D., **Janjic, N.**, Dimitrijevic, N., Određivanje parametara optimizacije postupaka tehničke dijagnostike pri merenju radnih temperatura ležajeva, XXXIII – Majski skup, "Održavalaca sredstava za rad Srbije" ISBN 978 - 86 - 83701- 27- 8, Zbornik radova, str. 91-97, Vrnjačka Banja, 2010.
- [142]. Nikolić, D., Dušanović, G., Milenković, A., Dimitrijević, N., **Janjić, N.**, ZAGAĐIVANJE SREDINE IZDUVNIM GASOVIMA, Monografija, Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978–86–6027– 039–1, Vranje, 2010.
- [143]. Nikolić, D., Jevremović, V., **Janjić, N.**, Dimitrijević, N.: Određivanje optimalne pouzdanosti pri merenju temperature ležajeva, Časopis "Menadžment znanja" GODINA V, broj 1-2, ISSN 1452-9661, str. 91-97, Smederevo, 2010.
- [144]. Nikolić, D., **Janjić, N.**, Dimitrijević, N., Milenković, A.: MOTORNA VOZILA, Monografija, izdavač: Visoka škola primenjenih strukovnih studija, ISBN 978-86-6027-068-1, Vranje, 2012.
- [145]. 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, item, Jurnal of society for development of tehcing and business processes in new net environment in B&H, ISSN 1840-1503, str.44-50, Number 1, Journal Citation Reports, 1986-809X, Sarajevo, 2013.
- [146]. Nikolić N., Torović T., Antonić Ž., Dorić J., Algoritam za konstruisanje uslovnog dijagrama habanja glavnih rukavaca kolenastog vratila motora SUS, časopis - FME Transactions, vol. 39, br. 4, str. 157-164, Beograd, 2011.
- [147]. Nikolić N., Torović T., Antonić Ž., Dorić J., Upotrebnii prikaz dva analitička postupka konstruisanja dijagrama opterećenja glavnih ležišta kolenastog vratila, časopis - IMK-14 - Istraživanje i razvoj, vol. 17., br.1, Beograd, 2011.
- [148]. Ortiz, A. F., Rodriguez, S. A., Coronado, J. J., Failure analysis of the engine cylinder of a training aircraft, Engineering Failure Analysis, 35,686-691, 2013.
- [149]. Papić, Lj.: Razvoj koncepcije sniženja troškova eksploatacije tehničkih sistema na osnovu povišenja pouzdanosti, OMO broj 5-6, Beograd, 1994.
- [150]. Patton, R.J., P.M. Frank and P.N. Clark Issues of fault diagnosis for dynamic systems. Springer, Berlin, 2000.
- [151]. Popović, Z.: Optimizacija sistema održavanja motornih vozila za vreme dugotrajnog skladištenja, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd,1988.
- [152]. Popović, Z., Lazarević D.: Primena metode simulacije u optimizaciji sistema održavanja motornih vozila sa posebnim osvrtom na uskladištena vozila, SYMOPIS "96, Zlatibor, 1996.
- [153]. Petrić, J., Petrić, Z.: Operaciona istraživanja u Vojsci, V. I. Z, Beograd,1974.
- [154]. Petrović, R., Specijalne metode u optimizaciji sistema, Tehnička knjiga, Beograd, 1999.
- [155]. Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene, Vojno-tehnički glasnik 1/94, Beograd, 1994.
- [156]. Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene, Vojno-tehnički glasnik 3-4/94, Beograd, 1994.
- [157]. Peković, T.: Optimalna strategija preventivne zamene, Vojno-tehnički glasnik 5/94, Beograd, 1994.

- [158]. Пушкарев, И. Ф., Пахомов, Е. А.: Контрол и оценка технического состояния тепловозов, «Транспорт», Москва, 2005.
- [159]. Платонов, Н. Г.: К вопросу определения необходимости и оптимальной периодичности профилактических ремонтов, Надёжность и контроль качества, 2, Москва, 1971.
- [160] Primus, S.: Elementi integralnog tehničkog obezbeđenja i njihove karakteristike, Vojno-tehnički glasnik 6/95, Beograd, 1995.
- [161]. Радимов Н. О., Чистякова Т. З.: Определение периодичности проведения контроля системы с учётом временных построек; Надёжность и контроль качества, 1, Москва, 1971.
- [162]. Richard, F., Industrial Engineering, Plenum Press, New York, 1986.
- [163]. Rizzoni, G. and B. Samimy Mechanical signature analysis using time-frequency signal processing: theory and application to internal combustion engine knock detection. IEEE Proceedings, Москва, 1996.
- [164]. Roth, P., Dijagnosis od Automata Foilures, IMB Journal od Research and Development, 10, Dresden, 1979.
- [165]. Rushworth, H. A., The bredby maintainability index a method of systematically applying ergonomic principles to reduce cost and accidents in maintenance operations, maintenance, vol. 7. No. 2, Berlin, 1992.
- [166]. Ružić, D., Problems in investigation of causes of rebuilt diesel engines premature failures, časopis "Tehnicki dijagnostiics", no.2, 2014.
- [167]. Roy, B., "Problems and Methods with Multiple Objective Functions", Mathematical Programming 1, No. 2, London, 1991.
- [168]. Roy, B. et B. Bertier, "La metode ELECTRE II" Sixieme Conference Internationale de recherche operationnelle, Dublin, 1982.
- [169]. Roll, Y., Measuring the efficiencu of maintenance units in the Israeli air Forces, Euro. J. Ofoper. Researsh, No. 43, Dresden, 1998.
- [170]. Rogers, L., Thermography expectations and achievements an analysis of present roles and imminent chages, National Conferece on Condidion Monitoring, London, 1988.
- [171]. Sargen, L., Principles of Inventory, Plenum Press, New York, 1983.
- [172]. Smith, J., Reliability Engineering, Pitman Publishing, Parker Street, Kingston, London, 1987.
- [173]. Stanić, J., Tehnoekonomske optimizacije, Mašinski fakultet, Beograd 1978.
- [174]. Степаненко, В. П.: ПРАКТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТКА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, «Транспорт», Москва, 2005.
- [175]. Сиднев, И., Техническая диагностика, Машиностроение, Москва, 1991.
- [176]. Сергеев, Г. А.,: Точность и веродостойность диагностики автомобилей. Москва «Транспорт», 1980.
- [177]. Синдеев, И. М.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ, «Транспорт», Москва, 1994.
- [178]. Simić, D., Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1977.
- [179]. Simić, D., Dinamika motornih vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1980.

- [180]. Stanković, R., Filipović S., Milovanović B.: Model osnovne strukture softvera za upravljanje tehničkim stanjem transportnih sredstava u procesu eksploatacije, SYMOPIS "96., Zlatibor, 1996.
- [181]. Stevanović, M., Rosić, S., Japundžić N.: Primena višekriterijumskog odlučivanja za izbor vozila u železničkom saobraćaju, SYMOPIS "96., Zlatibor, 1996.
- [182]. Stevanović, V.: Uticaj održavanja na bojnu spremnost i pouzdanost naoružanja (na primeru tenkova) Magistarki rad, Strojarski fakultet, Zagreb, 1971.
- [183]. Stevanović, V.: Prilog istraživanju metoda proračuna optimalnog perioda eksploatacije vozila kada su specifični troškovi heterogeni skup, Nauka i motorna vozila"81., Kragujevac, 1981.
- [184]. Stevanović, v., Papić, LJ.: Analiza eksploatacione pouzdanosti kardanskog vratila teretnih motornih vozila, Motorna vozila. Motori, 62/63, Kragujevac, 1985.
- [185]. Stojović M.: Istraživanje karakteristika pouzdanosti asinhronih zglobnih prenosnika, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
- [186]. Stojiljković, M., Vukadinović, S.: Operaciona istraživanja, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1984.
- [187]. Stute, G., Jetter, H., Programierbare Steuerungen (PC) für Fertigungseinrichtungen, wt-Z ind, Fertigung 64, Springer-Verlag, München, 1974.
- [188]. Stern, R. J. and A. Ben - Israel, "An Interior Penalty Function Method for the Construction of Efficient Points in a Multiple Criteria Control Problem", J. of Math. Anal. and Appl. 46, 1984.
- [189]. Schwarte, A., F., Kimmich and R. Isermann Model-based fault detection and diagnosis for Diesel engines. MTZ worldwide, Vol. 63, No. 7/8, 2002.
- [190]. Taylor, III B. W., Davis, R. K. and R. M. North, "Approaches to Multi - Objective Planning in Water Resource Projects", Water Resources Bulletin, (AWRA), Vol. 12., No. 5, oct, 1991.
- [191]. Terry, W., Developing Performance indicators for Managing Maintenance, Industrial Press, New York, 2005.
- [192]. Todorović, J.: Logistički prilaz održavanja motornih vozila, Mašinstvo - Tehnika br.3, Beograd, 1982.
- [193]. Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd, 1993
- [194]. Thompson, G., The reduction of plant maintenance costs through desing, Maintenance, Vol. 7. No. 2, 1992.
- [195]. Troyer, D., Continuation Monitoring for maximum uptime, Diagnostics, Inc., 1997.
- [196]. Третьяков, А. М.: ПРАКТИКУМ ПО ДИАГНОСТИРОВАНИЮ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 2000.
- [197]. Wallenius, J., "Comparative Evaluation of Some Interactive Approaches to Multicriterion Optimization", Management Science, Vol. 21, No. 12, Aug, 1988.
- [198]. Wellenschningungen von Wasserurafmaschinen sätzen Messungen und Beurteilung, V01.2059, 1991.
- [199]. Wohllebe, H., Technische Diagnostik in Maschinenbau, Veb Vrelag Technik, Dresden, 1998.
- [200]. Wourd, E. P., The dynamics of planning, Pergaman Press, Oxford, 1984.
- [201]. Woihat, N., TPM, Maintenance, vol 7, No.1, March, 1992.

- [202]. Wood, J., Bethel, J., The development of automotive diagnostic systems for armoured fighting vehicles in the Brit Army, Proc. I Meche, London, 1999.
- [203]. Wongrassaish mee, S., Gardiner, P.D. and Simmons, J.E.L., Performance measurement tools: thebalanced scorecard and the EFQM Excellence Model, Measuring Business Performance, vol 7, pp. 14-29. 2013.
- [204]. Wohllebe, H., Tehniche diagnostic im Mascinenebau, Veb Verlag ethnic, Dresden, 1998,
- [204]. Yamagata, H., The science and technology of materials in automotive engines, Woodhead Publishing limited, USA, 2005.
- [205]. Zadch, L. A., "Optimality and Noa - Scalor - Valued Performance Criteria", LEE Transactions on Automatic Control, Vol AC - 8, No. 1, jan, Berlin, 1987.
- [206]. Zeleny, M., "Compromise Programming", in Cochrane J.L. and M. Zeleny, University of South Academic Press, London, 1983.
- [207]. Zeleny, M., "Linear Multiobjective Program", Springer Verag, Academic Press, London, 1985.
- [208]. Zelenović, D., Todorović J.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [209]. Zelenović, D., Todorović J.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Univerzitet u Novom Sadu, Novi sad, 2004.
- [210]. Zelenović, D., Ćosić, I., Maksimović, R., Projektovanje proizvodnih sistema, Univerzitet u Novom Sadu, Tehnički fakultet, Novi Sad, 2003.
- [211]. Zuhorn, D., Erfolgskriterien fuer eine Effizient Logistik, Logistik im Unternehmen, jan-feb, London, 1990.
- [212]. Ćatić, D.: Razvoj postupaka ubrzanih eksperimentalnih ispitivanja za ocenu pouzdanosti sistema u mašinstvu. Magistarski rad, Masinski fakultet. Kragujevac, 1995.
- [213]. Citovič, S.I, Dorožkin N.N, Djaenko A.V.: Bezotkaznosti i dolgoveenosti traktorov i seljskohozajstvennih mašin. Dostiženia nauki i tehniki v proizvodstvo, Minsk, 1977.
- [214]. Hall, C., Lapp, M., Krause, R., Dynamic connecting rod bolt self-losing in internal combustion engines, SAE paper 2010-01-0692, SAE, Internacional, 2010.
- [215]. Haunold, F.: Die mobile elektrische Abberennst umpfschweissung, Internationales Verkehrswesen, 6/91, 2003.
- [216]. Харазов, А. М.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИЙ АВТОМОБИЛЕЙ, «Высшая школа», Москва, 1996.
- [217]. Харазов, А. М., Кривенко, Е. И.: ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ЛЁГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА СТАНЦИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ, «Высшая школа», Москва, 2000.
- [218]. Harton, D., Vibracije u mašinstvu, Gradevinska knjiga, Beograd 1972.
- [219]. Heeler C. L.: „British Railways Track’’(design, construction and maintenance), The Permanent Way Institucion, Nottingham, 1989.
- [220]. Hehenberger, w.: Gleislagebeunteilung mit der Oberbaumess-wagineinheit der Deutschen Bundesbahn, ETR, 4/1990, Berlin, 1990.
- [221]. Himmelblau, D.M. Fault detection and diagnosis in chemical and petrochemical processes, pp. 343-393. Elsevier: Amsterdam, 1978.

- [222]. Höfling, T., Methoden zur Fehlererkennung mit Parameterschätzung und Paritätsgleichungen. Fortschr.-Ber. VDI Reihe 8 No. 546. VDI-Verlag, Düsseldorf, 1996.
- [223]. Hering, H.,: Einsatz und Erprobung des dynamischen Gleisstabilisators auf Neubaustrecken, Der Eisenbahningenieur, 3/1998, Dresden, 1998.
- [224]. Hilgenstock, H.,: Wenty R.: Spot meintenance of plaintrack, switches and crosings: achieving rationalisation bymeans of mechanisation, Rail International 3/1996, Berlin, 1996.
- [225]. Hilgenstock, H.,: Wenty R.: Spot meintenance of plaintrack, switches and crosings: achieving rationalisation bymeans of mechanisation, Rail International 3/1996. Автомобильный справочник Перевод с англ. - М.: За рулем, - 896 с.1999.
- [226]. Hinie, M.,: Eksploataeija vozila u te.škim uslovima, Vojno izdavački zavod, Beograd, 1981.
- [227]. Höfling, T., Methoden zur Fehlererkennung mit Parameterschätzung und Paritätsgleichungen. Fortschr.- Ber. VDI Reihe 8 No. 546. VDI-Verlag, Düsseldorf., 1996.
- [228]. Шестопалов, К. С. Лёгковые автомобили: Учебное пособие для подготовки водителей транспортных средств категории «В». – 5-ое изд., переработал и дополнил Руководство по ремонту, техническому обслуживанию и эксплуатации автомобилей и их модификации. «Издательский дом Третий Рим», 160 с, 2004.

10.0 PRILOZI

Osnovne karakteristike motornog vozila – autobus Volvo **D9B 340 EC06** i **D7C 275**. Seriju odlikuje šestocilindrični vertikalno montirani motor. Sve varijante imaju turbokompresore i 2 cilindra glave, a svaka pokriva 3 cilindra. Motor ima 9,41 litar zapremine i 340 konjskih snaga. Sistem za gorivo se sastoji od elektronski regulisanih brizgaljki i pumpe sa integrisanim varijabilno podesivim uglom α . Sistem ubrizgavanja goriva je MMS (Motor Management Sistem). Sedišta ventila i vođice su od čelika i izmenljivi su. Sve vođice ventila su sa zaptivačima. Injektori su montirani u bakarne čaure koje su zaptivene okruglom gumicom (o-ring). Pošto je D9 motor sa malom emisijom štetnih gasova, ne sme biti mašinske obrade koja bi napravila izmene u položaju injektora u odnosu na cilindar i glavu motora.

Motor tipa **D9B 340 EC06**, sl. P.1 (izgled autobusa i motora Volvo D7C 275 i D9B 340)

Motor ima 9,41 litar zapremine,

340 konjskih snaga,

BC Tip Oznaka,

9 kapacitet litarski cilindar,

D Dizel.

Oznaka tipa	D9B 340
Maksimalna snaga pri RPS (2200 rpm): D9B 340 (US)	340 KS, 205 kW
Maksimalni obrtni moment 23,3 RPS (1900 rpm.):	1600 Nm (190 kgfm)
Maksimalni obrtni moment na 20 RPS (1900 rpm.) D9B 340	1600 Nm (990 Ibft)
Broj cilindara	6
Prečnik cilindra	107,00 mm
Hod klipa	135 mm
Zapremina cilindra	7,3 dm ³
Kompresija	19,5:1
Kompresija sa standard. baterijama i novopodešenim ventilima, min.	23 kgf/cm ²
Redosled paljenja	1-5-3-6-2-4
Prazan hod	9,6-10,4 RPS (575-625 obrtaja)
Maksimalni broj obrtaja bez opterećenja	40,4-41,2 RPS (2425-2475 ob.)
Maks. puno opterećenje motora	36,7 RPS (2200 rpm)
Težina, motor sa zamajacem, bez startera motora (suv)	750 kg
Maksimalna dužina	1140 mm
Maksimalna širina	763 mm
Maksimalna visina	1005 mm
Zazor između zuba zupčanika	0,10 mm
Radijalni zazor za međuzupčanik, max.	0,053 mm
Aksijalni zazor za međuzupčanik, max.	0,10 mm

Čaure (ležaji) **bregaste osovine**

Prečnik, bregaste osovine ležišta:

1. ležaj	69,050-69,075 mm
2. ležaj	68,485-68,510 mm
3. ležaj	67,900-67,925 mm
4. ležaj	67,300-67,325 mm
5. ležaj	66,675-66,700 mm
6. ležaj	66,075-66,100 mm
7. ležaj	56,350-56,375 mm

Bregasto vratilo

Pogon	Zupčanik
Broj ležajeva	7

Prečnik, rukavca ležaja, min.:

1. ležaj	68,985-69,015 mm
2. ležaj	68,420-68,450 mm
3. ležaj	67,835-67,865 mm
4. ležaj	67,235-67,265 mm
5. ležaj	66,610-66,640 mm
6. ležaj	66,010-66,040 mm
7. ležaj	56,285-56,315 mm
Aksijalni zazor, maks.	0,05-0,13 mm
Radijalni zazor, maks.	0,035-0,079 mm

Rukavac glavnog ležišta

Prečnik za obradu standardna	90.528-90.550 mm
Specijale (podmere):	
0,25 mm	90,274-90,296 mm
0,50 mm	90,020-90,042 mm
0,75 mm	89,766-89,778 mm
1,00 mm	89,512-89,534 mm
1,25 mm	89.258-89.280 mm

Glavni ležaj školjke (polutke)

Debljina (D) standardna	2.931 mm
Prekomera:	
0,25 mm	3,058 mm
0,50 mm	3,185 mm
0,75 mm	3,312 mm
1,00 mm	3,439 mm
1,25 mm	3,566 mm

Rukavac letećeg ležaja

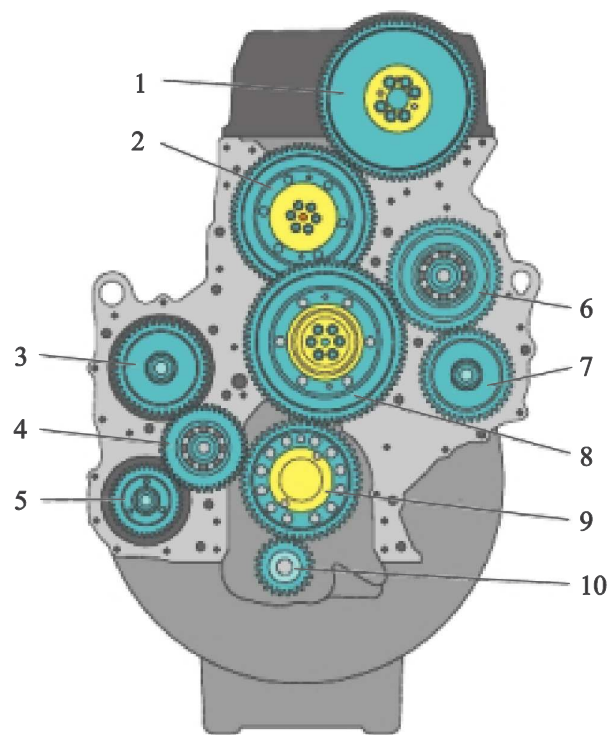
Prečnik (Ø) za obradu	
standardna	73,831-73,850 mm
Podmera:	
0,25 mm	73,577-73,596 mm
0,50 mm	73,323-73,342 mm
0,75 mm	73,069-73,088 mm
1,00 mm	72,815-72,834 mm
1,25 mm	72,561-72,580 mm
Širina (A) ležaj	43,900-44,000 mm
Radijus (R) (5.25-5.50)	3,75-4,00 mm
Veliki rukavac ležaja:	
Ovalni, maks.	0,08 mm
Konus, maks.	0,05 mm



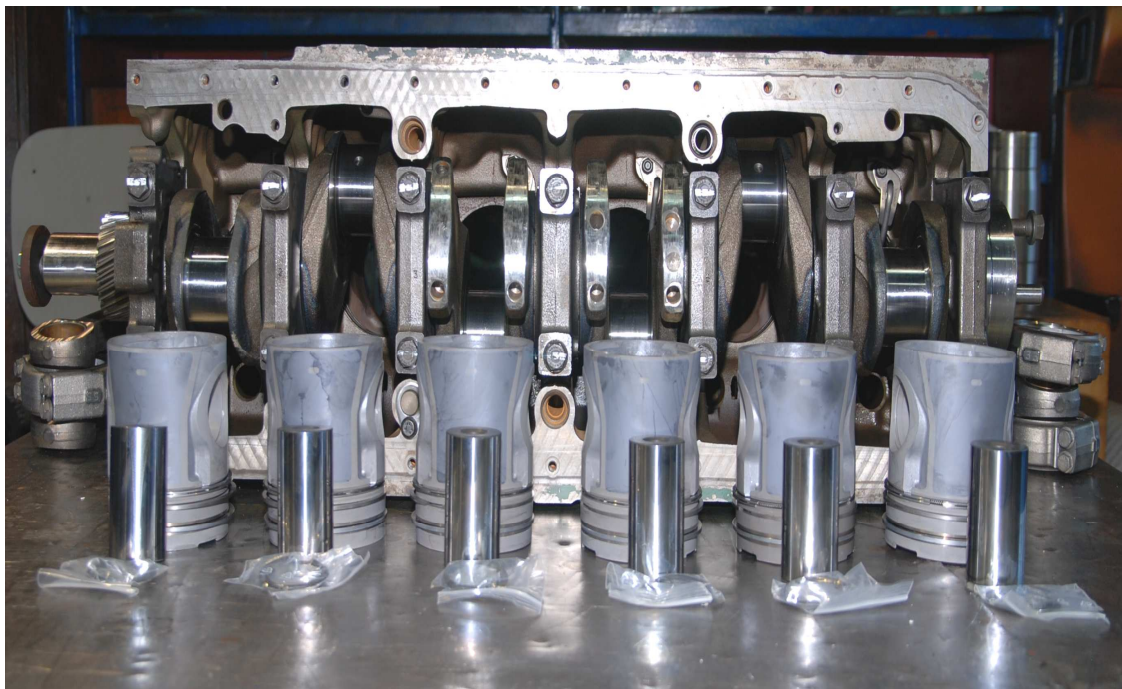
a) Autobus Volvo – D9B 340



b) Motor Volvo – D9B 340



c) Presek motora Volvo – D9B 340



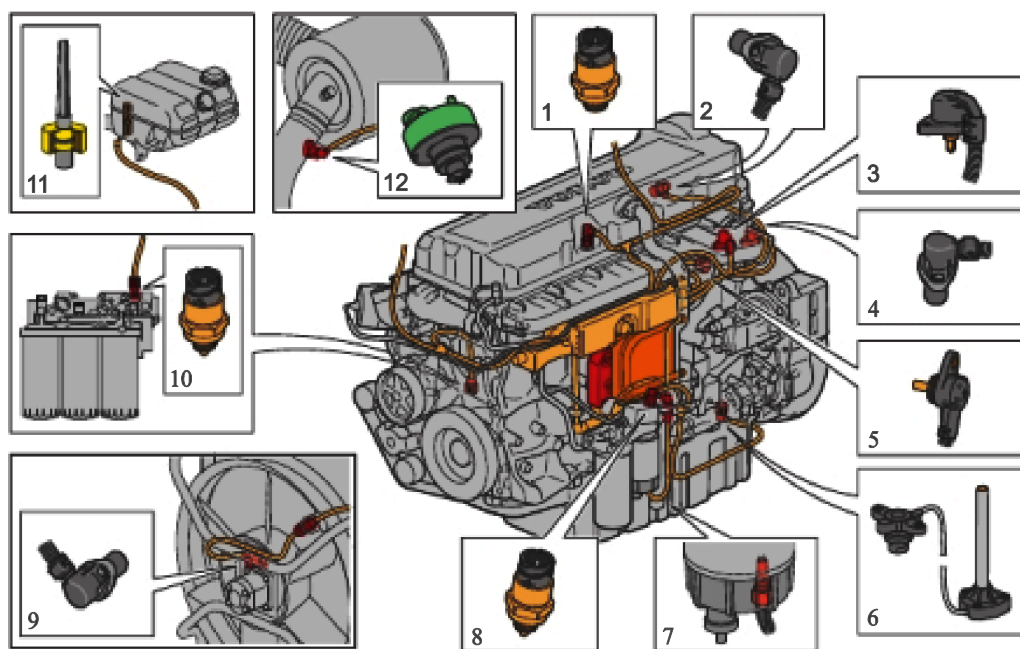
d) Delovi motora Volvo – D9B 340



e) Motor Volvo – D7C 275

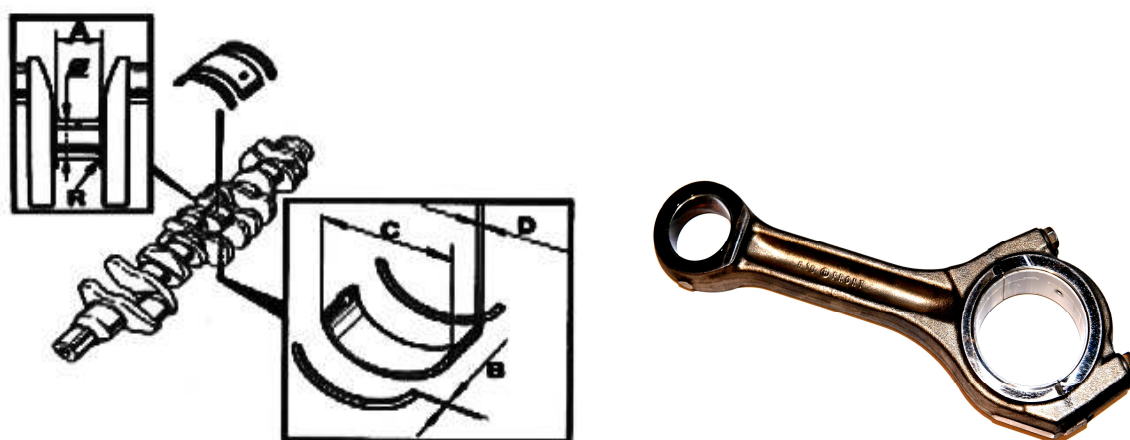


f) Delovi podsklopova motora Volvo – D7C 275

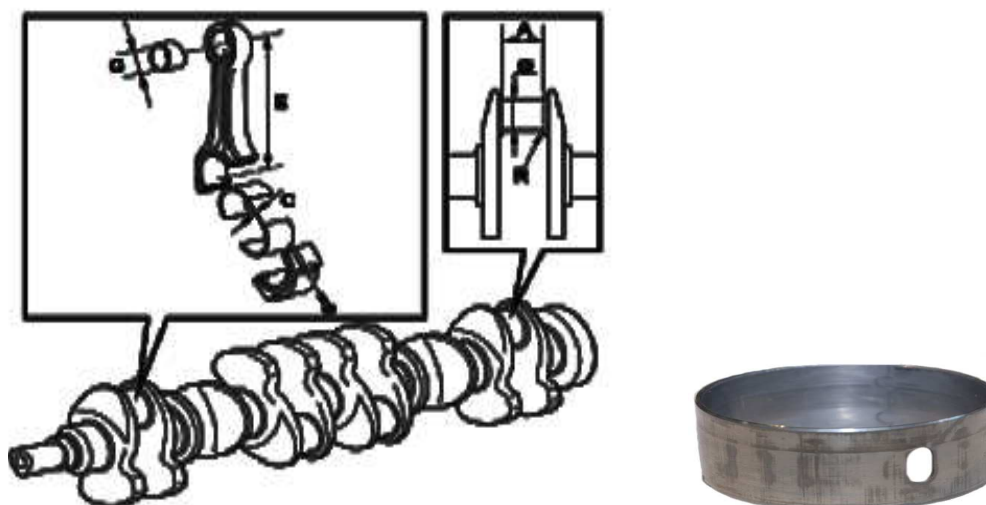


g) Senzori temperature i zazora na motoru Volvo – D9B 340

1. senzor pritiska u kućištu motora;
2. senzor položaja bregaste osovine;
3. senzor temperature i pritiska usisnoj grani;
4. senzor broja obrtaja radilice;
5. senzor temperature rashladne tečnosti;
6. senzor nivoa ulja;
7. senzor za detekciju vode u gorivu;
8. senzor pritiska goriva;
9. senzor broja obrtaja ventilatora za rashladnu tečnost;
10. davač pritiska i temperature ulja;
11. senzor količine rashladne tečnosti;
12. senzor temperature i indikator filtera vazduha.



h) Kolenasto vratilo sa letećim ležajevima



i) Kolenasto vratilo i klipnjača u preseku stabilnog i letećeg ležaja M_3

Slika – P.1 Izgled autobusa i motora Volvo – D7C 275 i D9B – 340 JGSP „Novi Sad“, a) Autobus Volvo – D9B 340; b) Motor – D9B 340; c) Presek motora Volvo – D9B 340; d) Delovi motora Volvo – D9B 340; e) Motor Volvo – D7C 275; f) Delovi podsklopova motora Volvo – D7C 275; g) Senzori temperature i pohabanosti na motoru Volvo – D9B 340; h) Kolenasto vratilo sa letećim ležajevima; i) Kolenasto vratilo i klipnjača u preseku stabilnog i letećeg ležaja M_3 [62] [64] [70] [74] [75]

- [62] Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., Milenković, A.: Tehnologije dijagnosticiranja motornih vozila, Monografija, ISBN 978-86-7470-443-1, COBISS, CG – ID, 23769872, Podgorica, 2013.
- [64] Janjić, N., Nikolić, D., Janjić, Z., Savić, B.: „Istraživanje procesa rada pri praćenju i provođenju održavanja kod motornih vozila“, Zbornik radova XXXVII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-89087-12-3, 30.05.2014.COBISS.SR-ID, 286289927, Vrnjačka Banja. 2014.
- [70]. 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.
- [74]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Određivanje vrednosti zazora ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.
- [75]. Janjić, N., Adamović, Ž., Nikolić, D., Janjić, Z., „Istraživanje radnih temperature ležajeva motornih vozila“, Zbornik radova XXXVIII Konferencije, Majski skup održavalaca Srbije, ISBN 978-86-83701-36-0, Vrnjačka Banja, 2015.

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Otkazi na mestima merenja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	10	9	7
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	11	10	9
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	13	10	9
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	12	11	10
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	13	11	10

Tabela P. 1 Otkazi koji su nastali usled povećane temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima komponenata sklopova Volvo – D9B 340, “Kavim – Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, na kojima nisu primenjeni parametri stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Otkazi na mestima merenja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	9	9	8
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	12	11	9
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	13	10	9
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	13	10	10
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	13	11	10

Tabela P. 2 Otkazi koji su nastali usled povećane temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima komponenata sklopova Volvo – D9B 340 „Niš – Ekspres“ – Niš na kojima nisu primenjeni parametri stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Otkazi na mestima merenja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ – leteći ležajevi	M ₃ – klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	5	4	2
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	6	5	3
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,5 + 2,5	6	5	3
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	7	5	4
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	7	6	4

Tabela P. 3 Otkazi koji su nastali usled povećane temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima komponenata sklopova Volvo – D9B 340, “Kavim – Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, na kojima su primenjeni parametri stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Otkazi na mestima merenja sastavnih komponenata sklopova motornih vozila		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ – leteći ležajevi	M ₃ – klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	4	4	2
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	5	4	2
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,5 + 2,5	6	5	3
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	6	5	3
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	6	5	4

Tabela P. 4 Otkazi koji su nastali usled povećane temperature i pohabanosti ležajeva na mernim mestima komponenata sklopova Volvo – D9B 340 „Niš–Ekspres“ – Niš na kojima su primenjeni parametri stanja

r.b.	Naziv sastavnih komponenta sklopa	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	$g_{\omega}(t)$	z	φ	σ	$K_1(t)$
1	kolenasto vratilo (M_1)	31.12.2010 + 31.12.2011	500000 + 800000	0,5 + 2,5	$1,327 \cdot 10^{-3}$	1,94	0,61	5,12	1,00
2	kolenasto vratilo (M_2)	31.12.2011 + 31.12.2012	800000 + 1000000	0,5 + 2,5	$5,245 \cdot 10^{-3}$	2,17	1,93	6,48	0,894
3	bregasto vratilo (M_3)	31.12.2012 + 31.12.2013	1000000 + 1300000	0,5 + 2,5	$3,917 \cdot 10^{-3}$	1,67	2,47	2,23	0,872

Tabela P. 5 Vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ u slučaju lognormalne raspodele pouzdanosti bez primene parametara dijagnostike stanja

r.b.	Naziv sastavnih komponenta sklopa	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put (km)	potrošnja ulja (l)	$g_{\omega}(t)$	z	φ	σ	$K_1(t)$
1	kolenasto vratilo (M_1)	31.12.2010 + 31.12.2011	500000 + 800000	0,5 + 2,5	$1,394 \cdot 10^{-3}$	1,73	0,87	4,36	1,00
2	kolenasto vratilo (M_2)	31.12.2011 + 31.12.2012	800000 + 1000000	0,5 + 2,5	$6,137 \cdot 10^{-3}$	1,98	1,39	4,02	0,871
3	bregasto vratilo (M_3)	31.12.2012 + 31.12.2013	1000000 + 1300000	0,5 + 2,5	$4,826 \cdot 10^{-3}$	1,74	1,99	3,38	0,817

Tabela P. 6 Vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš–Ekspres“ – Niš u slučaju lognormalne raspodele pouzdanosti bez primene parametara dijagnostike stanja

r.b.	Naziv sastavnih komponenta sklopa	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	$g_M(t)$	z	φ	σ	$K_i(f)$
1	kolenasto vratilo (M_1)	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	700000 ÷ 900000	0,5 ÷ 2,5	$1,112 \cdot 10^{-3}$	1,36	0,69	5,13	1,00
2	kolenasto vratilo (M_2)	31.12.2011 ÷ 31.12.2012	900000 ÷ 1100000	0,5 ÷ 2,5	$1,934 \cdot 10^{-3}$	1,29	1,14	4,26	0,936
3	bregasto vratilo (M_3)	31.12.2012 ÷ 31.12.2013	1100000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	$1,573 \cdot 10^{-3}$	1,26	0,93	4,11	0,942

Tabela P. 7 Vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ u slučaju lognormalne raspodele pouzdanosti sa primenom parametara dijagnostike stanja

r.b.	Naziv sastavnih komponenta sklopa	Vremenski interval komponenta do otkaza	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	$g_M(t)$	z	φ	σ	$K_i(f)$
1	kolenasto vratilo (M_1)	31.12.2010 ÷ 31.12.2011	700000 ÷ 900000	0,5 ÷ 2,5	$1,193 \cdot 10^{-3}$	1,28	0,57	5,02	1,00
2	kolenasto vratilo (M_2)	31.12.2011 ÷ 31.12.2012	900000 ÷ 1100000	0,5 ÷ 2,5	$1,763 \cdot 10^{-3}$	1,39	0,94	4,39	0,948
3	bregasto vratilo (M_3)	31.12.2012 ÷ 31.12.2013	1100000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	$1,924 \cdot 10^{-3}$	1,48	0,36	4,19	0,947

Tabela P. 8 Vrednosti parametara koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, „Lasta“ – Beograd u slučaju lognormalne raspodele pouzdanosti sa primenom parametara dijagnostike stanja

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Petrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju temperature ležajeva			
				$\lambda_a(t)$	$K_a(t)$	$g_a(t)$	$H_a(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$500000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	0,742	0,114	1,238	0,338
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	0,633	0,133	1,147	0,343
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	0,794	0,139	1,179	0,352

Tabela P. 9 Određivanje parametara $\lambda_a(t)$, $K_a(t)$, $g_a(t)$ i $H_a(t)$ pri merenju temperature ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ bez primene parametara dijagnostike stanja komponenata

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Petrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju temperature ležajeva			
				$\lambda_a(t)$	$K_a(t)$	$g_a(t)$	$H_a(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$500000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	0,721	0,119	1,331	0,414
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	0,691	0,126	1,442	0,491
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	0,643	0,138	1,591	0,446

Tabela P. 10 Određivanje parametara $\lambda_a(t)$, $K_a(t)$, $g_a(t)$ i $H_a(t)$ pri merenju temperature ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš–Ekspres“ – Niš bez primene parametara dijagnostike stanja komponenata

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju temperature ležajeva			
				$\lambda_a(t)$	$K_a(t)$	$g_a(t)$	$H_a(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$600000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	0,673	0,111	1,992	0,331
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	0,521	0,117	1,946	0,314
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	0,447	0,123	1,973	0,292

Tabela P. 11 Određivanje parametara $\lambda_a(t)$, $K_a(t)$, $g_a(t)$ i $H_a(t)$ pri merenju temperature ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ sa primenom parametara dijagnostike stanja komponenata

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju temperature ležajeva			
				$\lambda_a(t)$	$K_a(t)$	$g_a(t)$	$H_a(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$600000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	0,617	0,114	1,991	0,297
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	0,573	0,121	1,953	0,321
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	0,526	0,127	1,904	0,273

Tabela P. 12 Određivanje parametara $\lambda_a(t)$, $K_a(t)$, $g_a(t)$ i $H_a(t)$ pri merenju temperature ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, „Lasta“ – Beograd sa primenom parametara dijagnostike stanja komponenata

Memo mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju pohabanosti ležajeva				
				$\gamma(t)$	$\beta(t)$	$\varepsilon(t)$	$\nu(t)$	$\delta(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$500000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	6,134	3,248	0,894	0,496	1,136
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	5,873	3,165	0,871	0,471	1,257
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	5,329	3,214	0,825	0,417	1,439

Tabela P. 13 Određivanje parametara $\gamma(t)$, $\beta(t)$, $\varepsilon(t)$, $\nu(t)$, $\delta(t)$ pri merenju pohabanosti ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila – Volvo D7C 275, JGSP „Novi Sad“ bez primene parametara stanja komponenata

Memo mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju pohabanosti ležajeva				
				$\gamma(t)$	$\beta(t)$	$\varepsilon(t)$	$\nu(t)$	$\delta(t)$
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$500000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	5,941	3,114	0,897	0,487	1,293
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	5,531	3,055	0,869	0,666	1,274
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	5,127	2,984	0,847	0,426	1,399

Tabela P. 14 Određivanje parametara $\gamma(t)$, $\beta(t)$, $\varepsilon(t)$, $\nu(t)$, $\delta(t)$ pri merenju pohabanosti ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila – Volvo D7C 275, „Niš–Ekspres“ – Niš bez primene parametara stanja komponenata

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Petrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju pohabanosti ležajeva				
				γ (t)	β (t)	ε (t)	ν (t)	δ (t)
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$600000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	3,814	2,214	0,881	0,392	1,112
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	3,961	2,103	0,863	0,364	1,094
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	3,971	2,092	0,803	0,327	1,061

Tabela P. 15 Određivanje parametara γ (t), β (t), ε (t), ν (t), δ (t) pri merenju pohabanosti ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, “Kavim – Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, sa primenom parametara stanja komponenta

Merno mesto	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Petrošnja ulja (l)	Parametri pri merenju pohabanosti ležajeva				
				γ (t)	β (t)	ε (t)	ν (t)	δ (t)
M ₁	31.12.2010 + 31.12.2011	$600000 \leq \Delta s_i \leq 800000$	0,5 + 2,5	4,217	2,117	0,897	0,294	1,107
M ₂	31.12.2011 + 31.12.2012	$800000 \leq \Delta s_i \leq 1000000$	0,5 + 2,5	3,871	2,103	0,861	0,281	1,091
M ₃	31.12.2012 + 31.12.2013	$1000000 \leq \Delta s_i \leq 1300000$	0,5 + 2,5	3,172	2,046	0,816	0,623	1,075

Tabela P. 16 Određivanje parametara γ (t), β (t), ε (t), ν (t), δ (t) pri merenju pohabanosti ležajeva (M₁, M₂ i M₃) motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš – Ekspres“ – Niš sa primenom parametara stanja komponenta

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost pouzdanosti $K_2(t)$				
				$m(t)$	$m_i(t)$	M_1 - stabilni ležajevi	M_2 - leteći ležajevi	M_3 - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	8	11	0,789	0,772	0,764
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	7	13	0,768	0,764	0,743
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	8	12	0,681	0,681	0,681
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	7	11	0,642	0,642	0,642
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	8	13	0,625	0,625	0,625

Tabela P. 17 Vrednosti pouzdanosti analiziranih sastavnih komponenti sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost pouzdanosti $K_2(t)$				
				$m(t)$	$m_i(t)$	M_1 - stabilni ležajevi	M_2 - leteći ležajevi	M_3 - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	6	15	0,594	0,594	0,594
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	7	17	0,531	0,531	0,531
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 10^6$	0,5 + 2,5	8	19	0,489	0,489	0,489
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_1 \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	9	20	0,422	0,422	0,422
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_1 \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	8	22	0,364	0,364	0,364

Tabela P. 18 Vrednosti pouzdanosti analiziranih sastavnih komponenti sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Niš–Ekspres“ – Niš na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

$m(t)$ – broj ispravnih sklopova ili komponenata sklopova na kraju vremenskog intervala Δt ,
 $m_i(t)$ – ukupan broj komponenata analiziranog sklopa.

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost pouzdanosti $K_a(t)$				
				$m(t)$	$m_i(t)$	M_1 - stabilni ležajevi	M_2 - leteći ležajevi	M_3 - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	8	9	0,974	0,968	0,961
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	7	8	0,945	0,938	0,932
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	8	9	0,861	0,853	0,849
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	7	9	0,773	0,762	0,757
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	5	7	0,686	0,671	0,664

Tabela P. 19 Vrednosti pouzdanosti analiziranih sastavnih komponenti sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost pouzdanosti $K_a(t)$				
				$m(t)$	$m_i(t)$	M_1 - stabilni ležajevi	M_2 - leteći ležajevi	M_3 - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	6	9	0,662	0,653	0,649
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	6	10	0,631	0,624	0,619
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 10^6$	0,5 + 2,5	5	11	0,589	0,574	0,561
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_1 \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	5	12	0,522	0,515	0,510
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_1 \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	7	15	0,484	0,472	0,461

Tabela P. 20 Vrednosti pouzdanosti analiziranih sastavnih komponenti sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Niš–Ekspres“ – Niš na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

$m(t)$ – broj ispravnih sklopova ili komponenta sklopova na kraju vremenskog intervala Δt ,
 $m_i(t)$ – ukupan broj komponenta analiziranog sklopa.

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – stabilnih ležajeva na mernom mestu 1																				
				M ₁₋₁			M ₂₋₁			M ₃₋₁			M ₄₋₁			M ₅₋₁			M ₆₋₁			M ₇₋₁		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,11	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,11	0,08	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,13	0,11	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,13	0,10	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,13
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,11	0,14	0,09	0,12	0,13	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,10	0,08	0,11	0,11
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,09	0,09	0,11	0,12	0,11	0,11	0,02	0,10	0,11	0,10	0,09	0,12	0,11	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,08	0,10	0,14	0,08	0,12	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,10	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,13	0,08	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11	0,08	0,12	0,11	0,08	0,11	0,13
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,13	0,10	0,09	0,11	0,13	0,10	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12	0,08	0,13	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,13
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,14	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,12	0,09	0,13	0,12	0,09	0,11	0,11	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,13	0,09	0,12	0,14	0,08	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,12	0,11
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,12	0,13	0,09	0,10	0,13	0,10	0,11	0,12	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,11	0,11	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,13	0,11	0,08	0,12	0,11	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,12
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11	0,08	0,11	0,13	0,09	0,12	0,11	0,09	0,13	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,13	0,10	0,09	0,10	0,13	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,10	0,08	0,12	0,10	0,08	0,10	0,11	0,09	0,10	0,12
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,13	0,09	0,11	0,11	0,08	0,14	0,11	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,08	0,11	0,13
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,10	0,09	0,11	0,14	0,08	0,10	0,12	0,09	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12

Tabela P. 21 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – stabilnih ležajeva na memom mestu 1																				
				M ₁₋₁			M ₂₋₁			M ₃₋₁			M ₄₋₁			M ₅₋₁			M ₆₋₁			M ₇₋₁		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,11	0,10	0,08	0,10	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,10	0,12
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,10	0,11	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,13	0,10	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,09	0,12	0,13	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,10	0,08	0,11	0,11
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,11	0,09	0,09	0,11	0,12	0,11	0,11	0,02	0,10	0,11	0,10	0,09	0,12	0,11	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,08	0,10	0,10	0,08	0,12	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,12	0,10	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,13	0,08	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11	0,08	0,12	0,11	0,08	0,11	0,13
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,09	0,11	0,13	0,10	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12	0,08	0,10	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,13
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,12	0,09	0,13	0,12	0,09	0,11	0,11	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,12
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,13	0,09	0,12	0,10	0,08	0,12	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,12	0,11
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,12	0,13	0,09	0,10	0,13	0,10	0,11	0,12	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,10	0,10	0,11	0,11
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,11	0,11	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,10	0,13	0,11	0,08	0,12	0,11	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,12
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11	0,08	0,11	0,13	0,09	0,12	0,11	0,09	0,13	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,10	0,08	0,12	0,10	0,08	0,10	0,11	0,09	0,10	0,12
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,13	0,09	0,11	0,11	0,08	0,14	0,11	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,08	0,11	0,13
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,12	0,09	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,11	0,10	0,12	0,12

Tabela P. 22 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Petrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – letećih ležajeva na memom mestu 2																	
				M ₁₋₂			M ₂₋₂			M ₃₋₂			M ₄₋₂			M ₅₋₂			M ₆₋₂		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,09	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,09	0,11	0,12	0,10	0,11
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,11	0,11	0,10
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10	0,10	0,11	0,13	0,11	0,11
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,13	0,09	0,11
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,11	0,08	0,09	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,11	0,09	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,09	0,12
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,12	0,11	0,12	0,11	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11

Tabela P. 23 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – letećih ležajeva na memom mestu 2																	
				M ₁₋₂			M ₂₋₂			M ₃₋₂			M ₄₋₂			M ₅₋₂			M ₆₋₂		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,09	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	0,11	0,12	0,10	0,10
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,09	0,10	0,08	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,11	0,11	0,10
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,12	0,10	0,10	0,11	0,13	0,11	0,11
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,09	0,09	0,09	0,10	0,11	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,08	0,09	0,09	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,10	0,12
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,13	0,09	0,11
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,10	0,10	0,11	0,08	0,09	0,11	0,11	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,12	0,12	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,10	0,12	0,12	0,12
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,10	0,09	0,11	0,11	0,12	0,10	0,11
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,11	0,09	0,12
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 ÷ 1300000	0,5 ÷ 2,5	0,09	0,09	0,11	0,09	0,10	0,09	0,09	0,11	0,10	0,12	0,11	0,10	0,12	0,10	0,11	0,10	0,11	0,11

Tabela P. 24 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – kliznih ležajeva na memom mestu 3																				
				M _{1,3}			M _{2,3}			M _{3,3}			M _{4,3}			M _{5,3}			M _{6,3}			M _{7,3}		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12	0,08	0,12	0,11	0,09	0,11	0,12	0,08	0,11	0,10	0,08	0,11	0,10
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,13	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,13	0,09	0,13	0,11	0,10	0,10	0,11
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,09	0,11	0,12	0,08	0,11	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10	0,11	0,14	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,13
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,02	0,09	0,11	0,09	0,10	0,11	0,10
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,10	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,10	0,14	0,10	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11	0,08	0,11	0,13	0,08	0,12	0,11	0,09	0,12	0,13	0,08	0,12	0,10	0,08	0,11	0,11
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,13	0,08	0,13	0,12	0,08	0,12	0,13	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,13	0,10	0,09	0,12	0,12
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,09	0,14	0,11	0,09	0,13	0,12
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,11	0,13	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09	0,12	0,14	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,10	0,13	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,08	0,12	0,10	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,13	0,08	0,12	0,12
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11	0,08	0,10	0,12	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,11	0,10	0,13	0,11
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,11	0,09	0,13	0,12	0,08	0,11	0,11	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,13	0,09	0,12	0,10	0,09	0,12	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,10	0,13	0,08	0,12	0,10	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,13	0,10	0,08	0,12	0,10
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,10	0,13	0,09	0,11	0,11	0,08	0,11	0,13	0,10	0,11	0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,08	0,14	0,11
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,14	0,09	0,11	0,10	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,10	0,09	0,12	0,10

Tabela P. 25 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

MODELI DIJAGNOSTIKE STANJA I NJIHOV UTICAJ NA POUZDANOST MOTORNIH VOZILA

Garažni r.b. motornih vozila	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Vrednost zazora (mm) – kliznih ležajeva na mernom mestu 3																				
				M ₁₋₃			M ₂₋₃			M ₃₋₃			M ₄₋₃			M ₅₋₃			M ₆₋₃			M ₇₋₃		
883	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,08	0,9	0,08	0,10	0,11	0,09	0,10	0,10	0,08	0,10	0,11	0,09	0,11	0,10	0,08	0,11	0,10	0,08	0,11	0,10
885	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,10	0,09	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11
886	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,09	0,11	0,12	0,08	0,11	0,11	0,09	0,12	0,10	0,10	0,11	0,10	0,08	0,12	0,12	0,09	0,12	0,10
887	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,10	0,11	0,11	0,02	0,09	0,11	0,09	0,10	0,11	0,10
889	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,10	0,11	0,08	0,12	0,10	0,09	0,11	0,12	0,09	0,12	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,08	0,12	0,11
890	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11	0,08	0,11	0,10	0,08	0,12	0,11	0,09	0,10	0,10	0,08	0,12	0,10	0,08	0,11	0,11
892	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,10	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,10	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,09	0,10	0,10	0,09	0,12	0,12
893	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,10	0,12	0,09	0,11	0,11	0,09	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,12	0,09	0,10	0,11	0,09	0,13	0,10
894	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,10	0,11	0,11	0,09	0,12	0,14	0,08	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11
895	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,10	0,10	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,08	0,10	0,10	0,10	0,11	0,12	0,10	0,12	0,10	0,08	0,12	0,12
897	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,10	0,12	0,12	0,08	0,12	0,11	0,08	0,10	0,12	0,09	0,11	0,10	0,08	0,12	0,12	0,08	0,11	0,11	0,10	0,13	0,11
898	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,11	0,09	0,10	0,12	0,08	0,11	0,11	0,09	0,12	0,11	0,08	0,11	0,10	0,09	0,12	0,10	0,09	0,12	0,11
899	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,10	0,10	0,08	0,12	0,10	0,09	0,10	0,12	0,08	0,10	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,10	0,10	0,08	0,12	0,10
900	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,08	0,10	0,10	0,09	0,11	0,11	0,08	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,09	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,08	0,14	0,11
901	30.06.09 – 31.12.13	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	0,09	0,11	0,10	0,09	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10	0,08	0,12	0,11	0,08	0,10	0,12	0,08	0,12	0,10	0,09	0,12	0,10

Tabela P. 26 Vrednosti zazora na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Temperatura na mernim mestima (°C)		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ – leteći ležajevi	M ₃ – klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	97,5	97	96,5
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	97,5	97,5	97
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	98	98,5	97,5
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	98,5	98,5	98
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	99,5	99	98,5

Tabela P.27 Vrednosti temperatura na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Temperatura na mernim mestima (°C)		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ – leteći ležajevi	M ₃ – klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	97	97,5	96
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	97,5	97,5	97
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	98	98	97,5
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	99	98,5	98
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	99,5	99	98

Tabela P.28 Vrednosti temperatura na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Lasta“ – Beograd na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Temperatura na mernim mestima (°C)		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	95,5	95	94
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	96	95,5	94,5
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,5 + 2,5	96	96	95
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	96,5	96	95
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	97	96,5	95,5

Tabela P.29 Vrednosti temperatura na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Temperatura na mernim mestima (°C)		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	95	95	94
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	96	95,5	94,5
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,5 + 2,5	96,5	95,5	94,5
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	96,5	96	95
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	97	96	95,5

Tabela P.30 Vrednosti temperatura na analiziranim sastavnim komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Niš–Ekspres“ – Niš na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Zazor (mm) na mernim mestima gde je primenjen novi materijal za ležajeve		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,17	0,16	0,15
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,17	0,17	0,16
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,18	0,17	0,17
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,18	0,18	0,17
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,20	0,19	0,18

Tabela P.31 Vrednosti zazora na mernim mestima analiziranih sastavnih komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, “Kavim–Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Zazor (mm) na mernim mestima gde je primenjen novi materijal za ležajeve		
				M ₁ - stabilni ležajevi	M ₂ - leteći ležajevi	M ₃ - klizni ležajevi
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,18	0,17	0,17
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,18	0,17	0,17
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,19	0,18	0,18
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 7 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,20	0,19	0,18
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,21	0,20	0,19

Tabela P.32 Vrednosti zazora na mernim mestima analiziranih sastavnih komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Niš–Ekspres“– Niš na osnovu eksploatacionih podataka na kojima nisu primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Zazor (mm) na mernim mestima gde je primenjen novi materijal za ležajeve		
				M ₁ - stabilni ležajeve	M ₂ - leteći ležajeve	M ₃ - klizni ležajeve
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,07	0,06	0,06
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,07	0,07	0,06
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 10^6$	0,5 + 2,5	0,08	0,08	0,07
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_1 \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	0,09	0,09	0,08
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_1 \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	0,10	0,09	0,09

Tabela P.33 Vrednosti zazora na mernim mestima analiziranih sastavnih komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, „Lasta“ – Beograd sa konstruktivnom izmenom na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

r.b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Zazor (mm) na mernim mestima gde je primenjen novi materijal za ležajeve		
				M ₁ - stabilni ležajeve	M ₂ - leteći ležajeve	M ₃ - klizni ležajeve
1.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,07	0,07	0,05
2.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 9 \cdot 10^5$	0,5 + 2,5	0,07	0,07	0,06
3.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_1 \leq 10^6$	0,5 + 2,5	0,09	0,08	0,06
4.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_1 \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	0,09	0,09	0,07
5.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_1 \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,5 + 2,5	0,11	0,10	0,08

Tabela P.34 Vrednosti zazora na mernim mestima analiziranih sastavnih komponentama sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš-Ekspres“ – Niš sa konstruktivnom izmenom na osnovu eksploatacionih podataka na kojima su primenjeni parametri dijagnostike stanja

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenta sklopova sa pređenim putem (km)		Merno mesto 1 – stabilni ležajevi					Merno mesto 2 – leteći ležajevi					Merno mesto 3 – klizni ležajevi				
		$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_1	$\lambda_1 \max$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_2	$\lambda_2 \max$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_3	$\lambda_3 \max$
30.06.2009	500 000	4,952	4,148	4,025	0,0137	1,37 · 10 ⁻⁴	4,262	4,262	4,262	2,927	1,25 · 10 ⁻⁴	4,672	4,421	4,572	5,428	1,19 · 10 ⁻⁴
31.12.2009	550 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.06.2010	600 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.09.2010	650 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.12.2010	700 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.03.2011	750 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.06.2011	800 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.09.2011	850 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.12.2011	900 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.03.2012	950 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.06.2012	1 000 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.09.2012	1 050 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.12.2012	1 100 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.03.2013	1 150 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.06.2013	1 200 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
30.09.2013	1 250 000	4,952	4,148	4,025	0,0137		4,262	4,262	4,262	2,927		4,672	4,421	4,572	5,428	
31.12.2013	1 300 000	4,952	4,148	4,025	0,0137	4,262	4,262	4,262	2,927	4,672	4,421	4,572	5,428			

Tabela P. 35 Vrednosti modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenta sklopova na izabranim mernim mestima motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ bez primene parametara stanja komponenta u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom primenom modela sigurnosti funkcionisanja za λ_{\max}

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenta sklopova sa pređenim putem (km)		Merno mesto 1 – stabilni ležajevi					Merno mesto 2 – leteći ležajevi					Merno mesto 3 – klizni ležajevi				
		$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_1	$\lambda_{1 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_2	$\lambda_{2 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_3	$\lambda_{3 \max}$
30.06.2009	500 000	4,757	4,361	4,126	0,0112	$1,39 \cdot 10^{-4}$	4,641	4,047	3,863	2,614	$1,25 \cdot 10^{-4}$	3,368	3,136	3,029	3,984	$1,31 \cdot 10^{-4}$
31.12.2009	550 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.06.2010	600 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.09.2010	650 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.12.2010	700 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.03.2011	750 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.06.2011	800 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.09.2011	850 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.12.2011	900 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.03.2012	950 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.06.2012	1 000 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.09.2012	1 050 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.12.2012	1 100 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.03.2013	1 150 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.06.2013	1 200 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
30.09.2013	1 250 000	4,757	4,361	4,126	0,0112		4,641	4,047	3,863	2,614		3,368	3,136	3,029	3,984	
31.12.2013	1 300 000	4,757	4,361	4,126	0,0112	4,641	4,047	3,863	2,614	3,368	3,136	3,029	3,984			

Tabela P. 36 Vrednosti modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenta sklopova na izabranim mernim mestima motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš–Ekspres“ – Niš bez primene parametara stanja komponenta u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom primenom modela sigurnosti funkcionisanja za λ_{\max}

Eksploataciono vreme rada sastavnih komponenta sklopova sa pređenim putem (km)		Merno mesto 1 – stabilni ležajevi					Merno mesto 2 – leteći ležajevi					Merno mesto 3 – klizni ležajevi				
		$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_1	$\lambda_{1 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_2	$\lambda_{2 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_3	$\lambda_{3 \max}$
30.06.2009	600 000	4,146	4,073	3,984	0,0971	1,28 · 10 ⁻⁴	4,074	3,765	3,246	2,574	1,21 · 10 ⁻⁴	3,177	3,004	2,617	3,146	1,31 · 10 ⁻⁴
31.12.2009	650 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.06.2010	700 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.09.2010	750 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.12.2010	800 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.03.2011	850 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.06.2011	900 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.09.2011	950 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.12.2011	1 000 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.03.2012	1 050 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.06.2012	1 100 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.09.2012	1 150 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.12.2012	1 200 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.03.2013	1 250 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.06.2013	1 300 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
30.09.2013	1 350 000	4,146	4,073	3,984	0,0971		4,074	3,765	3,246	2,574		3,177	3,004	2,617	3,146	
31.12.2013	1 400 000	4,146	4,073	3,984	0,0971	4,074	3,765	3,246	2,574	3,177	3,004	2,617	3,146			

Tabela P. 37 Vrednosti modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenta sklopova na izabranim mernim mestima motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ sa primenom parametara stanja komponenta u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom primenom modela sigurnosti funkcionisanja za λ_{\max}

Eksploatacino vreme rada sastavnih komponenta sklopova sa pređenim putem (km)		Merno mesto 1 – stabilni ležajevi					Merno mesto 2 – leteći ležajevi					Merno mesto 3 – klizni ležajevi				
		$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_1	$\lambda_{1 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_2	$\lambda_{2 \max}$	$M_1(t)$	$M_2(t)$	$M_3(t)$	η_3	$\lambda_{3 \max}$
30.06.2009	600 000	3,875	3,344	3,026	0,0814	1,18 · 10 ⁻⁴	3,516	3,224	2,841	2,247	1,21 · 10 ⁻⁴	2,817	2,361	2,195	2,963	1,17 · 10 ⁻⁴
31.12.2009	650 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.06.2010	700 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.09.2010	750 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.12.2010	800 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.03.2011	850 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.06.2011	900 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.09.2011	950 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.12.2011	1 000 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.03.2012	1 050 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.06.2012	1 100 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.09.2012	1 150 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.12.2012	1 200 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.03.2013	1 250 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.06.2013	1 300 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
30.09.2013	1 350 000	3,875	3,344	3,026	0,0814		3,516	3,224	2,841	2,247		2,817	2,361	2,195	2,963	
31.12.2013	1 400 000	3,875	3,344	3,026	0,0814	3,516	3,224	2,841	2,247	2,817	2,361	2,195	2,963			

Tabela P. 38 Vrednosti modela sigurnosti funkcionisanja rada komponenta sklopova na izabranim mernim mestima motornih vozila Volvo – D7C 275, „Niš–Ekspres“ – Niš sa primenom parametara stanja komponenta u eksploatacionom periodu rada sa dozvoljenim rizikom primenom modela sigurnosti funkcionisanja za λ_{\max}

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 – leteći ležajevi											
			M_3 – klizni ležajevi											
			$N_i(t)$	F_i	$Z_i(t)$	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S_a(t)$	$S_o(t)$	$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,011	0,013	<u>0,846</u>	94,02	0,034	0,380	0,312	0,302	0,310	0,551	0,762	<u>0,794</u>
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	0,010	0,014	<u>0,704</u>	94,56	0,041	0,412	0,343	0,321	0,319	0,567	0,769	0,799
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,009	0,015	0,676	94,93	0,045	0,459	0,359	0,358	0,358	0,589	0,771	0,821
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	0,008	0,016	<u>0,482</u>	95,13	0,047	0,487	0,376	0,391	0,383	0,614	0,792	<u>0,835</u>
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	0,007	0,017	<u>0,367</u>	95,67	0,051	0,504	0,402	0,426	0,409	0,626	0,826	0,845
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,006	0,018	0,333	95,84	0,054	0,531	0,437	0,451	0,441	0,639	0,845	0,859
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,005	0,019	0,263	95,97	0,057	0,549	0,459	0,478	0,453	0,667	0,851	0,868
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,004	0,020	<u>0,213</u>	96,11	0,061	0,575	0,482	0,499	0,521	0,689	0,875	<u>0,875</u>
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,003	0,021	0,142	96,33	0,063	0,583	0,526	0,520	0,538	0,713	0,893	0,887
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,002	0,022	0,091	96,57	0,065	0,602	0,537	0,537	0,547	0,756	0,919	0,892

Tabela P.39 Vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na kojima nije primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 - leteći ležajevi												
			M_3 - klizni ležajevi										$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
			$N_i(t)$	F_i	$Z_i(t)$	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S_a(t)$	$S_o(t)$				
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,012	0,013	<u>0,923</u>	94,21	0,036	0,349	0,376	0,311	0,313	0,598	0,786	<u>0,889</u>	
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	0,011	0,014	<u>0,857</u>	94,87	0,043	0,372	0,403	0,318	0,325	0,512	0,778	0,892	
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,010	0,015	<u>0,761</u>	95,17	0,047	0,399	0,415	0,366	0,372	0,547	0,786	0,898	
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	0,009	0,016	<u>0,684</u>	95,21	0,049	0,424	0,442	0,387	0,394	0,673	0,812	<u>0,901</u>	
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	0,008	0,017	0,627	95,87	0,056	0,462	0,504	0,422	0,437	0,621	0,843	0,912	
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,007	0,018	0,503	96,17	0,058	0,485	0,528	0,454	0,471	0,647	0,851	0,919	
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,006	0,019	0,411	96,21	0,059	0,508	0,539	0,453	0,483	0,773	0,862	0,925	
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,005	0,020	<u>0,296</u>	96,87	0,063	0,526	0,587	0,521	0,548	0,721	0,894	<u>0,931</u>	
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,004	0,021	0,191	97,17	0,065	0,542	0,616	0,536	0,569	0,747	0,911	0,944	
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,003	0,022	0,136	97,67	0,067	0,576	0,621	0,552	0,582	0,835	0,925	0,957	

Tabela P.40 Vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponentata sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na kojima je primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 - leteci ležajevi M_3 - klizni ležajevi											
			$N_i(t)$	Y_i	$Z_i(t)$	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S_a(t)$	$S_o(t)$	$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
			1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,011	0,013	<u>0,882</u>	94,33	0,038	0,389	0,328	0,318	0,319
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	0,010	0,014	0,746	94,49	0,044	0,418	0,349	0,321	0,334	0,561	0,764	0,799
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,009	0,015	0,628	94,91	0,045	0,459	0,357	0,358	0,356	0,585	0,774	0,821
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	0,008	0,016	<u>0,583</u>	95,17	0,047	0,487	0,377	0,395	0,383	0,614	0,792	<u>0,835</u>
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	0,007	0,017	<u>0,508</u>	95,76	0,051	0,504	0,421	0,426	0,412	0,626	0,823	0,845
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,006	0,018	0,485	95,94	0,055	0,535	0,438	0,451	0,445	0,632	0,845	0,859
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,005	0,019	0,371	95,97	0,059	0,549	0,454	0,478	0,453	0,663	0,853	0,868
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,004	0,020	<u>0,283</u>	96,19	0,064	0,579	0,487	0,499	0,521	0,689	0,874	<u>0,875</u>
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,003	0,021	0,204	96,38	0,066	0,587	0,523	0,520	0,533	0,713	0,895	0,887
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,002	0,022	0,196	96,63	0,069	0,611	0,534	0,537	0,541	0,753	0,913	0,892

Tabela P.41 Vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na kojima nije primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 – leteći ležajevi M_3 – klizni ležajevi											
			$N_i(t)$	Y_i	$Z_i(t)$	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S'_a(t)$	$S'_o(t)$	$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
			1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	0,012	0,013	<u>0,974</u>	94,42	0,038	0,357	0,381	0,347	0,321
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	0,011	0,014	<u>0,912</u>	94,84	0,045	0,376	0,423	0,357	0,329	0,5591	0,792	0,892
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	0,010	0,015	0,853	95,15	0,048	0,395	0,431	0,369	0,358	0,645	0,764	0,898
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	0,009	0,016	<u>0,821</u>	95,28	0,049	0,429	0,449	0,391	0,386	0,678	0,824	<u>0,901</u>
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	0,008	0,017	<u>0,736</u>	95,89	0,057	0,471	0,535	0,447	0,431	0,691	0,851	0,912
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	0,007	0,018	0,622	96,18	0,061	0,483	0,554	0,459	0,464	0,753	0,865	0,919
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	0,006	0,019	0,493	96,23	0,064	0,524	0,567	0,468	0,488	0,776	0,873	0,925
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	0,005	0,020	<u>0,324</u>	96,84	0,065	0,564	0,589	0,531	0,561	0,789	0,898	<u>0,931</u>
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	0,004	0,022	0,297	97,16	0,068	0,575	0,628	0,545	0,578	0,794	0,920	0,944
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	0,003	0,024	0,221	97,68	0,069	0,582	0,663	0,568	0,592	0,537	0,924	0,957

Tabela P.42 Vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponentata sklopova motornih vozila Volvo – D9B 340, JGSP „Novi Sad“ na kojima je primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Vrednosti parametara pouzdanosti za sastavne komponente sklopova motornih vozila												
			Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 - leteći ležajevi, M_3 - klizni ležajevi												
			$S_i(km)$	$m(t)$	$m_i(t)$	σ	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S_a(t)$	$S_o(t)$	$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	8	11	0,658	94,272	0,034	0,380	0,312	0,302	0,310	0,551	0,762	0,794
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^5$	7	13	0,679	94,567	0,041	0,412	0,343	0,321	0,319	0,567	0,769	0,799
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	$6,2 \cdot 10^5$	8	12	0,694	94,939	0,045	0,459	0,359	0,358	0,358	0,589	0,771	0,821
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^5$	7	11	0,705	95,338	0,047	0,487	0,376	0,391	0,383	0,614	0,792	0,835
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	$7,2 \cdot 10^5$	8	13	0,718	95,677	0,051	0,504	0,402	0,426	0,409	0,626	0,826	0,845
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	$8,2 \cdot 10^5$	6	15	0,729	95,846	0,054	0,531	0,437	0,451	0,441	0,639	0,845	0,859
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	$8,8 \cdot 10^5$	7	17	0,736	95,972	0,057	0,549	0,459	0,478	0,453	0,667	0,851	0,868
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	$9,7 \cdot 10^5$	8	19	0,742	96,113	0,061	0,575	0,482	0,499	0,521	0,689	0,875	0,875
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	$10,3 \cdot 10^5$	9	20	0,754	96,334	0,063	0,583	0,526	0,520	0,538	0,713	0,893	0,887
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$	8	22	0,769	96,576	0,065	0,602	0,537	0,537	0,547	0,756	0,919	0,892

Tabela P.43 Izračunate vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na kojima nije primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r. b.	Vremenski intervali rada motornih vozila	Pređeni put S_i (km)	Vrednosti parametara pouzdanosti za sastavne komponente sklopova motornih vozila												
			Redosled mernih mesta: M_1 - stabilni ležajevi, M_2 - leteći ležajevi, M_3 - klizni ležajevi												
			$S_i(km)$	$m(t)$	$m_i(t)$	σ	$\gamma(t)$	$W(t)$	$\lambda_a(t)$	$\lambda_o(t)$	$S_a(t)$	$S_o(t)$	$\tau(s)$	$K_o(t)$	$K_a(t)$
1.	30.06.09 – 31.12.13	$5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 5,5 \cdot 10^5$	$5,2 \cdot 10^5$	8	9	0,686	94,217	0,036	0,349	0,376	0,311	0,313	0,598	0,786	0,889
2.	30.06.09 – 31.12.13	$5,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6 \cdot 10^5$	$5,8 \cdot 10^5$	7	8	0,695	94,871	0,043	0,372	0,403	0,318	0,325	0,512	0,778	0,892
3.	30.06.09 – 31.12.13	$6 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 6,5 \cdot 10^5$	$6,2 \cdot 10^5$	8	9	0,706	95,172	0,047	0,399	0,415	0,366	0,372	0,547	0,786	0,898
4.	30.06.09 – 31.12.13	$6,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 7 \cdot 10^5$	$5,7 \cdot 10^5$	7	9	0,711	95,217	0,049	0,424	0,442	0,387	0,394	0,673	0,812	0,901
5.	30.06.09 – 31.12.13	$7 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8 \cdot 10^5$	$7,2 \cdot 10^5$	5	7	0,718	95,871	0,056	0,462	0,504	0,422	0,437	0,621	0,843	0,912
6.	30.06.09 – 31.12.13	$8 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 8,5 \cdot 10^5$	$8,2 \cdot 10^5$	6	9	0,727	96,172	0,058	0,485	0,528	0,454	0,471	0,647	0,851	0,919
7.	30.06.09 – 31.12.13	$8,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 9 \cdot 10^5$	$8,8 \cdot 10^5$	6	10	0,736	96,217	0,059	0,508	0,539	0,453	0,483	0,773	0,862	0,925
8.	30.06.09 – 31.12.13	$9,5 \cdot 10^5 \leq S_i \leq 10^6$	$9,7 \cdot 10^5$	5	11	0,748	96,871	0,063	0,526	0,587	0,521	0,548	0,721	0,894	0,931
9.	30.06.09 – 31.12.13	$10^6 \leq S_i \leq 1,1 \cdot 10^6$	$10,3 \cdot 10^5$	5	12	0,766	97,172	0,065	0,542	0,616	0,536	0,569	0,747	0,911	0,944
10.	30.06.09 – 31.12.13	$1,1 \cdot 10^6 \leq S_i \leq 1,2 \cdot 10^6$	$1,1 \cdot 10^5$	7	15	0,779	97,672	0,067	0,576	0,621	0,552	0,582	0,835	0,925	0,957

Tabela P.44 Izračunate vrednosti parametara Gaus-ove raspodele koje određuju pouzdanost rada sastavnih komponenta sklopova motornih vozila Volvo – D7C 275, JGSP „Novi Sad“ na kojima je primenjena kontrola parametara dijagnostike stanja

r.b.	Tip motora	Pređeni put (km)	Potrošnja ulja (l)	Snaga (KW)	Maksimalni obrtni moment (Nm)	Broj cilindra	Zapremina cilindra (dm ³)	Kompresija	Težina motora (kg)
1.	D7C - 275	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	275	1085	6	7,3	19,5	750 ⁺²⁰
2.	D9B - 300	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	300	1200	6	9,4	18	981 ⁺²⁰
3.	D9B - 340	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	340	1600	6	9,4	18	981 ⁺²⁰
4.	D9B - 360	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	360	1800	6	9,4	18	981 ⁺²⁰
5.	D9B - 380	500000 + 1300000	0,5 + 2,5	380	2000	6	9,4	18	981 ⁺²⁰

Tabela P. 45 Karakteristike pojedinih tipova motornih vozila – Volvo (JGSP „Novi Sad“, “Kavim – Jedinstvo“ d.o.o. Vranje, “Niš – Ekspres“ – Niš)



BIOGRAFSKI PRIKAZ

Mr Nenad Janjić rođen je 10.10. 1961. godine u Vranju gde je i završio Mašinsko-tehničku školu. Diplomirao je na Mašinskom fakultetu u Nišu i stekao stručni naziv diplomirani mašiniski inženjer.

RADNA - PRIVREDNA I PEDAGOŠKA DELATNOST

Poslediplomske studije završio je na Tehničkom fakultetu „Mihajlo Pupin“ u Zrenjaninu Univerziteta u Novom Sadu 2008. god., odbranom magistarske teze pod nazivom “Informacioni sistem praćenja održavanja vozila u voznom parku“ i stekao akademsko zvanje magistar tehničkih nauka.

Započeo radno iskustvo od 01.11. 1990. godine u Holding kompaniji „Vrelo“ u Bujanovačkoj banji na poslovima šefa održavanja, a godinu dana kasnije postao je tehnički direktor tog preduzeća. Izvršio je remont postojeće mini Hidroelektrane (250 kw) u manastiru Sv. Prohor Pčinjski na reci Pčinji i pustio je u rad. Na ovim poslovima je sproveo niz rekonstrukcija opreme i instalacija, alata, uvođenjem novih tehnologija u funkciji procesa rada. Godine 1998. prelazi u novoformljeno preduzeće Lenex Vrelo a.d. Beograd kao tehnički direktor i učestvuje u njegovom formiranju.

U periodu od 2002. do 2009. godine, bio je zaposlen u Preduzeću za puteve a.d. Vranje kao glavni inženjer mašinskog održavanja. U toj funkciji bio je učesnik stručne obuke Wirtgen Group Vogeles Road Pavers koja je održana u Nemačkoj 13-15. 03. 2007. godine i dobio sertifikat o stručnom usavršavanju. Nakon toga, u oktobru mesecu 2008. godine, bio je učesnik i glavni organizator stručne obuke »Tehnologija ugradnje asfalta« u ime PZP Vranje i NIBENS GROUP u saradnji sa nemačkom firmom Wirtgen Group i time stekao još jedan sertifikat o stručnom usavršavanju.

Od 04. 11. 2009. god., do 29.08.2014. bio zaposlen na Visokoj školi primenjenih strukovnih studija u Vranju u zvanju predavača na predmetima: Mašinski materijali, Dijagnostika motornih vozila, Tehnologije integralnog transporta, Pogonski agregati i Održavanje motornih vozila.

Učešće na projektima: koordinator i istraživač TEMPUS projekata ECBAC–517200 “Formiranje kapaciteta za osnivanje Akademije strukovnih studija južne Srbije i Nacionalne konferencije visokog strukovnog obrazovanja” za period 2011–2014. godine.

Do danas je objavio 65 naučnih i stručnih radova u referentnim domaćim i inostranim časopisima i zbornicima radova, 23 udbenika, priručnika i monografija iz oblasti

održavanja, dijagnostike motornih vozila i industrijskih postrojenja. Učesnik je više naučnih konferencija u zemlji i inostranstvu.

Dobitnik je Zlatne plakete 2006. god. za izuzetan doprinos razvoju tehničke dijagnostike Srbije, od strane Društva za Tehničku dijagnostiku, Beograd.

Dobitnik je zahvalnice 2007. god. od strane Akademije inženjerstva održavanja Srbije, za angažovanje i osnivanje Akademije inženjerstva održavanja, Beograd.

Potpredsednik je Društva za tehničku dijagnostiku Srbije – TEHDIS, a u okviru Društva je:

- član izdavačkog saveta časopisa „Hidraulika i pneumatika“, Niš,
- član izdavačkog saveta časopisa „Održavanje mašina“, Smederevo,
- član izdavačkog saveta časopisa „Menadžment znanja“, Smederevo.