

MOGUĆNOST ODREĐIVANJA PERIODIČNOSTI SPROVOĐENJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

POSSIBILITY DETERMINATION THE PERIODICALITY PREVENTIVE MAINTENANCE TECHNICAL SYSTEMS

Ivan B. Krstić

Fakultet tehničkih nauka u K.Mitrovici

Vojislav B. Krstić

Saobraćajni fakultet u Beogradu

Božidar V. Krstić

Mašinski fakultet u Kragujevcu

REZIME

U radu je prikazana metodologija održavanja karakteristika preventivnog održavanja tehničkog sistema, u okviru strategije njegovog preventivnog održavanja. Ovu metodologiju moguće je primeniti kada se posle svakog otkaza sprovodi takav remont koji ne menja intenzitet otkaza analiziranog dela tehničkog sistema.

Ključne riječi: motorno vozilo, preventivno održavanje

SUMMARY

There is given methodology of determination the periodicality conveymg processes of preventive maintenance technical systems, in limit the strategy its preventive maintenance. This methodology is possibly apply when there can convey the revision which doesn't change intensity falilure of analysed part after every falilure.

Key words: technical systems, preventive meintenance

1. UVOD

Blagovremeno utvrđivanje preventivnih operacija i kvalitet njihovog sprovođenja predstavlja efektivnost preventivnog održavanja tehničkih sistema. Brzina pojavljivanja neispravnosti na vozilu uslovljava vreme preventivnih operacija. Kvalitet otkrivanja neispravnosti zavisi od načina pronalaženja neispravnih elemenata, pogodnosti primenjenih metoda prognoziranja i vremena predviđenog za preventivne operacije. Nesporno je da i u jednom i u drugom slučaju na efikasnost preventivnog održavanja suštinski uticaj ima veština korišćenja motornog vozila.

Neke od osnovnih metoda prevencije otkaza, sa svojim karakteristikama, su:

- Kontrola kvaliteta funkcionisanja uređaja na osnovu izlaznog parametra. Ovaj metod zasnovan je na činjenici da promena strukture ulaznih elemenata dovodi do poremećaja funkcionalnosti, tj. uslovljava promenu izlaznog parametra. Za razliku od prvog metoda, u ovom slučaju ne može se odmah otkriti element koji je doveo do neispravnosti. Za otkrivanje neispravnosti potrebno je pronalaženje neispravnog dela i njegova popravka.
- Korišćenje statističkih raspodela verovatnoće ispravnog rada delova do prvog otkaza, dobijenih na osnovu dugotrajnog korišćenja uređaja. Pri tome je moguće, sa izvesnom

verovatnoćom, predvideti momenat otkaza elementa i preduzeti mere za njegovo sprečavanje.

- Kontrolisanje promene fizičko-hemijske strukture elemenata uređaja, koje se primenjuje u slučaju kada su za element utvrđene statističke zakonitosti menjanja strukture sa vremenom (kad je poznat prognozirajući parametar) i ako postoje prognozirajući uređaji.

U slučaju kada nema mogućnosti da se kontroliše promena strukture elemenata ili ne postoji zavisnost između promene strukture i izlaznog parametra uređaja primenjuje se ovaj metod. Navedene metode najčešće se koriste za sprečavanje otkaza elektromehaničkih i mehaničkih sklopova i elemenata tehničkih sistema za koje su utvrđene statističke zakonitosti pojave otkaza. U procesu korišćenja savremenih motornih vozila sistema (sa dosta ugrađenih elektronskih sistema), javljaju se neispravnosti koje se ne mogu otkriti nijednim od navedenih metoda. Ove neispravnosti i dovode do neizbežnih otkaza. Prirodna je pretpostavka da se preventivni radovi u ovoj ili onoj meri zasnivaju na nabrojanim metodama otkrivanja i otklanjanja neispravnosti.

2. VRSTE PREVENTIVNIH RADOVA

Po pravilu, za veći broj tehničkih sistema, mogu se izdvojiti sledeće karakteristične faze preventivnog održavanja, i svaka od njih sadrži određene vrste operacija.

Spoljašnji pregled motornog vozila sadrži: demontaža uređaja, pregled spojeva i priključaka; čišćenje elemenata i sklopova uređaja; zamena maziva, provera kvaliteta montaže, kablova i mogućih curenja; provera preciznosti rada pojedinih sklopova vozila pomoću kontrolno-mernih pribora.

Preventivna ispitivanja sklopova motornog vozila u radnom režimu obuhvataju: uspostavljanje režima rada; podešavanje i dorada pojedinih delova i sklopova; provera funkcionisanja delova i sklopova na normalnim i specijalnim režimima rada.

Sprovođenje preventivne kontrole rada delova i sklopova vozila obuhvata: sklapanje i kompletiranje sklopova vozila; provera funkcionalnosti sklopova vozila na normalnim i specijalnim režimima; kompletno montiranje i provera osnovnih parametara vozila u celini.

U toku preventivnih operacija, u svakoj fazi održavanja, otkrivaju se neispravni delovi, zamenjuju ili popravljaju. U prvoj fazi prevencije – spoljašnjeg pregleda vozila – to je otkrivanje i zamena neispravnih delova.

U drugoj fazi vrše se preventivna ispitivanja vozila u radnom režimu. Pri tome se otkrivanje i popravka neispravnih delova vrše samo u slučaju nemogućnosti da se uspostave početni režimi rada ili granice uključivanja pojedinih delova i sklopova pomoću elemenata podešavanja.

Pri proveru funkcionisanja vozila u celini (treća faza prevencije) koja podrazumeva i doradu i podešavanje prema zadatim tehničkim uslovima, takođe se mogu tražiti i otklanjati neispravnosti. Tada se neke operacije, već izvršene ranije, ponavljaju, na primer : podešavanje pojedinih sklopova, provera montaže, podešavanje priključaka, i td.

U svakoj fazi održavanja vozila sprovede se preventivne operacije povezane sa pronalaženjem neispravnosti, a vreme njihovog vršenja je slučajno. Analizirajući sadržaj navedenih preventivnih radova možemo konstatovati da se u osnovi njihovog obavljanja nalazi neki od metoda sprečavanja otkaza. Za kvantitativnu ocenu efektivnosti navedenih metoda neophodan je matematički opis (prikaz) procesa porasta i otklanjanja neispravnosti.

3. PROCES NAGOMILAVANJA NEISPRAVNOSTI VOZILA SA VREMENOM

Efektivnost preventivnog održavanja u znatnoj meri zavisi od blagovremenog planiranja preventivnih radova. Poznavanje zakonitosti nastajanja neispravnosti na vozilu omogućuje celishodno utvrđivanje rokova sprovođenja preventivnih operacija. S jedne strane, njihova prerana realizacija je štetna, jer izaziva nepotrebne i neracionalne prekide rada vozila. S druge

strane, predugo vreme između preventivnih mera T_{pr} uslovljava porast broja otkaza zbog blagovremeno neotklonjenih neispravnosti. Znači da postoji optimalna periodičnost sprovođenja $T_{pr\ opt}$ preventivnih operacija, pri kojoj se najefikasnije rešava navedena protivurečnost.

U zavisnosti od metoda sprečavanja otkaza karakter procesa akumuliranja neispravnosti sa vremenom može se opisati na sledeći način :

1. Ako je za neki element poznat prognozirajući parametar, onda se verovatnoća njegovog rada bez otkaza za vreme t ocenjuje prema sledećem izrazu:

$$P(t) = \int_t^{\infty} \Psi_{p1}(t) dt \quad (1)$$

u kome je $\Psi_{p1}(t)$ – funkcija dobijena proračunom na osu vremena.

2. Ako za delove istog tipa postoje otkazi koji se mogu sprečiti, i neizbežni otkazi i poznati su njihovi statistički zakoni raspodele sa vremenom, onda se verovatnoća rada bez otkaza određuje izrazom:

$$P(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt \quad (2)$$

gde je

$$f(t) = C_1 f_p(t) + C_2 f_n(t) \quad (3)$$

$f_p(t)$, $f_n(t)$ – su gustine raspodele verovatnoće pojave neizbežnih otkaza koji se mogu sprečiti ;

C_1 , C_2 – su koeficijenti koji određuju procenat svakog zakona $f_p(t)$ i $f_n(t)$, koji čine superpoziciju $f(t)$.

Veličine C_1 i C_2 zadovoljavaju uslov: $C_1 + C_2 = 1$.

U prvom slučaju, kad je poznat prognozirajući parametar, obično se utvrđuju određene granice kvaliteta dela, koji se može kontrolisati u procesu rada. Postepeno kvalitet dela opada približavajući se granici posle koje nastaje otkaz. Pri tome se može odrediti preliminarni stepen kontrolisanog parametra pri čijem se dostizanju otkriva i zamenjuje neispravni element. Ovaj stepen naziva se stepenom prognoze.

Pri analizi promene prognozirajućeg parametra sa vremenom koriste se sledeće veličine:

$\bar{\alpha}(t)$ – matematičko očekivanje funkcija, koje karakterišu promenu sa vremenom osnovnog kontrolisanog parametra; $\bar{\alpha}_0$ – matematičko očekivanje rasipanja početnih vrednosti parametara; $\bar{\alpha}_{kr}$ – kritični stepen radne sposobnosti (funkcionisanja) - matematičko očekivanje graničnih vrednosti parametara pri kojima se javlja otkaz; $\bar{\alpha}_{pr}$ – stepen prognoze (preventivne kontrole); T_{pr} – period prognožiranja – vreme između dve preventivne kontrole;

$\Delta\bar{\alpha}_{kr}, \Delta\bar{\alpha}_{pr}$ – ukupne i preventivne rezerve pouzdanosti delova, koje se mogu izaziti u obliku:

$$\Delta\bar{\alpha}_{kr} = \bar{\alpha}_0 - \bar{\alpha}_{kr} \quad \text{i} \quad \Delta\bar{\alpha}_{pr} = \bar{\alpha}_{pr} - \bar{\alpha}_{kr} \quad (4)$$

Poznavanje statističkih zakonitosti menjanja kontrolisanog parametra sa vremenom omogućuje da se na osnovu rezultata njegovog merenja u momentu $\bar{t}_{kr} = \bar{t}_{pr} + T_{pr}$, predstavlja preduslov za sprečavanje otkaza vozila.

Period prognožiranja zavisi od brzine menjanja parametara sa vremenom. Sa tog aspekta svaki prognozirajući parametar $\alpha(t)$ može se oceniti prema koeficijentu njegove promene u vremenu:

$$K_{\alpha} = \frac{\bar{\alpha}_0 - \bar{\alpha}(t)}{t} \quad (5)$$

koji karakteriše proces umnožavanja neispravnosti tokom vremena.

U drugom slučaju, kada je prognozirajući parametar nepoznat, osnovna karakteristika procesa umnožavanja neispravnosti sa tokom vremena je statistička raspodela vremena ispravnog rada do prvog otkaza. Na osnovu iskustva pri korišćenja vozila poznato je da se raspodela vremena pojave neizbežnih otkaza, sa prihvatljivom tačnošću, aproksimira eksponencijalnim zakonom [1]:

$$f_N(t) = \lambda \exp(-\lambda t) \quad (6)$$

gde je λ – intenzitet neizbežnih otkaza.

Za otkaze koji se mogu sprečiti moguće je pretpostaviti raspodelu opisanu skraćenim (nepotpunim) normalnim zakonom [1]. U tom slučaju, će superpozicija navedenih zakona, prema izrazu (3), imajući u vidu jednačine (6) i (2), dobiti sledeći oblik:

$$f(t) = C_1 \frac{c}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-T_{sr})^2}{2\sigma^2}\right] + C_2 \lambda \exp(-\lambda t) \quad (7)$$

U izrazima (3) i (7) koeficijent C_1 , koji određuje broj otkaza koji se mogu sprečiti, predstavlja koeficijent karaktera otkaza $A(T_e)$.

S obzirom da je: $C_1 + C_2 = 1$, dobija se da je:

$$C_2 = 1 - A(T_e) \quad (8)$$

Može se pokazati da se zamenom (7) u (2) uzimajući u obzir (8), formula (2) transformisati na sledeći način:

$$P(t) = A(T_e) \frac{\Phi\left(\frac{t-T_{sr}}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{T_{sr}}{\sigma}\right)} + [1 - A(T_e)] e^{-\lambda t} \quad (9)$$

gds su: $\Phi\left(\frac{t-T_{sr}}{\sigma}\right), \Phi\left(\frac{T_{sr}}{\sigma}\right)$ – tabelarne funkcije integrala verovatnoće [2].

Izraz (9) karakteriše statističku raspodelu u toku procesa umnožavanja neispravnosti bez postojanja prognozirajućeg parametra. Ako se, u formuli (7), koeficijenti C_1 i C_2 izraze preko koeficijenta karaktera otkaza $A(T_e)$, dobija se formulu za određivanje učestalosti pojava neispravnosti $\lambda_c(t)$, u slučaju superpozicije eksponencijalnog i skraćenog normalnog zakona:

$$\lambda_c(t) = \frac{A(T_e) \frac{c}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(t-T_{sr})^2}{2\sigma^2}\right] + [1 - A(T_e)] \lambda \exp(-\lambda t)}{A(T_e) \frac{c}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t \exp\left[-\frac{(t-T_{sr})^2}{2\sigma^2}\right] dt + [1 - A(T_e)] \exp(-\lambda t)} \quad (10)$$

Poznavanje zakonitosti procesa javljanja neispravnosti sa vremenom (brzina menjanja prognozirajućeg parametra k_{α} u prvom slučaju i statistička raspodela verovatnoće rada bez otkaza u drugom slučaju) predstavlja preduslov za blagovremeno preduzimanje preventivnih radova.

4. PROCES OTKRIVANJA NEISPRAVNOSTI

Efikasnost preventivnih radova na vozilu zavisi ne samo od blagovremenog utvrđivanja već i od kvaliteta njihovog sprovođenja, koji opet zavisi od kvaliteta otkrivanja neispravnosti u

toku primene preventivnih mera, tj. od otkrivanja i otklanjanja neispravnosti. Taj kvalitet zavisi od stručnosti osoblja održavanja, kvaliteta opreme i utrošenog vremena. U praksi se nameće zadatak određivanja vremena primene preventivnih operacija kada je poznat nivo stručnosti osoblja i određena prognozirajuća aparatura.

Vreme potrebno za preventivno održavanje vozila (i bilo kog tehničkog sistema) sastoji se od vremena neophodnog za otkrivanje t_B i otklanjanje neispravnosti t_y , kao i vremena potrebnog za pomoćne radove (razradu, pripremu alata i pribora za prognoziranje, za montažu i td.). Vreme neophodno za otkrivanje neispravnih delova zavisi od karaktera radova. Ovi radovi povezani su sa vremenski slučajnim procesima otkrivanja neispravnih delova i imaju slučajni karakter. Vreme njihovog izvođenja može se odrediti pomoću zbira:

$$T_{pc} = \sum_{i=1}^d t_{pi} \quad (11)$$

gde je t_{pi} – vreme sprovođenja slučajnog obima radova i – te vrste, a d – broj vrsta radova.

Rokovi završetka tih radova ne mogu se unapred odrediti. U tom slučaju vreme pronalaženja neispravnog elementa, po pravilu, je znatno duže od vremena potrebnog za popravljanje neispravnosti, što znači da je: $t_B \gg t_y$.

Ostali preventivni radovi – zamena neispravnih elemenata, demontaža, pregled, čišćenje, podmazivanje i td., imaju utvrđen karakter. Vreme njihovog obavljanja može se odrediti na sledeći način:

$$T_{py} = \sum_{j=1}^r t_{pj} \quad (12)$$

gde je r – broj vrsta radova.

Završetak ovih radova može se unapred predvideti. Preventiva, koja obuhvata radove slučajnog i određenog karaktera, kao i svaki radni proces, može se odrediti na osnovu učestalosti i trajanja realizacije radova. Kako se efikasnost svakog radnog procesa određuje na osnovu broja proizvoda u jedinici vremena i vremena utrošenog za njihovu izradu, tako se i efikasnost preventive može oceniti na osnovu broja utvrđenih i otklonjenih neispravnosti. Pri realizaciji preventivnih radova između broja otkrivenih neispravnosti, broja proverenih elemenata u toku preventive i obima obavljenih operacija (u opštem slučaju) ne može biti utvrđena linearna zavisnost zbog slučajnog karaktera procesa otkrivanja.

Pod produktivnošću preventivnog održavanja podrazumeva se broj proverenih elemenata u jedinici vremena.

Pod intenzitetom otkrivanja neispravnih delova podrazumeva se broj otkrivenih neispravnih elemenata, tj. sprečenih otkaza u jedinici vremena prema njihovom broju u momentu vremena t . Utvrdimo zavisnost između verovatnoće i učestalosti otkrivanja neispravnih delova i vremena trajanja preventivnih radova T_{Π} . Kod slučajnog otkrivanja neispravnosti učestalost otkrivanja $\nu(t)$, po analogiji sa intenzitetom otkaza, može se odrediti odnosom broja otkrivenih neispravnih delova u jedinici vremena, prema broju onih koji nisu otkriveni. Polazeći od ovakvog stava dobija se da je:

$$\nu(t) = \frac{dn_{pv}}{[n_p(T_{pr}) - n_{pv}(t)] dt}, \quad (13)$$

gde je $n_p(T_{pr})$ – broj sprečenih neispravnosti, akumuliranih do početka preventivnih operacija; $n_p(T_{pr}) - n_{pv}(t)$ – je broj neispravnosti neotkrivenih do momenta t .

Ako se brojilac i imenilac prethodne formule podeli sa n_p i izvrši nekoliko jednostavnih transformacija, dobiće se da je:

$$v(t) = \frac{P'_{pv}}{1 - P_{pv}} \quad (14)$$

Posle integraljenja (14) i transformacija dobija se da je:

$$P_{pv} = 1 - \exp \left[- \int_0^{T_p} v(t) dt \right]. \quad (15)$$

Na taj način, pri preventivnom održavanju slučajni proces otkrivanja neispravnih elemenata može biti aproksimiran dobijenom zavisnošću (15). Ova formula odgovara mnogim praktičnim slučajevima. U pojedinačnom slučaju, kada se može smatrati da je zadovoljen uslov $v(t) = const.$, jednačina (15) određuje eksponencijalni zakon raspodele verovatnoće otkrivanja neispravnih elemenata. Ovo ne daje potpunu fizičku sliku ali bitno pojednostavljuje matematički postupak.

U slučaju kada otkrivanje neispravnosti predstavlja uređen proces (neispravnosti se ne traže), verovatnoća sprečavanja otkaza, uglavnom, zavisi od tačnosti prognoziranja i vremena utrošenog na taj proces. Može se poći od pretpostavke da su verovatnoća previda neispravnog elementa zbog nedovoljne tačnosti mernih uređaja i grešaka osoblja održavanja, i verovatnoća propuštanja neispravnog elementa zbog nedostatka vremena, $Q(L)$ nezavisne. U tom slučaju verovatnoća otkrivanja neispravnosti može se prikazati u vidu jednačine:

$$P_{pv} = [1 - \delta][1 - Q(L)], \quad (16)$$

$$\text{gde su: } Q(L) = \begin{cases} 1 - LT_p, & \text{pri } 0 \leq T_p \leq T_{p_0}; \\ 0, & \text{pri } T_p > T_{p_0}. \end{cases}$$

T_{p_0} – je vreme potrebno za preventivu; $L = \frac{1}{T_{p_0}}$ – norma vremena za preventivne operacije;

δ – relativna greška u otkrivanju neispravnosti.

Sa uračunavanjem navedenih simbola formula (16) dobiće sledeću formu:

$$P_{pv} = (1 - \delta)LT_p. \quad (17)$$

Dakle, poznavanje zakonitosti procesa otkrivanja neispravnosti, zavisnosti (15) i (17), predstavljaju pretpostavku za određivanje vremena sporovođenja preventivnih radova.

5. KARAKTERISTIKE PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

Pri analizi preventivnih mera često se nameću pitanja, povezana sa kvantitativnom ocenom i upoređivanjem različitih metoda preventivnog održavanja. Jednačine (9) i (10) omogućuju kvantitativnu ocenu uticaja preventivnih mera na pouzdanost uređaja. Ali pri organizaciji održavanja uređaja mora se, ne samo oceniti dobit u pouzdanosti, već i utvrditi uz koje se troškove ona postiže. Da bi se mogla utvrditi kvantitativna ocena između efikasnosti preventive i troškova, neophodnih za njeno sprovođenje, pretvorićemo izraz (9), koji određuje koeficijent efikasnosti preventivnih mera.

Ako izraz (9) pomnožimo i podelimo sa n_p , prikazaćemo ga, uračunavajući jednačine (3) i

$$(4), \text{ na sledeći način: } K_{ep} = A(T_e)P_{pv}, \quad (18)$$

$$\text{Ili uzimajući u obzir (23) i (25): } K_{ep} = A(T_e) \left\{ 1 - \exp \left[- \int_0^{T_p} v(t) dt \right] \right\} \quad (19)$$

Za slučaj, kada je proces otkrivanja neispravnosti slučajnog karaktera, može se napisati:

$$K_{ep} = A(T_e)(1 - \delta)LT_p \quad (20)$$

Za slučaj kada je proces otkrivanja neispravnosti uređen, zavisnost koeficijenta efikasnosti preventive od koeficijenta karaktera otkaza uređaja, učestalosti njihovog otkrivanja i vremena utrošenog na preventivne radove, nije teško dobiti izraz za kvantitativnu ocenu efikasnosti preventive, zavisno od karaktera otkaza uređaja $A(T_e)$ i verovatnoće njihovog otkrivanja P_{pv} .

Za slučajno sprečavanje otkaza, tj. otkrivanje neispravnosti, efikasnost preventive se određuje pomoću izraza koji se može dobiti ako se zameni (13) sa (8):

$$W = \frac{1}{1 - A(T_s) \left\{ 1 - \exp \left[- \int_0^{T_n} v(t) dt \right] \right\}}. \quad (21)$$

Formula (19) pruža mogućnost da se oceni efikasnost preventivnih mera ako su poznati tokovi pokazatelji pouzdanog korišćenja kao što su karakter otkaza uređaja $A(T_s)$ i učestalost njihovog javljanja kod uređenog procesa otkrivanja neispravnosti. Zbog toga se jednačina (8) transformiše uzimajući u obzir jednačinu (15):

$$W = \frac{1}{1 - A(T_s) \left(1 - \delta \right) \frac{T_{n1}}{T_{n0}}}. \quad (22)$$

Zavisnost preventivnih mera u tom slučaju zavisi od karaktera neispravnosti i grešaka pribora prognoziranja, kao i od korelacije potrebnog vremena T_{p0} i planiranog T_p za preventivne radove.

Znači da se za relativnu ocenu kvaliteta preventivnih radova kao i za kvantitativnu argumentaciju neophodnih troškova njihove primene mogu koristiti zavisnosti (19), (20), (21) i (22). Korišćenjem dobijenih karakteristika može se oceniti uticaj preventivnih mera na pouzdanost uređaja, zavisno od troškova njihove primene.

6. ZAKLJUČAK

Efektivnost preventivnog održavanja predstavlja blagovremeno utvrđivanje preventivnih operacija (radova) i kvalitet njihovog sprovođenja. Vreme preventivnih operacija uslovljava brzina pojavljivanja neispravnosti na uređaju. Kvalitet otkrivanja neispravnosti zavisi od pogodnosti primenjenih metoda prognoziranja, načina pronalaženja neispravnih elemenata i vremena predviđenog za preventivne operacije. Nesporno je da i u jednom i u drugom slučaju na efikasnost preventivnog održavanja suštinski uticaj ima veština korišćenja uređaja.

Pri analizi preventivnih mera često se nameću pitanja, povezana sa kvantitativnom ocenom i upoređivanjem različitih metoda preventivnog održavanja. Matematički modeli, prikazani u radu, omogućuju kvantitativnu ocenu uticaja preventivnih mera na pouzdanost tehničkih sistema. Pri organizaciji održavanja tehničkih sistema mora se, ne samo oceniti dobit u pouzdanosti, već i utvrditi uz koje se troškove ona postiže.

Matematički model, prikazan u radu, može poslužiti pri oceni kvaliteta preventivnih radova, kao i za kvantitativnu argumentaciju neophodnih troškova njegove primene. Korišćenjem dobijenih karakteristika može se oceniti uticaj preventivnih mera na pouzdanost tehničkih sistema, zavisno od troškova njihove primene.

7. LITERATURA

- [1] Krstić B.: Tehnička eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2009.
- [2] Vukadinović S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, P. Pregled, Beograd, 1980.
- [3] Krstić B.: Mogućnost primene nekih strategija pri održavanju vozila, Časopis "Traktori i pogonske mašine", Vol.9, br. 2, str. 61-66, Novi Sad, 2004.

