Mr Svetomir Minić,
major, dipl. inž.

Prof. dr Jovan Todorović,
dipl. inž.

Izbor koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila

Uvod

Na uspešno izvršenje funkcije cilja motornog vozila, pored konstrukcijskih osobina, utiče i koncepcija sistema održavanja i primenjeni model održavanja.

Motorno vozilo je složeni sistem, čije se tehničko stanje određuje »stanjem« sastavnih elemenata. Najveći broj sastavnih elemenata motornog vozila ima kontinualnu promenu parametara stanja u funkciji vremena rada, što je uslov za primenu koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju sa proverom parametara.

Koncepcija preventivnog održavanja prema stanju (POPS) — (engleski »Condition Based Maintenance«, ruski »obsluživanje po sastojanju«) uvedena je u novije vreme u svetu kao savremena koncepcija održavanja tehničkih sistema.

Izborom koncepcije POPS i uspešnom primenom odgovarajućeg modela POPS na motornim vozilima mogu se ostvariti mnogi efekti — poboljšati pouzdanost i gotovost i smanjiti troškovi održavanja, što su tri relevantna faktora preko kojih se ocenjuje kvalitet sistema održavanja [4].

Međutim, formiranje optimalnog procesa održavanja motornih vozila, kao veoma složenih sistema, zasniva se na

kombinovanju koncepcija i modela održavanja na nivou sastavnih elemenata vozila (na »nivou funkcionalnih celina sistema [5]).

Ovakav koncept je uslovljen, pre svega, međusobno različitim karakteristikama sastavnih elemenata, kao što su: zakonitosti promene parametara stanja koje dovode do »postepenih« ili »iznenadnih« otkaza, pokazatelji pouzdanosti, dinamika i način sprovođenja postupaka održavanja, »konstrukcijska« pogodnost održavanja, i dr.

Danas je u svetu razvijen veliki broj modela održavanja. Među njima posebnu pažnju privlače modeli POPS [4]. Razvijeni matematički modeli su aproksimacije procesa održavanja i mogu poslužiti za izbor i dalju razradu za primenu na motornim vozilima radi postavljanja optimalnog procesa održavanja.

Zbog navedenog, nameće se potreba za posebnim sistemskim pristupom, u izboru koncepcije i modela POPS za primenu na motornim vozilima, koji se razmatra u ovom radu.

Izbor koncepcije održavanja

Koncepcija sistema održavanja predstavlja njegovo najvažnije obeležje, koje veoma utiče na opšti kvalitet sis-

tema održavanja motornih vozila. Pod koncepcijom sistema održavanja podrazumeva se princip donošenja odluka o vremenu u kojem treba da se sprovede postupci održavanja. Dve su osnovne konceptijske mogućnosti: preventivno i korektivno održavanje, koje mogu da se povežu — to je kombinovano održavanje [1]. Kod preventivnog održavanja postupci održavanja se sprovedu pre nego što dođe do pojave otkaza, a kod korektivnog pošto se otkaz već pojavi.

U načelu, postoje dve osnovne vrste preventivnog održavanja [1]. U prvom slučaju preventivno održavanje se sprovodi isključivo na osnovu informacija o pouzdanosti, tj. na osnovu raspodele vremena do pojave otkaza za motorno vozilo, odnosno njegov sastavni elemenat — to je tzv. preventivno održavanje »po vremenu« (engleski »*hard time*«). U drugom slučaju »posmatra se i prati« neki pokazatelj — parametar, koji reprezentuje stanje motornog vozila, odnosno sastavnog elementa vozila, čija je promena stanja slučajna — to je tzv. POPS sa proverom parametara stanja (engleski »*on condition*« i »*condition monitoring*«).

Kod POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti [3] (primenjuje se u vazduhoplovstvu) kriterijum stanja sastavnih elemenata i sistema u celini je dozvoljeni nivo pouzdanosti (R_d), koji se najpotpunije izražava intenzitetom otkaza, a utvrđuje na bazi ispitivanja eksploatacije sistema za period 3—5 godina. Sistem se koristi bez ograničenja resursa za održavanje, sve dok je stvarni nivo pouzdanosti (R_s) veći od dozvoljenog nivoa pouzdanosti. U slučaju kada postane $R_s < R_d$, mora se ispitati uzrok otkaza, usavršiti proizvedena konstrukcija ili uvesti model POPS sa proverom parametara.

POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti može se primeniti i na motorna vozila, za istotipne elemente sa približno konstantnim intenzitetom otkaza [4].

Zašto koncepcije POPS?

Zbog svojih prednosti, koncepcija POPS se u svetu sve više koristi u raznim područjima tehnike, što potvrđuju brojni radovi autora sa istoka i zapada. Uz odgovore na pitanje »zašto koncepcija POPS« [5], u nekim radovima se daju i konkretne aplikacije ovog pristupa održavanja na konkretnim sistemima, kao u [7].

Gotovost se povećava smanjenjem vremena sistema u stanju »u otkazu«, što se postiže smanjenjem ukupnog obima radova održavanja u slučaju primene POPS. Smanjenjem ukupnog obima radova smanjuje se rizik budućih otkaza koji se odnosi na kvalitet izvođenja postupaka održavanja, pa se na taj način održava traženi nivo pouzdanosti sistema. Troškovi održavanja sistema su tada manji [4].

Primena koncepcije POPS je došla do izražaja naročito u vazduhoplovstvu, gde su razvijeni posebni sistemi održavanja na osnovama ove koncepcije. Jedan od najpoznatijih je tzv. sistem TARAN (engleski: Test And Replace As Necessary, što u prevodu znači »Ispitaj i zameni ako je potrebno«), koji se koristi i za održavanje aviona u JAT-u [1].

Slična je tendencija primene i kod motornih vozila, gde su već mnogi proizvođači razvili svoje sisteme »praćenja stanja« (Volkswagen, Renault, BMW, i dr.). Američka armija, takođe, primenjuje na motornim vozilima ovaj vid održavanja prema stanju USATACOM (u.s. Army Tank Automotive Command) [4].

Razlika između koncepcije preventivnog održavanja »po vremenu« i POPS je suštinska, iako obe predstavljaju preventivnu aktivnost. Dok se kod preventivnog održavanja »po vremenu« postupci održavanja sprovedu posle propisanog vremenskog ili eksploatacionog resursa, bez obzira na stanje sistema, kod POPS se vrši »provera stanja« sastavnih elemenata motornog vozila i preduzimaju se postupci održava-

nja samo ako su nađene vrednosti parametara stanja izvan propisanih granica.

Princip POPS i kriterijumi za izbor

Teoretska postavka koncepcije POPS zasniva se na »pregledu stanja«, odnosno na diskretnom ili kontinualnom »praćenju stanja« sastavnih elemenata sistema i uočavanju ili prognoziranju vremenskog trenutka dostizanja graničnih vrednosti parametara stanja. Prema rezultatima pregleda, odnosno »provere stanja«, preduzimaju se odgovarajući postupci održavanja.

Princip POPS ilustrovan je na slici 1 [5]. Stanje posmatranog elementa se pogoršava u odnosu na početno stanje i potrebno je da se vrši »provera stanja«. Može se sprovoditi kontinualno praćenje promene parametra stanja ili diskretna »provera stanja« sa verifikacijom stanja, pri čemu je bitna identifikacija nulte »provere stanja« i određivanje »početnog stanja«.

Sl. 1 Princip POPS

Slika 1 prikazuje jedan mogući slučaj zakonitosti promene parametara stanja s dinamikom »provere stanja«, gde su definisane: granica upozorenja (»predotkazni nivo«) i granica otkaza (X_g) koja se utvrđuje eksperimentalno i daje se u normativno-tehničkoj doku-

mentaciji sistema. Granica upozorenja predstavlja tzv. dozvoljenu vrednost parametra stanja (X_d), a određuje se kao jedna od relevantnih pokazatelja modela POPS sa proverom parametara. Granice upozorenja i otkaza definišu »signalizacionu toleranciju« (Δx) koja određuje stepen osetljivosti odabrane dijagnostičke metode na parametar stanja i njegovu identifikaciju u skladu sa zakonom promene stanja posmatranog elementa.

Postupci POPS se sprovode kada se pređe dozvoljeni nivo parametra stanja (X_d). Vremenski period (Δt) mora biti dovoljno dug da bi se preduzeli postupci POPS i sprečila pojava stanja »u otkazu«, ali ne i predug, jer bi to povećalo troškove održavanja i dovelo u pitanje primenjeni model POPS.

Osnovni princip POPS je, dakle, »stabilizacija« parametra stanja, tj. sprečavanje njegovog izlaska iz dozvoljenih granica, odnosno iz »signalizacione tolerancije«.

Kriterijum za primenu POPS može se odrediti iz odnosa dinamike »provere stanja« (Δt) i srednjeg vremena rada sastavnog elementa vozila do otkaza (t_m) (engleski MTBF). Ima smisla primeniti POPS u situaciji kada raspored ponovljenih tokova stanja ima široko rasturanje, kao što pokazuje slika 2 [5]. U toj situaciji dužina intervala »provere stanja« (Δt) znatno je manja od MTBF.

Sl. 2 Stanja sistema za primenu POPS; Δt — periodičnost »provere stanja«; t_m — srednje vreme do pojave stanja »u otkazu«

Nasuprot ovoj situaciji, preventivno održavanje »po vremenu« primenimo u situaciji ako je malo rasturanje podataka o MTBF i kada interval preventivnog održavanja (t_i) nije znatno manji od MTBF, slika 3 [5].

Sl. 3 Stanja sistema za primenu preventivnog održavanja »po vremenu«;
 t_i — periodičnost preventivnog održavanja;
 t_m — srednje vreme do pojave stanja »u otkazu«

Dijagnostika stanja kao element POPS

Dijagnostika stanja, kao sastavni deo POPS, treba da utvrdi stanje elementa sa određenom tačnošću u određenom vremenskom trenutku korišćenja, bez njegovog rasklapanja.

Ovaj zadatak, u procesu formiranja modela POPS sa proverom parametara, rešava se kroz nekoliko koraka. To su:

- definisanje i izbor dijagnostičkih parametara;
- izbor i razrada metode dijagnostike;
- izbor dijagnostičkih instrumenata i uređaja, i
- ocena dijagnostičkog parametra.

Od pravilnog izbora dijagnostičkog parametra zavisi uspešnost realizacije modela POPS, jer se stanje elementa određuje na osnovu merenja dijagno-

tičkog parametra koji je povezan sa parametrom stanja (strukturnim parametrom) regresivnom krivom [8]:

$$X = A \cdot Y + B, \quad (1)$$

gde je:

- X — parametar stanja (strukturni parametar);
- Y — dijagnostički parametar;
- A i B — koeficijenti regresivne krive.

Pri tome koeficijent korelacije treba da bude $r = \pm 1$.

Da bi se izvršio izbor dijagnostičkih parametara, neophodno je utvrditi karakter njegove veze sa parametrima stanja (strukturnim parametrima).

Dijagnostički parametri mogu se nalaziti u jednoj od veza sa parametrima stanja (strukturnim parametrima), slika 4 [8].

Sl. 4 Veze dijagnostičkog parametra (Y) sa parametrom stanja (X)

Neophodno je da dijagnostički parametri moraju zadovoljiti određene kriterijume kojima se definiše: osetljivost, saglasnost, stabilnost, informativnost, ponovljivost, jednoznačnost, objektivnost, i dr.

Postoje različiti koncepti dijagnostike stanja sistema-dijagnostika »on li-

ne«, »off line« »on board«, »real time«, BIT i BITE. Razvoj senzora i njihova integracija sa mikroprocesorima učinili su značajan napredak u postavljanju dijagnostike stanja motornih vozila, pre svega, za pojedine elemente transmisije, pojedine funkcije od značaja za sigurnost vozila i druge funkcije, kako u toku rada vozila, tako i u procesu održavanja.

Algoritam za izbor koncepcije održavanja

Na osnovu podataka o pokazateljima pouzdanosti, zakonitostima promene parametara stanja, troškovima održavanja, »konstrukcijskoj« pogodnosti održavanja, i dr., moguće je izabrati odgovarajuću koncepciju, a zatim i model održavanja za primenu na motornim vozilima.

Odluka o pogodnosti primene neke koncepcije održavanja mora se doneti za svaki sastavni element posebno. Zbog toga je nužno »dekomponovanje« vozila na sastavne elemente [11].

Prilikom izbora koncepcije modela održavanja, potrebno je, pre svega, ispitati pokazatelje pouzdanosti — intenzitet otkaza $\lambda(t)$ i gustinu pojave otkaza $f(t)$.

Kao što se vidi sa slike 5 [1], područje primene preventivnog održavanja

Sl. 5 Dijagram intenziteta otkaza

»po vremenu« je, u principu, određeno rastućom funkcijom intenziteta otkaza. To znači da bi preventivna zamena elementa, kada se on nalazi u normalnom dobu svoje upotrebe, mogla da dovede vozilo u »lošije«, a ne bolje stanje.

Propisivanje zamene nekog elementa, bez obzira na njegovo stanje, krije u sebi rizik kvaliteta novog elementa i rizik kvaliteta ugradnje, što može nepovoljno da utiče na pouzdanost, ukoliko je element koji se zamenjuje bio u ispravnom stanju, pa je njegova zamena bila faktički nepotrebna.

Da bi se primenila koncepcija POPS, potrebno je da se identifikuje jedan (ili više) parametar stanja, merodavan za stanje jednog elementa, i da se on može meriti. Model POPS sa proverom parametara može se primeniti na elemente kod kojih otkaz nastaje »postepeno«, a ne »iznenada« [6].

Za »postepeni« otkaz karakteristična je određena zakonitost kontinualne promene parametra stanja u funkciji vremena rada koje prethodi otkazu, tj. dolazi do tzv. »akumulacije« oštećenja. Kod »iznenadnog« otkaza kontinualna promena parametra praktično ne postoji, slika 6 [4]. Dakle, kontinualna promena parametra stanja elementa u funkciji vremena rada je uslov za »diskretno« praćenje stanja i prognoziranje preostalog vremena rada sastavnog elementa vozila.

Sl. 6 Promena parametra stanja pri »postepenom« i »iznenadnom« otkazu;
 X_0 — nominalna vrednost; X_g — granična vrednost parametra stanja

Sl. 7 Algoritam za izbor koncepcije sistema održavanja

Zakovitost promene većine parametara stanja tehničkih sistema može se izraziti zavisnošću [3]:

$$X(t) = v \cdot t^\alpha + X_n \quad (2)$$

gde je:

- α — koeficijent koji karakteriše brzinu promene parametra stanja;
- v — vreme rada elementa;
- t — pokazatelj stepena promene parametra stanja (uzima se iz tablica u literaturi);
- X_n — nominalna (početna) vrednost parametra stanja.

Ako otkaz sastavnog elementa vozila utiče na pouzdanost vozila u radu i u smislu njegove funkcionalne ispravnosti, pri porastu intenziteta otkaza koristiće se model POPS sa proverom parametra ili preventivno održavanje »po vremenu«.

Za elemente sa konstantnim intenzitetom otkaza uvek će se primeniti korektivno održavanje.

Sledeći koraci pri izboru koncepcije održavanja (sl. 7) sprovode se analizom troškova održavanja.

Iako važan, kriterijum minimalnih troškova ne primenjuje se u svim modelima održavanja da bi se donela optimalna odluka. Naime, definisanje kriterijuma i ograničenja za svaki element uslovljeno je ulogom elementa u funkciji vozila. Na primer, za neke elemente vozila (sistem za kočenje, uređaj za upravljanje, i dr.) kao kriterijum optimizacije uzima se maksimalna gotovost, tj. primenjuje se model održavanja na osnovu kriterijuma maksimalne gotovosti.

Sledeći koraci su izbor modela odgovarajuće koncepcije održavanja, a zatim izbor metoda dijagnostike i instrumenata i uređaja.

Sl. 8 Kriterijumi za razvoj modela održavanja: $f(t)$ — funkcija raspodele vremena između otkaza

Ako bi se postupci POPS izvodili strogo po »lokalnim« periodičnostima za pojedine sastavne elemente vozila, bili bi veći troškovi, smanjila bi se o-

perativna gotovost, nastali bi problemi u organizaciji održavanja, i sl. Zbog toga se, umesto periodičnosti »provere stanja« pojedinačnog elementa, vrši optimalno grupisanje »provera stanja«, odnosno određuje se periodičnost »provere stanja« za grupu elemenata [11].

Formiranje algoritma za izbor koncepcije održavanja prikazano je na slici 7.

Klasifikacija i izbor modela POPS

Modeli koji uprošćeno interpretiraju proces i sistem održavanja nazivaju se modelima održavanja [1]. Pomoću modela određuju se vrednosti parametara odabrane koncepcije — vreme zamene elementa (t_i) ako je u pitanju preventivno održavanje »po vremenu« ili dinamika »provere stanja« (Δt) i dozvoljena vrednost parametra stanja (x_d) ako je odabrana koncepcija POPS.

Kriterijumi pomoću kojih su definisani pojedini modeli održavanja prikazani su na slici 8 [4].

Bez pretenzije da se prikažu svi postojeći modeli održavanja, ovde se daje klasifikacija važnijih modela sa težištem na modelima POPS [4] radi izbora za primenu na motornim vozilima:

A) model korektivnog održavanja na slici 9, [3] neminovan je zbog postojanja »iznenadnih« otkaza, koji se ne mogu sprečiti;

B) modeli preventivnog održavanja »po vremenu«:

— model prema konstantnoj trajnosti — PO KONSTANTNOM VEKU, odnosno model VAJSBAUMA, slika 10 [1, 3, 4];

— model VAJTA koji definiše period preventivne zamene za veći broj istotipnih elemenata sistema, po kriterijumu Centralne granične teoreme i minimuma ukupnih troškova održavanja [1];

Sl. 9 Model korektivnog održavanja;
 $R(t)$ — pouzdanost; t — vreme rada sistema;
 $X(t)$ — parametar stanja, X_n — nominalna vrednost; X_g — granična vrednost parametra stanja

Sl. 10 Model preventivnog održavanja »po vremenu« — model VAJSBAUMA
 $R(t)$ — pouzdanost; t — vreme rada sistema;
 t_i — optimalna periodičnost održavanja; $X(t)$ — parametar stanja; X_n — nominalna vrednost; X_g — granična vrednost parametra stanja

— modeli JORGENSONA koji se odnose na različite varijante preventivnog održavanja, a razvijeni su prema kriterijumu minimalnih troškova, propisane gotovosti i minimalnog napora za različite teoretske zakone raspodele vremena u stanju »u otkazu« [1];

C) modeli POPS za određivanje optimalne periodičnosti pregleda [4]:

— model GOVORUŠČENKA na bazi kriterijuma minimalnih ukupnih troškova održavanja;

— modeli HARAZOVA-KRIVENKA za optimalnu periodičnost dijagnostike stanja na bazi kriterijuma minimalnih troškova održavanja;

— SIMULACIONI model za izbor optimalne periodičnosti »provere stanja«;

— model BARLOW-PROSHAN-HUNTER-a za određivanje optimalnog trenutka dijagnostike stanja na bazi kriterijuma minimalnih troškova;

— model BALDINA na bazi kriterijuma minimalnih troškova za »pozne« otkaze;

D) modeli POPS sa periodičnom i kontinualnom proverom parametara stanja, slika 11 [3, 4]:

— model sa proverom parametara stanja modeliranjem postupaka RETROSPEKCIJE, DIJAGNOSTIKE I PROGNOСТИKE;

— Model SMIRNOV-ICKOVIČA za vezu periodičnosti provere stanja za »signalizacionom tolerancijom« dijagnostičkog parametra — model »EKRA-NA«;

— model GERTSBAKHA, korišćenjem prognostičkog parametra, na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti;

— model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti;

— model BEDNJAKA na bazi maksimalne gotovosti i dijagnostike stanja;

— model GERTSBAKHA na bazi posmatranja višedimenzionog (vektorskog) procesa;

— model GERTSBAKHA za optimalno grupisanje sastavnih elemenata sistema prema njihovim periodičnostima »provere stanja«, i dr.

Izbor modela održavanja za primenu na motornim vozilima realizuje se posle izvršene analize razvijenih modela u pogledu njihove opštosti i pogodnosti za primenu.

Algoritam modela POPS sa proverom parametara

Kod modela POPS sa proverom parametara, čiji je algoritam prikazan na slici 12 [9], u koraku retrospekcije procuava se tendencija zakonitosti promene parametra stanja (strukturnog parametra), u koraku dijagnostike ocenjuje se stanje sistema u datom trenutku vremena, dok se u koraku prognostike prognozira, odnosno određuje tendencija promene stanja sistema u sledećem periodu rada.

Sl. 11 Modeli POPS sa proverom parametara: a) periodična »provera stanja«; b) kontinualna »provera stanja«; $R(t)$ — pouzdanost; t_1 — vreme prve provere; t_2 — vreme druge provere; $X(t)$ — parametar stanja; X_n — nominalna vrednost; X_d dozvoljena vrednost; X_g — granična vrednost parametra stanja

Osnovna ideja pri formiranju ovog modela jeste da se, na osnovu izmerenih vrednosti dijagnostičkog parametra sistema, reše dva osnovna pitanja održavanja:

— kada treba vršiti sledeću »proveru stanja«, i

— kada treba sprovesti postupke održavanja da bi se obezbedio željeni nivo pouzdanosti?

U ovom modelu se, na osnovu rezultata retrospekcije i dijagnostike i podataka o željenom nivou pouzdanosti, izračunavaju pokazatelji modela — vreme prve »provere stanja« sistema (t_1) i dozvoljena vrednost parametra stanja (x_d). U trenutku t_1 meri se vrednost dijagnostičkog parametra (y) i preko jednačine regresije (1) dobija odgovarajuća vrednost strukturnog parametra (a samim tim saznaje se stanje sistema). Kada vrednost strukturnog parametra dostigne ili pređe dozvoljenu vrednost (x_d), pristupa se sprovođenju postupaka održavanja kojima se sistem obnavlja i vraća u dalji proces korišćenja.

Osnovna obeležja i problematika modela POPS

I pored velikih međusobnih razlika, modeli POPS imaju izvesna zajednička obeležja [1]:

— počivaju na pokazateljima pouzdanosti, što znači da je za optimizaciju procesa održavanja bitan preduslov poznavanje zakona pouzdanosti elemenata i sistema u celini;

— prvenstveno obuhvataju konceptijska obeležja sistema održavanja, odnosno efekte primene koncepcije POPS. Ređe se modelima obuhvataju i osobine sistema održavanja sa stanovišta organizacije i tehnologije, što umanjuje stvarne mogućnosti optimizacije;

— počivaju na bazi kriterijuma optimizacije, koji se odnose prvenstveno

Sl. 12 Algoritam modela POPS sa proverom parametara

na koncepciju održavanja, kao što su minimalni troškovi ili maksimalna gotovost. Za sada se u literaturi ne sreću matematički modeli koji povezuju kriterijume gotovosti i troškova — kao kompromisno rešenje optimizacije (engleski »trade off«), kojem se teži;

— nedostatak im je što su posvećeni održavanju sistema sa »jednim elementom« koji može da »otkaže« [2]. Postavlja se problemsko pitanje: kako organizovati optimalni proces POPS za složeni sistem, kao što je, na primer, savremeno terensko, neborbeno motorno vozilo sa $(15-18) \cdot 10^3$ sastavnih elemenata? Rešenje se mora tražiti u optimizaciji provere parametara stanja grupe sastavnih elemenata, što rezultuje sniženjem troškova održavanja.

Zaključak

POPS je savremena koncepcija održavanja u intenzivnom razvoju, novi pristup u održavanju motornih vozila, čijom se uspešnom primenom mogu ostvariti značajni efekti — održati traženi nivo pouzdanosti motornog vozila istovremeno smanjujući troškove održavanja, naročito kao rezultat proizvodnje ostvarljivog radnog veka sastavnih elemenata motornog vozila.

POPS se zasniva na pregledu, odnosno »proveri stanja« motornog vozi-

la, periodičnim praćenjem tog stanja i sprovođenju postupaka održavanja prema rezultatima provere. Naime, tu važi princip — »ispitaj i zameni ako je potrebno«.

Ključni su problemi: definisanje zakonitosti promene strukturnog parametra u funkciji vremena rada sastavnog elementa motornog vozila; izbor adekvatnog dijagnostičkog parametra; izbor i razrada metode merenja dijagnostičkog parametra; izbor dijagnostičkih instrumenata i uređaja; određivanje optimalne periodičnosti dijagnostike i dozvoljene vrednosti strukturnog parametra, odnosno »signalizacije tolerancije« u okviru koje se sprovode postupci POPS; prognoziranje stanja u intervalu predstojećeg vremena rada motornog vozila.

Popularno rečeno, kod primene POPS treba rešiti relevantna pitanja: šta, kada i kako pregledati?

Rastuća složenost motornih vozila i velika količina sredstava koja se odvajaju za njihovo održavanje prisiljava nas da posvetimo veću pažnju dijagnostici stanja i prognoziranju resursa rada sastavnih elemenata motornog vozila. Da bismo to ostvarili u praksi, potrebno je u sistemu održavanja borbenih i neborbenih motornih vozila primeniti koncepciju POPS.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Održavanje motornih vozila — Osnovi teorije održavanja, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [2] Gertsbakh, I. B.: Models of preventive maintenance, North-Holland publishing company, Amsterdam-New York-Oxford, 1977.
- [3] Smirnov, N. N., Icković, A. A.: Obsluživanje i remont aviaacionnoj tehniki po sostojaniju, »Transport«, Moskva, 1980.
- [4] Minić, S.: Istraživanje modela preventivnog održavanja prema stanju i njihova primena na motornim vozilima, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1988.
- [5] Smit, K.: Why Condition Monitoring? — Condition Monitoring as Part of a Maintenance Concept for Complex Equipment, XIII Konferencija YUMO'86, Beograd, 1986.
- [6] Neale, M. J.: Condition Monitoring Methods And Economise, XIII Konferencija YUMO'86, Beograd, 1986.
- [7] Belmont, M. R., Bland, R. J. i dr.: Determination of a Strategy for Dynamic Control of Maintenance Processes for Electric Vehicle Components, XXI FISITA Congress, Beograd, 1988.
- [8] Knežević, J.: »Dijagnostika« kao element modela preventivnog održavanja mašinskih sistema prema tehničkom stanju, OMO, 7/1983.
- [9] Knežević, J.: »Prognostika« kao element modela preventivnog održavanja mašinskih sistema prema tehničkom stanju, OMO, 8/1983.
- [10] Stanivuković, D.: The Future of the Maintenance — An Overview, IFIP Working Conference on Diagnostic and Preventive Maintenance Strategies in Manufacturing Systems, Dubrovnik, 1987.
- [11] Stanković, R.: Izbor politike održavanja TMS, VTG, 4/1985.