

Dr. sc. MOMIR LAZOVIĆ
M.P.P. Razvoj, d.o.o.
Maribor, Ptujška cesta 184

Prometna tehnika - Traffic Engineering
Pregledni članak - Review
U. D. C. 629.113.01:658.56
Primljeno - Accepted: 20 Jul. 1996
Prihvaćeno - Approved: 4 Sep. 1996

RAZVOJ VOZILA S UVAŽAVANJEM ODRŽAVANJA U ŽIVOTNOM VIJEKU KAO ČIMBENIKA KAKVOĆE

SAŽETAK

U radu je dan osvrt na potrebu izgradnje prihvatljive metodologije projektiranja i konstruiranja složenih strojarških sustava: vozila, građevinske i poljoprivredne mehanizacije... s uvažavanjem održavanja proizvoda i sustava održavanja u kojemu proizvod djeluje. Ukazano je na problem izgradnje strukture proizvoda odnosno funkcionalni i konstrukcijski pristup uvažavajući potrebne razine izgrađenosti strukture glede zahtjeva za lakoćom održavanja. Modularna gradnja strukture proizvoda je uvjet za savremen i učinkovit pristup održavanju s potpunom informacijskom potporom.

1. UVOD

Mnoge dobre zamisli glede novog ili osuvremenjenog proizvoda uglavnom izbljede ili nestanu ako se ne uvažavaju ili zaborave čimbenici koji izravno utječu na kakvoću proizvoda i njegov image, i to:

- troškovi
- cijena
- rok isporuke, termini
- kreditiranje kupca
- dobar i učinkovit servis i opskrba rezervnim dijelovima
- održavanje.

Zadržimo se na razvoju proizvoda gdje su istaknuti posebni zahtjevi glede održavanja, pri čemu se podrazumijeva da je pri razvoju proizvoda vođeno računa o njegovoj pogodnosti održavanja i o sustavu održavanja u koji se proizvod uključuje. Kratko rečeno, proizvod ima određenu pouzdanost i pogodnost održavanja.

Za pouzdan proizvod pretpostavljamo besprijekoran i siguran rad u određenom vremenskom intervalu (niski intenzitet otkaza/kvarova) te postojanje povoljnog odnosa između preventivnog i korektivnog održavanja, niski intenzitet opravka...

Vozilo pogodno za održavanje pretpostavlja da je ono razvijeno tako da postoji osposobljen i dostupan kadar za održavanje, oprema i uređaji za definirane razine održavanja, informacijska potpora, prihvatljiv tok materijala i zahtijevana kakvoća održavanja u najširem smislu.

2. NEKA OSNOVNA STAJALIŠTA GLEDE RAZVOJA PROIZVODA

Pri razvoju novog proizvoda ili osuvremenjivanja starog polazimo od zahtjeva koji su najčešće predimenzionirani i nerealni, a kompromis između željenog i realnog je neizbježan.

Želja je da izradimo funkcionalan, jednostavan, učinkovit, pouzdan i ekonomičan proizvod koji će biti pogodan za trženje i predstavljanje na tržištu, pogodan za marketinško praćenje, pogodan za proizvodnju, pogodan za održavanje; izraditi je potrebno dobar i trajan proizvod. To znači:

- vozilo mora biti urađeno besprijekorno, odnosno bez pogreške,
- vozilo mora djelovati bez kvarova u cijelom životnom vijeku,
- funkcionalni kvarovi ili otkazi moraju biti predviđeni odnosno korisnik mora biti upozoren na njih,
- otkaze/kvarove moramo spriječiti ili pravodobno signalizirati,
- vozilo mora biti modularno zasnovano glede dijagnostike i održavanja (dopušten otkaz na točno određenom modulu i na razini strukture gdje se očekuje najmanja šteta),
- proizvod je univerzalan odnosno multifunkcionalan, pogodan za informacijsko praćenje, lijepog izgleda i dojmljiv za kupca.

Vozilo, kao složen i popravljiv sustav, nije moguće izraditi bez pogrešaka. Uzroci su u konstrukciji, tehnologiji ili proizvodnji, sustavnog ili slučajnog obilježja. Ugrađene će pogreške prije ili kasnije pospješiti nastajanje otkaza vozila, koji će, ako je vozilo dobro projektirano, biti pravodobno lokalizirani i ne bi smjeli proizročiti višestupanjske otkaze (takozvane vezane otkaze).

Kriteriji koji bi se pritom morali uvažavati u traženju odgovora na više već postavljenih pitanja su:

- 1) vrijeme za detekciju, dijagnozu i prognozu stanja te vraćanje vozila u ispravno stanje odnosno funkciju
- 2) troškovi navedenih aktivnosti.

3. FAZE RAZVOJA PROIZVODA

Inicijative za razvoj vozila ili razvoj novog proizvoda potječu iz različitih izvora. Najčešće zahtjeve potiču službe marketinga ili njegove grupe za analizu tržišta. Često ideje dolaze od razvojnih inženjera, projekatana, vizionara pojedinaca ili vanjske skupine entuzijasta, ljubitelja motornih vozila, itd. U svakom slučaju s razvojem novog vozila nikada ne startamo iz samoga početka. Koristimo postignuća, dobra i uspješna rješenja iz starih programa vozila koja ugrađujemo u nove programe. Razvoj novog vozila ili osuvremenjivanje starog programa vozila obuhvaća sljedeće faze:

- 1) koncipiranje vozila
- 2) projektiranje vozila i izradba projektne dokumentacije
- 3) konstruiranje vozila i izradba konstrukcijske dokumentacije
- 4) izradba prototipa i prototipne dokumentacije
- 5) ispitivanje prototipa i provjera atesta ugrađenih komponenata i uređaja
- 6) homologacija i pridobivanje certifikata o homologaciji (pojedinačna ili tipska)
- 7) servisna dokumentacija
- 8) lansiranje serijske proizvodnje.

Uvažavajući navedene faze u razvoju vozila moguće je, što je ovisno o tipu i namjeni vozila, izraditi vozilo koje će imati:

- naglašene odnosno istaknute performace
- naglašenu pouzdanost i pogodnost održavanja
- naglašenu ili istaknutu udobnost
- naglašen izgled i estetiku
- naglašene niske troškove razvoja i proizvodnje...

Teško je očekivati ispunjenje svih projektnih zahtjeva za novi proizvod/vozilo, no niti se ne odustaje od cilja da proizvod ima što bolje značajke po svim elementima odnosno njegovim parametrima. Izlaz je kompromis,

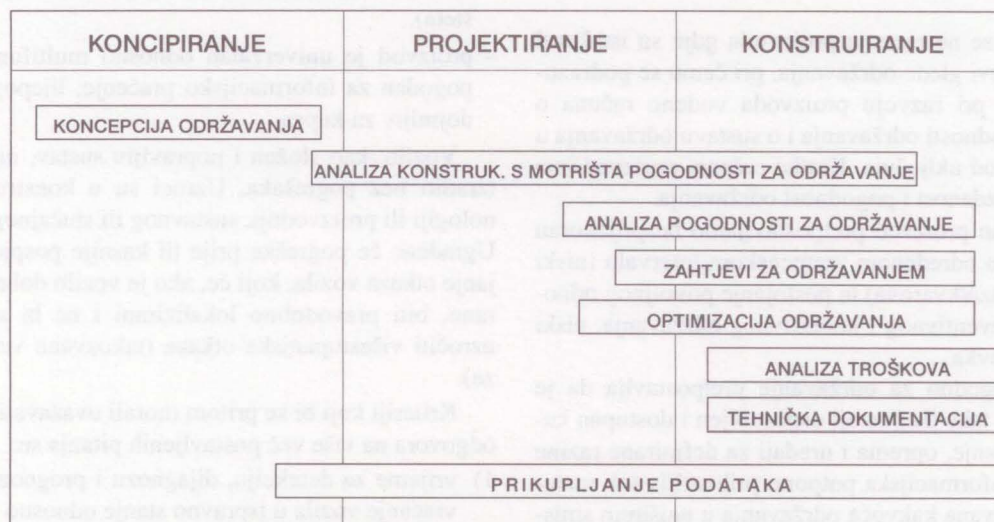
osobito između međusobno ovisnih parametara vozila: performanci, pouzdanosti, vijeka trajanja. Sadržaj faza razvoja vozila (vrijedi i za druge proizvode) glede pogodnosti održavanja predočen je na slici 1.

Slika 1. pokazuje da se sustavnim pristupom u razvoju vozila može dobiti visoka razina pogodnosti održavanja, prije svega u ranoj fazi projektiranja. Usporedno se odvijaju dva skupa aktivnosti; jedan skup aktivnosti koje su vezane za definiranje funkcionalnih značajki vozila i drugi skup aktivnosti kojima su definirani pouzdanost i pogodnost održavanja. Operacionalizacija svake aktivnosti u određenoj fazi može skratiti vrijeme razvoja, troškove, potrebnu stručnu radnu snagu, put realizacije, te na kraju utjecati na konačnu cijenu vozila i njegovu konkurentnost.

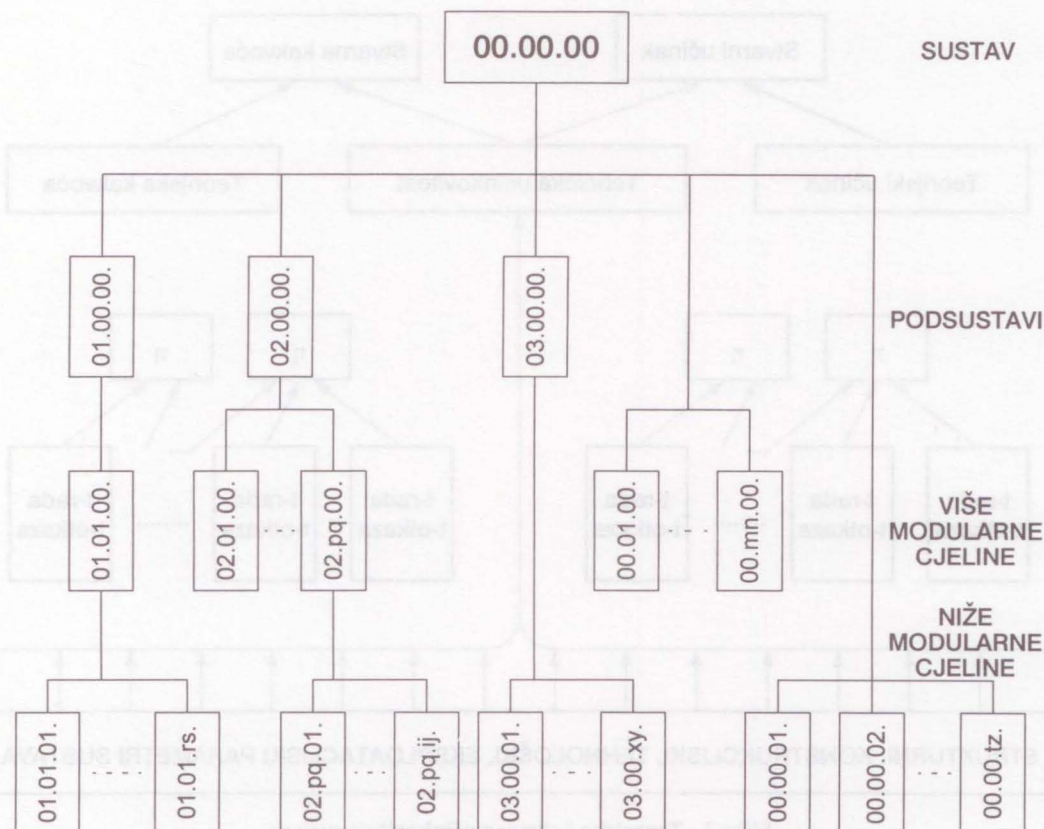
4. IZGRADNJA SLOŽENOGA STROJARSKOG SUSTAVA POGODNOG ZA ODRŽAVANJE

Strukturiranje vozila po načelu modula najbliže je i najpogodnije rješenje glede ispunjenja zahtjeva za pogodnost održavanja. Po pravilu je moguća funkcionalna ili konstrukcijska modulna gradnja sustava vozila. Razdioba složenog sustava, kao što je vozilo, po konstrukcijskom i funkcionalnom načelu pogoduje daljnjoj analizi konstrukcije, posebno glede pogodnosti održavanja.

Konstrukcijsko načelo izgrađenosti strukture vozila pogoduje definiranju korektivnog održavanja za analizirani proizvod: identifikacija i lokalizacija otkaza, dijagnostika, prognoza, demontaža dijela, popravak dijela (modula), provjera i testiranje dijela ili podsustava (sustava), ugradba i provjera te stavljanje sustava ponovno u funkciju. Funkcionalno načelo izgradnje strukture vozila podrazumijeva definiranje glavne i pomoćnih funkcija sustava koje su kontrolirane i praćene određenim dijagnostičkim uređajima i sustavima za nadzor po nekom od



Slika 1 - Faze razvoja proizvoda glede pogodnosti održavanja



Slika 2 - Raščlanjivanje sustava po stablu strukture

načela preventivnog održavanja, uključno i održavanje prema stanju.

Primjer razlaganja strukture vozila po više razina pokazan je na slici 2. Sustav je razdijeljen na četiri razine. Veći broj razina se ne preporučuje jer bistveno komplicira i usložava analizu. Na najvišoj razini je sustav, druga razina su podsustavi, treća više modularne cjeline (sklopovi i složeni uređaji) i niže modularne cjeline (jednostavni funkcionalni moduli).

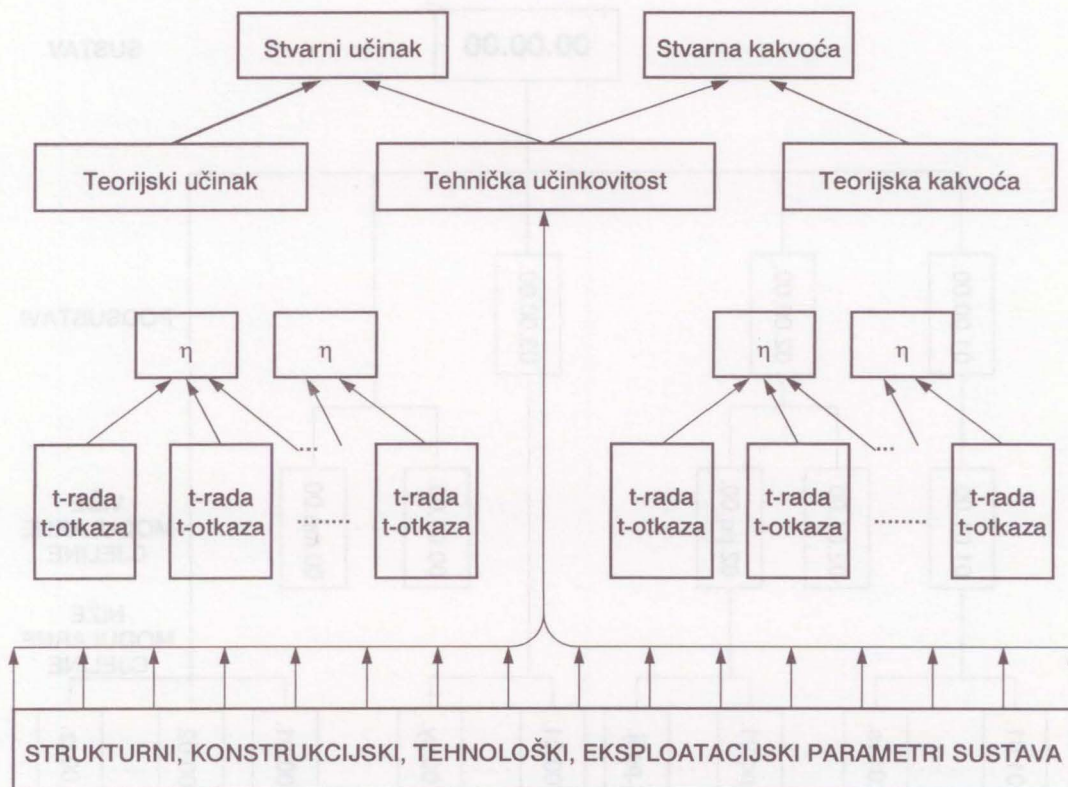
Takav pristup raščlanjivanju složenog sustava definira prvi cilj projektiranja i konstruiranja sustava koji se svodi na osiguranje projektiranih funkcija. Kada su funkcije sustava definirane, njihovim optimiranjem, a često i na njihovu štetu, ugrađuju se drugi zahtjevi, kao što su pouzdanost i pogodnost održavanja.

U informatičkom pogledu, težimo koncipirati proizvod/vozilo tako da svaka modularna cjelina u ostvarenju jedne ili više funkcija ima za jednu ulaznu jednu izlaznu informaciju. To znači - jednoznačna informacija u dijagnostičnom smislu, što je vrlo važna osobina modula ili konstrukcije vozila. Rješenja su moguća također ako za jednu ulaznu informaciju ima više izlaznih. U tom primjeru je dijagnostika jednoznačna. Mnogo je teža situacija ako modul/sklop ima više izlaznih informacija za više ulaznih kada modul postaje neodređen te s motrišta dijagnostike problem postaje složen.

5. UČINKOVITOST SUSTAVA, TEORETSKA I STVARNA UČINKOVITOST

Pri razvoju koncepcije sustava ili proizvoda uvijek su u interaktivnoj relaciji strukturni, tehnološki, konstrukcijski, proizvodni i eksploatacijski parametri. Svi parametri vozila imaju vlastite konačne dimenzije kvalitativno i kvantitativno: geometrijske, masene, gradivne, strojno i toplinsko obrađene, zaštićene od djelovanja agresivnih medija, opterećene statičkim i promjenjivim dinamičkim opterećenjima, vibracijama, toplinski preopterećene. Tako izrađeni dijelovi rade samostalno ili u sklopu više modularne cjeline obavljajući određene funkcije koje vremenom slabe zbog slabljenja značajki dijelova i ograničenog vijeka trajanja. To upozorava na potrebu određene intervencije u sustavu kako bi se razina funkcije održala ili poboljšala do određenog stupnja korisnosti.

U fazi koncipiranja, projektiranja i konstruiranja razmatramo sustav s teorijskog stajališta, definirajući pritom i njegov teorijski učinak, teorijsku ili zamišljenu kakvoću koja se razlikuje od stvarno postignute kakvoće i učinka na kraju razvojne faze (sl. 3). Samo komponente visoke kakvoće i učinka mogu jamčiti visoku učinkovitost i kakvoću konačnog proizvoda što vodi sinergiji sustava.



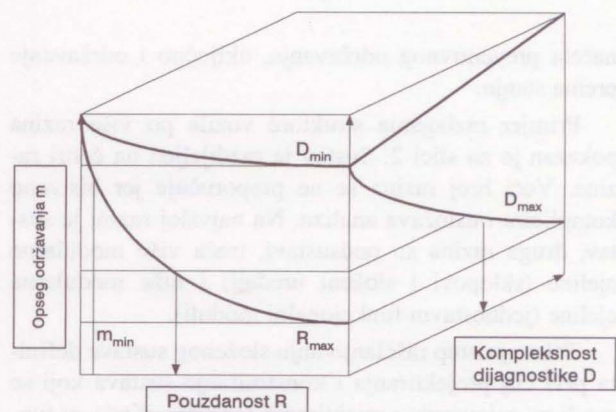
Slika 3 - Teoretska i stvarna učinkovitost sustava

Kada je riječ o relacijama između teoretskih i stvarnih parametara učinkovitosti sustava, projektantu i konstrukterima uvijek je upitan dobar a rijetko i optimalan izbor komponenata kojima bi postigli postavljene zahtjeve. Nije uvijek u pitanju kompleksna relacija između performanci, pouzdanosti, troškova, cijene, održavanja, ... ponekad je "u igri" i strategija poduzeća, izbor kooperanata, financijska politika.

Projektant i konstrukter po pravilu pristupaju razvoju proizvoda glede pogodnosti održavanja s pitanjem zašto bi nastao otkaz, dok se korisnik pita koliko brzo može proizvod vratiti u funkciju, po kakvoj cijeni te koliko će pritom izgubiti dohotka, a mehaničara odnosno servisera pak zanima koliko brzo može otkriti kvar, kakvu opremu za to treba, da li su raspoloživi rezervni dijelovi.

No projektant i konstrukter moraju problem sagledati integralno, tj. postaviti se u ulogu i korisnika sredstva i mehaničara odnosno servisera istodobno. Tu se odlučuje i o značenju pojedinih funkcija čije bi stanje ili promjenu stanja trebalo pratiti kontinuirano ili povremeno te definirati preventivne postupke održavanja, predvidjeti životni vijek vitalnih dijelova, definirati "stok" ili prioritetnu listu rezervnih dijelova, itd.

Odnos između obujma održavanja, složenosti dijagnostike i pouzdanosti pokazan je na slici 4. Očito je da visoka pouzdanost sredstva zahtijeva mali obujam održavanja i visoku razinu dijagnostike.

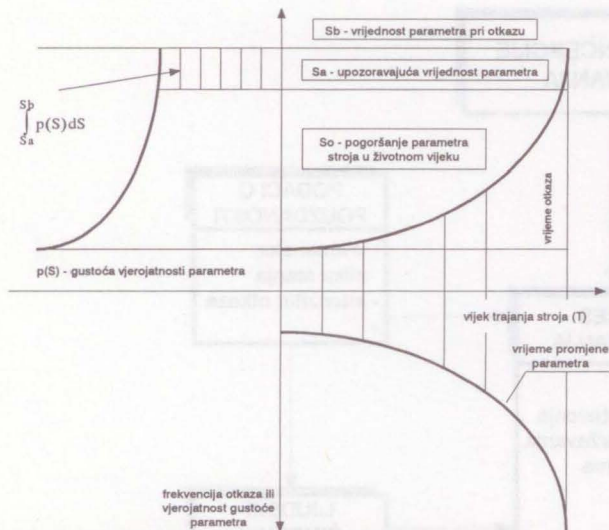


Slika 4 - Odnos pouzdanosti, obujma održavanja i složenosti dijagnostike

6. PRAĆENJE NAČINA SLABLJENJA PARAMETARA SUSTAVA

Projektirani sustav/vozilo u tijeku obavljanja svojih funkcija mijenja radne značajke. Mijenjanje odnosno slabljenje (degradacija) značajki posljedica je promjene konstrukcijskih, tehnoloških i eksploatacijskih parametara sustava, uvjeta rada i drugih slučajnih čimbenika.

Priroda promjene parametara je raznolika - od linearne promjene stanja do promjena koje imaju slučajno



Slika 5 - Slabljenje značajke sustava i praćenje promjene stanja izabranog parametra

obilježje, različitoga gradijenta porasta, vremenski sporih ili brzih promjena, s mogućim skokovitim promjenama vrijednosti parametara, itd. Poznavanje zakona promjene parametara funkcija vozila omogućuje postavljanje prihvatljive strategije održavanja, uporabom dijagnostike stanja, pri uporabi vozila ili pri njegovu održavanju (sl. 5).

Priroda parametra stanja odnosno dijagnostičkog parametra odlučujuća je pri definiranju metoda dijagnostike uzimajući u obzir kriterije učinkovitosti i cijene koštanja. Danas su na raspolaganju mnoge metode dijagnostike od kojih su najpoznatije:

- vibroakustika
- ferrografija
- termografija
- ultrazvuk
- radiografija
- holografija
- spektrografska analiza
- elektrolitski tok.

Projektant i konstrukter moraju definirati dijagnostički parametar, jedan ili više, a u suradnji sa stručnjakom za održavanje definirati dijagnostičku metodu.

7. VOZILO U SUSTAVU ODRŽAVANJA

U svaki su proizvod ugrađeni određeni elementi pogodnosti održavanja, negdje više negdje manje, koji imaju odlučujuće značenje za sustav održavanja u koji je proizvod uključen. Sustav održavanja sličnih proizvoda je uređen, organiziran, alociran i logistički podržan tako da česte promjene i postavljanje svega na novo nije ni ekonomski ni tehnički opravdano. To mora biti jasno i projektantu i konstrukteru pri razvoju i osuvremenjivanju proizvoda/vozila.

Koliko će se proizvod/vozilo prilagođivati sustavu održavanja, a koliko sustav održavanja proizvodu - neće ovisiti samo o cijeni, nego i o drugim čimbenicima koji s jedne strane utječu na sam proizvod a s druge strane na sustav održavanja. To upozorava na opreznost pri izboru komponenata, na mnoge promjene pri njihovom radu te postupno ili naglo slabljenje funkcija što u krajnjem vodi otkazu. Proizvod, s druge strane, mora biti projektiran tako da otkaz jednog dijela ne prouzroči lančane otkaze koji bi doveli do potpunog prekida funkcije. Moramo se osigurati da otkaz na razini komponente ne prouzroči otkaz na višoj razini proizvoda odnosno modula, sklopa, itd. Otkaz, ako i kad se dogodi, ne smije biti destruktivan, razoran; mora biti lokalna.

Jedno od rješenja koje često koristimo u strojništvu jest povećanje mehaničke redundancije, odnosno ugradba određenog stupnja sigurnosti pri projektiranju i konstruiranju vozila i njegovih komponenata.

Projektant i konstrukter moraju predvidjeti komponente vozila koje će se uporabom vozila kvariti, koje su izložene takvim opterećenjima i uvjetima rada da je moguće relativno jednostavno predvidjeti njihov otkaz, da je lako otkrivanje otkaza, da je potrebna jednostavna oprema za praćenje stanja vozila i niska razina stručne osposobljenosti servisera koji će u kratkom vremenu sanirati kvar i vozilo vratiti u uporabu.

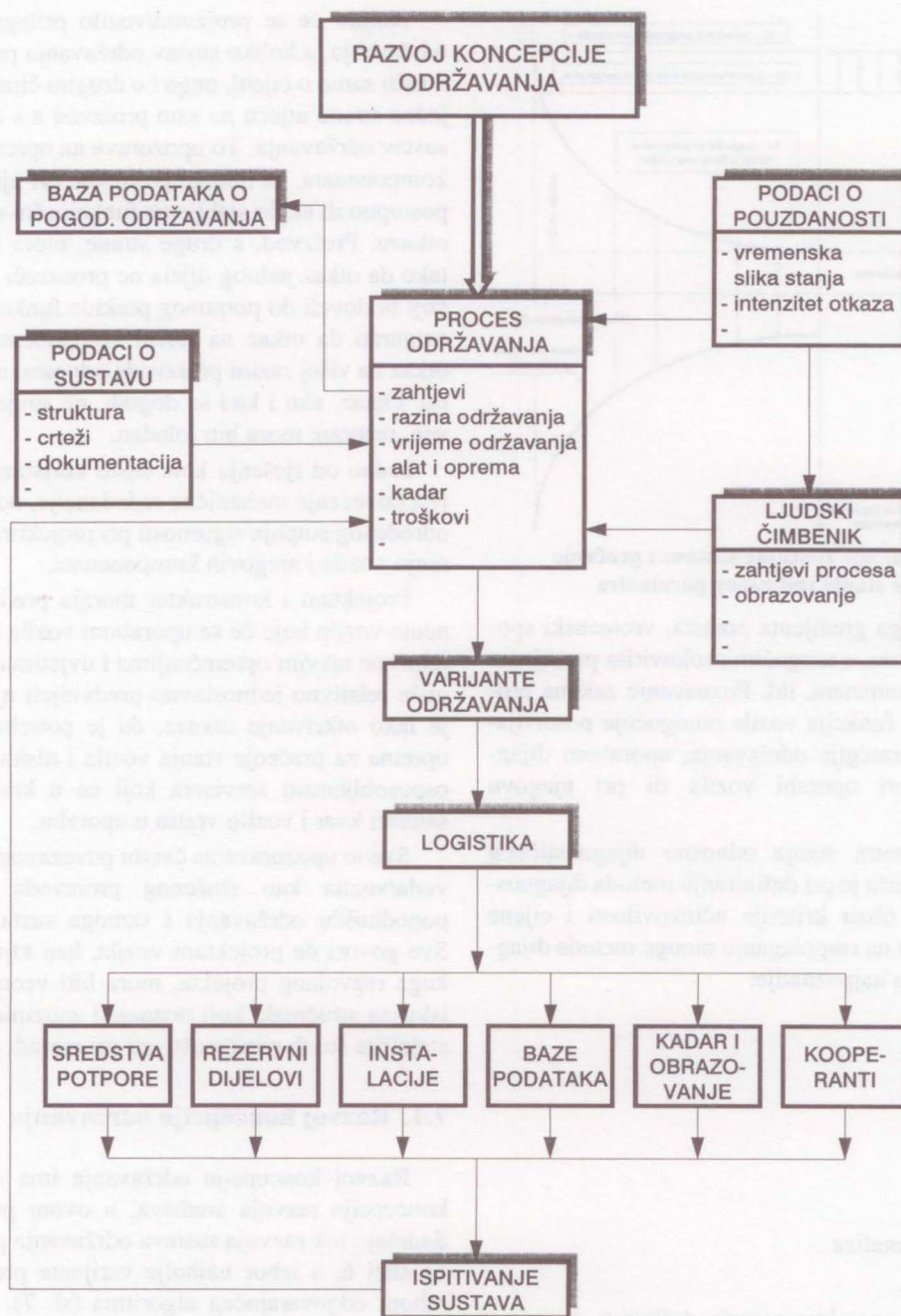
Sve to upozorava na čvrstu povezanost između proizvoda/vozila kao složenog proizvoda s ugrađenom pogodnošću održavanja i samoga sustava održavanja. Sve govori da projektant vozila, kao ključna osoba nekoga razvojnog projekta, mora biti veoma obrazovan i iskusen stručnjak, koji poznaje i zauzima vrlo značajna stajališta što ih mora poštivati pri razradi projekta.

7.1. Razvoj koncepcije održavanja

Razvoj koncepcije održavanja ima iste faze kao i koncepcija razvoja sredstva, u ovom primjeru vozila. Sadržaj i tok razvoja sustava održavanja predstavljeni su na slici 6, a izbor najbolje varijante predložen je uporabom odgovarajućeg algoritma (sl. 7). Za definiranje varijanata održavanja potrebni su ulazni podaci o pogodnosti održavanja vozila, pouzdanosti vozila, strukturi i značajkama vozila i procesu održavanja, eksploataciji i dr.

Algoritam na slici 7. temelji se na provjerenim podacima o otkazima vozila koji su dobiveni iz eksploatacije preko servisne službe, posebno za razdoblje jamstva. Praćenje stanja vozila u eksploataciji preko rasta broja otkaza ocjenjivano je zajedno s troškovima održavanja (PO i KO) i posljedicama koje su mogle nastati ili su pak nastale pri otkazu vozila.

Algoritam nudi izbor rješenja za odgovarajući sustav održavanja, odnosno upućuje na potrebu modifikacije vozila, konstrukcijske ili tehnološke promjene, kojima bi se osigurala ili poboljšala pouzdanost i sigurnost vozila.



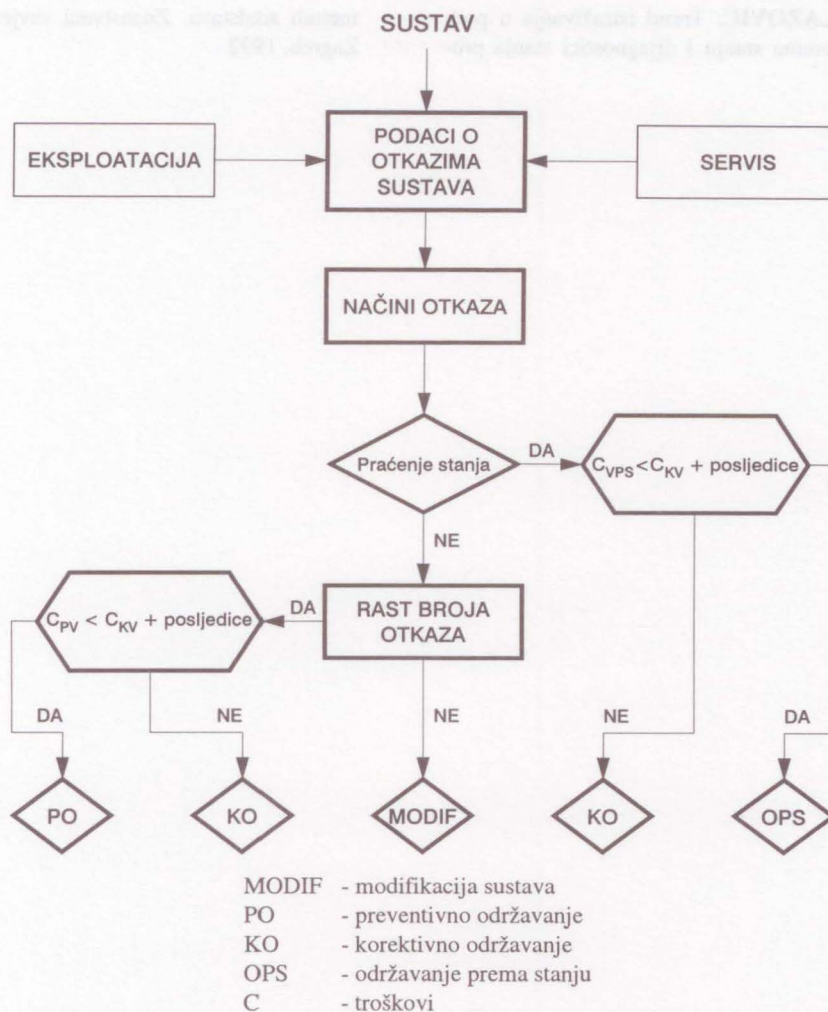
Slika 6 - Izbor prihvatljive koncepcije održavanja

Postupak za definiranje koncepcije održavanja obuhvaća sljedeće aktivnosti:

- definiranje strukture sustava (strukturno i funkcionalno raščlanjivanje)
- analizu otkaza
- prognozu i ocjenu intenziteta otkaza
- alokaciju pouzdanosti
- prognozu i ocjenu pouzdanosti
- alokaciju pogodnosti održavanja
- idejno rješenje sustava održavanja

- prognozu pogodnosti održavanja
- prognozu, ocjenu i proračun raspoloživosti i ukupne učinkovitosti
- analizu postupaka održavanja.

Algoritam za izbor odgovarajućeg sustava održavanja odnosno politike održavanja daje mogućnost izbora između preventivnog i korektivnog održavanja ili održavanja prema stanju, što u krajnjem ovisi o obujmu svake vrste održavanja, periodičnosti odnosno vjerojatnosti otkaza i troškova održavanja.



Slika 7 - Algoritam za izbor odgovarajućeg sustava održavanja

8. ZAKLJUČAK

- 1) Pri razvoju vozila potrebno je na istoj razini analizirati performance vozila, pouzdanost, pogodnost održavanja i druge "manje važne" osobine vozila;
- 2) Pogodnost održavanja je osobina vozila, koja naglašava njegovu kakvoću u izvedbama kada je vozilo modularno građeno, te ako su jasno definirani konstrukcijski i funkcionalni pristup raščlanjivanju vozila;
- 3) Vozilo, kao modularna struktura, optimalno je izvedeno ako je po informacijskom kriteriju funkcionalni modul definiran tako da jednoj ulaznoj odgovara jedna izlazna informacija;
- 4) Praćenje stanja vozila kroz cijeli životni vijek omogućuje definiranje i postavljanje učinkovitog modela održavanja, osiguranje zahtijevane pouzdanosti i niskih troškova uporabe;
- 5) Projektanti, konstrukteri i drugi suradnici pri izradbi projekta su ključne osobe od kojih će zavisiti ispunjenje projektnih zahtjeva pri razvoju vozila.

SUMMARY

A VEHICLE DEVELOPMENT WITH CONSIDERATION OF A VEHICLE MAINTENABILITY AS THE PARAMETER QUALITY OF ITS LIFE CYCLE

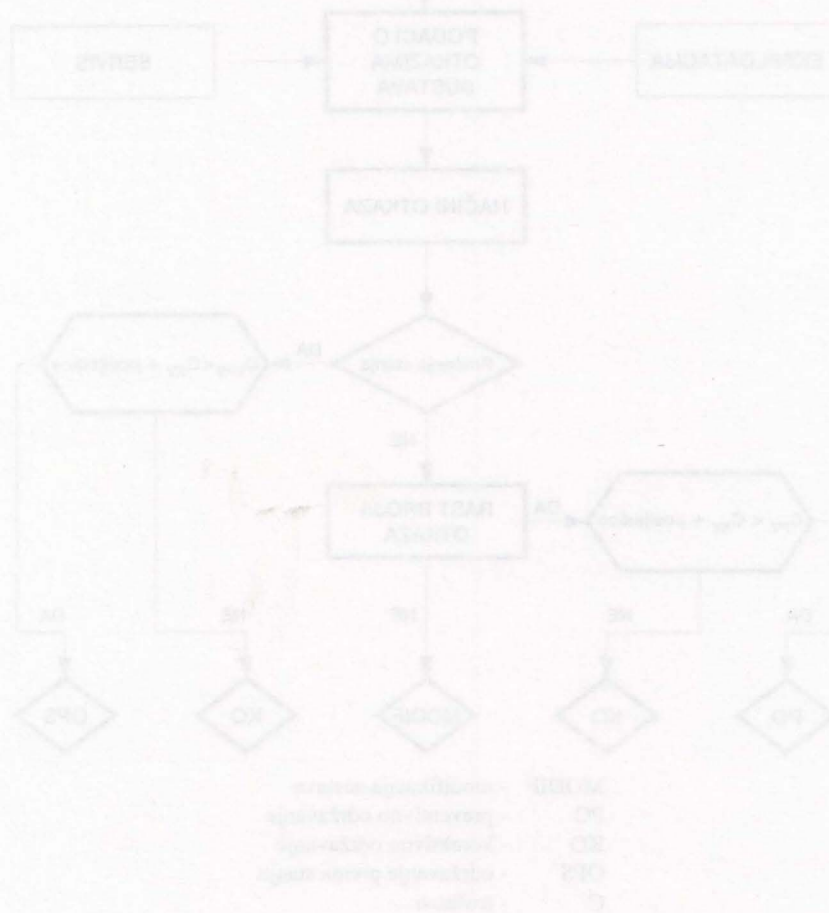
In the article is given some acceptable methodology for projecting and designing of complex mechanical systems as like as vehicle, construction and other,... with consideration of the maintenance and vehicle maintainability. The analysis is ordered on the problem of bilding the structure of product and their functional or designing decomose. At the same time it was discussed about level of the structure regarding to requirements to easy maintenance. The modularity structure of a vehicle is the condition of modern and effectiveness approach to maintenance with complitly information support.

LITERATURA

- [1] Imeche: Vehicle Conditioning Monitoring and Fault Diagnosis. International Conference, London, 1985.
- [2] D. ZELENOVIĆ, J. TODOROVIĆ: Efektivnost sistema u mašinstvu. Naučna knjiga, Beograd, 1981.

[3] F. ROTIM, M. LAZOVIĆ: Trend istraživanja u području održavanja prema stanju i dijagnostici stanja pro-

metnih sredstava. Znanstveni savjet za promet, HAZU, Zagreb, 1992.



Službeni algoritam za dijagnostiku sustava vozila

SAŽETAK

A VEHICLE DEVELOPMENT WITH CONSIDERATION OF A VEHICLE MAINTAINABILITY AS THE PARAMETER QUALITY OF ITS LIFE CYCLE

In the vehicle development process, the maintainability of the vehicle is a very important parameter. The maintainability of the vehicle is a function of the structure of the vehicle and the level of the development of the vehicle. The maintainability of the vehicle is a function of the structure of the vehicle and the level of the development of the vehicle. The maintainability of the vehicle is a function of the structure of the vehicle and the level of the development of the vehicle.

LITERATURA

[1] M. LAZOVIĆ, "Vozila s obzirom na održivost i kvalitetu", Znanstveni savjet za promet, HAZU, Zagreb, 1992.
 [2] M. LAZOVIĆ, "Vozila s obzirom na održivost i kvalitetu", Znanstveni savjet za promet, HAZU, Zagreb, 1992.

8. ZAKLJUČAK

- 1) U ovom radu prikazano je kako se može osigurati održivost i kvalitetu vozila u razvoju.
- 2) Održivost i kvalitetu vozila mogu osigurati korištenjem dijagnostičkih postupaka.
- 3) Održivost i kvalitetu vozila mogu osigurati korištenjem dijagnostičkih postupaka.
- 4) Održivost i kvalitetu vozila mogu osigurati korištenjem dijagnostičkih postupaka.
- 5) Održivost i kvalitetu vozila mogu osigurati korištenjem dijagnostičkih postupaka.