

MODELI UPRAVLJANJA ODRŽAVANJEM TEHNIČKIH SISTEMA

Igor J. Epler, Univerzitet odbrane u Beogradu,
Vojna akademija, 65. logistički bataljon,
Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-1570

OBLAST: mašinstvo (menadžment u mašinstvu), mehanika

VRSTA ČLANKA: stručni članak

Sažetak:

Postojeći modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema imaju za cilj obezbeđenje željene pouzdanosti i raspoloživosti sistema, po mogućnosti uz što manje troškova. Novi koncepti, koji se sve više primenjuju u svim oblastima života, zasnovani su na riziku. Takav pristup je moguć i poželjan i u području teorije i inženjerstva održavanja tehničkih sistema i vojnotehničkih sistema.

U ovom radu navedena su pojmovna određenja održavanja tehničkih sistema, modela upravljanja održavanjem i strategija održavanja. Nakon toga dat je pregled strategija i modela upravljanja održavanja tehničkih sistema, njihovi šematski prikazi i međusobna upoređivanja, kao i trendovi u upravljanju održavanjem tehničkih sistema, čijom bi se primenom možda mogle ostvariti uštede u održavanju, kako tehničkih, tako i vojnotehničkih sistema.

Ključne reči: model, upravljanje, održavanje, tehnički sistem, vojno-tehnički sistem, tehnički pregled, rizik.

Uvod

Proces održavanja predstavlja niz progresivnih promena stanja tehničkih sistema (TS) i vojno tehničkih sistema (VTS) u vremenu, izazvanih izvođenjem aktivnosti održavanja, koje obezbeđuju pretvaranje ulaznih u izlazne veličine, u skladu sa postavljenom funkcijom kriterijuma ili cilja.

Dobro je poznato da svi TS i VTS (u daljem tekstu TS), tokom vremena mogu da dožive različite poremećaje i druge događaje koji ometaju, pa i potpuno prekidaju njihovo ispravno funkcionisanje. Iako ovi poremećaji mogu da budu uslovljeni uticajima okoline, odnosno različitim prirodnim dejstvima, oni su najčešće izazvani pojavom otkaza elemenata TS.

Da bi se i pored toga obezbedilo da tehnički sistemi izvršavaju zadatke za koje su namenjeni, nužno je da se održavaju, tj. da se redovno podvrgavaju postupcima koji će sprečiti ili odložiti pojavu otkaza. Zato održavanje TS predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti u njihovom ukupnom životnom ciklusu.

Budući da je održavanje TS neposredno uslovljeno pojavom otkaza, koji mogu biti veoma različitog intenziteta i karaktera, upravljanje složenim postupcima održavanja mora biti zasnovano na izučavanju i analizi pojave otkaza. Drugim rečima, na zakonima teorije pouzdanosti. Pri tome se moraju uzeti u obzir i drugi važni činioci, a pre svega troškovi održavanja, koji obično zahvataju dobar deo ukupnih troškova životnog ciklusa.

U tom smislu, postupcima održavanja treba da se omogući rad tehničkih sistema bez otkaza, ili tačnije rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza.

Uz to, treba da se obezbedi i da su posledice ili štete izazvane otkazima što manje, a i da su troškovi održavanja što manji.

Ovo načelo postaje složen upravljački zadatak. On se praktično rešava određenim politikama ili strategijama održavanja, na različitim konceptijskim opredeljenjima (npr. preventivno i korektivno održavanje) i metodama zasnovanim na različitim kriterijumima odlučivanja ili optimizacije. U svakom slučaju, izabranim modelom upravljanja održavanjem treba da se obezbedi da se na bazi osmišljenog uvida u stvarno stanje TS koji se održava omogući donošenje „najboljih“ odluka o tome kada, gde i koje postupke održavanja treba sprovesti, vodeći računa o zahtevanoj pouzdanosti i gotovosti tehničkih sistema i odgovarajućim troškovima.

Ima više modela upravljanja održavanjem tehničkih sistema koji su se afirmisali u dosadašnjoj praksi.

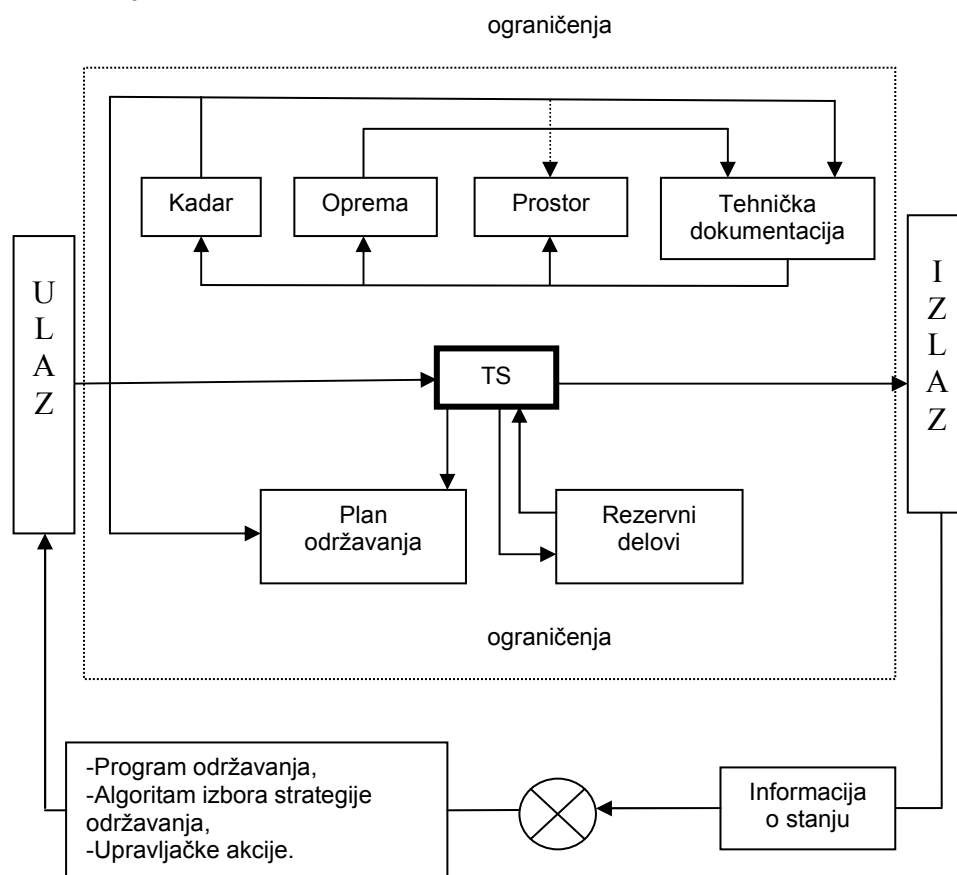
Upravljanje održavanjem je skup postupaka koji obezbeđuju držanje parametara postavljene funkcije cilja TS u granicama dozvoljenih odstupanja, u datom vremenu i datim uslovima okoline.

Osnovni postupci u procesu upravljanja održavanjem se sastoje od:

- predviđanja,
- utvrđivanja međuzavisnosti tehničkog sistema-okolina,
- planiranja,
- upravljanja zalihama rezervnih delova,
- operativne i tehničke pripreme procesa rada,
- izvođenja postupaka rada i kontrole troškova,
- analize postupaka promene stanja i
- regulisanje procesa održavanja.

Osnovna koncepcija u razvoju upravljačkih sistema zasniva se na principu prema kome je TS koji proizvodi određenu izlaznu veličinu upravljivan povratnom spregom na bazi te izlazne veličine.

Na slici 1 je prikazan opšti model upravljanja održavanjem TS (Petković, et al, 1988), a na slici 2 je grafički prikazan mehanizam upravljanja održavanjem TS (Petković, et al, 1988).



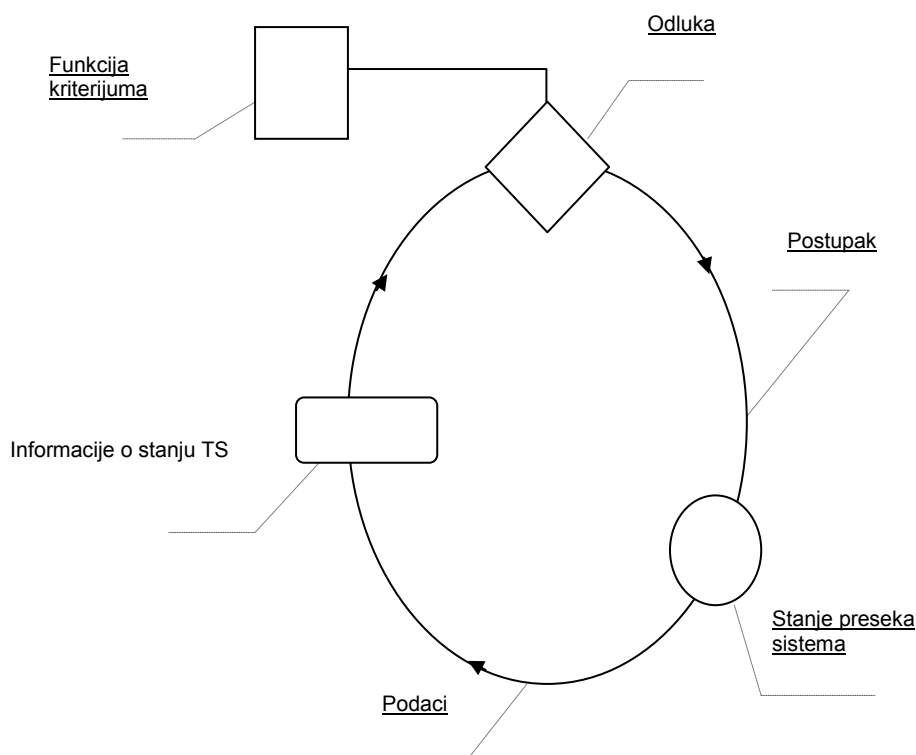
Slika 1 – Model upravljanja održavanjem TS
Figure 1 – Technical system maintenance management model

Ulazne veličine mogu biti:

- broj elemenata TS,
- intenzitet otkaza TS,
- frekvencija aktivnosti preventivnog održavanja,
- srednje vreme preventivnog održavanja,
- srednje vreme korektivnog održavanja,
- ostvareni (efektivni) kapacitet održavanja

Izlazne veličine mogu biti:

- operativna gotovost,
- troškovi i pouzdanost TS.



Slika 2 – Mehanizam upravljanja održavanjem tehničkih sistema
 Figure 2 – Mechanism of technical system maintenance management

Iz prikaza se vidi da se na osnovu informacija o stanju i definisanih kriterijuma ponašanja tehničkih sistema donosi odluka za sprovođenje postupaka kojim će se prevazići postojeće stanje sistema.

Strategije i modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema

Strategiju održavanja je moguće definisati kao varijantu sistema održavanja, određenu koncepcijom, organizacijom i karakterom postupaka održavanja, kao i odnosom između pojedinih nivoa na kojima se vrši održavanje.

Kažimo nešto o tradicionalnim strategijama održavanja.

– *Preventivno održavanje* predstavlja skup postupaka održavanja koji se preduzimaju pre otkaza tehničkih sistema, sa ciljem sprečavanja nastanka istog zbog narušavanja eksploatacionih karakteristika ili stare-

nja delova. Politika preventivnog održavanja podrazumeva sledeće oblike: preventivne zamene po vremenskom resursu; preventivno održavanje prema stanju kao dijagnostički proces koji omogućava određivanje tehničkog stanja sastavnog dela (s/d) i TS i ima za cilj da obezbedi izvođenje akcija održavanja isključivo na osnovu stvarnog tehničkog stanja s/d i TS; preventivna kontrola po vremenskom resursu i zamena sastavnih delova (s/d) zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja; preventivna zamena po eksploatacionom resursu bez obzira na stanje sastavnih delova; preventivna kontrola po eksploatacionom resursu i zamena s/d zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja,

– *Korektivno održavanje* predstavlja skup postupaka koji se preduzimaju nakon nastanka otkaza sa ciljem vraćanja eksploatacionih karakteristika u definisane granice. Ova način se primenjuje kod slučajnih otkaza. Planiranje održavanja je u slučaju korektivnog održavanja otežano, ali je iskorišćenje radnog veka elemenata TS potpunije,

– *Kombinovano održavanje* podrazumeva eksploataciju TS do nastanka otkaza. Tada se preduzimaju zahvati korektivnog održavanja na dovođenju otkazalog dela u stanje u radu, a preduzimaju se i zahvati preventivnog održavanja koji odgovaraju ostvarenom vremenskom ili eksploatacionom resursu.

Modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema obuhvataju provedene strategije:

– Održavanje prema pouzdanosti (Reliability Centered Maintenance – RCM),

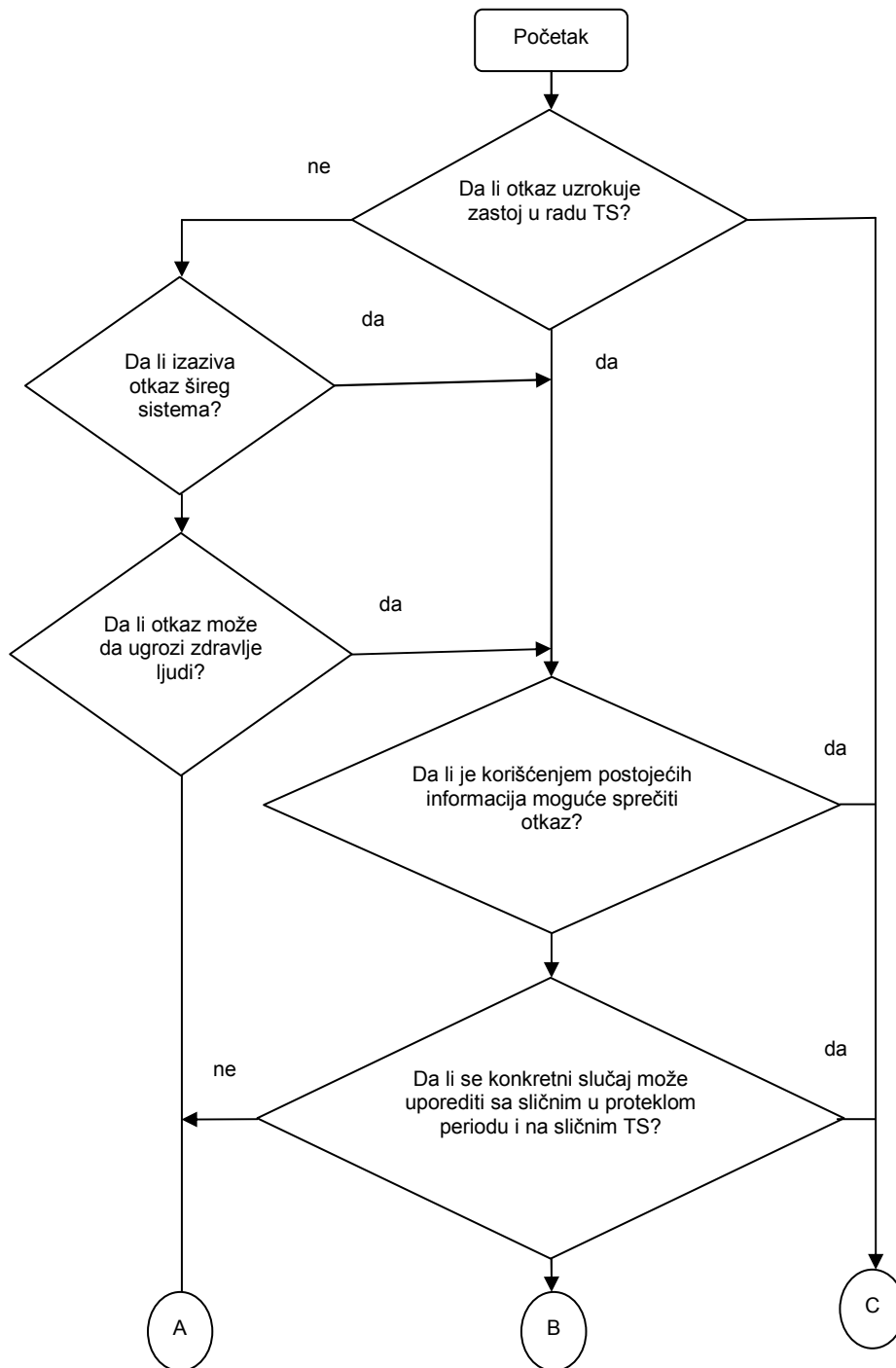
– Totalno proizvodno ili produktivno održavanje (Total Productive Maintenance – TPM),

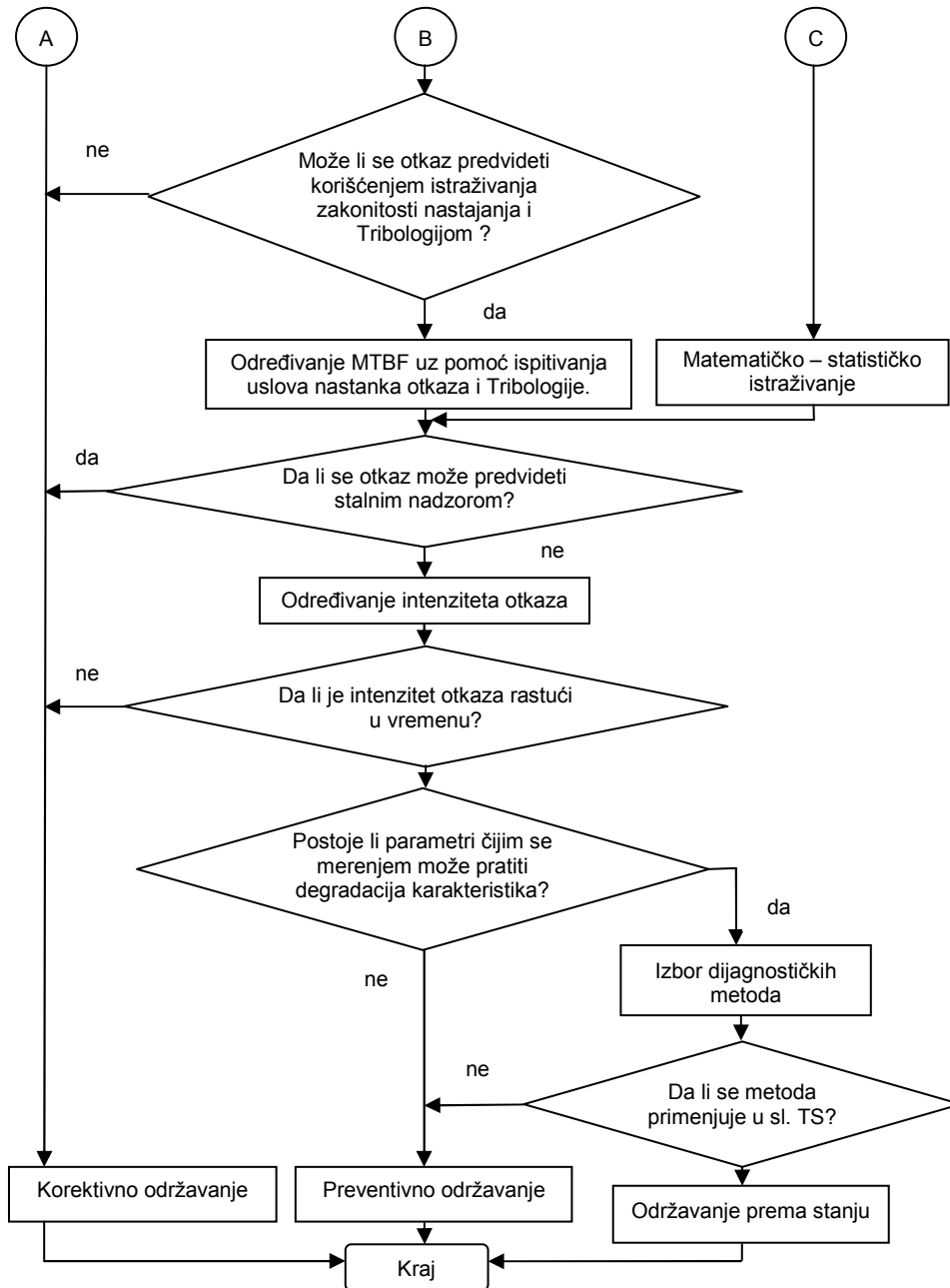
– Održavanje prema rezultatima rada (Results Oriented Maintenance – ROM),

– Održavanje prema radu (Operation Centered Maintenance – OCM),

– Održavanje na bazi rizika.

Na slici 3 (Stanojević, 1997) prikazan je algoritam izbora strategije održavanja delova i tehničkih sistema u celini.





Slika 3 – Algoritam izbora strategije održavanja tehničkih sistema
 Figure 3 – Algorithm for selecting a technical system maintenance strategy

Ovaj algoritam omogućava permanentnu adaptaciju strategije održavanja.

Upravljanje održavanjem primenom strategija održavanja kao skupom pravila kojim se unapred preciziraju postupci održavanja u različitim situacijama zasniva se na planiranju održavanja i realizaciji planova održavanja.

Upravljanje održavanjem obuhvata sledeće aktivnosti:

- prognoziranje i predviđanje,
- planiranje,
- izvršavanje i koordiniranje akcija održavanja,
- kontrolu rokova i kvaliteta izvršavanja akcija održavanja,
- kontrolu ostvarenih izlaznih performansi TS,
- kontrolu troškova održavanja.

Održavanje prema pouzdanosti tehničkih sistema

Održavanje prema pouzdanosti (RCM) je jedan od najčešće primenjenih modela upravljanja održavanjem. Definisana je i međunarodnim standardima (A Guide to the Reliability – Centered Maintenance (RCM) Standard, 2002).

On traži snažnu informatičku podršku, bogate baze podataka o svim performansama pouzdanosti, gotovosti i drugim svojstvima TS. Iako baze podataka za primenu RCM modela često sadrže i podatke o ranijim postupcima održavanja, o njihovom efektu, trajanju, troškovima i drugim relevantnim elementima (uticaji na okolinu, zaštita ljudi i njihovog zdravlja itd.), presudni uticaj na donošenje odluka o tome kada, gde i koje postupke održavanja treba sprovesti imaju zahtevi pouzdanosti, dok troškovi, uticaj na okolinu i eventualno drugi elementi imaju karakter ograničenja, koje valja zadovoljiti u mogućem, poželjno u što većem stepenu. Pri tome, odluke o održavanju u ovom slučaju donose kompetentni, kvalifikovani i posebno zaduženi radnici, odnosno visoko obučeno osoblje, dobro verzirano u dotični TS i proces njegovog korišćenja.

Model upravljanja održavanjem prema strategiji RCM očigledno traži velika sredstva, snažne računare i visoko sofisticirane softvere. Zato se on koristi samo tamo gde je to posebno važno, za održavanje TS visoke složenosti, velike odgovornosti i velikih rizika od posledica iznenadnih otkaza i havarija. Drugim rečima, za termoenergetska (kojih ima dosta i u Vojsci Srbije), nuklearna i procesna postrojenja, ali i u vazдушnom saobraćaju, raznim sistemima odbrane, telekomunikacione i informatičke sisteme itd. Pored potrebnih velikih ulaganja ovo je uslovljeno i samom prirodom i karakteristikama TS koji treba da se održava. Da bi se na ovaj

način donosile odluke o održavanju TS treba da se prati i analizira u dužim vremenskim periodima, uz stalna poređenja sa drugim i sličnim TS, koji rade pod tim ili nekim drugim uslovima. Potrebna je, dakle, homogena baza statističkih podataka.

To je često teško, pa i nemoguće obezbediti u slučaju TS koji su heterogene i stalno promenjive strukture, što je slučaj, na primer, sa velikim voznim parkovima, sastavljenim od različitih vozila, različite starosti i karakteristika, a i sa većinom metaloprerađivačkih pogona, struktuiranih sa velikim brojem različitih, obično unikatnih mašina.

Totalno proizvodno ili produktivno održavanje tehničkih sistema

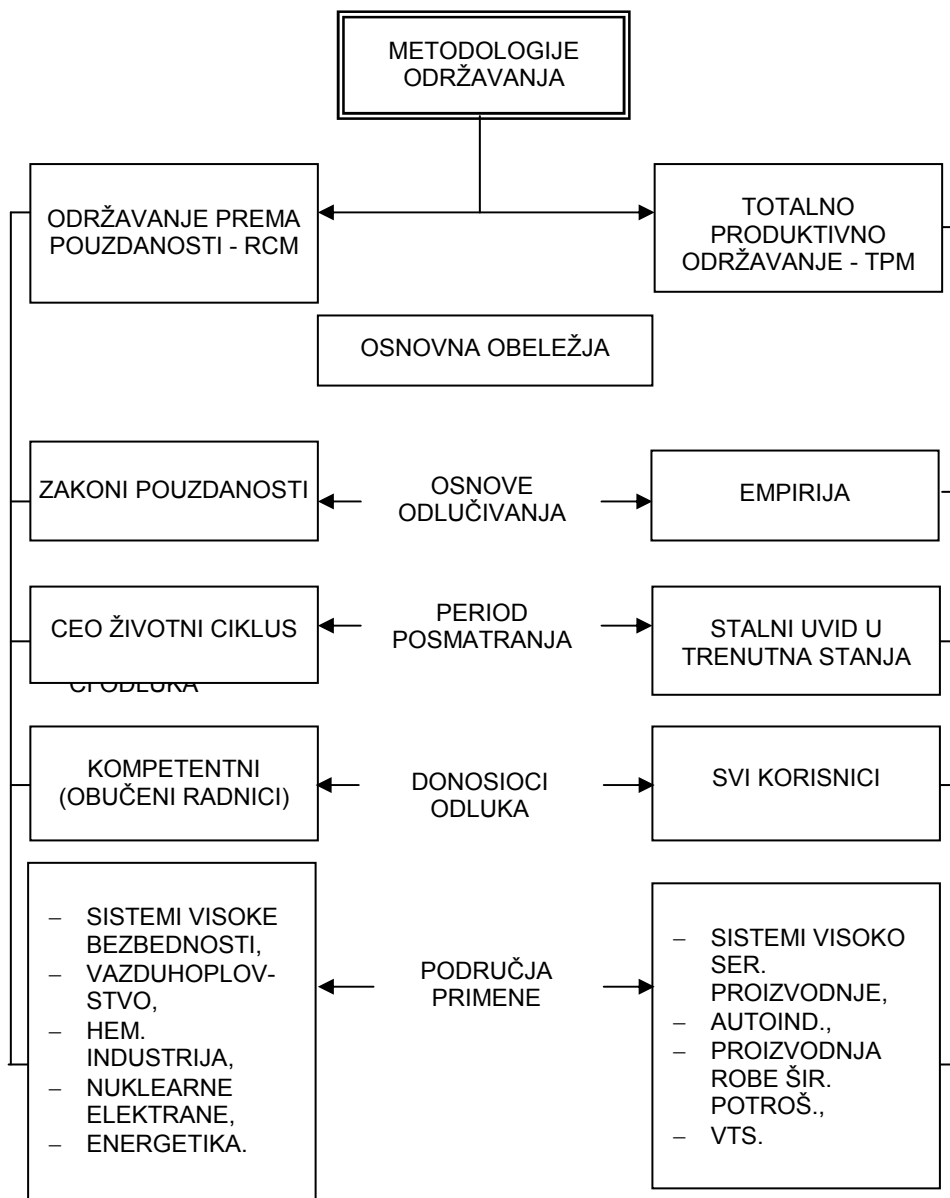
Model upravljanja održavanjem primenom strategije totalno proizvodnog održavanja (TPM) preporučuje se i široko primenjuje za složene i heterogene TS, kakvi su najčešće industrijski pogoni i određeni vojno tehnički sistemi (motorna vozila svih vrsta).

Ovo je znatno jednostavniji model, veoma je fleksibilan i traži manja ulaganja. On je u suštini empirijski i zasniva se na iskustvu radnika koji rade sa dotičnim TS, kao rukovaoci, kontrolori, planeri, rukovodioci i na svim drugim mestima koja su direktno ili indirektno vezana za rad TS. Pri tome se podrazumeva da svi oni imaju mogućnosti i znanja da u svakom trenutku ocene stvarno stanje TS i svih njegovih elemenata, odnosno da utvrde da li sve funkcioniše kako treba, a posebno da na osnovu sopstvenog iskustva iz prethodnog perioda rada TS ocene da li ima nagoveštaja da će uskoro doći do nekih poremećaja ili otkaza. To znači da u ovom slučaju nisu potrebne precizne informacije o pouzdanosti TS i njegovih elemenata, ali su vrlo korisne baze podataka o prethodnim postupcima održavanja, o tome zašto su i kada određeni postupci sprovedeni i kakav je bio njihov efekat.

Upravljanje održavanjem prema strategiji TPM se takođe zasniva na kriterijumima pouzdanosti i gotovosti, uz analizu troškova kao bitnog ograničenja, ali odluke o održavanju mogu da se donose i bez detaljnog poznavanja zakona pouzdanosti. To znači da se model upravljanja prema strategiji TPM može primenjivati i za TS koji su tek uključeni u proces rada ili koji se tokom vremena relativno malo koriste, odnosno za čije elemente je nemoguće odrediti zakone pouzdanosti.

Model upravljanja održavanjem TS primenom strategije TPM potiče iz Japana i deo je ukupne proizvodne filozofije koja se široko koristi u ovoj zemlji. Ovaj model upravljanja traži visoku radnu disciplinu, aktivan odnos korisnika i svih zaposlenih prema TS.

Na Slici 4 je dato pojednostavljeno upoređenje modela upravljanja održavanja prema strategiji RCM i TPM (Todorović, 1993).



Slika 4 – Upoređivanje metodologija održavanja
 Figure 4 – Comparison of maintenance methodologies

Održavanje prema rezultatima rada tehničkih sistema

Model upravljanja održavanjem TS prema strategiji održavanja prema rezultatima rada (ROM) predstavlja izvestan kompromis modela prema strategijama RCM i TPM. U ovom slučaju osnovne odluke o održavanju donose se na bazi podataka koji se dobijaju brižljivim statističkim praćenjem rezultata rada TS, na primer tačnost izrade delova ili kvaliteta izlaznog proizvoda, ali uz nastojanje da se pri tome, ukoliko su raspoložive, koriste i baze podataka o pouzdanosti i ranijim postupcima održavanja. Prema ovom modelu, postupci održavanja se preduzimaju samo kada je to zaista nužno. Uz dostizanje potrebne pouzdanosti i gotovosti, rad po modelu ROM obezbeđuje i minimizaciju troškova održavanja. Ovaj model je interesantniji za proizvodne TS.

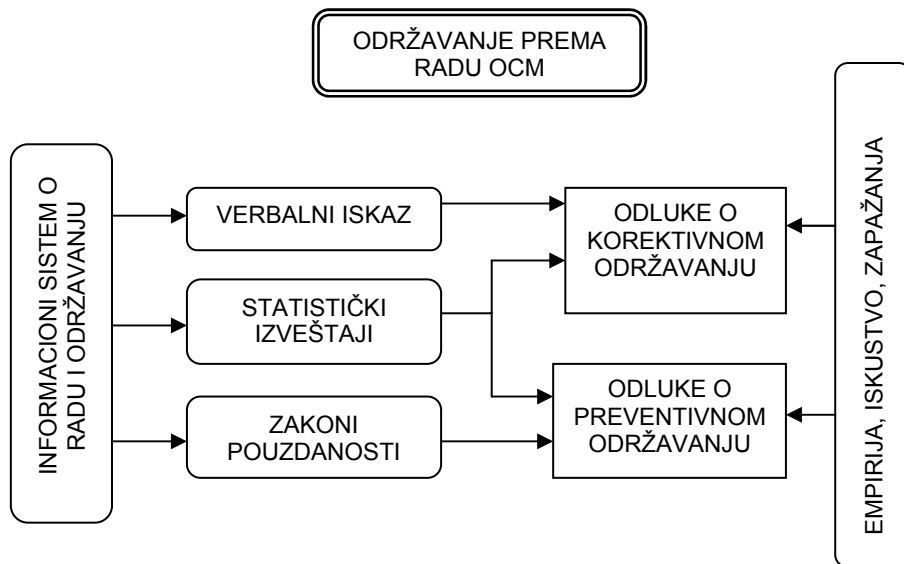
Održavanje prema radu tehničkih sistema

Model upravljanja održavanjem TS prema strategiji održavanja prema radu (OCM) je sličan prethodnom i takođe predstavlja određeni kompromis između modela prema strategijama RCM i TPM. Bitna je razlika u odnosu na prethodne je da se, po modelu OCM, za donošenje odluke o održavanju pored statističkih podataka o prethodnom radu TS, koriste i verbalni iskazi. Drugim rečima, strategija OCM, uključuje i elemente fazi logike.

Ovo se iskazuje odgovarajućom obradom ocena ili zapažanja radnika o svim pojavama tokom procesa rada TS, i to svih radnika koji učestvuju u ovom procesu.

Prema iskustvima autora u radu na poslovima održavanja različitih VTS, model upravljanja održavanjem prema strategiji OCM, mogao bi naći primenu na svim nivoima održavanja radarske tehnike roda Vazdušnog osmatranja i javljanja i uopšte kod svih VTS koja nisu, prilikom svog uvođenja u operativnu upotrebu, imala razvijene sve elemente Integralnog tehničkog obezbeđenja. U svom praktičnom radu sam bio svedok da se kadar za rukovanje i održavanje ne podmlađuje na vreme i da se pre opremanja sa VTS ne razrađuju tehnološki postupci održavanja, ne pišu uputstva za rukovanje i održavanje, ne obučavaju postojeće ljudstvo za rukovanje i održavanje. Zato su veoma važna zapažanja i beleške prethodnika koji imaju iskustvo u upotrebi i održavanju sličnih VTS.

Na slici 5 dat je šematski prikaz modela upravljanja održavanjem prema strategiji održavanja prema radu (Todorović, 1994).



Slika 5 – Šematski prikaz modela upravljanja održavanjem TS prema strategiji OCM
 Figure 5 – Schematic model of technical system maintenance management by the OCM strategy

U donošenju odluka o održavanju u ovom slučaju, dakle, indirektno učestvuju svi radnici (kao kod modela prema strategiji totalnog produktivnog održavanja).

Održavanje na bazi rizika tehničkih sistema

Kao što se iz dosadašnjeg prikaza modela upravljanja održavanjem TS vidi, danas se u upravljanju održavanjem osnovna pažnja usmerava na obezbeđenje zahtevane pouzdanosti i gotovosti, odnosno na odgovarajuće verovatnoće pojave otkaza, a tek zatim i na posledice ovih neželjenih događaja. Pokazalo se, međutim, da je znatno bolje da se oba ova činioca, odnosno verovatnoće pojave neželjenih događaja i posledice ovih događaja posmatraju istovremeno. Obuhvatanjem oba ova faktora istovremeno mogu se donositi najbolje i efektivne odluke.

Rizik se definiše kao proizvod verovatnoće nastanka neželjenog događaja i posledica ovog događaja,

$$\text{RIZIK} = \text{VEROVATNOĆA} * \text{POSLEDICE}$$

Treba naglasiti da je rizik nešto sa čim mi, kao pojedinci, živimo iz dana u dan. Znajući ili neznajući, mi stalno donosimo odluke bazirane na riziku, na primer prelazak ulice, kupovina kuće ili ženidba. To su relativno proste odluke.

Analizama rizika poklanja se sve više pažnje, u svim oblastima života.

Metode analize rizika su se nametnule kao efikasni i sveobuhvatni postupci koji dopunjuju ili zamenjuju upravljačke metode u skoro svim sektorima života (zdravstvena zaštita, zaštita okoline, transport,...). Logično je da se koncept rizika primeni i u upravljanju održavanjem TS.

Model upravljanja održavanjem TS, prema strategiji održavanja na bazi rizika, ne predstavlja zamenu opisanih modela, već njihovu važnu i korisnu dopunu.

Model upravljanja održavanjem TS na bazi rizika se usmerava preventivno na preventivno održavanje, i to na preventivno održavanje prema stanju, koje se zasniva na osmišljenim tehničkim pregledima TS. Na osnovu rezultata ovih pregleda donose se odluke o potrebnim postupcima održavanja, kao i o tome šta, gde, kako i kada treba pregledati u narednom periodu vremena.

Pri tome je suštinski važno da se dobro uoče i odrede odnosi koji postoje između tehničkog pregleda i rizika. Pošto rizik ima dve komponente, verovatnoću i posledice, tehnički pregled treba da bude tako definisan da se na taj način smanjuje ili jedna ili obe komponente rizika.

Suštinu modela upravljanja održavanjem TS na bazi rizika je najbolje objasniti na jednom jednostavnom primeru. Ukoliko se na bazi izučavanja zakona pouzdanosti utvrdi da jedna komponenta u datom trenutku ima malu pouzdanost, modelom upravljanja prema pouzdanosti (RCM) definiše se tehnički pregledi i/ili preventivne zamene te komponente u određenim intervalima vremena. To će izazvati određene troškove održavanja. Ukoliko su, međutim, posledice otkaza te komponente veoma male, ukoliko se opravka može izvršiti brzo i lako, bez velikih troškova i ukoliko se ovim otkazom ne izazivaju značajni negativni efekti na rad TS, tj. ukoliko je rizik pojave tog događaja sasvim mali ili zanemarljiv, u programu tehničkih pregleda na bazi rizika ova komponenta će biti zanemarena. Usvojiće se da se ovi otkazi rešavaju korektivnim održavanjem. Tako će se ostvariti i zadovoljavajuća gotovost, a troškovi održavanja će biti manji.

Iz navedenog se vidi da su tradicionalne strategije održavanja (preventivno, korektivno i kombinovano) sastavni deo gotovo svih navedenih modela upravljanja održavanja i da nigde ne egzistiraju zasebno. Tu činjenicu uslovljava složenost i visoki tehnološki nivo TS u današnje vreme.

Zaključak

Održavanje TS predstavlja jednu od najvažnijih aktivnosti u njihovom ukupnom životnom ciklusu.

Postupcima održavanja treba da se omogući rad TS bez otkaza ili, tačnije, rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza. Uz to treba da se obezbedi i da posledice ili štete izazvane otkazima budu što manji, a i da troškovi održavanja budu što manji.

Upravljanje održavanjem TS predstavlja složen proces. Kao što je u radu prikazano, on mora obuhvatiti sledeće komponente:

- objekat eksploatacije, TS,
- informacije,
- program,
- upravljačka delovanja.

Sve navedene komponente zahtevaju značajna ulaganja, koja je potrebno racionalno i na vreme predvideti i dobro isplanirati.

Recept za izbor načina održavanja i upravljanja održavanjem (koncepti i strategije) ne može biti dat unapred, jer on zavisi od:

- nivoa ostvarenih ukupnih troškova,
- nivoa ostvarenog profita,
- nivoa tehničkog stanja TS,
- nivoa gotovosti i pouzdanosti TS,
- sigurnosti u radu.

Tradicionalne strategije održavanja (preventivno, korektivno i kombinovano) sastavni su deo gotovo svih navedenih modela upravljanja održavanja i nigde ne egzistiraju zasebno. Tu činjenicu uslovljava složenost i visoki tehnološki nivo TS u današnje vreme.

Model upravljanja održavanjem prema strategiji održavanja na bazi rizika ne predstavlja zamenu opisanih modela, već njihovu važnu i korisnu dopunu.

Modele upravljanja održavanjem VTS ne treba uniformno primenjivati, već kombinovati i prilagođavati trenutnoj situaciji i stanju parametara TS i sistema za podršku, koji, u načelu, utiču na izbor načina održavanja i njegovog upravljanja.

Literatura

Petković, R., Kokanović, M., Ćirović, M., 1988, *Organizacija održavanja TMS*, Centar vojnotehničkih škola KoV JNA „General armije Ivan Gošnjak“, Zagreb.

Stanojević, P., 1997, *Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu održavanja, doktorska disertacija*, Mašinski fakultet, Beograd.

Todorović, J., 1993, *Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema*, JUMV, Beograd.

A Guide to the Reliability – Centered Maintenance (RCM) Standard, 2002, Society of Automotive Engineers.

MODELS OF TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE MANAGEMENT

FIELD: Mechanical Engineering (Organization, Economics and Management in Mechanical Engineering)

ARTICLE TYPE: Professional Paper

Summary:

The existing models of technical systems maintenance management provide required reliability and availability of systems, preferably with as little cost as possible. New concepts, increasingly applied in all areas of life, are based on risk. Such an approach is possible and desirable in the field of theory and engineering of maintenance of technical systems and military technical systems.

In this paper, the conceptual definitions of technical systems maintenance, maintenance management models and strategies are given, followed by an overview of strategies and models of maintenance of technical systems, their schematic views and mutual comparisons and trends in the management of maintenance of technical systems, the application of which could lead to savings in the maintenance of both technical and military technical systems.

Introduction

It is well known that, over time, all technical systems and military technical systems (hereinafter referred to as TS) can experience a variety of disorders, and other events that disrupt or even completely stop their proper functioning. Although these disruptions may be provoked by environmental impacts i. e. by a variety of natural phenomena, they are usually caused by failures of TS elements.

In order to ensure that technical systems perform tasks they are intended for, it is necessary to maintain them i. e. to regularly subject them to procedures which prevent or delay the occurrence of failures.

In this sense, maintenance procedures should enable that technical systems work without failures, or rather work with a lower incidence of failures.

In any case, the chosen model of maintenance management should ensure,, based on the actual state of a particular TS, making the best decisions about when, where and what maintenance procedures should be implemented, taking into account the required reliability and readiness of technical systems and corresponding costs.

Strategies and models for managing the maintenance of technical systems

A maintenance strategy can be defined as a variant of a maintenance system, determined by concepts, organizations and characters of maintenance procedures, as well as by the relationship between the various levels at which maintenance is performed.

The models for managing maintenance of technical systems include the proven strategies:

- Reliability Centered Maintenance – RCM,*
- Total Productive Maintenance – TPM,*
- Results Oriented Maintenance – ROM,*
- Operation Centered Maintenance – OCM,*
- Risk Based Maintenance.*

Reliability Centered Maintenance

Reliability Centered Maintenance is one of the most used models of maintenance management. It is defined by international standards.

Although the database for the application of RCM models often contain information about previous maintenance procedures, their full impact, duration, cost and other relevant elements (environmental impact, protection of people and their health, etc.), reliability requirements should have a decisive influence on decisions about when, where and what maintenance procedures should be performed while costs, environmental impact, and other elements have a limit character.

A decision on maintenance is made by competent, qualified, responsible and highly trained staff, experienced with a respective TS and the process of its functioning.

The model of maintenance management using the RCM strategy obviously requires substantial resources, powerful computers and highly sophisticated software. It is, therefore, used only where it is particularly important to maintain TSs of high complexity, high accountability and high risk from the consequences of sudden failures and breakdowns.

It is used, for example, in thermal energy plants (numerous in the Army of Serbia), nuclear plants and processing plants, but also in air transport, various defense systems, telecommunications and information systems, etc.

Total Productive Maintenance

The model of maintenance management using the total productive maintenance (TPM) strategy is recommended and widely used for complex and heterogeneous TSs such as most industrial plants and certain military technical systems (motor vehicles of all kinds).

This much simpler model is very flexible and requires less investment. It is essentially empirical and based on the experience of staff working with a particular TS as handlers, supervisors, planners, managers and at all other positions directly or indirectly related to the TS functioning. It is assumed that they all have the ability and knowledge to assess a real state of the TS and all its elements at any moment, or to determine if everything works well. They should especially be able to assess, from their personal experience from the previous period of TS work, whether there are indications for a disorder or failure to occur soon. This means that, in this case, precise information on the reliability of a TS and its elements is not necessary; however, databases of past maintenance practices are very useful, as to why and when certain actions were carried out and what their effect was.

Maintenance management using the TPM strategy is also based on the criteria of reliability and readiness and the cost analysis as an important limitation, but a decision on maintenance can be made without detailed knowledge of the law of reliability. This means that the TPM strategy management model can be applied for TSs that have just been involved in the working process or are relatively rarely used, i. e. it can be applied for TSs for the elements of which it is impossible to determine reliability laws.

Results Oriented Maintenance

The model of TS maintenance management using the strategy of maintenance by operation results (ROM) represents a certain compromise with the RCM and TPM strategies. In this case, the basic decisions on maintenance are made on the basis of data obtained by careful monitoring of the statistical results of the TS operation, such as the accuracy of component parts or final product quality, together with databases on reliability and previous maintenance procedures, if they are available. Maintenance procedures are undertaken only when really necessary. This model is interesting for production TSs.

Operation Centered Maintenance

The model of TS maintenance management using the strategy to maintain by operation (OCM) is similar to the previous one and also represents a compromise between the RCM and TPM strategy models.

A major difference compared to the previous models is that the OCM for the decision for maintenance uses not only statistical data on previous TS work but also verbal statements. In other words, the OCM strategy includes the elements of fuzzy logic.

Risk Based Maintenance

The model of maintenance management based on the risk strategy is not a replacement of the described models, but their important and useful addition.

The model of TS maintenance management based on risk focuses mainly on preventive maintenance, especially on condition preventive maintenance based on well-organised technical inspections of TSs. Based on the inspection results decisions are made about necessary maintenance procedures and what has to be inspected (where, how and when) in the next period.

It is essential to detect and identify relations that exist between the technical inspection and risk. Since risk has two components, probability and consequences, technical inspection should be defined in such a way that it reduces one or both risk components.

Conclusion

The traditional strategies of maintenance (preventive, corrective and combined) are an integral part of almost all of the above maintenance management models. They do not exist anywhere separa-

tely. This fact is caused by complexity and a high technological level of TSs in the present time.

The risk-based maintenance management model is not a replacement of the described models, but their important and useful addition.

The models of maintenance management for military technical systems should not be uniformly applied, but should be combined and adapted to the current situation and the state parameters of TSs and support systems, which, in principle, influence the choice of maintenance and its management.

Key words: model, management, maintenance, technical system, military technical system, technical inspection, risk.

Datum prijema članka/Paper received on: 19. 02. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/
Manuscript corrections submitted on: 18. 03. 2012.

Manuscript corrections submitted on: 18. 03. 2012.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted
for publishing on: 20. 03. 2012.