

**Dr Petar Stanojević,**  
major, dipl. inž.  
**Dr Vasilije Mišković,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojna akademija – ŠNO,  
Beograd

## STRATEGIJE ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

UDC: 62-7.001.26

### Rezime:

*U ovom radu dat je pregled novih naučnih saznanja koja su dovela do promena u sadržaju strategija koje se mogu primeniti u sistemu održavanja tehničkih sistema. Analizirana je suština relevantnih strategija održavanja, prednosti, nedostaci i efekti koje nosi njihova primena.*

*Ključne reči: tehnički sistem, održavanje, strategije održavanja, održavanje prema pouzdanosti, totalno produktivno održavanje.*

---

## TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE STRATEGIES

### Summary:

*This paper gives a survey of recent scientific achievements which has brought changes into the strategies applicable in technical system maintenance systems. The essence of relevant maintenance strategies has been analysed as well as the advantages, disadvantages and effects of their application.*

*Key words: technical system, maintenance, maintenance strategies, reliability maintenance, total productive maintenance.*

---

### Uvod

U vreme industrijske revolucije inženjeri su bili istovremeno projektanti i proizvođači tehničkih sistema, a često i njeni vrsti korisnici (vozači, piloti, artiljerci, ...) i održavaoci.

Međutim, napredak industrije i tehnologije, koja je postajala sve sofisticiranija, kao i organizovanje preduzeća na posebne organizacione celine radi povećanja efikasnosti i produktivnosti, dovele su do podele među poslovima projektovanja, proizvodnje, održavanja i korišćenja tehničkih sistema (TS). Nije bilo više osoba koje su imale toliko znanja i isku-

stva iz svih ovih oblasti. Održavanje je trpelo, jer se, na primer, nisu mogle ekspertski tačno odrediti potrebne akcije preventivnog održavanja.

Kako je složenost, na svim područjima, rasla i kako su se poslovi sve više razdvajali, problemi su narastali. Javila se potreba za organizacijom održavanja opreme (u smislu organizacione celine – podsistema, funkcije, službe) i njenim upravljanjem. Ciljevi i zadaci ove organizacije vremenom su se menjali. Te promene su [1]:

– sve veća očekivanja od funkcije održavanja (uvećanje obima zadataka);

– napredak na polju tehnika primenjenih u organizaciji i upravljanju održavanjem;

– bolje razumevanje procesa nastajanja otkaza TS.

Promene kroz koje je prošla organizacija održavanja mogle bi se klasifikovati u tri „generacije“, kao što je to prikazano na slici 1. Ova podela načinjena je prema promeni u zahtevima koji su se postavljali pred organizaciju održavanja. Sličan prikaz dat je na slici 2, gde je klasifikacija načinjena prema ključnim tehnikama za upravljanje održavanjem.

Može se uočiti da su fundamentalne razlike između druge i treće generacije sledeće:

– usmerenost na pouzdanost i raspoloživost TS;

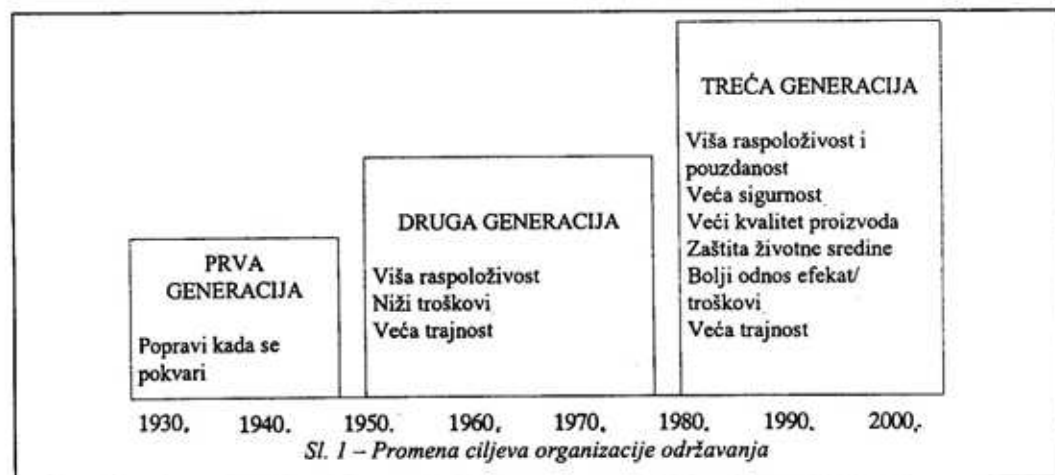
– trend ka postizanju 0-otkaza i 0-zastoja zbog održavanja;

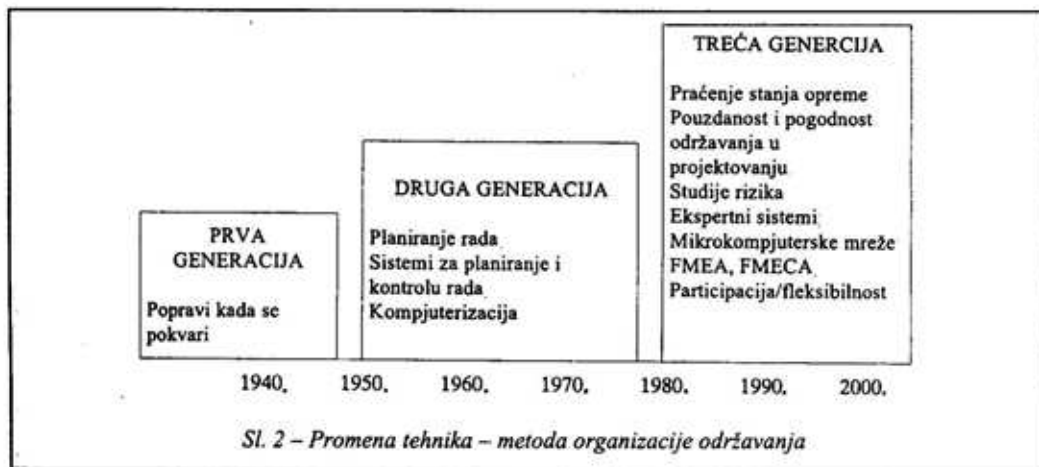
– primena održavanja prema pouzdanosti – Reliability Centred Maintenance (RCM), totalno produktivnog održavanja – Total Productive Maintenance (TMP) i drugih.

Problemi koji su se javljali na TS „prve generacije“ nisu zahtevali posebna

teoretska razmatranja, i uglavnom su uspešno rešavani blagodareći nagomilanom sveobuhvatnom iskustvu. „Druga generacija“ je već zahtevala ozbiljan naučni pristup.

Na polju teorije, četrdesetih i pedesetih godina 20. veka javilo se inženjerstvo pouzdanosti (teorija pouzdanosti). Rezultati njegove primene, koji će ovde biti apostrofirani, odnose se na određivanje oblika krive intenziteta otkaza. Prvi rezultati njene primene, na starijim elektronskim komponentama (cevi), pokazali su da kriva intenziteta otkaza ima oblik („kriva kade“ – kriva E na slici 3) koji ukazuje na to da delovi i tehnička sredstva u početnom periodu više otkazuju („period ranih otkaza“), da zatim nastaje dug period relativno niskog i konstantnog intenziteta otkaza („period normalne eksploatacije“), a na kraju ponovo rast intenziteta otkaza („zastarevanje, istrošenje ...“). Mnogi inženjeri, posebno oni iz oblasti koje nisu vezane za elektroniku, prihvatili su to kao osnovni postulat. Primena ovih rezultata u praksi znači da će svi delovi ući u tzv. treći period zastarevanja, i da zato za njih treba predvi-





deti odgovarajuće akcije preventivnog održavanja. Ove akcije preduzimaju se kada deo – sistem uđe u „treći period“, kako bi se otklonili efekti ubrzanog procesa otkazivanja. To je imalo za posledicu propisivanje velikog broja preventivnih akcija održavanja sa visokom učestanošću (obično prema tačno određenom – fiksnom vremenskom periodu), što je samo po sebi uvećavalo troškove održavanja. Smatralo se da TS tako postaju pouzdanija, jer se na vreme zamenjuje sve što bi moglo da otkáže, odnosno praktično postaju „kao nova“. Suština ovog pristupa je u stavu „što više održavanja to bolje“. Proizvođači TS imali su koristi od primene ovakvog pristupa, jer je on značio veću prodaju rezervnih delova i utisak kod korisnika da tehnika manje otkazuje, odnosno da je kvalitetnija.

Pri tome su se javili i problemi, jer proizvođači TS nisu mogli da predvide sve uslove u kojima će konkretna TS biti korišćena, kako i kojim intenzitetom. Zbog toga je održavanje koje je preporučio proizvođač postalo neadekvatno, sa previše radnji koje su se često izvodile, bez mogućnosti izmena u intenzitetu

(statično), a nije bio redak slučaj kopiranja održavanja starih TS.

Na polju razvoja teorije pedesetih i šezdesetih godina 20. veka javili su se koncepti integralne logističke podrške (ILS) i pogodnosti održavanja (Maintainability), ali oni ovde neće biti šire obrazlagani. Treba samo naglasiti da je npr. strategija RCM nastala u okviru koncepta ILS.

Krajem sedamdesetih i tokom osamdesetih godina 20. veka, na osnovu novih naučnih saznanja, došlo je do promena u sadržaju pristupa sistemu održavanja. Ove promene prvenstveno su vezane za uvođenje novih „strategija“ održavanja, kao što su RCM i TPM, i uvođenje nove tehnološke opreme za dijagnostiku i informatičku podršku.

Najpre je potrebno tačnije odrediti pojam „strategija održavanja“. U domaćoj literaturi koristi se naziv koncept – koncepcije (tradicionalni su: preventivno, korektivno i kombinovano održavanje), u nemačkoj – politika, u ruskoj – sistem održavanja, a u englesko-američkoj – strategija. Pojam strategija održavanja odnosi se na određivanje ili izbor akcija održavanja koje će biti sprovedene na nekim TS

da bi se na najbolji način iskoristila, odnosno da bi se maksimizirala njihova raspoloživost i pouzdanost.

Pojam akcije održavanja odnosi se na sve moguće preventivne i korektivne radnje (uključujući: preglede, negu opreme, zamene delova, modifikacije, itd.). Kod nas je uobičajeno da se pod strategijom podrazumeva izbor pravaca akcije, racionalna nabavka i alokacija resursa za postizanje ciljeva, i da ona predstavlja integrativnu osnovu za svaku delatnost. Pojam strategija mogao bi se adekvatno primeniti, u smislu naše naučne terminologije, i na RCM, TPM i druge savremene načine – pristupe za određivanje povoljnog skupa akcija održavanja za neka TS.

Mogućnosti primene novih trendova u održavanju kod nas su još uvek ograničene zbog nedovoljnog poznavanja njihove suštine i mogućnosti primene. Predmet ovog rada je analiza sadržaja i suštine relevantnih, savremenih strategija održavanja, a cilj je određivanje njihovih prednosti, mana i efekta koje nosi njihova primena.

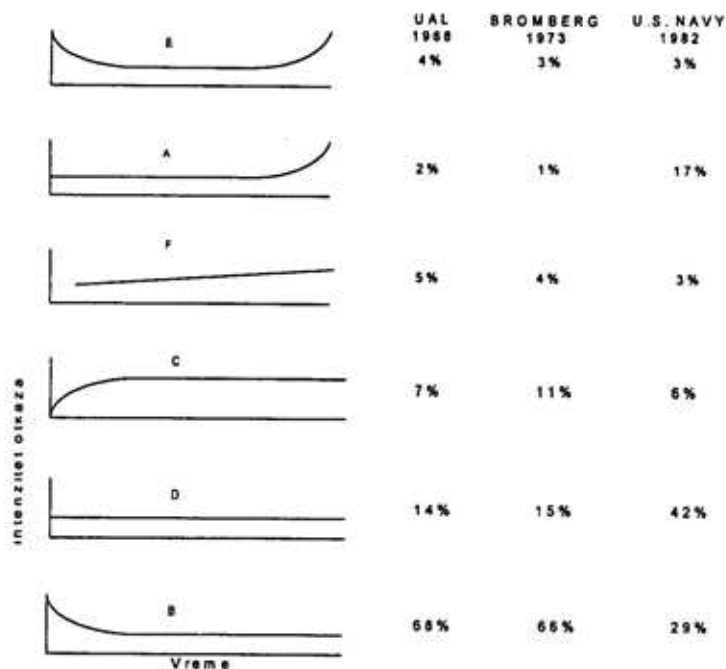
### **Karakter otkaza opreme i ciljevi održavanja**

Istraživanja sprovedena u avio-industriji SAD šezdesetih, sedamdesetih i osamdesetih godina 20. veka (posebno u kompaniji United Airlines) dovela su do osnovnih rezultata na kojima se baziraju nove strategije održavanja, posebno RCM. Istraživanja koja su trajala četiri godine sprovedli su Nowlan i Heap [2]. Dokazano je da u praksi postoji 6 oblika krive intenziteta otkaza. Radilo se o elektonskim i mehaničkim komponentama. Oblici ovih krivih prikazani su na slici 3.

Kriva E je poznata „kriva kade“. Tako otkazuje 3 do 4% od svih delova (prema raznim autorima). Kriva A pokazuje da nema otkaza zbog „perioda ranih otkaza“. Tako otkazuje 1 do 17% od svih delova. Kriva F pokazuje postepeno povećanje intenziteta otkaza, i na njoj se ne mogu odrediti tri poznate zone. Tako otkazuje 3 do 5% od svih delova. Na krivoj C se vidi da delovi otkazuju sa povećanim prirastom kada su novi. Tako otkazuje 6 do 14% od svih delova. Delovi koji otkazuju sa konstantnim intenzitetom otkaza otkazuju po krivoj D. Tako otkazuje 14 do 42% od svih delova. Delovi koji otkazuju prema krivoj B pokazuju da nikada neće doći do njihovog zastarevanja ili istrošenja. Tako otkazuje 29 do 68% delova. Što je još značajno, oblike krivih E, A i F imali su jednostavniji delovi, dok su ostale oblike imale složene i kompleksne celine, kao što su hidraulični, električni i pneumatski sistemi za kontrolu i upravljanje.

Uočava se da su ovi rezultati u kontradikciji sa tradicionalnim postavkama teorije pouzdanosti. Oni ukazuju da postoji slabija veza između vremena korišćenja dela – sistema i intenziteta otkaza i da ona, svakako, nije pravilo po kojem se mogu donositi rešenja.

Analizom je lako uočiti da svega do 4% delova (kriva E) pripada onima na koje se može primeniti tradicionalni pristup. U najgorem slučaju, do 26% (neki autori tvrde da je to samo 11%) delova treba menjati zbog „starenja – trošenja“, u stvari preventivno (krive E, A i F), odnosno veliku većinu ne treba održavati preventivno. Oko 72% delova ima fenomen „ranih otkaza“, što nameće značaj održavanja u garantnom roku.



Sl. 3 – Oblici krive intenziteta otkaza

Može se zaključiti da većina delova – sistema ima konstantni intenzitet otkaza koji je slučajan po prirodi (u stvari, nepoznat je mehanizam nastanka otkaza) i vremenu nastanka. Najveći deo je i nepredvidiv i pored savremenih dijagnostičkih sredstava. Ukoliko neki deo otkazuje sa konstantnim intenzitetom, to znači da njegova zamena posle izvesnog perioda neće praktično doneti nikakvo poboljšanje, jer će on otkazivati i dalje sa istim intenzitetom, iako je nov. Ukoliko su zamene češće troškovi su veći. Za delove koji otkazuju po krivoj B i E (a njih je najviše – oko 72%), to je čak i dodatno kontraproduktivno, jer počinju od faze, „perioda ranih otkaza“, što povećava broj otkaza. Kada se na to doda da izvesni delovi ne prouzrokuju značajne posledice po funkcionisanje sistema, dolazi se do

podataka da svega oko 20% delova treba održavati preventivno. U ovim slučajevima jedini ispravan pristup jeste da se ne rade preventivne zamene (ili eventualno vrše samo preventivni pregledi), sem u tačno određenim slučajevima (za delove E, A i F), i to onim za koje se dokaže da su troškovi preventivne zamene manji od troškova iznenadnog zastoja zbog otkaza. Takođe, to znači da je potpuna eliminacija otkaza (tzv. koncept 0-otkaza) za sada nerealna.

Poseban problem jeste određivanje vremena preventivne zamene, jer je cilj da se deo ne zameni prerano, kako ne bi bilo dodatnih troškova (da se iskoristi tzv. rezerva pouzdanosti). Obično ne postoji dovoljno podataka da bi se odredilo kada neki deo ulazi u „treću fazu“ svog životnog veka (to zahteva stvaranje siste-

ma za prikupljanje i obradu podataka, odnosno još troškova). Tako se vremena zamene određuju manjom preciznošću i uz uzimanje određenog „stepena sigurnosti“, što praktično dovodi do skraćivanja perioda zamene, odnosno češćih zamena nego što su potrebne. Izvesne optimizacije mogu se postići primenom tzv. matematičkih modela održavanja, koji su komplikovani za širu praktičnu primenu.

Sledeći problem mogao bi se odrediti pitanjem: „Da li je cilj održavanja da otkloni mogućnost pojave svih otkaza (odnosno da preventivno utiče na pojavu svih mogućih otkaza)?“ Odgovor na ovo pitanje može se ilustrovati sledećim primerom prikazanim na slici 4. To je inače ekstremno tumačenje ciljeva strategije TPM ili želje rukovodstva da se funkcioniše sa 0-otkaza u toku eksploatacije (održavanje se dozvoljava u vreme kada oprema ne radi).

Razmatraju se tri identične nove pumpe koje se nalaze na različitim postrojenjima. Pumpa A radi samostalno, pumpe B i C rade u paru i to tako da pumpa B radi, a C se uključuje u trenutku kada otkaze B, odnosno kada se nala-

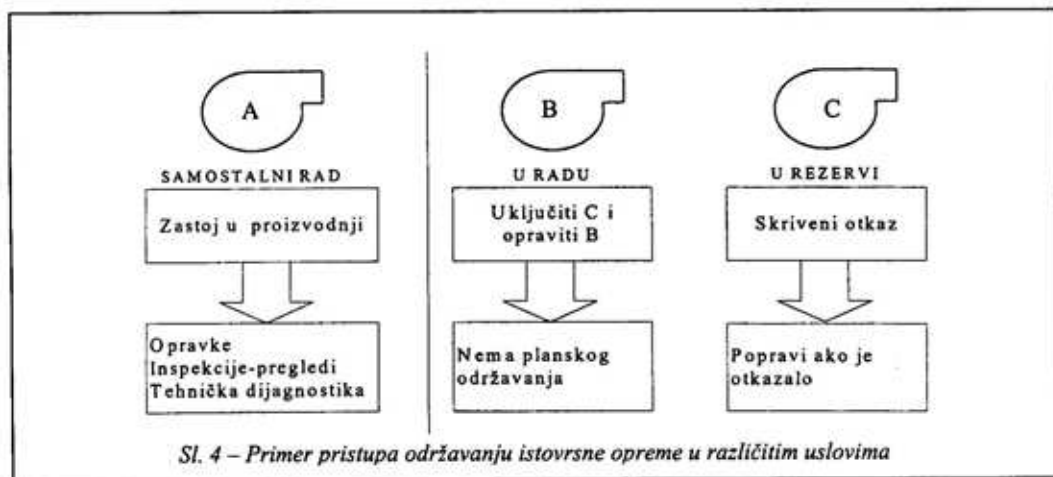
zi u rezervi. Ako se uzmu u obzir posledice koje otkaz svake od ovih pumpi ima po funkcionisanje šireg sistema, dolazi se do zaključka da će samo zastoj pumpe A izazvati zastoj u proizvodnji – funkcionisanju sistema (kao što je prikazano na slici). Zbog toga je tu pumpu potrebno održavati preventivno – planski, kako bi se smanjio broj njenih iznenadnih (neželjenih) otkaza. Druge dve pumpe ne zahtevaju preventivno održavanje, jer nema narušavanja funkcije šireg sistema.

Dakle, ako se u obzir uzme i funkcija koju neki od uređaja – opreme ima u širem sistemu, dolazi se do toga da neka oprema ne treba da se održava preventivno.

Pravi problem nije da se spreči pojava otkaza opreme, već kako da se izbegnu posledice koje taj otkaz izaziva u pojedinim slučajevima. Održavanje nije samo sebi cilj već je cilj otklanjanje štetnih posledica otkaza.

Svi otkazi, prema posledicama, mogli bi da se svrstaju u četiri grupe. To su:

- skriveni (ne utiče na funkciju – npr. pumpa C);
- operativni (gubitak radne sposobnosti – funkcije, npr. pumpa A);



– neoperativni (ne dovode do prestanka funkcije, npr. pumpa B);

– koji ugrožavaju bezbednost ljudi ili okoline.

Posledice otkaza iz prve tri grupe saniraju se ili umanjuju održavanjem, bilo korektivnim, bilo preventivnim. Posledice po bezbednost ljudi i okoline ne mogu se otkloniti samo održavanjem. Kao što je već naglašeno, 70 do 90% delova imaju konstantan intenzitet otkaza, tako da nikakve preventivne zamene neće umanjiti rizik od nastanka otkaza. U preostalom broju slučajeva klasično preventivno održavanje se podrazumeva. Ako, na primer, neki uređaj ima verovatnoću otkaza u zadatom periodu 1 u 1000 (0,999), i on otkazuje sa konstantnim intenzitetom otkaza, tu se ne može mnogo učiniti ukoliko je pristup usmeren samo na otklanjanje otkaza. Ukoliko se želi uticati na posledice otkaza, mora se pristupiti usavršavanju uređaja u konstrukcionom smislu. To podrazumeva npr. nov uređaj koji bi se sastojao od dva istovrsna paralelno vezana, prethodno spomenuta uređaja. Tada je verovatnoća otkaza 1 u 1 000 000, i još uvek nije nula, ali je veoma prihvatljiva.

Treba dodati da postoji i oprema koja je unapred projektovana da se koristi po principu „upotrebi i baci“, „upotrebi i zameni“, itd. za koju sigurno ne treba predviđati preventivno održavanje.

### **Tradicionalne strategije održavanja**

Tradicionalne strategije održavanja su korektivno, preventivno i kombinovano održavanje, pri čemu kombinovano predstavlja kombinaciju prethodna dva.

Korektivno održavanje predstavlja potpuno reaktivnu strategiju koja se zasniva na stavu da kada se nešto pokvari tek ga tada treba opravljati.

Preventivno – plansko održavanje u svom osnovnom obliku znači zamenu delova pre nego što otkazu. Uglavnom se vrši po fiksnom vremenskom intervalu. Oprema se zaustavlja, rasklapa, pregleda i vrše se planirane i potrebne zamene. Određeno preventivno održavanje uvek je neophodno. Na primer, zakonskim odredbama regulisani su pregledi automobila, sudova pod pritiskom, merne opreme, itd. Ovakvo održavanje može biti veoma skupo, jer oprema 95% vremena radi ispravno.

### **Savremene strategije održavanja**

#### *Održavanje prema pouzdanosti<sup>1</sup> (RCM)*

Kasnih šezdesetih godina 20. veka započela je era džambo-džetova, a prvi je bio Boing 747. Ni jedan avion ne može biti prodat ukoliko nema specificiran program održavanja. Boing 747 imao je tri puta više mesta za putnike nego prethodni 707, kao i nova rešenja u motorima, strukturi, avionici itd., i ako bi se primenilo klasično preventivno održavanje prema sertifikaciji FAA, ono bi bilo toliko obimno da ekonomična eksploatacija aviona ne bi bila moguća. To je uslovalo da kompanija United Airlines započne program redefinisavanja dotadašnje strategije održavanja (rezultati istraživanja prikazani su na slici 3) što je dovelo do nastanka novog pristupa poznatijeg kao

<sup>1</sup> Pojam je preveo profesor dr Jovan Todorovic [5].

RCM, ali tek pošto ga je zvanično usvojilo ministarstvo odbrane SAD. Cilj se sastojao u racionalizaciji održavanja, s tim da se ne ugrozi bezbednost i funkcionisanje vazduhoplova. Primena ovog koncepta u vojne svrhe ostvarena je 1972. godine pri razvoju aviona P-3 i S-3, kao i 1974. pri razvoju Fantoma F-4. Ministarstvo odbrane SAD 1975. godine izdaje direktivu za obaveznu primenu ovog koncepta. Pilot-program njegove primene počinje 1983. godine u nuklearnim elektranama, a devedesetih započinje primena ovog koncepta i u drugim granama privrede. Poznate su primene u Electricite de France (EDF), termoelektranama u SAD (Westinghouse, Florida Power itd.), na evropskim železnicama, u brodskim kompanijama, itd. U tabeli 1 prikazan je kratak istorijat razvoja ovog koncepta.

*Tabela 1*  
*Istorijat razvoja koncepta RCM*

Pedesete godine	Za tradicionalne pristupe održavanju utvrdilo se da su neadekvatni za savremene vazduhoplove;
Šezdesete	Program pouzdanosti vazduhoplovne industrije; Društvo za održavanje u proizvodnji;
Sedamdesete	Primena na Boingu 747, DC-10 i L-1011;
Osamdesete	Primena RCM u United Airlines i na avionima B-757 i B-767;
Devedesete	Primena RCM u nuklearnim elektranama; Primena RCM u različitim industrijskim granama; Uključivanje zaštite okoline u RCM programe.

Poznato je da istorijski podaci o održavanju ne pružaju dovoljno potrebnih informacija, pa se naglasak mora staviti na eksperte koji poznaju opremu. Održavanje prema pouzdanosti moraju sprovođiti eksperti za korišćenje, održa-

vanje, ali i projektovanje tehničkih sredstava, a rad mora biti timski.

U primeni ovog koncepta započinje se od stava da nije sva oprema jednako važna. Da bi se nešto nazvalo RCM, taj program mora dati odgovor na sledećih 7 pitanja, prema standardu SAE JA 1011:

1. Koje funkcije obavlja pojedino tehničko sredstvo – oprema, i koji su parametri – standardi za određivanje njegovog uspešnog funkcionisanja u kontekstu konkretnih radnih uslova?

2. Koji su mogući funkcionalni otkazi (oni koji su se već dogodili u prošlosti, oni koji se nisu dogodili, ali imali bi značajne posledice, i oni na koje se već, u praksi, deluje preventivno)?

3. Koji su uzroci funkcionalnih otkaza (npr. tvrdi se da je oko 30% posledica ljudskog faktora)?

4. Koji su efekti pojedinih otkaza?

5. Kako nastaje, šta je suština i kako se manifestuje pojedini otkaz?

6. Šta se mora uraditi da bi se preventivno otklonio svaki otkaz, i sa kolikom učestanošću to treba činiti?

7. Šta treba uraditi ako se ne može odrediti odgovarajuća preventivna akcija?

Analiziraju se svi mogući otkazi, čak i oni koji nikada nisu nastali u poznatoj praksi (zbog toga je proces duži), zbog toga što se smatra da postojeća praksa u održavanju može biti neadekvatna. Pri analizi funkcija, analiza se usmerava prema onim funkcijama koje su nužne za konkretnu praksu korisnika, a ne na sve moguće.

Radnje preventivnog održavanja, koje se određuju za pojedine delove, dele se na određene grupe. To su:

- periodični funkcionalni testovi;
- utvrđivanje stanja;



– planska zamena – „tačno utvrđeno vreme do otkaza“;

– planska zamena – „nesigurno utvrđeno vreme do otkaza“.

Neki principi koji se koriste pri primeni RCM su:

– otkaz je nezadovoljavajuće stanje opreme, a održavanje treba preventivno da ukloni ove pojave, posebno ukoliko one narastaju;

– posledice otkaza determinišu prioritet u održavanju;

– dupliranje opreme (redundanca) treba da bude eliminisano gde god je to moguće;

– održavanje prema stanju ili prediktivno održavanje uvek ima prednost pred tradicionalnim zamenama po fiksnom vremenskom intervalu;

– neprimenjivanje preventivnog održavanja prihvatljivo je ukoliko ne izaziva neprihvatljive posledice ili ukoliko

se ne isplati (troškovi održavanja su veći od troškova zastoja).

Primena RCM sastoji se u sprovođenju 7 logičkih koraka koji su prikazani na slici 5, što znači da je to, u suštini, jedan iterativan proces.

Ukratko, primenom RCM postiže se sledeće:

– očuvanje funkcija TS;

– identifikacija otkaza koji su ključni za funkcionisanje TS;

– određivanje prioriteta u sprovođenju akcija održavanja;

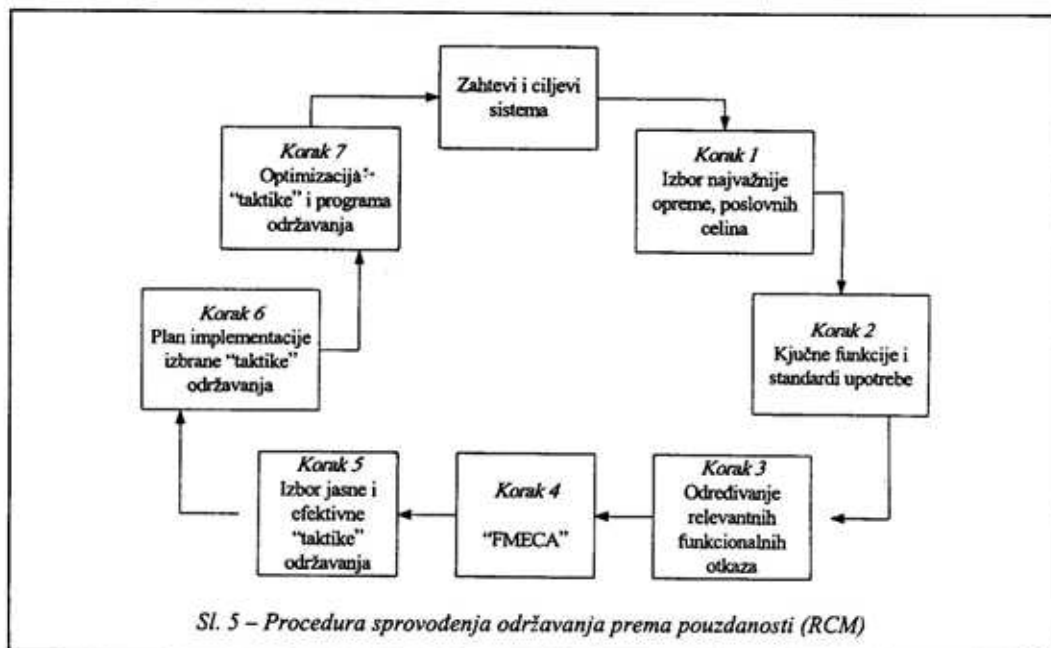
– izbor samo onih preventivnih akcija održavanja koje su moguće i efektivne;

– optimizacija zahteva za održavanje i povećanje pouzdanosti TS.

Suština primene RCM je u:

– efektivnom rešavanju svakog otkaza koji se razmatra pojedinačno;

– poboljšanju produktivnosti u održavanju, usmereno ka proaktivnom i planskom delovanju;



Sl. 5 – Procedura sprovođenja održavanja prema pouzdanosti (RCM)

– eliminaciji nepotrebnih preventivnih radnji;

– produžavanju intervala između preventivnih zamena i zastoja TS zbog održavanja;

– osiguranju aktivne podrške u kooperaciji između personala u funkcijama održavanja, proizvodnje, upravljanja materijalom, tehničko-razvojne funkcije, itd.

Na ovaj način praktično se prevazilaze nedostaci tradicionalnog pristupa, i postižu značajni efekti, kao što je prikazano na slici 6.

Rezultati postignuti primenom ove strategije, u različitim slučajevima, mogli bi se odrediti kao [1]:

– smanjenje broja radnih časova za preventivno održavanje za 87%;

– smanjenje ukupnog broja radnih časova za održavanje do 29%;

– smanjenje troškova materijala za održavanje do 64%;

– povećanje raspoloživosti opreme do 15%;

– povećanje pouzdanosti opreme do 100%.

Rezultati su ograničeni konstrukcionim rešenjima opreme i uslovima njenog funkcionisanja. Zbog toga se glavni pritisak, posebno u vodećim industrijskim granama, vraća u smeru projekatana TS.

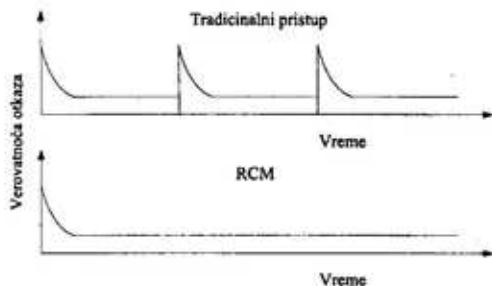
Poznato je da se investicije u RCM vraćaju za 3 do 6 meseci, eventualno godinu dana. Smanjuje se broj zahteva za održavanje 25 do 40%, ali, za njegovu primenu treba 2 do 6 godina. To je potrebno zato što su procedure analize, posebno FMECA vrlo komplikovane, pa time i dugotrajne.

Kritičari primene ove strategije ističu da je ona namenjena za projektovanje TS, i da su joj ograničene mogućnosti za TS koja se već eksploatišu. Neki smatraju da je njena primena prekomplikovana i duga, posebno kada se do detalja razrađuje FMECA. Pošto RCM ne uzima u obzir planirane i planske zastoje TS, smatra se da je pogodna samo za komplikovane i složene TS.

#### *Totalno produktivno održavanje (TPM)*

U okrilju japanske auto industrije sedamdesetih godina 20. veka (Nippon Denso, Toyota) nastalo je TPM. U početku se pretpostavljalo da japanska proizvodna filozofija (kako se to kod nas naziva) obuhvata totalnu kontrolu kvaliteta (TQM), Just in Time ili „u pravo vreme“ (JIT) i totalno učešće zaposlenih (TEI). Prva publikacija na engleskom jeziku koja razmatra TPM pojavila se 1988. godine, a njen autor je Seiichi Nakajama. Prvi simpozijum na ovu temu u SAD održan je 1990. godine, kada je postalo jasno da je to ona karika koja nedostaje i bez koje je teško sprovesti prethodne pristupe menadžmentu.

Nekada je bilo uobičajeno da se između mašina u proizvodnji nalaze određene količine materijala („bafer“ zalihe) koji čeka na obradu ili je njegova obrada



Sl. 6 – Suština promene pristupa održavanju

završena. Ukoliko bi otkazala neka mašina, u ovim uslovima, to ne bi imalo velike posledice po funkcionisanje ostalih, jer im je na raspolaganju uvek bilo dovoljno elemenata koje treba obraditi. Zadatak održavanja u tim uslovima bio je da održi raspoloživost pojedinačnih komada opreme na zadovoljavajućem nivou, npr. 90% u zadatom periodu. Svaki primerak opreme zasebno je tretiran u tim uslovima, a raspoloživost ukupnog proizvodnog procesa bila je jednaka raspoloživosti pojedinačnih elemenata opreme, npr. 90%. Ukoliko bi neka od mašina prouzrokovala grešku i smanjenje kvaliteta proizvoda, to bi bilo lako primećeno i delovalo bi se na pojedinačni komad opreme.

Uvođenje JIT koncepta imalo je za cilj da se oslobodi deo kapitala uloženi u velike „bafer“ zalihe (među skladišta) u procesu proizvodnje. To se postizalo tako što su tačno planirana vremena isporuke robe na pojedina mesta, u vreme kada se ona mogla primiti i obraditi (od ulaza do izlaza iz procesa proizvodnje), što je rezultiralo praktičnim nestankom ili smanjenjem „bafer“ zaliha, a tok materijala od ulaza do izlaza se ubrzao.

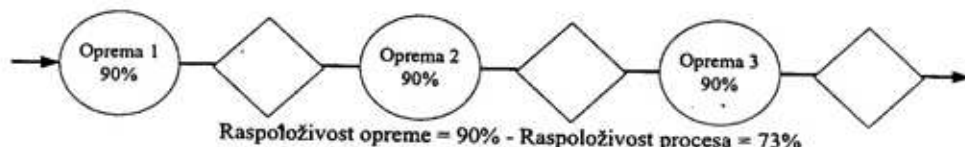
Primena koncepta TQM dodatno je smanjila potrebe za doradom i ubrzala tok materijala.

Prethodno je došlo do promena uslova delovanja za svaki komad opreme (TS). Sada je svaki pojedinačni komad

opreme (TS) znatno uticao na celokupan proces proizvodnje. Zastoj jednog uzrokovao je zastoj celog procesa, odnosno formirala se međuzavisnost. Tako da, ako se i dalje zahtevala raspoloživost svakog komada opreme od 90%, proces je imao daleko manju raspoloživost, jer se sastojao od grupe redno vezanih (zavisnih) komada opreme. To je ilustrovano primerom procesa sa tri komada opreme na slici 7. Ukupna raspoloživost takvog procesa je 73% za slučaj da svaki komad opreme (TS) ima raspoloživost 90% ( $90\% \times 90\% \times 90\% = 73\%$ ).

Pritisak menadžmenta preneo se na službu održavanja od koje se zahtevalo da poveća raspoloživost celokupnog procesa. Iz perspektive službe održavanja ona je dobro radila, ali su se zahtevi povećali, pa je to uslovilo sukobe na liniji proizvodnja—održavanje. Tražila se nekadašnja raspoloživost procesa, što je podrazumevalo znatno povećanje napora službe održavanja i brže delovanje. Da bi raspoloživost procesa bila ranijih 90%, raspoloživost pojedinog komada opreme (TS) morala je da poraste preko 95%.

Tradicionalni prilaz službe održavanja bio je da se traži prihvatljiv odnos između raspoloživosti/pouzdanosti i troškova. Povećanje raspoloživosti/pouzdanosti, prema tome, zahteva povećanje troškova, a to nije mera koja snižava troškove proizvodnje već ih, naprotiv, povećava.



Sl. 7 – Raspoloživost procesa

Rešenje je nađeno u primeni filozofije TQM koja, umesto na završnu kontrolu, stavlja težište na otklanjanje uzroka grešaka na mestima gde se one javljaju. To znači da svi zaposleni moraju biti uključeni u ovaj proces, kako bi se problemi uočili u najranijem stadijumu. Tako se prevazilazi i problem povećanja kontrolne službe, odnosno troškovi se ne povećavaju znatno. Podrazumeva se da se zaposleni dodatno obuču i motivišu za obavljanje poslova identifikacije problema i kontrole kvaliteta. Služba kontrole kvaliteta se u tim uslovima može koncentrisati na značajnije poslove koji traže specijalistička znanja, kao što su unapređenja procesa kontrole ili otklanjanje grešaka u procesu. Pokazalo se da ovakav pristup ne samo da ne povećava troškove, već ih značajno smanjuje.

Ova filozofija primenjena je i na službu održavanja. Svaki zaposleni angažovan je na prevenciji i otklanjanju otkaza u okvirima svojih mogućnosti i znanja. Cilj je da se traže uzroci otkaza. Ne čeka se da oprema otkaze da bi se intervenisalo, već se intervencije rade preventivno i to u što je moguće ranijoj fazi nastanka otkaza, kako bi se smanjile posledice i količina potrebnog rada na otklanjanju otkaza.

Od samog početka primene TPM rezultati su bili značajni. Povećana je raspoloživost procesa i smanjeni su troškovi održavanja. Do osamdesetih završena je prva faza primene ove strategije, a kasnih osamdesetih shvatilo se da dalja primena ove strategije nije moguća zbog značajnih manjkavosti u planiranju proizvodnje. Naredna faza primene nazvana je Total Proces Management i usmerena je na celokupan proces proizvodnje. Danas se ulazi u treću fazu primene ovog kon-

cepta nazvanu Total Productive Manufacturing, koja obuhvata eliminaciju gubitaka u četiri glavna područja (Ms): čovek, mašine, metode i materijal (ili 10 detaljnijih područja). Suština je u postepenom, ali konstantnom napredovanju u efektivnom i efikasnom izvršavanju poslova i smanjivanju troškova.

Osnovna mera za uspešnost primene TPM je tzv. ukupna efektivnost opreme (Overall Equipment Effectiveness – OEE) koja predstavlja proizvod raspoloživosti, performansi ili iskorišćenja opreme i nivoa kvaliteta, što se donekle razlikuje od tradicionalnog shvatanja efektivnosti opreme, iskazane kao proizvod raspoloživosti, pouzdanosti i funkcionalne podobnosti.

Osnovna tehnika koja se primenjuje u traženju izvorišta ili uzroka grešaka – otkaza je metodologija istraživanja uzroka otkaza (Root Cause Analysis – RCA), što bi se moglo tumačiti kao traženje uzroka (korena) otkaza, jer se smatra da jedan problem ima više uzroka, što bi se simbolično moglo prikazati kao koren stabla.

RCA bi se moglo odrediti kao sredstvo za sistematsko eliminisanje ponavljanja neželjenih događaja. Namenjeno je smanjenju troškova i poboljšanju produktivnosti kroz eliminaciju otkaza i problema. Smatra se da, u opštem slučaju, 20% ili manje otkaza uzrokuje 80% i više gubitaka. Smatra se da ako se otkazi ne pojavljuju nema potrebe da se istražuju. Uloženi novac u ovu aktivnost vraća se u rasponu od 600 do 1000% [6]. Što je najvažnije, menja se i odnos i ponašanje ljudi u organizaciji tako što se povećava motivacija i zainteresovanost personala da se sistem unapredi.

Problemi pri implementaciji RCA prvenstveno su „političke“ prirode. Dobro je da osobe koje su učestvovala u analizi RCA i predlagale rešenja budu zadužene za njihovu implementaciju.

Istražuje se, dakle, osnovni uzrok nekog otkaza. Dosadašnji pristup bio je usmeren na sanaciju otkaza, a ne na istraživanje uzroka. Smatra se da otkazu u radu mašine prethodi period postepenog narušavanja funkcije, što se obično ogleda u povećanju nivoa šuma, vibracija, zagrevanju, pojavi dima, itd. Što se kasnije nešto preduzme posledice otkaza su teže, a ubrzava se nastanak otkaza. Poznato je da je ubrzavanje nastanka nekog otkaza obično posledica: nepodmazivanja, lošeg maziva, zastarelosti maziva, zagađenja maziva, nedostatka vazduha pod pritiskom, nedostatka drugih eksploatacionih tečnosti i nečistoća.

Poznato je da uzrok otkaza mašinskih sistema u 30% slučajeva treba tražiti u nečistoći, a da npr. 30% pneumatika otkaze zbog neodgovarajućeg pritiska. Eliminacija ovih uzroka otkaza naziva se „Stvaranje osnovnih uslova za rad opreme“.

Na primer, podaci iz 30-godišnje eksploatacije neke opreme govore da jedan njen deo otkazuje prosečno na 12 meseci. U većini slučajeva radi se o normalnoj raspodeli vremena do otkaza, gde je srednja vrednost (matematičko očekivanje) 12 meseci. Šta ukoliko je standardna devijacija 2 meseca? To znači da se prva pojava otkaza može očekivati za 6 meseci, a polovina otkaza će se desiti do 12 meseci (3 sigma). Kako onda odrediti kada vršiti zamenu dela? Ukoliko se deo menja svakih 12 meseci, još uvek

postoji polovina otkaza koji će nastati pre tog vremena. Može se odlučiti da se deo menja i svakih 6 meseci, time će se praktično eliminisati pojava otkaza, ali će se višestruko povećati troškovi održavanja. Ukoliko se radi o eksponencijalnoj raspodeli vremena do otkaza situacija je još gora. Rešenje se nudi u primeni TPM u vidu:

- shvatanja uzroka koji dovode do varijacija u vremenu otkaza;
- redukovanja varijacije na minimum (prvi korak je kroz tzv. „Stvaranje osnovnih uslova za rad opreme (TS)“);
- sagledavanja mogućnosti unapređenja konstrukcije TS i održavanja.

Istraživanja u konkretnim uslovima (DuPont Chemicals, Suzuki i Japanese Institut of Plant Maintenance ...) govore da se samo „Stvaranjem osnovnih uslova za rad opreme“ varijacija smanjuje za 80%. Na osnovu ovih rezultata tvrdi se da nikakvo preventivno održavanje ne treba optimizirati ukoliko se prvo ne stvore osnovni uslovi za rad opreme [6].

Da bi se uvelo TPM potrebno je da program podrži najviše rukovodstvo, da se uključe svi zaposleni, kako bi se prikupile adekvatne ideje, i da proces mora biti koncipiran kao dugoročni. Velike prednosti imaju kompanije koje su prethodno uvele TQM ili neke druge programe kvaliteta. Za uvođenje TPM potrebno je formirati tim na čelu sa posebnim koordinatorom, a mora se sastojati od predstavnika najvišeg rukovodstva, inženjera, održavaoca, planera, korisnika, itd. Poseban kvalitet daje javnost rada i publicitet koji se daje programu uvođenja strategije. Neophodno je i intenzivno kursiranje svih učesnika programa.

Odlične rezultate [6] pokazala je praksa specijalizacije održavaoca za jednu vrstu opreme, ili za grupu opreme, na jednom mestu eksploatacije – lokaciji. Održavaoci se saživljavaju sa opremom, upoznaju je do detalja, uče i potrebno im je manje vremena i napora za njeno održavanje. Ukoliko je obuka vezana za rad na svim delovima opreme koju održavaju (višestruka specijalizacija, tzv. multi-skilled) ovakva radna snaga postaje i daleko fleksibilnija.

To važi i za korisnike TS koji tada više vode računa o TS i mogu se šire uključiti u održavanje TS koji su im dati na korišćenje. Proces se sprovodi posebno kroz stvaranje osnovnih uslova za rad TS, ranu signalizaciju da se nešto neuobičajeno događa, identifikaciju osnovnih uzroka otkaza, tačno iskazivanje manifestacije otkaza i jednostavnije opravke. Korisnici postaju praktično odgovorni za OEE, i preko tog pokazatelja može se meriti i njihov uspeh u poslu (ne samo preko ispunjenja norme). Ovaj pristup naziva se Operator Equipment Management. Mogućnosti primene koncepta TPM tada postaju veće.

Uvođenje TPM, nažalost, zahteva puno vremena i uloženog rada. Na početku potrebno je formirati posebne timove za uvođenje ove strategije, a zatim aktivnosti raširiti na celu organizaciju. Prvi efekti osećaju se već posle 6 meseci, dok puna implementacija traje više godina. Velike uspehe koncept je postigao pri primeni u kompanijama kao što su Ford, Kodak, Harley Davidson, Texas Instruments. Investicije se vraćaju za najmanje oko 3 puta. Proizvodnja se u nekim slučajevima povećava i do 80%, a zastoj zbog održavanja skraćuje se i preko 50% [6].

### *Održavanje prema stanju (CBM)*

Održavanje prema stanju (Condition Based Maintenance – CBM) može se smatrati samostalnom strategijom.

Ovaj pristup održavanju razvio se sa pojavom opreme za tehničku dijagnostiku. Značajni rezultati postignuti su u detekciji otkaza upotrebom metoda za merenje vibracije, temperature, ultrazvukom, rentgenskim snimanjima, analizom stanja ulja, itd. Primenom sredstava tehničke dijagnostike moguće je detektovati pojavu otkaza u ranoj fazi i/ili bez potrebnih rastavljanja i zaustavljanja TS izvršiti dijagnostiku. Na taj način moguće je tzv. iskorišćenje „rezerve pouzdanosti“ delova, odnosno da se oni duže koriste nego kada je njihova zamena predviđena po fiksnom periodu, odnosno da se zamene vrše prema konkretnom stanju delova. To, uz mogućnost da se inspekcije – pregledi opreme izvrše bez njenog zastoja, donosi značajne uštede.

Primena opreme za tehničku dijagnostiku korisna je samo ako delovi daju „signal“ da može doći do otkaza. Mnoga od ovih sredstava nisu potpuno pouzdana ili ne pružaju informaciju o tome koliko deo još može raditi do otkaza. Zbog toga se pod CBM ne podrazumeva samo upotreba opreme za tehničku dijagnostiku, već i korišćenje specijalnih softvera kojima se određuje stanje opreme, uz korišćenje podataka sa periodičnih pregleda, testova, od drugih akcija održavanja i statističkih podataka o otkazima, kako bi se na osnovu prediktivnih matematičkih modela odredilo vreme za zamenu nekog dela. To praktično predstavlja posebnu strategiju održavanja – prediktivno održavanje.

Pristup CBM daje mnogo veće efekte kao sastavni element strategija RCM i TPM, koje podrazumevaju i naglašavaju njegovu primenu. U okviru ovih strategija postiže se veći efekat, jer su one namenjene optimizaciji celokupnog održavanja, posebno obima akcija održavanja, a ne samo detekciji otkaza, kao što je CBM u svom osnovnom obliku.

Efektivnost ovog pristupa može se ilustrovati podacima iz tabele 2. Kao što se vidi, u današnje vreme je održavanjem prema stanju i prediktivnim održavanjem obuhvaćeno 91% delova.

Ranije se upravljanje održavanjem fokusiralo na planiranje, raspoređivanje i izvršenje poslova održavanja. U tome je od velike pomoći CMMS (Computrised Maintenance Management System) informacioni sistem za upravljanje održavanjem. Ovaj pristup omogućava precizno određenje KAKO se posao održavanja obavlja, i delimično odgovara na pitanja KOJE su potrebe za održavanjem i

KADA ih treba izvršiti. Da bi se precizno odredilo KOJE su potrebne radnje održavanja i KADA se one moraju izvršiti potrebno je stvoriti informacionu vezu između sistema za praćenje stanja TS (pregledi, dijagnostika, otkazi, ...) i sistema za prikupljanje i obradu podataka i pretvoriti je u informacije. Najveći problem u primeni CBM, predstavlja efektivni menadžment u povezivanju iskorišćenja podataka sa organizacijom koja treba da izvrši poslove održavanja.

Proces CBM može se ilustrovati kao na slici 8.

Ovaj pristup zahteva stvaranje specifičnog, u odnosu na klasični CMMS, naprednog automatizovanog informacionog sistema i sistema za podršku odlučivanju. Time se omogućava proaktivni umesto reaktivni pristup održavanju. Osnova za to je stvaranje baze podataka koja uključuje podatke sa pregleda, testova, dijagnostike, upozorenja i sumnje korisnika, kao i istorijske podatke o otkazima. Poželjno je da se ovaj automatizovani sistem poveže, ili bude deo integrisanog sistema za upravljanje celokupnom organizacijom.

Jedan od prvih koraka u stvaranju ovakvog sistema jeste omogućavanje da se podaci dobiju u elektronskom obliku. Neke od mogućnosti su korišćenje CMMS i Automated Data Collection (ADC) tehnologija, Digital System Processing, barkodova, itd. Tehnologija ADC je uključena u današnje prenosne mernodijagnostičke uređaje. Tvrdi se da se njenom primenom povećava produktivnost za 15%, i gotovo da nema greške u prenosu i interpretaciji merenih rezultata [7].

Tabela 2

Udeo komponenti u procesima održavanja

Procesi održavanja	Raspodela komponenti		
	1964.	1969.	1987.
Zamena po fiksnom vremenu	58%	31%	9%
Zamena prema stanju određenom na pregledu – inspekciji	40%	37%	40%
Zamena prema stanju određenom praćenjem	2%	32%	51%

Zamena po fiksnom vremenu<sup>2</sup> – smatra se da se deo zamenjuje pre tačno određenog vremena.

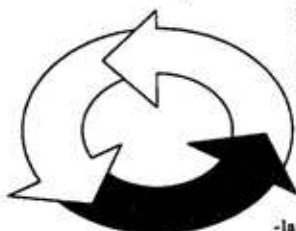
Zamena prema stanju određenom na pregledu – inspekciji – rade se periodične inspekcije (sa i bez specijalne dijagnostičke opreme) da se odredi stanje delova koji se zamenjuju prema njihovom konkretnom stanju.

Zamena prema stanju određenom praćenjem – sakupljaju se i analiziraju podaci o delovima. Potreba za održavanjem određuje se na osnovu modela za predikciju otkaza i nema, strogo uzevši, preventivni karakter, je dopušta mogućnost otkaza.

<sup>2</sup> Definicije prema: World Airlines Technical Operations Glossary – march 1981.

### INFORMACIJE

- automatsko alarmiranje - upozoravanje;
- statističke analize i analize trendova;
- integracija podataka;
- određivanje uzroka otkaza;
- Cost/Benefit analiza;
- preporuke za održavanje.



### PRIKUPLJANJE PODATAKA

- prediktivni i podaci iz dijagnostike;
- inspekcije-pregledi;
- testiranje, pokazatelji funkcionisanja;
- On-line monitoring.

### AKCIJA

- lansiranje radnih naloga;
- prioriteti korektivnih akcija;
- izveštaji o održavanju;
- RCA (Root Cause Failure Analysis);
- usavršavanje programa održavanja.

Sl. 8 – Proces održavanja prema stanju (CBM)

Međutim, ovde se javlja problem da različiti isporučiooci opreme za dijagnostiku imaju različita rešenja baza podataka i njihovog formata, tako da su povezivanja sa drugom opremom u jedinstvenu celinu često nemoguća. Zbog toga se najčešće koriste rešenja ODBC (Open Database Connectivity Drivers) i MIMOSA (Machinery Information Management Open System Alliance).

Sledeći važan korak je u stvaranju modela za predikciju otkaza. Za ovaj posao većina današnjih organizacija nema odgovarajuća stručna znanja. Mogućnosti su u korišćenju potencijala određenih stručnih organizacija ili softverskih kuća koje nude tzv. Application Service Providers (ASP), tj. obrađuju podatke za korisnika i predlažu odluke.

Važan korak je prilagodavanje organizacione strukture, tako da potrebne podatke i informacije dobiju oni koji su nadležni da donose odluke i sprovode akcije. Danas se u ovom poslu često koriste LAN i WAN (lokalne i globalne) računarske mrežne tehnologije.

### *Prediktivno održavanje*

Prediktivno održavanje podrazumeva korišćenje prediktivnih mogućnosti, kako onih iz arsenala CBM, tako i matematičkih i drugih modela za predikciju otkaza.

Suština se može shvatiti ako se uoči razlika između prediktivnog održavanja i održavanja prema stanju. Nešto se održava prema stanju kada se stanje utvrđuje dijagnostičkom opremom, a glavno je da se vodi računa o tome koliko se neka veličina, koja se meri, približila unapred određenoj kritičnoj granici. Predikcija je predviđanje vremena nastanka otkaza uz korišćenje matematičkih i drugih aparata za predviđanje trenda, procenu vremena otkaza, statističku analizu postojećih podataka u memoriji, relativnu komparaciju podataka, prepoznavanje pravaca razvoja oštećenja, itd. Prema tome, održavanje prema stanju je stariji pristup, gde se koriste dijagnostički aparati pojedinačno. Kasnije su nastale proaktivne strategije, sistemski pristup, računari, veštačka inte-



ligencija i ostalo što se koristi u predviđanju otkaza.

### „Ubrzane“ strategije održavanja

Ove metode nastale su kao mogući odgovor na nedostatke osnovnih strategija održavanja, posebno RCM.

*Cost Minimisation Algorithm Program* namenjen je za efikasno i tačnije određivanje intervala preventivnog održavanja, što je nedostatak RCM. Zasnovan je na statističkim podacima i troškovima.

*Preventive maintenance optimisation (PMO)* je praktično veoma primenljiva procedura zasnovana na RCM, ali za svoje sprovođenje traži mnogo kraće vreme (3 do 6 meseci, a 6 puta je brže od RCM), jer vrši određena pojednostavljena RCM metodologije [8]. Sastoji se u sprovođenju procedure u sledećih 9 koraka:

1. Određivanje ukupnog zadatka preventivnog održavanja (uključujući prioritete). Vršiti se kompilacija akcija održavanja, odnosno skupljanje i dokumentovanje postojećeg programa održavanja (formalnog i neformalnog);

2. Analiza otkaza (onih koje postojeći sistem otklanja);

3. Racionalizacija otkaza i revizija da li su obuhvaćeni svi relevantni otkazi;

4. Funkcionalna analiza TS (po potrebi);

5. Analiza posledica;

6. Određivanje politike održavanja;

7. Grupisanje i pregled;

8. Prihvatanje i implementacija;

9. Funkcionisanje programa.

Cilj procedure je da se:

– racionalizuju sve preventivne radnje održavanja, tako da su svrsishodne i

da su isplative (da ne koštaju više od zastoja opreme), kao i periodičnost njihovog izvođenja;

– eliminišu dupliranje radova koje sprovode različite organizacione celine na istim TS;

– što više uključi oprema koja će omogućiti održavanje prema stanju;

– dodaju one radnje preventivnog održavanja koje će ekonomično otkloniti pojavu zastoja koji su se javljali u proteklom periodu (time se ujedno povećava pouzdanost TS);

– podeli rad na održavanju između korisnika i održavaoca.

Ovaj pristup imao je velike uspehe u 12 australijskih kompanija. Danas se u svetu vodi velika stručna rasprava o tome šta je efikasnije i efektivnije da se primeni – RCM ili PMO.

*Statističke metode održavanja* su zasnovane na standardu MIL STD 2173 i pretpostavci da su rezultati pregleda opreme 100% efektivni (što nije baš slučaj). Cilj je da se odrede najniži troškovi održavanja. Ove metode uzimaju Weibulovu analizu za polaznu osnovu, ali se često zaboravlja loš kvalitet ulaznih podataka.

Američka vojska i mornarica koriste još neke ubrzane strategije, u osnovi zasnovane na RCM, kao što su: „streamlined RCM“, „backfit RCM“ ili „RCM in reverse“.

### Strategije održavanja u budućnosti

*Tačno održavanje (Precision Approach)* predstavlja futuristički koncept [9]. Postavlja se pitanje zašto se neki otkaz ponovo desio i kako eliminisati njegovu pojavu? Kada se otkloni uzrok

pojave otkaza nema potrebe za održavanjem, zbog činjenice da samo oko 11% delova otkazuje zbog trošenja.

*Totalno preventivno održavanje* zastupa ideju da bi idealno bilo da se sistemi sami opravljaju, što je u malom obimu postignuto na kosmičkim sistemima. U današnjoj praksi to nije relevantna strategija.

## Zaključak

Strategija RCM prvenstveno služi za potrebe projektovanja TS, ali se može koristiti i u slučajevima postojećih TS, dok je TPM veoma koristan u stvaranju osnovnih uslova za rad TS i uključivanju korisnika u proces održavanja. Jedna strategija dopunjuje drugu. Takođe, TPM omogućava smanjenje varijacija u vremenu otkaza TS, a prema toj strategiji smatra se da ne može samo održavanje da poboljša pouzdanost, već se problem posmatra i sa aspekta korisnika i načina korišćenja TS. Strategija TPM podrazumeva učešće svih zaposlenih u održavanju, za razliku od RCM koji se fokusira prvenstveno na službu održavanja, mada ipak zahteva uključivanje dela zaposlenih.

„Skracene“ strategije daju mogućnost da se neki dugotrajni postupci RCM skrate, ali se postavlja pitanje kvaliteta rešenja. Pri tome je osnovno pravilo da

ni jednu preventivnu akciju održavanja ne treba preduzimati ukoliko ona ne košta manje od troškova zastoja.

Bitno je uočiti i redosled kojim treba započeti proces usavršavanja sistema održavanja. U domenu strategija ne treba izgubiti iz vida da je svaki sistem održavanja specifičan, i da zahteva posebna rešenja. Zbog toga se danas sve više teži kombinovanju postojećih strategija održavanja i drugih metoda radi iskorišćenja njihovih prednosti i smanjivanja nedostataka, kako bi se dobili adekvatni i u konkretnoj praksi primenljivi rezultati, što podrazumeva da takav put treba tražiti i u našem vojnom sistemu održavanja.

## Literatura:

- [1] Sandy Dunn: Re-inventing the Maintenance Process, Queensland Maintenance Conference, 1998.
- [2] Nowlan, F. S.; Heap, H.: Reliability-Centred Maintenance, national Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia, 1978.
- [3] Anthony, M.; Smith, P. E.: Reliability-Centred Maintenance, reliability\_centred\_maintenance01.htm
- [4] Steve Turner: PM Optimisation (Maintenance Analysis of the Future), [www.pnoptimisation.com](http://www.pnoptimisation.com)
- [5] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema. Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd 1993.
- [6] Ross Kennedy: Examining the Processes of RCM and TPM, Plant Maintenance Resource Center, 2002.
- [7] Jeffrey P. Evans: An Integrated Approach Towards Condition Based Maintenance, Reliability.web.com
- [8] Steve Turner: PM Optimisation (Maintenance Analysis of the Future), [pnoptimisation.com](http://pnoptimisation.com), 2000.
- [9] Robert J. Latino: The Future Dilema: How to Move Towards Proaction when Working in a Reactive Environment, Reliability Center, 2001.