

# TEROTEHNOLOGIJA

## 1. UVOD

Terotehnologija, odnosno, tehnologija održavanja najvećim obimom se bavi problemima održavanja tehničkih sistema, a njeni osnovni principi su najšire prihvaćeni prvenstveno u industriji razvijenih zemalja.

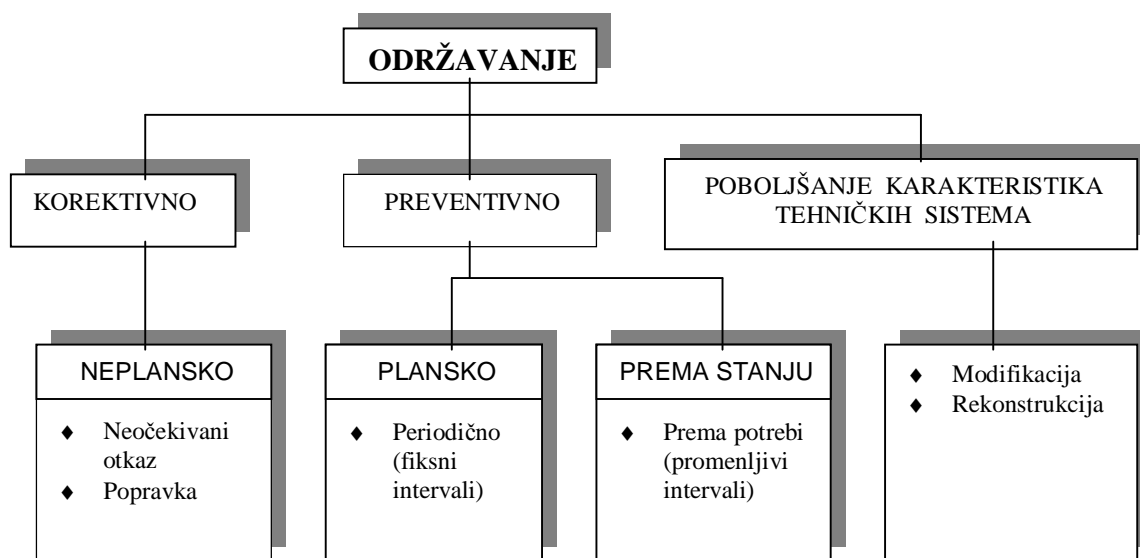
U našoj zemlji, u sadašnjim uslovima, moraju se prihvatiti načela terotehnologije i pravovremeno sprovesti sve aktivnosti iz oblasti održavanja tehničkih sistema. To je jedan od glavnih preduslova da postojeća proizvodnja i druga oprema pouzdano obavlja svoju funkciju.

U okviru terotehnologije izučavaju se problemi dizajna tehničkih sistema sa aspekta pouzdanosti i sposobnosti za održavanje, kao i sve aktivnosti vezane za instaliranje, puštanje u rad, održavanje, modernizaciju i zamenu tehničkih sistema.

Očigledno je, iz navedenog, da terotehnologiji pripada širok spektar aktivnosti, čije sprovođenje ima dominantan uticaj na poslovanje industrijskih sistema.

## 2. METODE ODRŽAVANJA

Osnovna podela održavanja, s obzirom na analizu savremenog pristupa rešavanja problema održavanja, se može predstaviti na sledeći način:



### 3. KOREKTIVNO ODRŽAVANJE

Kod korektivnog održavanja dopušta se eksploatacija mehaničkog sistema do pojave otkaza. Ova metoda održavanja ne predviđa prethodne preglede i praćenje sistema, ali je poželjno da se uvek signalizira početna faza otkaza i pristupi njegovom otklanjanju.

Korektivno održavanje ima zadatak da tehnički sistem iz stanja “u otkazu” dovede u stanje “u radu” pri čemu se element ili sklop koji je otkazao ili popravlja ili zamenjuje novim.

Veliki nedostatak korektivnog održavanja je naročito izražen u proizvodnim sistemima gde je prisutna veća količina proizvodne opreme, odnosno, tamo gde može doći do preklapanja vremenskih intervala kada je veći broj mašina u otkazu.

Zbog nedovoljnog prethodnog angažovanja na održavanju radne sposobnosti, mogu se pojaviti komplikovani otkazi koji zahtevaju duže vreme za njihovo otklanjanje.

Veliki nedostatak korektivnog održavanja odnosi se na nemogućnost predviđanja ukupnog broja otkaza, trenutka njihove pojave i vremena trajanja. U takvim uslovima je nemoguće planirati bilo kakve detaljnije aktivnosti u cilju racionalizacije poslova na održavanju.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da se korektivno održavanje ne preporučuje u proizvodnim sistemima gde otkazi dovode do dugih zastoja, visokih troškova i ugroženosti procesa, ljudi i okoline, a naročito ne za složene i skupe tehničke sisteme.

### 4. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE

Preventivne aktivnosti službe održavanja, kao što je pregled stanja tehničkog sistema, omogućuju registrovanje potencijalnog problema, pravovremenu intervenciju i konačno sprečavanje pojave otkaza.

PREDNOSTI PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA:

- ◆ Kvalitetnije upravljanje proizvodnim procesom – Preventivno održavanje se planira unapred i njegovim aktivnostima se sprečava pojava otkaza.
- ◆ Veće iskorišćenje raspoloživih resursa – Na osnovu planskog preventivnog održavanja, unapred se može izvršiti preraspodela radnih zadataka na raspoložive resurse ili planirati dodatna oprema i radna snaga.
- ◆ Obezbeđenje željenog kvaliteta proizvoda – Kvalitetan izlaz iz tehničkog sistema i unapređenje produktivnosti celog proizvodnog sistema, obezbeđuje se dobrim preventivnim održavanjem. To važi samo ako se troškovi održavanja pokrivaju iz visokog profita ostvarenog postignutim kvalitetom.
- ◆ Povećanje efektivnosti opreme – Za preventivno održavanje troši se samo manji procenat vremena od onoga koje bi bilo potrebno za korektivno održavanje, ali se zato ostvaruje značajno povećanje vremena ispravnog rada opreme, odnosno njene efikasnosti.
- ◆ Povećanje produktivnosti proizvodnog sistema – Preventivnim održavanjem problemi vezani za: trenutak pojave otkaza, vreme trajanja zastoja, pojava škarta, planiranje i

angažovanje radne snage se svode na minimum, a to sve dovodi do povećanja produktivnosti proizvodnog sistema.

- ◆ Normiranje poslova – Zbog prirode ponavljanja aktivnosti na preventivnom održavanju se mogu tako normirati da budu izvedene na najbolji način, a to znači da svaka procedura mora biti poboljšana do nivoa savršenstva.
- ◆ Smanjenje prekovremenog rada – Prekovremeni rad na održavanju može biti smanjen ili potpuno eliminisan jer se smanjuje učestalost pojave iznenadnih otkaza.
- ◆ Racionalno planiranje rezervnih delova – Potrebna je manja zaliha rezervnih delova jer se tačno zna koji deo i kada će biti upotrebljen.
- ◆ Povećanje sigurnosti i bolja kontrola zagađenja okoline – Preventivni i kontrolni pregled povećava sigurnost u korišćenju opreme i kontrolu zagađenosti okoline.

#### NEDOSTACI PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA:

- ◆ Mogućnost pojave oštećenja – U toku preventivnih intervencija, zbog propusta ili ignorisanja određenih komandi, postoji mogućnost pojave oštećenja.
- ◆ Visok nivo ranih otkaza – Rezervni delovi, ugrađeni kroz preventivno održavanje, imaju veću verovatnoću pojave otkaza u početnoj nego u kasnijoj fazi eksploatacije.
- ◆ Neiskorišćen raspoloživi resurs – Zameniti neki element pri preventivnom održavanju je daleko bolje nego sačekati da se otkaz pojavi. Pri tome je očigledno da se u potpunosti ne koristi raspoloživi resurs zamenjenog elementa. Zbog toga se povećava njegova potrošnja u eksploatacijskom veku tehničkog sistema.
- ◆ Visoke početne troškove – Rezervni delovi kupljeni znatno ranije nego što će biti iskorišćeni i preuranjeni preventivni zahvati na opremi mogu biti izvor visokih početnih troškova.
- ◆ Često prekidanje procesa eksploatacije opreme – Za opremu koja radi u velikoserijskoj ili masovnoj proizvodnji, glavno pitanje se odnosi na mogućnost prekidanja procesa u cilju izvođenja aktivnosti preventivnog održavanja.

Na osnovu navedenih prednosti i nedostataka može se utvrditi opravdanost uvođenja preventivnog održavanja. Preventivno održavanje može biti nedovoljno po obimu i preobimno. Kod optimalno kreiranog preventivnog održavanja, postignut profit višestruko prevazilazi troškove održavanja.

#### 4.1 Osnovne aktivnosti u preventivnom održavanju

Osnovne aktivnosti u preventivnom održavanju su:

- ◆ čišćenje i podmazivanje tehničkih sistema
- ◆ pregled (praćenje stanja)
- ◆ popravke

Kod preventivno-planskog održavanja je zastupljen pregled stanja, dok kod preventivnog održavanja prema stanju to su dijagnostika i monitoring (praćenje). Kod

pregleda stanja koriste se relativno jednostavne metode i instrumentacija za detekciju stanja tehničkih sistema, dok se dijagnostika i monitoring izvode sa prekidima ili kontinualno uz primenu savremenih elektronskih uređaja (davači, pojačivači, filteri itd.).

U proizvodnim sistemima sa raznovrsnom opremom, mora biti postavljena stroga procedura koja osigurava da će oprema biti očišćena i podmazana prema tačno unapred određenom planu.

Tim koji učestvuje na tehničkim poslovima, odnosno, direktnom sprovođenju aktivnosti održavanja, može biti sastavljen od operatora na opremi, obučeniha lica i lica iz službe održavanja. Veoma je dobra praksa da odgovornost za čišćenje i podmazivanje opreme pripada operatoru. Pri tome je neophodno da svaki operator na mašini, bude obučen za sprovođenje preventivnih aktivnosti.

Osim navedenog na svakoj mašini se mora nalaziti lista za proveru kako bi se operatoru omogućilo da što lakše proveri nivo podmazanosti i koriguje ga ukoliko je potrebno.

Preventivnog održavanja nema bez kontinualne obuke radnika za ovaj posao. Obučeni radnici (podmazivači) koji pripadaju održavanju treba, na početku svake smene, da izvrše kontrolu i ako je potrebno, da obave podmazivanje.

Da li će podmazivanje obavljati operator na mašini ili podmazivač zavisi od:

- ◆ kompleksnosti zadatka
- ◆ motivisanosti radnika i raspoloživosti opreme i
- ◆ stepena značaja otkaza koga obučeni podmazivač može registrovati, a operator sigurno prevideti

U cilju efikasnijeg preventivnog održavanja, rukovodioci moraju obezbediti kvalifikovano i obučeno osoblje za ovu vrstu posla. Obrazovanje i iskustvo obezbeđuju uspeh održavanju. Službe održavanja treba da imaju i manji broj obučeniha ljudi koji mogu sagledati stanje opreme. Oni moraju biti motivisani da na početku svake smene obave pregled opreme i sagledaju njeno stanje. Pri raspodeli osoblja, ako je to moguće, treba obezbediti da sedmično menjaju vrstu posla. To znači da ukoliko u prvoj nedelji rade na preventivnom održavanju u drugoj nedelji bi trebalo da rade na otklanjanju otkaza i tako naizmenično. Na ovaj način svi imaju iste odgovornosti za stanje opreme. Tako na primer, ako grupa u prvoj nedelji odlično obavlja aktivnosti na preventivnom održavanju, u sledećoj nedelji kad promeni vrstu posla (otklanjanje otkaza) može videti rezultate svog rada. Kako se moć opažanja i zainteresovanost za posao menjaju, događa se da ono što se propusti na preventivnom održavanju u toku jedne nedelje, u toku sledeće će biti ispravljeno od strane grupe koja dolazi na rad da se bavi preventivnim aktivnostima.

#### **4.2 Osnovni preduslovi za uspešno uvođenje preventivnog održavanja**

Da ne bi došlo do pojave otkaza ili gubile dragocene informacije, treba što pre početi sa preventivnim održavanjem. Ono što treba imati za uspešno uvođenje preventivnog održavanja odnosi se na:

- ◆ jednoznačno identifikovanje tehničkih sistema preko vidno prikazanog inventarskog i serijskog broja, kao i oznake tipa,
- ◆ tačnu predistoriju tehničkih sistema,
- ◆ informacije vezane za otkaze (problem, uzrok, preduzete aktivnosti),
- ◆ iskustvene podatke o sličnoj opremi,
- ◆ preporuke proizvođača opreme,
- ◆ uputstvo za održavanje,
- ◆ informacije o elementima koji otkazuju i zamenjuju se,
- ◆ iskusno ljudstvo na poslovima održavanja,
- ◆ alate i odgovarajuću opremu za pregled stanja, dijagnostiku ili monitoring,

- ◆ jasne instrukcije za pregled sa listom koja se potpisuje
- ◆ dobru saradnju sa operatorom na opremi i
- ◆ pomoć od strane upravljačke strukture (rukovodioca)

Početni zahtevi za uvođenje uspešnog preventivnog održavanja se uvek odnose na posedovanje odgovarajuće dokumentacije.

## 5. PREVENTIVNO - PLANSKO ODRŽAVANJE

Pod pojmom preventivno-plansko održavanje se podrazumevaju fiksni intervali u kojima se izvode određene aktivnosti. Ove aktivnosti se izvode sedmično, mesečno, kvartalno, sezonski ili po nekim drugim unapred određenim intervalima. Dva glavna elementa preventivnog održavanja sa fiksnim intervalima su tehnološki postupak i disciplina.

Uspešna primena određenog tehnološkog postupka je zasnovana na:

- ◆ detaljnom spisku opreme koja se održava
- ◆ glavnom godišnjem planu preventivnog održavanja iz koga proizilaze mesečni, nedeljni I dnevni zadaci
- ◆ određivanju odgovornog osoblja za sprovođenje predviđenih zadataka
- ◆ kontroli obavljenih zadataka
- ◆ izveštaju koji ukazuje na to kada je preventivna aktivnost sprovedena i kada je treba ponovo uraditi
- ◆ izvođenju korekcije kod pojave bilo koje protivurečnosti

### 5.1 Podmazivanje

Veliki broj mehaničkih sistema i njihovo stalno usavršavanje, zahteva i stalno poboljšavanje kvalitetnog nivoa maziva. Proizvođači opreme postavljaju dodatne zahteve za poboljšanje kvalitetnog nivoa maziva, tako da je stvoreno mnogo varijanata, kako po viskoznim gradacijama tako i po radnim osobinama. To je izazvalo velike teškoće korisnicima prilikom izbora odgovarajućeg maziva, te je rešenje ovog problema nađeno uvođenjem oznaka kako po viskoznosti tako i po kvalitetnom nivou.

Pravilno podmazivanje podrazumeva snabdevanje svakog mesta za podmazivanje:

- ◆ odgovarajućim mazivom
- ◆ određenom količinom maziva
- ◆ u određenim intervalima
- ◆ pomoću određenih uređaja

Jedan od najvažnijih uslova za duži vek mehaničkog sistema je korektan izbor odgovarajućeg maziva. Izbor odgovarajućeg maziva podrazumeva dobro poznavanje:

- ◆ zahteva proizvođača opreme
- ◆ klasifikacija ulja po viskoznosti
- ◆ klasifikacija maziva po kvalitetnom nivou

### ISO klasifikacije maziva

Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO-TC 28 uvela je sledeće klasifikacije naftnih i njima sličnih proizvoda:

F - Goriva

- S - Rastvarači i bazne sirovine za hemijsku industriju
- L - Maziva, industrijska ulja i srodni proizvodi
- W - Voskovi i parafini
- B - Bitumeni

Klasa L (Maziva, industrijska ulja i srodni proizvodi) ISO 6743/0 kod nas JUS-ISO 6743/0, 1990g obuhvata 18 grupa proizvoda razvrstanih prema osnovnim oblastima primene:

- A - Ulja za protočno podmazivanje
- B - Ulje za premazivanje kalupa (za bolje odvajanje kalupa)
- C - Ulje za zupčaničke prenosnike
- D - Ulja za kompresore, uključujući i rashladne
- E - Ulja za motore sa unutrašnjim sagorevanjem
- F - Ulja za cirkulacione sisteme (sa ležajima, vretenima i prenosnicima)
- G - Ulja za klizne staze
- H - Ulja za hidraulične sisteme
- M - Ulja i tečnosti za obradu metala
- N - Ulja za transformatore i električne instalacije
- P - Ulja za pneumatične alate
- Q - Ulja za prenos toplote
- R - Ulja i sredstva za zaštitu od korozije
- T - Ulja za turbine
- U - Ulja za termičku obradu metala
- X - Mazive masti i srodni proizvodi
- Y - Ulja za ostale oblasti primene
- Z - Ulja za parne mašine - cilindarska ulja

Do sada su urađene klasifikacije samo za podgrupe A, F i H. Na osnovu klasifikacije ISO 6743/0, grade se naredne nomenklature mazivih ulja za industrijske sisteme, kao na primer:

- ISO-L-C - ulja za zupčaste prenosnike
- ISO-L-D - ulja za kompresore, uključujući i rashladne
- ISO-L-E - ulja za podmazivanje motora SUS

Posle slova A, F, H, C, D, E itd. dodaju se još slovne oznake za osobine vezane za sastav i učinak te viskozitetni brojevi ili gradacije ISO ili SAE.

#### Klasifikacije ulja za podmazivanje motora SUS

Stalni razvoj motora SUS paralelno prate poboljšanja fizičkih, hemijskih, triboloških i drugih radnih osobina motornih ulja. U stalnoj trci zahteva konstruktora i poboljšanja kvalitetnog nivoa motornih ulja, stvoreno je mnogo varijanata, kako po viskoznim gradacijama tako i prema radnim osobinama. To je stvaralo velike teškoće prilikom izbora odgovarajućeg ulja.

Rešenje tog problema je nađeno uvođenjem oznaka:

- ◆ za viskozne gradacije SAE (udruženje američkih inženjera)
- ◆ za kvalitetni nivo motornih ulja API (američki institut za naftu), CCMC sada ACEA (udruženje konstruktora motora i vozila Evropske unije) MIL- L (američka vojna specifikacija)

### Klasifikacija ulja za industrijske sisteme

ISO - međunarodna organizacija za standardizaciju, usvojila je 1975 god. klasifikaciju svih industrijskih ulja koju su ranije predložili ASTM D 2422 i DIN 51519. Ova klasifikacija je napravljena na osnovu kinematičke viskoznosti na 40°C i izražene u mm<sup>2</sup>/s (cSt), a nosi oznaku ISO 3448. Kod nas je prihvaćena u celini i nosi oznaku JUS B. HO. 511/1981.

### Klasifikacija masti za industrijske sisteme

Mazive masti se proizvode od baznih ulja, aditiva i ugušćivača. Prema vrsti ugušćivača nazivaju se: litijumove, kalcijumove, natrijumove, barijumove i aluminijumove. Ukoliko se koriste dva ili više ugušćivača dobijaju se kompleksne masti (Li-Ca). Prema vrsti baznog ulja dele se na: mineralne i sintetičke. Međunarodna specifikacija masti po kvalitetnom nivou ne postoji. Postoji samo opšte usvojena klasifikacija napravljena na osnovu vrednosti penetracije merene na 25°C i izražene u 0,1 mm. Sve masti podeljene su u devet NLGI gradacija. Kod nas je prihvaćena i nosi oznaku JUS B.HO. 512/1981.

### **Razvoj programa podmazivanja**

Postoje četiri glavna izvora informacija za razvoj dobrog programa podmazivanja:

1. Proizvođač mehaničkih sistema
2. Proizvođač i prodavac maziva
3. Ostali korisnici opreme
4. Sopstvena iskustva

Podmazivanje je najvažniji segment preventivnog održavanja. Za pravilno izvođenje podmazivanja inicijalne smernice se mogu dobiti od proizvođača opreme koji predlaže odgovarajuće mazivo, intervale zamene maziva i način podmazivanja.

Proizvođači maziva, odnosno, njihove tehničke službe primene maziva mogu biti dragoceni izvor informacija. Proizvođači maziva poseduju laboratorije za ispitivanje maziva, te se na osnovu laboratorijskih i eksperimentalnih ispitivanja maziva može dati najbolja preporuka maziva i optimalni intervali njegove zamene.

Osoblje na poslovima održavanja mora biti u kontaktu sa tehničkim službama proizvođača opreme i proizvođača maziva prilikom izvođenja programa podmazivanja.

Da bi se postavio program podmazivanja sa tačno definisanim metodama, aktivnostima, intervalima i odgovornim licima za sprovođenje, neophodno je uvesti odgovarajuću dokumentaciju i kodiranje.

Kodovi za program podmazivanja se mogu dati na sledeći način:

<b>I. METOD PRIMENE</b>	
<b>Kod</b>	<b>Značenje</b>
ASP	Automatski sistem za podmazivanje
BUM	Boca sa uljem i mazalicom
CPU	Cirkulaciono podmazivanje uljem
MM	Mazalice za mast
MSP	Mehanički sistem za podmazivanje
MF	Mazalica sa fitiljom
PB	Podmazivanje bućkanjem
PK	Podmazivanje kapanjem
PM	Punjenje mašću
PPP	Pištolj za podmazivanje pod pritiskom
PRU	Podmazivanje iz rezervoara sa uljem
PSP	Pneumatski sistem za podmazivanje
RP	Ručno podmazivanje
RPU	Ručno podmazivanje uljem
UK	Uljno kupatilo
UM	Uljna magla
<b>II. AKTIVNOSTI</b>	
ČIŠ	Čišćenje
PST	Pregled stanja
ISP	Ispuštanje
POD	Podmazivanje
PRO	Promena
PRV	Provera
<b>III. INTERVAL</b>	
S	Na svaki sat
D	Dnevno
N	Nedeljno
M	Mesečno
G	Godišnje
KTN	Kada tehnički sistem ne radi
KTR	Kada tehnički sistem radi
<b>IV. ODGOVORNO LICE</b>	
BO	Bravar za održavanje
EO	Električar iz održavanja
MO	Majstor iz održavanja
OP	Operator na mašini
PO	Podmazivač

Najvažniji korak u razvoju programa podmazivanja je određivanje odgovornog lica za njegovo sprovođenje. Kod velikih proizvodnih sistema ovaj posao bi trebalo da obavlja inženjer.

Za uvođenje programa podmazivanja treba po fazama sprovesti sledeće aktivnosti:

1. Identifikovati svaki tehnički sistem koji zahteva podmazivanje,
2. Obezbediti da se svaki tehnički sistem jednoznačno identifikuje, prvenstveno preko uočljivo prikazanog broja (šifre),
3. Obezbediti evidenciju sa tačnom fizičkom lokacijom tehničkih sistema,
4. Definisati tačan položaj svakog TMS koji treba da bude podmazan,
5. Odrediti mazivo koje treba da bude korišćeno,
6. Definisati najbolji metod primene,
7. Utvrditi frekventnost ili interval podmazivanja,
8. Definisati da li oprema bezbedno može biti podmazana dok radi ili je treba isključiti iz eksploatacije,
9. Odrediti ko će biti odgovoran za bilo kakav međusobni nesporazum,
10. Standardizovati metod podmazivanja,
11. Povezati sve napred navedene elemente u program podmazivanja,
12. Uvesti proceduru za čuvanje i rukovanje mazivima,
13. Proceniti koja su to nova maziva sa aspekta savremenog razvoja i
14. Uvesti metodologiju za brzu intervenciju ako dođe do problema kod primene nekog maziva.

Najbolje je da jedna osoba u okviru službe održavanja bude zadužena i snosi svu odgovornost za kontinuitet i celovitost sprovođenja programa podmazivanja. Samo osoba koja može da uoči i sagleda važnost podmazivanja, može rukovoditi navedenim poslovima.

Primarni zadaci za jednu takvu osobu bili bi:

1. Osnivanje grupe za podmazivanje i utvrđivanje tačnog programa rada,
2. Definisavanje organizacije, prostora i trajektorije pri izvođenju aktivnosti podmazivanja,
3. Podela odgovornosti po pojedincima,
4. Obuka podmazivača,
5. Obezbeđenje snabdevanja iz magacina i poslovanje sa mazivima,
6. Uspostavljanje povratne veze za praćenje nepravilnosti i usavršavanje podmazivanja,
7. Razvoj kompjuterizovanog programa podmazivanja i sistema za kontrolu, kao dela programa preventivnog održavanja,
8. Motivisanje osoblja na poslovima podmazivanja da proveravaju opremu sa aspekta pojave drugih mogućih problema i sprovede određene aktivnosti održavanja i
9. Osiguranje kontinualnosti rada grupe za podmazivanja.

## **5.2 Pregled stanja tehničkog sistema**

Pregled stanja tehničkog sistema (tehnički pregled, inspekcija, periodični pregledi) predstavlja aktivnost koja se unapred planira. Pri tome se stanje tehničkog sistema utvrđuje preko stanja komponenata ili preko izlaznog kvaliteta proizvoda.

Način odlučivanja i kriterijumi za izvođenje pregleda stanja tehničkog sistema

Za definisanje faktora stanja tehničkog sistema može se koristiti izraz:

$$K_s = \frac{\text{Not} \times (\text{Cp} + \text{Cgp} + \text{Cpo})}{\text{Cpa} + \text{Npa}}$$

Not – godišnji broj otkaza na tehničkom sistemu,

Npa – godišnji broj ciklusa preventivnih aktivnosti na tehničkom sistemu,

Cp – srednji troškovi popravke,

Cgp – troškovi zbog gubitaka u proizvodnji,

Cpo – troškovi popravke ostale opreme, koja je otkazala zbog pojave otkaza na posmatranom tehničkom sistemu i

Cpa – srednji troškovi preventivne aktivnosti

Ako se pogrešno odabere tehnički sistem za pregled, može doći do pojave veoma visokih troškova održavanja. Program preventivnog održavanja treba da sadrži veliki broj pregleda i mali broj popravki.

Pregled stanja tehničkog sistema obuhvata:

- ◆ Preventivni pregled
- ◆ Kontrolni pregled

Preventivni pregled – Vršiti se po unapred utvrđenom programu, a njegov cilj je da se uz što manje ulaganje utvrdi stanje tehničkog sistema.

Kontrolni pregled – Sličan je preventivnim, a njegovo sprovođenje obavezuje zakon. Uglavnom se izvode na tehničkom sistemu u cilju sprečavanja zagađenja okoline i zaštite od požara i eksplozije. Krajnji cilj kontrolnog pregleda je da se utvrdi nivo sigurnosti i zaštite radnog osoblja i okoline pri eksploataciji tehničkih sistema.

### 5.3 Planiranje pregleda

Planiranjem pregleda utvrđuje se, da li će pregled biti dnevni, nedeljni, mesečni, polugodišnji ili godišnji. To se ne može odlučiti bez ozbiljnije analize tehničkog sistema. Sigurno je da vremenski razmak između pregleda zavisi od starosti opreme.

Za donošenje pravilne odluke između ostalog potrebno je:

- ◆ Uputstvo za održavanje i rukovanje
- ◆ Iskustvo osoblja na održavanju
- ◆ Isporučiocu rezervnih delova

U početku i pri kraju eksploatacije dolazi do čestih pojava otkaza i u tim periodima treba intenzivirati preglede i sve preventivne aktivnosti. Na osnovu učestanosti izvođenja, i prema nivou troškova, preglede se mogu grupisati u tri klase:

- ◆ Preobimni
- ◆ Optimalni
- ◆ Nedovoljni

Praktično se prate troškovi i intenzitet otkaza pri unapred definisanom vremenskom intervalu između pojedinih pregleda. Ukoliko je intenzitet pojave otkaza mali, može doći

do preobimnog izvođenja pregleda i u tom slučaju treba povećati vremenski interval između pojedinih pregleda.

Suprotno, ako je intenzitet pojave otkaza veliki, treba skratiti vreme između pregleda. Ukoliko 20% opreme otkáže pre izvođenja preventivnih aktivnosti, onda se može reći da je vreme između pojedinih pregleda dobro ocenjeno.

#### 5.4 Metode za identifikaciju stanja pri pregledu

Za izbor metode i instrumentacije osnovno je da se testovi izvode bez demontaže i razaranja tehničkih sistema. Svaka demontaža i montaža dovodi do promene geometrije i uslova ostvarivanja kontakata, što dovodi do povećanog intenziteta habanja. Metode za identifikaciju stanja sistema zasnovane su na:

- ◆ Ljudskim čulima – vid, miris, sluh, ukus i dodir.
- ◆ Registrovanju temperature – termometar, termopar, termistor, termoosetljiva boja, infracrveno zračenje i protok toplote.
- ◆ Registrovanju vibracija i habanja – merač brzine i ubrzanja i pomeranja, udarni impuls, stetoskop, merači dužina (mehanički, električni, laserski).
- ◆ Registrovanju defekata u materijalu – magnetizam, penetrirajuće boje, vrtložne struje, radiografija, ultrazvuk, tvrdoća, zvučna rezonanca, emitovanje korone, optičko vlakno.
- ◆ Registrovanju taloženja, korozije i erozije – ultrazvuk, radiografija, katodni potencijal i težina.
- ◆ Registrovanju protoka i pritiska – neonsko-freonski detektor, manometar i mikroturbinski merač.
- ◆ Registrovanju električnih parametara – merač neispravnosti kablova, merač frekvencije, merač faznog ugla, univerzalni element za proveru električnih kola, merač napona u prelaznim procesima.
- ◆ Registrovanju opterećenja – dinamometri (mehanički, hidraulični i električni).
- ◆ Registrovanju fizičko-hemijskih veličina – spektograf, merač vlažnosti, merač gasova O<sub>2</sub> i CO<sub>2</sub>, merač pH vrednosti, merač viskoziteta, merač prisustva metalnih čestica u sredstvu za podmazivanje.

U našoj metaloprerađivačkoj industriji se, na žalost, pregled stanja opreme uglavnom oslanja na ljudskim čulima. Ljudska čula nisu u stanju da uoče male promene, a pouzdanost isključivo zavisi od iskustva i obučenosti.

Najbolje je organizovati specijalnu obuku osoblja iz održavanja za poslove preventivnih pregleda određenih tehničkih sistema. Posle pregleda stanja opreme treba napraviti izveštaj o pregledu koji mora biti: jednoznačan, koncizan, pregledan i lak za čitanje.

Kompletna dokumentacija vezana za preventivni pregled treba da sadrži:

- ◆ Tačan naziv tehničkog sistema (podsystema), identifikacijski broj i lokaciju,
- ◆ Opis aktivnosti,
- ◆ Učestalost pregleda,
- ◆ Izvršioce i odgovorno lice,
- ◆ Neophodnu instrumentaciju,
- ◆ Vreme trajanja pregleda
- ◆ Koordinaciju

Na osnovu neispravnosti otkrivenih kroz pregled, izdaje se zahtev za popravku.

## 6. PREVENTIVNO ODRŽAVANJE PREMA STANJU

Preventivno održavanje prema stanju zasnovano je na periodičnom ili neprekidnom praćenju stanja tehničkih sistema i registrovanju problema koji dovode do pojave otkaza. Prednost ovakvog načina održavanja je u mogućnosti blagovremene pripreme i obezbeđenja odgovarajućih rezervnih delova, pribora i osoblja i otklone problemi pre nego što dovedu do otkaza sa veoma ozbiljnim posledicama. Biraju se najuticajnije parametri (dijagnostički parametri stanja) sa aspekta kvaliteta obavljanja funkcije i preko njih se vrši monitoring i dijagnostika stanja. To su fizičke veličine koje se relativno lako registruju (pomoću davača) i prenose analognim putem.

Kod održavanja prema stanju aktivnosti se izvode u najpovoljnijem trenutku tj. kada stanje tehničkog sistema to zahteva, što je za razliku od preventivno planskog održavanja, veoma povoljno.

Da li je neki tehnički sistem podoban ili ne za održavanje prema stanju, najbolje se može sagledati iz oblika krive intenziteta njegovih sastavnih elemenata.

Ukoliko su u tehničkom sistemu dominantniji elementi čija priroda promene intenziteta otkaza zahteva monitoring i tehničku dijagnostiku, sistem je više pogodan za održavanje prema stanju.

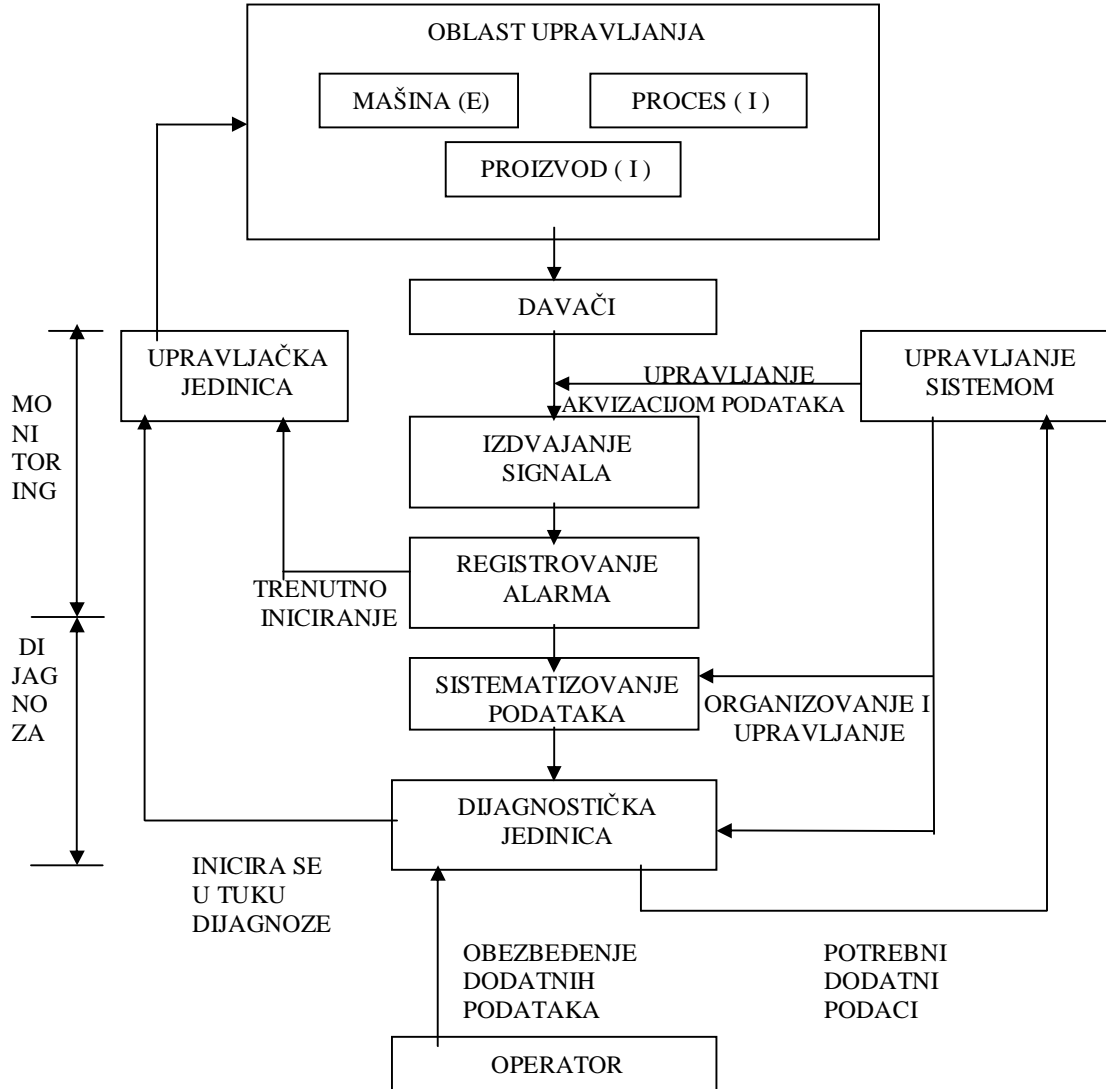
Na osnovu iskustva industrijski razvijenih zemalja, procenjeno je da se uz angažovanje većeg tima stručnjaka, program održavanja prema stanju može uvesti za najmanje tri godine pri čemu se mogu očekivati sledeći rezultati:

- ◆ Smanjenje troškova održavanja 50-80%,
- ◆ Smanjenje broja zastoja 50-60%,
- ◆ Smanjenje količine rezervnih delova 20-30%,
- ◆ Smanjenje ukupnog vremena zastoja 50-80%,
- ◆ Smanjenje prekovremenog rada 20-50%,
- ◆ Povećanje eksploatacijskog veka oprema 20-40%,
- ◆ Povećanje produktivnosti 20-30% i
- ◆ Povećanje profita 25-60%.

### 6.1 Izbor karakterističnih parametara i praćenje stanja

Vibracije, temperatura i produkti habanja u ulju su najistaknutije fizičke veličine koje treba kontinualno registrovati i pratiti intenzitet njihove promene. Izbor karakterističnih parametara (sila, pritisak, temperatura, protok) se vezuje za mašinu, proces i proizvod.

Praćenje promene stanja se sastoji iz dva nivoa obavljanja zadataka. Na prvom nivou se izvodi samo monitoring karakterističnih parametara mašine i procesa, a na drugom nivou – dijagnoza, kao na prikazanoj šemi.



Monitoring i dijagnoza stanja

## 6.2 Hardver i softver kod održavanja prema stanju

Nakon postavljanja osnovnih zahteva i ograničenja za održavanje prema stanju, naredni korak je izbor hardvera i softvera koji može da podrži usvojeni program. Krajnji cilj je da se celokupna složena oprema poveže u mrežu i sve informacije prate i arhiviraju u centralnom računaru.

Savremeni hardverski i softverski sistem sadrži:

- ◆ Davače
- ◆ A/D konvertore
- ◆ Mikroprocesore
- ◆ Softverski program

- ◆ Centralni računar

Minimum zahteva koje mora da zadovolji navedeni sistem odnosi se na:

- ◆ Softver i hardver prilagođen korisniku
- ◆ Automatsku akviziciju podataka
- ◆ Automatsko usmeravanje i upravljanje podacima
- ◆ Fleksibilnost
- ◆ Pouzdanost i
- ◆ Tačnost

Da bi se smanjio rizik od greške vezane za ljudski faktor, sistem mora da obezbedi automatski izbor i praćenje parametara bez spoljašnjeg komandovanja.

## 7. POPRAVKE

Popravkom se naziva aktivnost koja se sprovodi u cilju otklanjanja utvrđenih neispravnosti pri pregledu (preventivno-plansko) odnosno monitoringu (održavanje prema stanju), nezavisno od tipa održavanja.

Po svom obimu popravke mogu biti:

- ◆ Male
- ◆ Srednje
- ◆ Velike

### Male popravke

Male popravke (MP) obuhvataju zamenu ili regeneraciju elemenata sa najkraćim vremenom trajanja.

Mala popravka podrazumeva demontažu do funkcionalnih celina, pri čemu se alatna mašina ne transportuje sa lokacije gde obavlja svoju funkciju.

### Srednje popravke

Srednje popravke (SP) se odnose na zamenu ili regeneraciju elemenata sa dužim vekom trajanja. U ovom slučaju alatna mašina se može transportovati sa lokacije gde obavlja svoju funkciju, ali se to ne odnosi za tešku mašinu velikih gabarita. U tom slučaju popravka se izvodi na licu mesta.

Pri srednjoj popravci sprovode se sledeće aktivnosti:

- ◆ Demontaža do nivoa sastavnih elemenata,
  - ◆ Pranje i čišćenje demontiranih elemenata,
  - ◆ Utvrđivanje stanja elemenata (defektaža),
  - ◆ Regeneracija,
  - ◆ Obezbeđenje novih elemenata (koji treba da zamene dotrajale, tj one koji se ne mogu regenerisati),
  - ◆ Montaža funkcionalnih celina i provera osnovnih funkcija,
  - ◆ Završna montaža i podešavanje radnih parametara,
  - ◆ Instaliranje,
  - ◆ Probni rad i utvrđivanje nivoa radne sposobnosti,
  - ◆ Primopredaja, odnosno uvođenje u proces eksploatacije i
  - ◆ Dostavljanje prateće dokumentacije i davanje garancije
- Srednje popravke obuhvataju i sve aktivnosti iz oblasti malih popravki.

## Velike popravke i remontni ciklus

Velike popravke (VP) predstavljaju najobimnije aktivnosti koje se mogu izvoditi na nekom tehničkom sistemu. Često se nazivaju i generalnim popravkama. Pri tome se radna sposobnost alatne mašine vraća na onaj nivo, na kome se ona nalazila kod prvog uključenja u proces eksploatacije. Vršiti se potpuna demontaža i za ovu vrstu popravke se planira vreme u toku godišnjeg odmora.

Vremenski period između dve velike popravke u praksi se najčešće naziva remontni ciklus, a on obuhvata sve aktivnosti vezane za male i srednje popravke. Na primer, za alatne mašine struktura remontnog ciklusa je sledeća:

VP – MP – MP – SP – MP – MP – SP – MP – MP – VP

## **8. POBOLJŠANJE KARAKTERISTIKA TEHNIČKIH SISTEMA**

Garantni rok proizvođača za snabdevanje rezervnim delovima je relativno kratak. Nakon toga korisniku stoje na raspolaganju samo dve mogućnosti:

- ◆ Isključiti tehnički sistem iz dalje eksploatacije
- ◆ Izvršiti modifikaciju postojećih kritičnih rešenja ili izvesti kompletnu rekonstrukciju tehničkog sistema

Prva mogućnost, isključenje tehničkog sistema iz eksploatacije je ekonomski potpuno neopravdano, jer više od 70% njegovih sastavnih elemenata ima vek trajanja koji je višestruko veći od garantovanog perioda za snabdevanje rezervnim delovima.

Druga mogućnost se uspešno koristi i modifikovanje se odnosi na prilagođavanje tehničkih sistema za korišćenje rezervnih delova savremenih karakteristika.

U okviru rekonstrukcije izvodi se zamena čitavih podsklopova, agregata i sistema sa rešenjima koja predstavljaju aktuelni nivo razvoja tehnike. Tako se umesto mehaničkog stezanja uvodi pneumatično ili hidraulično, zupčasti prenosnik se zamenjuje elektromotorom sa kontinualnom regulacijom, mehanički elementi za izvođenje logičkog toka procesa zamenjuju hidrauličnim i pneumatičkim elementima upravljanih programabilnim logičkim kontrolerom (PLC) itd.

Poboljšanje karakteristika tehničkih sistema obavljaju stručnjaci koji najbolje poznaju taj tehnički sistem, a u velikim preduzećima se uvode biroji koji se bave praćenjem i utvrđivanjem savremenih tehničkih rešenja u okviru rekonstrukcije. Osim toga postoje i preduzeća koja otkupljuju stare mašine, vrše rekonstrukciju ubacivanjem numeričkog sistema upravljanja, i tako dobijaju savremene alatne mašine koje se dobro prodaju.

## **9. ZAKLJUČAK**

U tehnički razvijenim zemljama 1970-tih godina se primenjivalo preventivno plansko održavanje (pregled stanja, podmazivanje itd). U toku 1980-tih godina preventivno održavanje je počelo da se izvodi prema potrebi (održavanje prema stanju). Kod održavanja prema stanju koristi se savremena oprema za praćenje (monitoring) i dijagnostiku. Poslednje godine ovog veka, po nekim analizama, će biti godine razvoja tehnike i unapređenja terotehnologije.

Budući nivo značaja terotehnologije određuju činjenice koje se odnose na:

- ◆ Kvalitet
- ◆ Produktivnost
- ◆ Profit

- ◆ Zaštita životne sredine
- ◆ Sigurnost
- ◆ Poboljšanje karakteristika tehničkih sistema

Tehnički sistemi brzo zastarevaju u smislu njihove sposobnosti da zadovolje savremene trendove pri eksploataciji. Izvođenjem određenih aktivnosti održavanja kroz modifikaciju i rekonstrukciju mogu se zastarelim sistemima poboljšati eksploatacijsko tehničke karakteristike.

Najnoviji rezultati analiza ukazuju da se u SAD godišnje potroši oko 303,7 milijardi dolara u industrijskim preduzećima koja imaju više od 100 zaposlenih, što ukazuje na značaj terotehnologije, odnosno tehnologije održavanja.

## **10. LITERATURA**

1. Jeremić, B.: TEROTEHNOLOGIJA – Tehnologija održavanja tehničkih Sistema, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1992.
2. Stanivuković, D. I dr.: ODRŽAVANJE – IIS PRILAZ, FTN, IIS-ITC, Novi Sad, 1997.
3. Stanivuković, D. I dr.: EFEKTIVNOST I ODRŽAVANJE SREDSTAVA ZA RAD, FTN, IIS, Novi Sad, 1986.
4. Grupa autora: MAZIVA I PODMAZIVANJE, JUGOMA, Zagreb, 1986.