

**PROCESI ODRŽAVANJA**  
**MAINTENANCE PROCESSES**

**prof. dr Bogdan Marić**  
**Univerzitet u I. Sarajevu,**  
**Mašinski fakultet**  
**Istočno Sarajevo**

**prof. dr Vlado Medaković**  
**Univerzitet u I. Sarajevu,**  
**Mašinski fakultet**  
**Istočno Sarajevo**

**REZIME**

*U radu je izvršena analiza problema procesa održavanja mašina i postrojenja. Održavanje tehničkih sistema (mašina i uređaja), odnosno sredstava za rad, kao funkcija i dio procesa proizvodnje zauzima danas važno mjesto u proizvodnom sistemu svake organizacije, odnosno proizvodnog sistema. Na razvoj održavanja uticao je brz industrijski napredak, kao i stalni porast automatizacije i povezanosti sredstava za rad, zatim nagli porast fiksnih troškova u odnosu na promjenljive. Sredstva se tokom vremena troše i smanjuje im se radna sposobnost. Sredstva za rad su podložna kvarovima, lomovima i oštećenjima, pa se pojavljuju prekidi u radu. To uzrokuje pojavu troškova zbog zamjene i popravke dijelova, ali i troškove zbog zastoja u procesu proizvodnje. Postojeći modeli upravljanja održavanjem tehničkih sistema imaju za cilj obezbeđenje željene pouzdanosti i raspoloživosti sistema, po mogućnosti uz što manje troškova.*

**Ključne riječi:** procesi održavanja, tehnički sistem, upravljanje održavanjem.

**ABSTRACT**

*The paper analyzes problems of the process of maintenance of machines and plants. Maintaining technical systems (machines and devices) that is, assets for working as a function and part of the production process occupies an important place in the production system of every organization, that is, the production system. The rapid development of the maintenance was prompted by the rapid industrial progress, as well as the constant increase in the automation and connection of the assets for working, followed by the sudden increase in fixed costs in relation to the variable ones. Assets for working are consumed over time and their working ability is reduced. Assets for working are susceptible to defects, breaks and damage, and work interruptions occur. This causes the occurrence of costs due to the replacement and repair of parts, but also the costs due to the stagnation in the production process. Existing models of management by technical systems maintenance aim at ensuring the desired reliability and availability of the system, possibly with as little cost as possible.*

**Key words:** maintenance processes, technical system, maintenance management

## 1. UVOD

Porast značaja održavanja tehničkih sistema poslednjih decenija dvadesetog vijeka vezan je za masovnu automatizaciju, komjuterizaciju i robotizaciju u svim oblastima industrijskih djelatnosti i zahtjevi za pouzdan rad takvih sistema kao uslov za konkurentsku sposobnost organizacija. U nekim industrijama je već odavno broj zaposlenih na poslovima održavanja veći od broja zaposlenih u proizvodnji, istovremeno i sa većim nivoom stručnih inženjerskih znanja.

Prognoze nekih analitičara su da će ova djelatnost u ovom vijeku biti jedna od najznačajnijih zbog rastućih potreba za racionalnim korištenjem resursa.

Održavanje tehničkih sistema se definiše kao proces provođenja mjera koje obezbjeđuju ispravno funkcionisanje sistema uz konkurentne performanse i minimalno trajanje prekida zbog otkaza i aktivnosti održavanja. To je najopštiji izraz kriterijumske funkcije (funkcije cilja) procesa održavanja.

Stanje tehničkog sistema se tokom eksploatacije mijenja i to je slučajni – stohastički proces koji se opisuje vjerovatnoćom da će sistem tokom određenog vremena rada biti u ispravnom stanju ("u radu" za razliku od stanja "u otkazu" – faktičkom i "u uslovnom otkazu").

Aktivnosti održavanja i upravljanja održavanja su neminovne jer je propadanje sistema tokom rada prirodna pojava kao posledica porasta entropije sistema. Postoji više klasifikacija metodologija održavanja a danas se smatra najpotpunijom ona koja održavanje dijeli na: (1) Održavanje prema pouzdanosti i (2) Totalno produktivno održavanje. U prvom slučaju cilj je maksimalna pouzdanost (npr. u vazduhoplovstvu) a u drugom slučaju maksimalna ekonomska efikasnost gdje operatori procjenjuju stanje sistema i preduzimaju akcije održavanja "kada je dovoljno jasno" da će do otkaza doći (japanska filozofija koja je primjenjiva npr. u serijskoj proizvodnji).

Tradicionalne metodologije održavanja su: (1) korektivno, (2) preventivno i (3) kombinovano održavanje. U drugom i trećem slučaju naročito je značajno održavanje prema stanju, uz primjenu metoda tehničke dijagnostike.

## 2. PROCES ODRŽAVANJA

Proces održavanja predstavlja skup svih aktivnosti koje se provode u cilju otklanjanja otkaza ili sprečavanja njihove pojave. Najveći značaj sa stanovišta optimizacije i ocjene kvaliteta sistema održavanja imaju pokazatelji efektivnosti tehničkog sistema – raspoloživost i pogodnost održavanja.

Proces održavanja je skup postupaka i aktivnosti koji se tokom vremena sprovode na tehničkim sistemima u cilju sprečavanja pojave otkaza ili radi njihovog otklanjanja. Proces održavanja ima karakteristike izrazito slučajnog procesa, slučajnu veličinu predstavlja vrijeme rada tehničkog sistema do trenutka u kome treba da se sprovede postupak održavanja (određeno osobinama pouzdanosti) i vrijeme potrebno da se postupak održavanja sprovede (određeno kvalitetom sistema održavanja), da bi se sistem iz stanja u otkazu, vratio u stanje u radu.

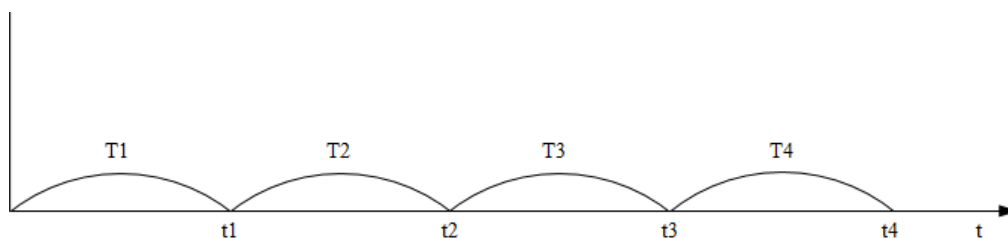
Proces održavanja može da se modelira kao slučajni proces, koji se karakteriše obavljanjem postupaka održavanja u slučajnim trenucima vremena, u kojima se javljaju otkazi.

U teoriji održavanja proces održavanja se modelira kao slučajni proces. Najjednostavniji proces održavanja obnavljanjem predstavljen je na Slici 1.

U slučajnim vremenskim trenucima javljaju se otkazi. U tim trenucima se vrši operacija održavanja zamjenom elemenata koji je otkazao potpuno novim elementom.

Smatra se da je održavanje izvršeno obnavljanjem bez obzira što ostale komponente nisu nove.

Takođe se smatra da je obnavljanje izvršeno trenutno (u zanemarivom vremenskom intervalu). Vremenski trenuci su označeni sa malim slovom  $t$  a vremenski intervali sa velikim slovom  $T$ .



Slika 1. Jednostavan proces održavanja obnavljanjem

Stvarni procesi održavanja su naravno, mnogo složeniji. Oni se realizuju pomoću sistema za upravljanje održavanjem ili kraće sistemima održavanja. Od toga kako je projektovan i realizovan sistem upravljanja održavanjem u najvećoj mjeri zavisi kvalitet održavanja i troškovi održavanja. Najjednostavnije mjere kvaliteta sistema održavanja (ili upravljanja održavanjem) je raspodjela vremena trajanja procesa održavanja, troškovi održavanja i gubici zbog stanja "u otkazu" sistema koji se održava.

Stvarni proces održavanja se sastoji od skupa aktivnosti ili operacija koje se provode tokom eksploatacije tehničkih sistema a koje imaju za cilj sprečavanje pojave otkaza i, ukoliko se otkaz desi, njegovog efikasnog otklanjanja. Proces održavanja je izrazito slučajni proces koji je određen sa dvije slučajne varijable i to:

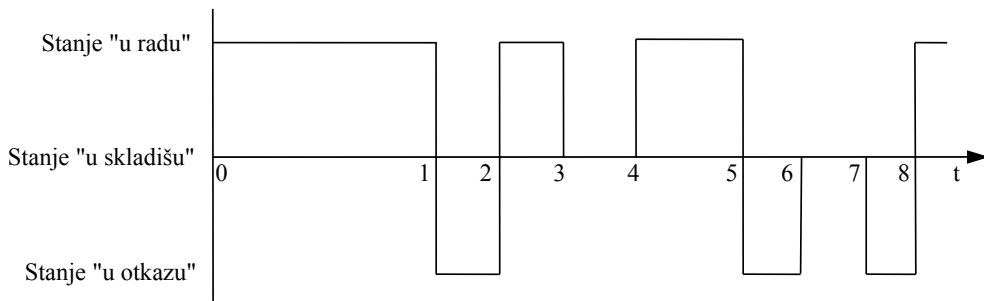
- Prva slučajna varijabla je vrijeme koje protekne do momenta kada se treba izvršiti operacija održavanja. Ona je određena konstrukcijom i izvedbom tehničkog sistema odnosno njegovom pouzdanošću.
- Druga slučajna varijabla je vrijeme koje je potrebno da se izvede operacija održavanja, tj. da se sistem iz stanja "u otkazu" vrati u stanje "u radu". Ona je određena kvalitetom sistema upravljanja održavanjem ali i pogodnošću za održavanje.

Raspodjelom vrijednosti ove dvije slučajne varijable tokom eksploatacije tehničkog sistema određen je proces rada kao i proces održavanja tehničkog sistema. Tako se dobije vremenska slika stanja tehničkog sistema na osnovu čega se analitičkim putem mogu donositi odluke za pojedine aktivnosti upravljanja održavanjem.

Pored stanja "u radu" i stanja "u otkazu" tehnički sistem se tokom eksploatacije može nalaziti i u sledećim karakterističnim stanjima:

- 1) *Stanje funkcionalnog zastoja* koje predstavlja stanje kada sistem ne radi zbog organizacionih ili drugih unutrašnjih uzroka u organizaciji.
- 2) *Stanje izazvanog zastoja* koje predstavlja stanje kada sistem ne radi zbog razloga izazvanih spoljnim uzrocima na koje organizacija pa i sistem održavanja nemaju uticaja
- 3) *Stanje u skladištu* kada se sistem odlaže u skladište ili "konzervira" na primjer u slučajevima tehničkih sistema koji se koriste sezonski (poljoprivredna mehanizacija, građevinske mašine i sl.) To usložnjava proces održavanja jer nije poznato dali je uskladišteni sistem ispravan ili je došlo do nastupanja stanja "u otkazu" tokom skladištenja.

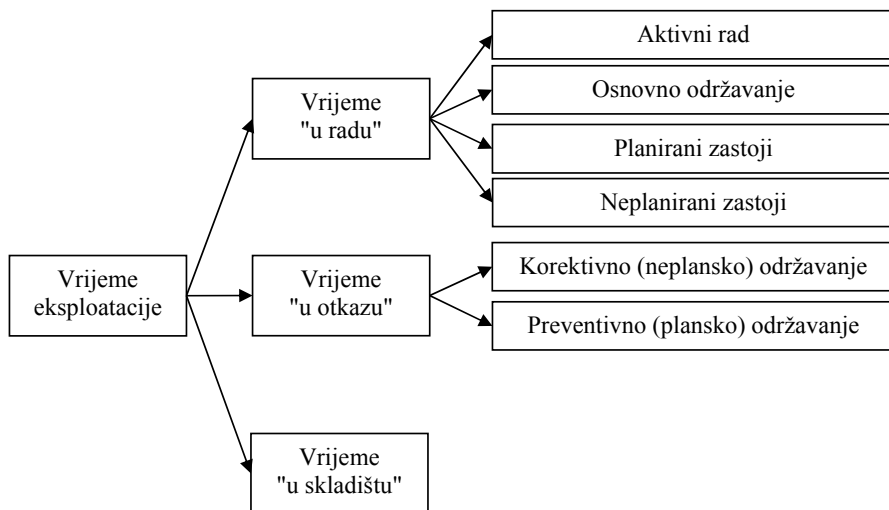
Ova tri stanja su značajna za proces održavanja zbog toga što se u tim periodima mogu izvoditi određene aktivnosti održavanja. Vremenska slika stanja sistema koji se održava predstavljena ja na Slici 2.



Slika 2. Vremenska slika stanja sistema koji se održava

U momentu 1 došlo je do otkaza koji je otklonjen do trenutka 2 da bi sistem bio uskladišten u trenutku 3 do trenutka 4. U momentu 5 sistem je u stanju otkaza koji se otklanja do momenta 6 ali se u momentu 7 utvrdilo da je sistem u stanju otkaza koji se otklanja do momenta 8. Svi navedeni vremenski intervali predstavljaju slučajne varijable pa cio proces eksploatacije i održavanja tehničkih sistema ima karakteristike slučajnog procesa.

Detaljnijom analizom ukupnog vremena eksploatacije tehničkog sistema dolazi se do strukture stanja tehničkog sistema kako je predstavljeno na Slici 3.



Slika 3. Detaljnija struktura stanja tehničkog sistema koji se eksploatiše

Periodi aktivnog rada sistema su vremenski intervali kada sistem produktivno radi.

Osnovno održavanje sastoji se od čišćenja, podmazivanja, snadbijevanja gorivom i mazivom, pranja i pregleda stanja.

Planirani (opravdani) zastoji se sastoje od vremena kada se operater nalazi na dnevnom odmoru, kada se vrši reglaža i podešavanje tehničkog sistema za rad i sl. Ovo su funkcionalni tehnički zastoji koji se mogu predvidjeti i planirati.

Zastoji se sastoje od vremena kada sistem ne radi a nalazi se u radnom procesu. Ova čekanja nastaju zbog raznih organizacionih slabosti kao što su nedolazak operatera ili njegovo kašnjenje, nedostatak posla zbog lošeg planiranja ili kašnjenja u lansiranju radnog nalog, prekidi u napajanju električnom energijom ili u snadbjevanju drugim energentima i sl. Ovi zastoji su neopravdani i ne mogu se predvidjeti, a neki mogu biti izazvani i višom silom.

Korektivno ili neplansko održavanje se može izvoditi kao korektivna zamjena (koja je uzrokovana otkazom za razliku od preventivne zamjene) i/ili drugim operacijama korektivnog održavanja, opravkama i sl. Cilj operacija ovog održavanja je da se sistem vrati u stanje "u radu" nakon otkaza.

Preventivno ili plansko održavanje može biti izvedeno kao preventivna zamjena određenih dijelova i/ili preduzimanje drugih operacija preventivnog održavanja kao što su podešavanja, popravke i sl. Ovo održavanje ima za cilj da spriječi pojavu otkaza i da održava određeni nivo pouzdanosti sistema. Odluke o tome kada će se izvršiti pojedine operacije održavanja donose se na osnovu (1) informacija o pouzdanosti pojedinih komponenti sistema ili (2) podataka (parametara) koji govore o stanju tih komponenti i stanju sistema kao cjeline. Prvi slučaj održavanja se naziva održavanje prema pouzdanosti i primjenjuje se ako se unaprijed može odrediti pouzdanost sistema. Ako to nije moguće onda se koristi drugi slučaj odnosno održavanje prema stanju.

Jednostavniji proces preventivnog održavanja je preventivno periodično održavanje. Operacije održavanja u ovom slučaju se vrše u fiksnim (planiranim) vremenskim intervalima a te operacije su najčešće operacije tehničkog opsluživanja kao što su periodične provjere i podešavanja, zamjena elemenata, periodični remont i sl. One se mogu vršiti i nakon određenih perioda rada sistema, pređenih kilometara, izvršene količine proizvodnje ili kao održavanje "u pogodnom trenutku". Prednosti ovog procesa u odnosu na održavanje prema stanju su u njegovoj jednostavnosti ali su nedostaci u tome što se zamjenjene komponente ne koriste do kraja njihovog vijeka trajanja. Na osnovu ovih faktora donosi se odluka o tome koji će se od ova dva procesa primjeniti u održavanju određenog sistema.

Kombinacijom ova dva procesa dobija se proces adaptivnog održavanja. On se sastoji u tome da se tokom operacija periodičnog održavanja utvrdi stanje komponenti i na osnovu toga utvrde novi rokovi za preventivne operacije održavanja.

### **3. ZAKLJUČAK**

Pojam održavanja dolazi uz svaki pojam proizvodnje određenih dobara. Tokom vremena i upotrebe dolazi do starenja materijala i sredstava za rad, smanjuje se tehnološka efikasnost, a dolazi i do evidentnog tehnološkog zastarijevanja.

Održavanje se definiše kao stalna kontrola nad svim sredstvima za rad, kao i vršenje određenih popravki i preventivnih radnji, čiji je cilj, stalno, funkcionalno osposobljavanje i čuvanje proizvodne opreme, postrojenja i drugih mašina i uređaja.

Značaj održavanja sredstava za rad u kompanijama je veliki. Ono direktno utiče na osnovne faktore proizvodnje i može vrlo povoljno uticati (ako se dobro sprovodi) na postizanje pozitivnih poslovnih rezultata. Dobro sprovedeno održavanje direktno utiče na smanjenje troškova proizvodnje i poslovanja. Zastoji usljed neispravnosti i nužnog vršenja remonta, narušavaju tehnološki proces proizvodnje, a isto tako utiču i na ekonomiku proizvodnje proporcionalno sa vremenom zastoja i sredstvima uloženim za otklanjanje kvarova. Zbog toga održavanje i remont zahtjeva pre svega racionalnu organizaciju održavanja i remonta i dobro opremljenu sredstvima i ljudima.

Organizacija remonta i tehničkog održavanja, da bi ispunjavala svoje zadatke, treba da bude uvijek usklađena sa mašinskim parkom o kome se brine, a to znači da treba biti podložna i čestim promjenama.

#### 4. LITERATURA

- [1] Adamović, Ž., Bešić, C.: Održavanje tehničkih sistema, Akademija inženjerstva održavanja Srbije, Društvo za tehničku dijagnostiku Srbije, Želid Beograd, Beograd, 2008.,
- [2] Brdarević, S.: Održavanje sredstava za rad, Univerzitet u Sarajevu – Mašinski fakultet u Zenici, Zenica, 1993.,
- [3] Bulatović, M.: Održavanje i efektivnost tehničkih sistema, Univerzitet Crne Gore – Mašinski fakultet u Podgorici, Podgorica, 2007.,
- [4] Gross, J.: Fundamentals of preventive maintenance, AMACON (American Management Association), 2002.,
- [5] Minić, S., Arsenić, Ž.: Modeli održavanja tehničkih sistema, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1998.,
- [6] Palmer, R.: Maintenance Planning and Scheduling Handbuk, McGraw-Hill eBook, 2006.,
- [7] Vasić, B. i drugi.: Održavanje tehničkih sistema, Istraživanje i projektovanje za privredu, Institut za istraživanja i projektovanja u privredi, Beograd, 2006.