

## ODRŽAVANJE I EFEKTIVNOSTI SISTEMA

### MAINTENANCE AND EFFECTIVENESS OF SYSTEMS

Mr Dušan Đurović  
AD „Mehanizacija i programat“ –  
Nikšić, Crna Gora

#### REZIME

*Održavanje sistema je multidisciplinarnan proces sa velikim brojem promjenljivih ulaznih veličina, među kojima posebno značajno mjesto zauzimaju ponašanje sistema u periodu njegovog rada ili njegove eksploatacije i struktura sistema na kojima počiva efektivnost sistema.*

*Ponašanje sistema manifestuje se jednostavnim ali fundamentalnim pokazateljima a to su vrijeme u radu i vrijeme u otkazu u funkciji čega su gotovost sistema i pouzdanost.*

*U ovom radu, uz rezultata istraživanja na određenom objektu, prikazana je međusobna zavisnost sistem – efektivnost sistema – održavanje, odnosno uticaj održavanja kao osnovne logistike efektivnosti sistema.*

**Ključne riječi:** sistem, efektivnost sistema, održavanje.

#### ABSTRACT

*System maintenance is multidisciplinary process with a large number of variable input parameter, among which the important place occupied by behavior of the system during its operation or its exploitation and structures underlying the effectiveness of system.*

*Behavior of the system is manifested in a simple but fundamental indicators and that the time at work and the time of failure in the function which the system readiness and reliability.*

*In this article, along with rezulteta research on a particular object, is shown in the correlation system - effectiveness of the system - maintenance, or the impact of maintenance as the primary logistics system effectiveness.*

**Key words:** system, the effectiveness of the system maintenance.

#### 1. STABILNOST SISTEMA – USLOV EFEKTIVNOSTI

Pojam s i s t e m koristi se u raznim primijenjenim, naučnim, tehničkim i drugim disciplinama, tako da se ne može dati jedinstvena definicija a da ne bude veoma uopštena.

Jedna od opštih definicija sistema je:

*Sistem je skup objekata sa relacijama između tih objekata i njihovih atributa.*

Stalan atribut sistema je *stabilnost sistema*.

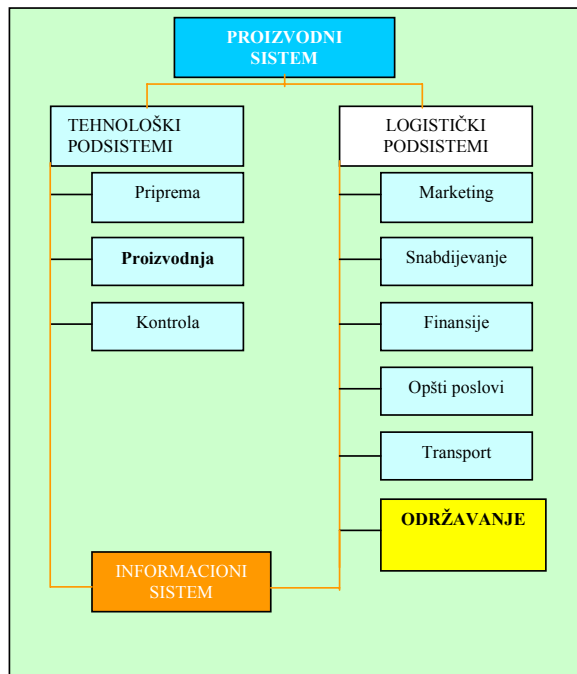
Ako se u svakom trenutku u potpunosti poznaje stanje sistema i ako primjena određene upravljačke akcije ili ulaza vodi ka promjenama sistema koje se mogu tačno predvidjeti, sistem je *deterministički* [4]. Kada deterministički sistem biva podvrgnut spoljnim uticajima stohastičkog karaktera, sistem postaje *stohastičan* [4].

Kod dinamičkih sistema sa upravljanjem, osnovni upravljački zadatak je da se obezbijedi da malom spoljnjem poremećaju odgovara malo odstupanje od ravnotežnog stanja. Tokom vremena, poslije poremećaja, sistem treba da se vrati u ravnotežno stanje[3].

Ako ravnotežno stanje ima pomenute osobine, naziva se *stabilno* ili *asimptotski stabilno*, a sistem se naziva stabilan ili asimptotski stabilan.

Iz brojnih definicija za proizvodno-tehnički sistem, izdvojena je, uz malu modifikaciju, sljedeća:

Proizvodno-tehnički sistem predstavlja skup podsistema koji djeluju, posredno ili neposredno, na predmet rada od ulaska u sistem, u obliku sirovine ili polufabrikata, do izlaska u obliku, za taj sistem, gotovog proizvoda (sl.1):



Slika 1. Osnovna šema proizvodnog sistema

## 2. OTKAZ – ATAK NA STABILNOST SISTEMA

Poremećaji u radu sistema i mogućnost pojave otkaza nastaju zbog promjena početnih svojstava materijala dijelova od kojih je sistem izgrađen.

Pod *otkazom* se podrazumijeva događaj koji nastaje u trenutku kada vrijednosti funkcionalnih parametara stanja sistema ili elemenata sistema izlaze izvan dozvoljenih, unaprijed određenih granica.

Uzroci slabljenja i umanjivanja radnih karakteristika sistema nalaze se u fizičko-hemijskim promjenama, koje se odvijaju po određenim zakonima vjerovatnoće.

Proces nastanka otkaza predstavlja kinetički proces u nekom vremenu, čiji unutrašnji mehanizam i brzina zavise od svojstava materijala, opterećenja, režima rada, temperature i niza drugih faktora.

Na proces slabljenja istovremeno djeluje više faktora, pojedinačno i u interakciji: vrsta materijala, mjesto odvijanja, vid energije, unutrašnji mehanizmi fizičko-hemijskih procesa (starenje, trošenje, korozija, zamor, puzavost), uslovi i način eksploatacije i održavanja [1].

### 3. ODRŽAVANJE –UTICAJ NA SISTEM I OKOLINU

Održavanje u funkciji rezultata procesa pojavlju se u više uloga pri čemu se miljenja i logistički značaj ove funkcije:

**Održavanje kao osnovna proizvodna djelatnost preduzeća.** Tada proces održavanje predstavlja osnovnu proizvodnu djelatnost preduzeća sa aspekta pružanja usluga trećim licima i ima fundamentalnu odgovornost iz oblasti sigurnosti i zdravlja kako prema svim radnicima sopstvene organizacije tako i prema korisnicima proizvoda.

**Održavanje kao logistika proizvodne djelatnosti preduzeća.** Tada proces održavanje predstavlja osnovnu logistiku proizvodne djelatnosti i za rezultat ima obezbjeđenje procesa proizvodnje i odgovorno je neposredno kako za sigurnost i zdravlje svojih zaposlenih tako i korisnike sredstava koji su predmet njegovih aktivnosti.

**Održavanje kao elementarna usluga.** Tada funkcija održavanja ima svoj elementarni uslužni zadatak (obrazovanje ili obuka, odnosi sa javnošću, konsalting usluge, usluge zanatskog karaktera itd.) tj. održavanje se pojavljuje kao serviser i preuzima odgovornost proizvođača u procesu eksploatacije proizvoda a to znači i odgovornost za sigurnost i zdravlje korisnika tih proizvoda.

Korisnik teži da odgovarajućim aktivnostima održi radnu sposobnost sistema što je moguće duže. Tako se došlo do pojma **održavanja** sistema i njegovih djelova.

Od intervencija koje su se svodile na "*čekanje na otkaz*" održavanje se razvilo u multidisciplinarnu djelatnost sa mnoštvom primijenjenih naučnih sadržaja u procesu ispunjenja svoje funkcije cilja.

Održavanje se može definisati kao "*funkcija, čija je nadležnost konstantan nadzor nad postrojenjima i vršenje određenih popravki i revizija, čime se omogućava stalna funkcionalna sposobnost i očuvanje proizvodnih i pomoćnih postrojenja i opreme*".

Osnovni ciljevi funkcije održavanja su (sl.7):

a) *Tehničko tehnološki ciljevi* koji obuhvataju :

- održavanje i povišenje radne sposobnosti do potrebnog nivoa efektivnosti sistema,
- ostvarivanje dužeg radnog vijeka mašina u ekonomskim granicama troškova,
- poboljšanje procesa proizvodnje i proizvoda zadovoljenjem standarda sistema kvaliteta,
- povećanje proizvodne sposobnosti sistema u cjelini,
- usavršavanje mašina i opreme inovativnim zahvatima.

b) *Ekonomski ciljevi*:

- racionalno korišćenje mašina, opreme i resursa (rezervni dijelovi, materijali, alati i pribori, sirovine, ljudski potencijali i dr.),
- ulaganje u održavanje u funkciji rentabilnosti, produktivnosti i ekonomičnosti,

c) *Sociološki ciljevi*:

- očuvanje i povišenje psihološke stabilnosti radnika povišenjem bezbjednosti rada sistema,
- motivisanost za rad u pouzdanim sistemima,
- racionalno korišćenje ljudskih kapaciteta,
- ekološki faktor u cilju zaštite čovjekove okoline itd.

#### 4. EFEKTIVNOST – MJERA USPJEŠNOSTI SISTEMA I ODRŽAVANJA

Za ostvarivanje funkcije kriterijuma u određenom vremenu i određenim uslovima okoline sistem mora imati sposobnost :

-da stupi u dještvo i ostvari očekivane izlazne veličine u minimalnom vremenu trajanja i datim uslovima okoline- **gotovost sistema G(t)**,

$$OG(t) = \frac{\sum_{i=1}^n t_{ri}}{\sum_{i=1}^n t_{ri} + \sum_{j=1}^m t_{oj}} = \frac{Tr}{Tr + To} \quad (1)$$

-da obavi rad u granicama dozvoljenih odstupanja u očekivanom vremenu trajanja i datim uslovima okoline - **pouzdanost sistema R(t)**,

$$R(t) = \frac{n - N}{n} \quad (2)$$

-da se prilagođava poremećajima u procesu rada - **funkcionalna podobnost FP**.

Sinteza pomenutih karakteristika je *efektivnost*, kao vjerovatnoća da će sistem po stupanju u dještvo uspješno vršiti funkciju kriterijuma i prilagoditi se uslovima (korišćenje i održavanje) u predviđenom vremenu rada, čiji je matematički oblik:

$$Es(t) = G(t) \cdot R(t) \cdot FP, \quad 0 < E < 1 \quad (4)$$

Za sisteme kod kojih nema vremenskih resursa za otkaze i njihovo otklanjanje, svi činioci efektivnosti su u visokoj funkcionalnoj zavisnosti od složenosti strukture sistema. Povećanjem broja podsistema i djelova u sistemu, tj. povećanjem složenosti sistema povećava se mogućnost otkaza. Ukoliko je ugrađen samo tehnološki minimum, takođe se povećava mogućnost otkaza.

#### 5. ISTRAŽIVANJE

##### 5.1. Objekat istraživanja

Objekat istraživanja je preduzeće AD "Mehanizacija i programat" – Nikšić, koje spada u klasu srednjih građevinskih preduzeća sposobnih za izvršenje kompleksnih građevinskih radova niskogradnje - saobraćajnice i prateći objekti i proizvodnju građevinskog materijala i betonske galanterije. To znači da posjeduje veoma raznovrsnu i brojnu opremu (građevinska i transportna mehanizacija, vozila, kapaciteti održavanja, logistika oprema i inventar) sa značajnim performansama.

##### 5.2. Problem i cilj istraživanja

Posmatranjem i analizom uticaja održavanja na proizvodni proces dolazi se do saznanja da postojeći koncepti i metode organizovanja i realizacije održavanja nisu dovoljni da obezbijede potrebnu raspoloživost građevinske mehanizacije u radu, što se odražava kroz smanjenu efektivnost sistema.

Osnovni uzroci uočnih problema su višestruki pri čemu se posebno ističe:

- nedostatak znanja da se na optimalan način postavi koncept, metode i tehnologiju održavanja,
- problem određivanja tačke rentabilnosti i ekonomičnosti eksploatacije i održavanja,

- nepoznavanja savremenih tehnoloških metoda i opreme (tehnička dijagnostika),
- nedostatak sistematskog praćenja stanja sistema u procesu održavanja i eksploatacije,
- nedostatak primjene informatičkih alata (hardvera i softvera) u složenom procesu održavanja.

### 5.3. Istraživanje

#### 5.3.1 Drobilica čeljusna mobilna

##### 5.3.1.1 Karta otkaza sa proračunom operativne gotovosti i koeficijenta gotovosti

LOGOTIP		KARTA OTKAZA							Str.
		Organizaciona jedinica: Mehanizacija i programat Pogon: Mehanizacija Mašina-uređaj: Mobilna čeljusna drobilica extec C12+ Period praćenja: 18.09.2008 – 16.02.2010							Broj str.
R. br	Stanje u otkazu				Uzrok i vrsta zastoja - otkaza	Vrijeme otklanjanja otkaza $T_{ot}(č)$	Gotovost		Napomena
	Datum	Od (č)	Do (č)	Svega Tz (č)			$G_i(t)$	$G_o(t)$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2008 god.									
1.	18.09.08.	9	12.3	3.5	Redovan servis na 250 sati	2			
2.	26.09.08.	7	8	1	Punjenje rezervoara za centralno podmazivanje - 12 patrona	0.5			
3.	18.11.08.	7	7.3	0.5	Dopunjavanje rezervoara za centralno podmazivanje -4 patrona	0,25			
4.	24.11.08.	8	15	7	Čišćenje sistema hidraulike i kontrola mašina	6			
5.	01.12.08.	7	10	3	Redovan servis na 250 sati	2			
6.	08.12.08.	7	7.3	0.5	Dopunjavanje rezervoara za centralno podmazivanje -5 patrona	0,25			
7.	27.12.08..	7	7.3	0.5	Dopunjavanje rezervoara za centralno podmazivanje -4 patrona	1/4			
8.	29.12.08.	14	15	1	Dopunjavanje rezervoara za centralno podmazivanje -12 patrona	0,5			
I.	Ukupno zastoja			$T_z = 18$		$T_{oo} = 11,5$			
	Broj radnih časova			$Trč = 1007$	Operativna gotovost u funkciji zastoja $OGtz1 = Trč / (Trč + Tz)$		$OGtz1 = 0,982$		
					Operativna gotovost u funkciji otklanja otkaza $OGoo1 = Trč / (Trč + T_{oo})$			$OGoo1 = 0,91$	
I – VI. 2009 god.									
VII-XII 2009 god.									
III	Ukupno zastoja			$T_z = 97,5$		$T_{oo} = 62,75$			
	Broj radnih časova			$Trč = 2460$	Operativna gotovost u funkciji zastoja $OGtz3 = Trč / (Trč + Tz)$		$OGtz3 = 0,969$		

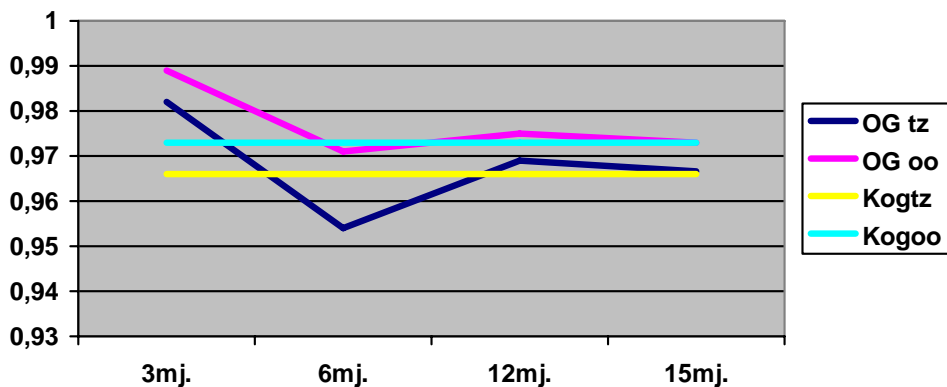
					Operativna gotovost u funkciji otklanja otkaza $OG_{003} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + T_{oo})$			$OG_{003} = 0,975$	
I – VI 2010 god.									
IV	Ukupno zastoja			$Tz = 104,5$			$T_{oo} = 75$		
	Broj radnih časova			$Tr\check{c} = 2750$	Operativna gotovost u funkciji zastoja $OG_{tz4} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + Tz)$			$OG_{tz4} = 9,666$	
					Operativna gotovost u funkciji otklanja otkaza $OG_{004} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + T_{oo})$			$OG_{004} = 0,973$	
UKUPNA OPERATIVAN GOTOVOST – KOEFIČIJENT OPERATIVNE GOTOVOSTI									
	Ukupno zastoja			$Tz = 104,5$			$T_{oo} = 75$		
	Broj radnih časova			$Tr\check{c} = 2750$	Operativna gotovost u funkciji zastoja $OG_{tz} = Kog_{tz} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + Tz)$			$OG_{tz} = KG = 0,962$	
					Operativna gotovost u funkciji zastoja $OG_{00} = Kog_{00} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + T_{oo})$			$OG_{00} = KG = 0,975$	

## 6. ANALIZA ISTRAŽIVANJA

### 6.1 Analizira rezultate istraživanja operativne gotovosti

Operativna gotovost u funkciji broja radnih sati  $Tr\check{c}$  i zastoja  $Tz$ :  $OG_{tz} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + Tz)$   
 Operativna gotovost u funkciji broja radnih sati  $Tr\check{c}$  i otkaza  $T_{oo}$ :  $OG_{00} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + T_{oo})$   
 Koeficijent o.g. u funkciji broja radnih sati  $Tr\check{c}$  i zastoja  $Tz$ :  $Kog_{tz} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + Tz)$   
 Koeficijent o.g. u funkciji broja radnih sati  $Tr\check{c}$  i otkaza  $T_{oo}$ :  $Kog_{00} = Tr\check{c} / (Tr\check{c} + T_{oo})$

#### 6.1.1 Analiza operativne gotovosti čeljusne drobilice mobilne (sl.2)



Slika 2.

Kretanje vrijednosti operativne gotovosti sistema pokazuje očekivani pad poslije puštanja u rad sistema poslije početnih otkaza, a zatim ekspanzivno ponašanje u zoni slučajnih otkaza, što znači da je reaganje održavanja bilo zadovoljavajuće.

Razlika između Kogtz i Kogoo od 0,013 ili 1,3% pokazuje da organizaciono vrijeme zastoja u odnosu na vrijeme opravke minimalno, odnosno da je organizacija popravke bila efikasna.

## 7. ZAKLJUČCI

- Održavanje sistema je multidisciplinarni proces sa velikim brojem promjenljivih, koji karakterišu ponašanje sistema u periodu njegovog rada ili eksploatacije.
- Ponašanje sistema manifestuje se jednostavnim ali fundamentalnim pokazateljima a to su vrijeme u radu i vrijeme u otkazu u funkciji čega su gotovost sistema i pouzdanost.
- Otkaz je posljedica slabljenja i umanjivanja radnih karakteristika sistema koje se odvijaju po određenim zakonima vjerovatnoće i predstavlja kinetički proces u nekom vremenu, čiji unutrašnji mehanizam i brzina zavise od svojstava materijala, opterećenja, režima rada, temperature i niza drugih faktora.
- Istraživanja sprovedena na objektu istraživanja pokazuju visok stepen gotovosti opreme (transportnih sredstava i mehanizacije), što znači dobru uspješnost održavanja sa aspekta vremena u radu i otkazu.

## 8. LITERATURA

- [1] Bulatović, M. Efektivnost i održavanje proizvodnih sistema, Monografija, Mašinski fakultet, Podgorica, 2008.
- [2] Đurović, D, Održavanje u funkciji vremenske slike stanja i strukture sistema, Seminarski rad na doktorskim studijama, Mašinski fakultet, Podgorica, 2010.
- [3] Guberinić, S., Upravljanje sistemima, Sistemske discipline, Tehnike i metode, Beograd, 1970.
- [4] Milačić, V., Proizvodni sistemi II, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 1982 god.
- [5] Tehnička dokumentacija preduzeća AD „Mehanizacija i programat” – Nikšić.

