

## ANALIZA MOGUĆNOSTI PRIMENE MODELA ODRŽAVANJA PREMA STANJU NA PRIMERU TENKOVSKOG NAORUŽANJA

Igor J. Epler  
Univerzitet odbrane u Beogradu, Vojna akademija,  
Katedra logistike, Beograd

DOI: 10.5937/vojtehg61-2018

OBLAST: mašinsko inženjerstvo (organizacija,  
ekonomika i menadžment u mašinstvu)  
VRSTA ČLANKA: stručni članak

### Sažetak:

*Za svaku savremenu armiju veoma je bitno da se kontinuirano održava visok stepen operativne (borbene) gotovosti (raspoloživosti), kako bi se povećala efektivnost upotrebe tehničkih sistema. Održavanje tehničkih sistema je značajno i sa ekonomskog stanovišta, imajući u vidu da se znatna novčana sredstva troše na održavanje tehničkih sistema. Postoje indicije da postojeći sistem održavanja sistema tenkovskog naoružanja u Vojski Srbije može da se usavrši. Pošto je utvrđivanje i predviđanje tehničkog stanja i samog otkaza kod tehničkih sistema u mašinstvu, a pogotovo kod sredstava naoružanja, otežano zbog nemogućnosti kontinuiranog praćenja stanja adekvatnom mernom opremom, potrebno je razmišljati o modelu održavanja koji bi najviše pomogao u pravovremenom preduzimanju akcija održavanja. Formiranje modela predstavlja izvestan problem, jer je dokumentacija koja prati promene na tehničkom sistemu u procesu održavanja orijentisana prema događaju, a ne prema projektovanju tehnoloških procesa.*

*U ovom radu predmet istraživanja jeste model održavanja sistema naoružanja na tenku M-84. Prikupljanjem i obradom podataka iz realne jedinice za održavanje tenkovskog naoružanja u određenom intervalu, uočena je mogućnost primene modela održavanja prema stanju,*

*sa praćenjem nivoa pouzdanosti, koji se zasniva na statističkom praćenju karaktera promene pouzdanosti sastavnog dela ili sklopa u nekom vremenu eksploatacije. Implementacijom predloženih mera u postojeći model održavanja odgodio bi se trenutak pojave otkaza, koji bi možda izazvao veći zastoj u radu tehničkog sistema, a samim tim se borbena gotovost tenkovske jedinice drži na zadatom nivou.*

*Ključne reči: tenkovsko naoružanje; dijagnostika; sastavni deo; tehnički sistem; održavanje prema stanju; model.*

## Uvod

Sistemi naoružanja predstavljaju tehničke sisteme (TS). Tehnički sistem se u svom životnom ciklusu može naći u mnogo stanja, među kojima su osnovna – stanje u radu i stanje u otkazu. Koliko vremena će TS provesti u otkazu zavisi od niza faktora koji se definišu u projektovanju i razvoju TS i njegovoj proizvodnji, ali zavisi i od aktivnosti u sistemu održavanja, koje se preduzimaju na TS u toku eksploatacije. U tom sistemu veoma je bitna koncepcija održavanja TS, zatim organizaciona struktura sistema održavanja TS, organizacioni postupci koji se preduzimaju u procesu održavanja i organizaciona sredstva.

Za svaku savremenu armiju veoma je bitno da se kontinuirano održava visok stepen operativne (borbene) gotovosti (raspoloživosti), kako bi se povećala efektivnost upotrebe TS. To je moguće ostvariti samo dobrom organizacijom i tehnologijom održavanja. Održavanje TS je značajno i sa ekonomskog stanovišta, imajući u vidu da se znatna novčana sredstva troše na održavanje TS. Teoretski, za održavanje se kaže da predstavlja jedan od izvora snabdevanja iz domena osnovnih sredstava.

Postoje indicije da postojeći sistem održavanja sistema naoružanja može da se usavrši. Pošto je utvrđivanje i predviđanje tehničkog stanja i samog otkaza kod TS u mašinstvu, a pogotovo kod sredstava naoružanja otežano, zbog nemogućnosti kontinuiranog praćenja stanja adekvatnom mernom opremom, potrebno je razmišljati o modelu održavanja koji bi najviše pomogao u pravovremenom preduzimanju akcija održavanja. Formiranje modela predstavlja izvestan problem, jer je dokumentacija koja prati promene na TS u procesu održavanja orijentisana prema događaju, a ne prema projektovanju tehnoloških procesa.

Predmet istraživanja u ovom radu jeste model održavanja sistema naoružanja na tenku M-84 (Tehnička uprava, 1971, 1984, 1988, 1991, 1995).

Tenk M-84 predstavlja jedno od najperspektivnijih TS u Vojsci Srbije. Odlikuje se dobrim taktičko-tehničkim karakteristikama, a njegova primena i modifikacije predviđaju se u narednih desetak godina. Na tenku se nalazi snažan top kalibra 125 mm, spregnuti mitraljez kalibra 7,62 mm i protivavionski mitraljez kalibra 12,7 mm. Tenk poseduje automatski pu-

njač i sistem za upravljanje vatrom koji omogućava brzo praćenje cilja i stabilizaciju topovske cevi, što je preduslov za pravovremen i povoljan efekat tenkovskog naoružanja na cilju.

U postojećem modelu održavanja tenkovskog naoružanja postoje i određene nedorečenosti.

Na primeru streljačkog naoružanja na tenku M-84 uočena je mogućnost primene modela održavanja prema stanju, sa praćenjem nivoa pouzdanosti, koji se zasniva na statističkom praćenju karaktera promene pouzdanosti sastavnog dela (SD) ili sklopa u nekom vremenu eksploatacije. Čim intenzitet otkaza počne da raste, odnosno pouzdanost SD ili sklopa počne da pada, preduzima se preventivna zamena SD ili sklopa. Na taj način odgađa se trenutak pojave otkaza, koji će izazvati veći zastoje u radu, a borbena gotovost se održava na potrebnom nivou.

## Tehnička dijagnostika

Tehnička dijagnostika, kao sastavni deo procesa održavanja prema stanju, treba da utvrdi tehničko stanje SD ili TS sa određenom tačnošću, u određenom trenutku.

Razvijanje sistema utvrđivanja tehničkog stanja SD ili TS podrazumeva (Petković, Kokanović, Ćirović, 1988):

- utvrditi zakonitosti promene parametara stanja TS i njegove pogodnosti za kontrolu,
- izabrati dijagnostičke parametre,
- odrediti karakteristike promene dijagnostičkih parametara i veza sa parametrima stanja TS,
- utvrditi normative značenja dijagnostičkih parametara,
- utvrditi mogućnosti postavljanja dijagnoze,
- izabrati i tehničko-ekonomski obrazložiti odgovarajuće metode i merna sredstva,
- odrediti optimalnu proceduru ili algoritam dijagnostike, odnosno utvrditi tehničko stanje.

Ocena tehničkog stanja svakog SD ili TS  $\varepsilon(t)$  može se odrediti dijagnostičkim parametrima  $\rho(t)$ , odnosno može se napisati:

$$\varepsilon(t) = f(\rho)$$

Da bi parametar izlaznog procesa mogao postati „parametar dijagnostike“, tj. da se može primeniti kod dijagnostike, on mora zadovoljiti određene zahteve:

- jednoznačnost,
- širinu polja primene,
- dostupnost merenja parametara.

## Strategije održavanja

Strategija održavanja je unapred definisan način i postupak kojim se može postići cilj sistema održavanja. Ona se definiše kako za delove TS, pojedinačni TS, tako i za sistem održavanja (SOD) kao celinu (Stanojević, 1997).

Osnovne strategije održavanja u primeni danas su:

- korektivno održavanje,
- preventivno održavanje,
- kombinovano održavanje.

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

*Preventivno održavanje* predstavlja skup postupaka održavanja koji se preduzimaju pre otkaza TS radi sprečavanja njegovog nastanka zbog narušavanja eksploatacionih karakteristika ili starenja delova.

Održavanje prema stanju je oblik preventivnog održavanja kod kojeg je donošenje odluke o intervencijama održavanja zasnovano na periodičnoj ili neprekidnoj kontroli tehničkog stanja i pouzdanosti SD i TS u procesu eksploatacije. Prema rezultatima kontrole donose se odluke o neophodnom roku i obimu planskih aktivnosti održavanja (Adamović, 1986), (Turk, 1989).

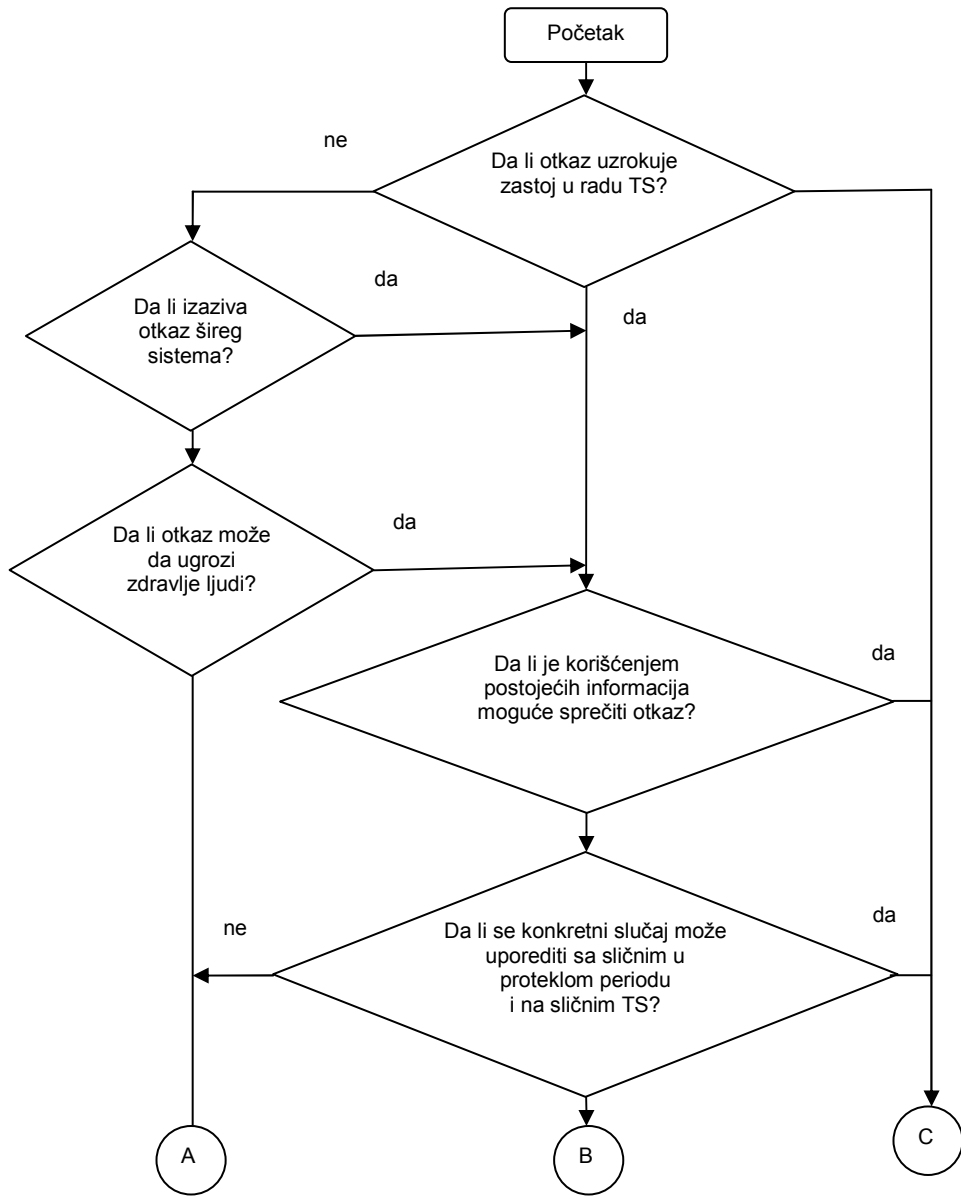
Održavanje prema stanju nastalo je kao posledica tehničko-tehnološkog razvoja opreme i metoda za tehničku dijagnostiku.

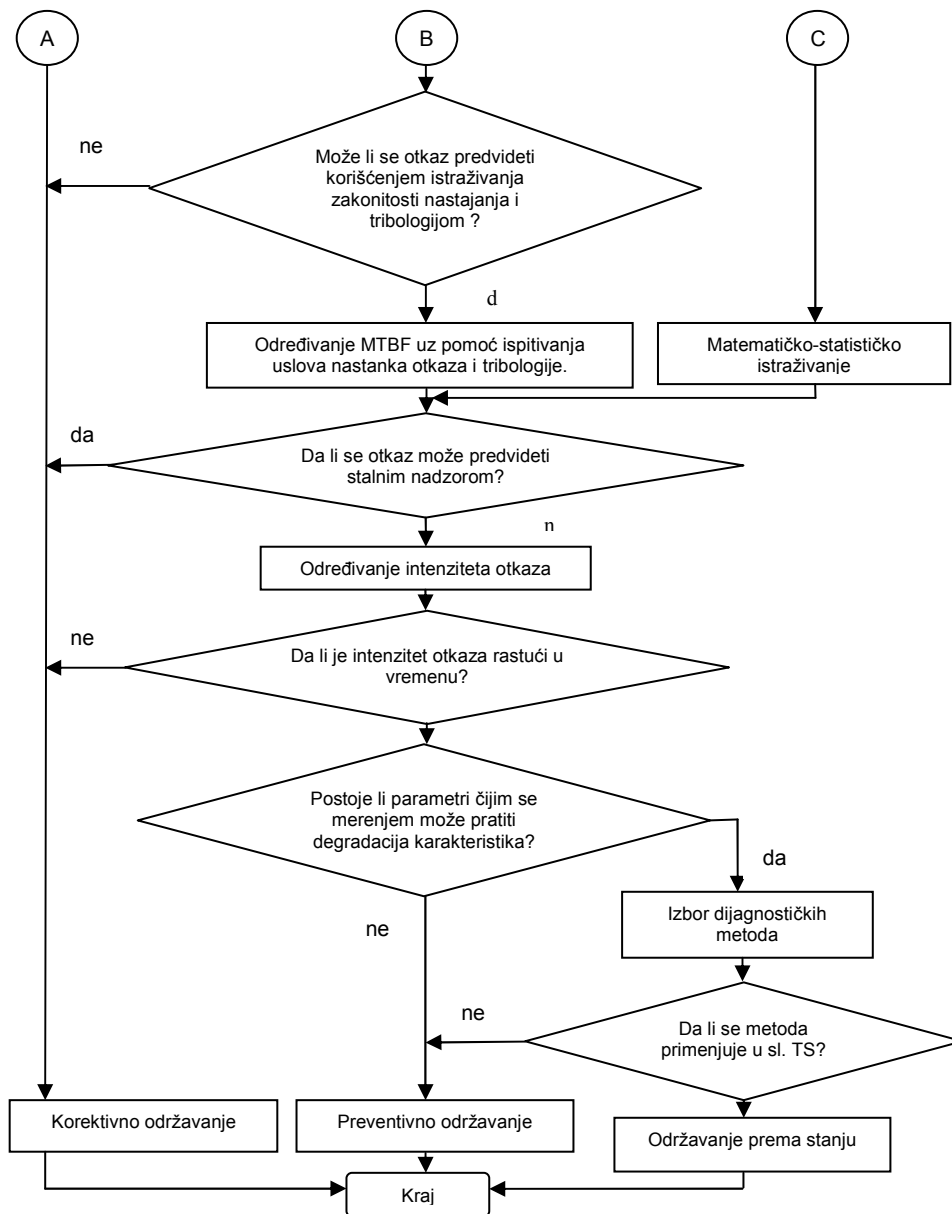
Primena strategije održavanja prema stanju može bitno umanjiti troškove održavanja preko potpunog korišćenja „rezerve pouzdanosti“ i trebalo bi je primenjivati gde god je to moguće.

Politika preventivnog održavanja podrazumeva sledeće oblike: preventivne zamene po vremenskom resursu; preventivno održavanje prema stanju kao dijagnostički proces koji omogućava određivanje tehničkog stanja SD i TS i ima za cilj da obezbedi izvođenje akcija održavanja isključivo na osnovu stvarnog tehničkog stanja SD i TS, kako bi se što više iskoristila njegova „rezerva pouzdanosti“; preventivna kontrola po vremenskom resursu i zamena sastavnih delova SD, zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja; preventivna zamena po eksploatacionom resursu, bez obzira na stanje sastavnih delova; preventivna kontrola po eksploatacionom resursu i zamena SD zavisno od njihovog stanja i prognoze tog stanja.

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

Na slici 1 (Stanojević, 1997) prikazan je algoritam izbora strategija održavanja, koji može poslužiti u analizi mogućnosti primene modela održavanja prema stanju, na primeru tenkovskog naoružanja.





Slika 1 – Algoritam izbora strategije održavanja tehničkih sistema  
 Figure 1 – Algorithm of the strategy selection in the maintenance of technical systems

Ovaj algoritam omogućava permanentnu adaptaciju strategije održavanja TS.

## Neki razvijeni modeli održavanja prema stanju

Modeli održavanja prema stanju mogu se svrstati u dve grupe i to kao:

- modeli trenutne promene tehničkog stanja (uz primenu inspekcije stanja),

- modeli promene tehničkog stanja (uz primenu dijagnostike stanja).

*Inspekcija*, kao proces utvrđivanja tehničkog stanja TS, ima zadatak da ustanovi u kojem se od dva stanja (stanje „u radu“ i stanje „u otkazu“) nalazi TS u trenutku korišćenja.

*Dijagnostika*, kao proces utvrđivanja tehničkog stanja TS ima zadatak da merenjem parametara tehničkog stanja kvantitativno definiše stanje TS i na taj način utvrdi u kojoj se fazi TS nalazi između dva ekstremna stanja. Ovako dobijeni rezultati koriste se za predviđanje ponašanja stanja TS u budućnosti.

Inspekcija samo konstatuje stanje TS, a dijagnostika ga potpuno definiše.

U literaturi postoji više razvijenih modela održavanja prema stanju. Neki od njih su:

- model Barlowa-Prochana-Huntera, koji danas ima široku primenu u industriji,

- model Baldina, koji je pogodan za razmatranje slučajnih otkaza i otkaza usled trošenja SD tehničkog sistema,

- model za slučajne otkaze, koji se zasniva na pretpostavci da je vreme između dijagnostičkih kontrola konstanta,

- model za pozne otkaze, čiji intervali između dijagnostičkih kontrola, u principu, nisu konstantni.

## Novi modeli održavanja prema stanju

Modeli održavanja prema stanju, o kojima je do sada bilo reči, uglavnom su prilagođeni za široku primenu u industriji, na TS gde je intenzitet eksploatacije, SD i samog TS visok. Pored toga, za njihovu primenu potrebno je koristiti istraživanja zakonitosti nastajanja otkaza SD i tribologije. Svaki od njih zasniva se na određenim pretpostavkama, koje im sužavaju polje primene. Na primeru naoružanja na tenku M-84 nisu našli svoju primenu, jer se o zakonitostima nastajanja otkaza SD tenkovskog naoružanja vrlo malo zna, a sam proces dobijanja funkcionalne zavisnosti između intenziteta promene parametara tehničkog stanja do pojave otkaza i perioda rada tenkovskog naoružanja je skup. Na primeru tenkovskog topa i tenkovskog mitraljeza 7,62 mm uočena je mogućnost primene modela održavanja prema stanju koji su u literaturi (Adamović, 1986) svrstani u nove modele održavanja prema stanju.

U nove modele održavanja prema stanju ubrajamo:

- model održavanja prema stanju sa kontrolom parametara,

- model održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti.

## *Model održavanja prema stanju sa kontrolom parametara*

Model održavanja prema stanju sa kontrolom parametara može biti sa:

- periodičnim dijagnostičkim kontrolama („po konstantnom datum“),
- ekonomskim postavljanjem intervala dijagnostičkih kontrola,
- kontrolom gotovosti, uz praćenje parametara,
- kontinualnim dijagnostičkim kontrolama.

„Konstantni datum“ podrazumeva unapred određen period kada se vrše dijagnostičke kontrole. Prilikom svake dijagnostičke kontrole tehničkog stanja treba obavezno odlučiti da li je SD tehničkog sistema za ponovnu ugradnju, za opravku ili mora biti izbačen iz dalje upotrebe. Iz toga sledi da za SD tehničkog sistema, koji se mogu održavati, treba da postoji više karakterističnih vrednosti parametara stanja TS.

Poznavanje maksimalno dozvoljene granične vrednosti parametara stanja ( $\varepsilon_2$ ) jedan je od preduslova za kvalitetno i ekonomično izvođenje aktivnosti održavanja, a takođe i preduslov za primenu održavanja prema stanju sa kontrolom parametara. Druga karakteristična vrednost je pretkritična (predotkazna) vrednost stanja ( $\varepsilon_1$ ).

Održavanje prema stanju sa kontrolom parametara ima plansko-predupredni karakter. Određuju se i planiraju periodičnost i obim radova za tehničku dijagnostiku, dok se predupredni karakter obezbeđuje stalnom kontrolom tehničkog stanja TS, radi otkrivanja predotkaznog stanja ( $\varepsilon_1$ ) i maksimalno dozvoljenog graničnog stanja.

Otkaz TS nastaje onog trenutka kada parametar stanja TS dostigne maksimalno dozvoljenu graničnu vrednost.

Ako parametar stanja dostigne vrednost  $\varepsilon_1$ , to znači da treba izvršiti neke aktivnosti održavanja, kako bi se izbegao otkaz TS (zamenu ili opravku SD tehničkog sistema vršiti u momentu dijagnostičke kontrole kod  $\varepsilon \geq \varepsilon_1$ ). Ako je  $\varepsilon > \varepsilon_2$  TS se nalazi u neispravnom stanju, pa proces eksploatacije mora biti prekinut ili će se i dalje izvoditi pod posebnom kontrolom.

Važno mesto u sistemu dijagnostike TS zauzima dijagnostička kontrola „kritičnih parametara“. Radi toga se za svaki SD i TS izrađuje posebna tabela koja mora da sadrži:

- kontrolisane tehničke parametre,
- instrumente i metode za dijagnostiku stanja i dr.

Izbor parametara dijagnostičke kontrole tehničkog stanja i traženje otkaza svakog SD i TS vrši se na osnovu:

- izučavanja njihovih funkcija, načina i uslova rada,
- analiza nivoa njihovog funkcionisanja,
- sastavljanja logičkih šema uzročno-zavisnih veza parametara i faktora koji utiču na radnu sposobnost TS,
- analize otkaza i dr.



Izabrani parametri tehničkog stanja treba u potpunosti da definišu stanje SD i TS. Pri izboru parametara treba voditi računa da njihov broj bude najmanji mogući (najpovoljnije je imati jedan, dva ili tri parametra).

Jedna od bitnih karakteristika TS sa monotonom promenom tehničkog stanja jeste da se za nju može odrediti funkcionalna zavisnost između intenziteta promene parametara tehničkog stanja i perioda rada, tj.  $\varepsilon = f(t)$ , gde su:

- $\varepsilon$  – intenzitet promene parametara stanja SD i TS,
- $t$  – vreme korišćenja SD i TS.

Na osnovu iznetog, može se formirati model održavanja prema stanju sa kontrolom parametara, koji predviđa primenu metoda za definisanje:

- zakonitosti promene tehničkog stanja (ocena stanja u datom trenutku),
- sistema anticipacije stanja (dobijanje predstave o tehničkom stanju u budućnosti ili prognoziranje „rezerve upotrebljivosti“).

Model održavanja prema stanju sa kontrolom parametara ne predviđa diskretan proces prelaza SD i TS iz stanja u stanje.

### *Model održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti*

Sušтина modela održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti jeste da se SD i TS koriste bez ograničenja međuremontnog resursa, uz izvršenje neophodnih aktivnosti održavanja pri otklanjanju nastalih otkaza, dok se stvarni nivo pouzdanosti nalazi u granicama utvrđenih (dozvoljenih) normi. Ako dođe do odstupanja tih normi, obavlja se analiza uzroka odstupanja i preduzimaju se mere za povišenje nivoa pouzdanosti pojedinih SD i TS (Adamović, 1986).

Kod ovog modela održavanja, kao kriterijum tehničkog stanja, usvaja se nivo pouzdanosti, koji se izražava pokazateljima pouzdanosti. Takav pokazatelj mora posedovati maksimum informacija o tehničkom stanju sistema, mora biti pogodan za obavljanje uporedne analize, a isto tako mora biti kritičan prema promenama tehničke eksploatacije sistema u celini. Tim zahtevima najpotpunije može odgovoriti kretanje intenziteta otkaza  $\lambda(t)$ .

Posebno mesto kod ovog modela održavanja zauzima izbor dozvoljenog nivoa pouzdanosti  $R_d$ , koji se utvrđuje za svaki SD i TS, uz analizu troškova održavanja. Za početak primene održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti moguće je utvrđivanje dozvoljenog nivoa pouzdanosti na osnovu iskustva u eksploataciji TS u prethodnih 3 do 5 godina. Tako se može preporučiti primena periodičnosti kontrole: dnevna, nedeljna, mesečna, kvartalna i godišnja, u zavisnosti od vrste i uloge TS.

Primena održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti, koje se zasniva na obradi statističkih podataka u toku celog perioda eksploatacije, pretpostavlja široku primenu računara. Pri tome se računar ne koristi samo kao sredstvo operativne obrade podataka, nego i kao aktivna karika, koja upravlja tehničkim stanjem i eksploatacijom TS, uz optimalne troškove.

Uvođenje održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti za TS predviđa rešavanje niza organizacionih i tehničkih zadataka, od kojih su najvažniji: organizacija sistema stalnog operativnog sakupljanja i obrade podataka o nivou pouzdanosti, razrada metoda utvrđivanja gornjeg dozvoljenog nivoa pouzdanosti, organizacija operativnog upoređivanja stvarnog nivoa pouzdanosti sa dozvoljenim i analiza posledica uz obavezno korišćenje računara, formiranje pouzdanih kriterijuma za dalju eksploataciju TS u slučaju pojave predotkaznog stanja, shodno istraživanju zakonitosti promene karakteristika pouzdanosti.

Model održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti primenljiv je na složene SD i TS sa diskretnom i postepenom promenom tehničkog stanja.

## Mogućnosti primene modela održavanja prema stanju na primeru tenkovskog naoružanja

Analizom prikupljenih podataka o naoružanju na tenku M-84, iz realne jedinice za održavanje, može se doći do zaključka da tenkovsko naoružanje, u principu, slabo otkazuje. To je, uglavnom, zbog toga što je nivo eksploatacije tenkovskog naoružanja veoma nizak, pa nema intenzivnog trošenja SD i TS.

Na naoružanju tenka M-84 i njegovom automatu za punjenje topa mogu se, u toku eksploatacije, pojaviti neispravnosti koje su navedene u literaturi (Epler, 1997). Većina rezultata obrade podataka ne mogu poslužiti za analizu i zaključke, jer je njihova struktura slučajna, pa stvarna funkcija raspodele ne odgovara nijednoj teorijskoj funkciji raspodele.

U realnoj jedinici, u posmatranom periodu, imali smo pojavu nekih karakterističnih neispravnosti. Neispravnosti i njihovi intenziteti prikazani su u tabeli 1, po godinama posmatranja.

Tabela 1  
Table 1

Karakteristične neispravnosti na tenkovskom naoružanju i njihovi intenziteti  
Typical defects on tank weapons and their intensities

neispr.	Godina	2008.	2009.	2010.	2011.
Oslabljen ili oštećen magnet za električno okidanje na tenkovskom mitraljezu 7,62 mm		10	11	23	19
Nepodešen stabilizator tenkovskog topa		2	2	1	9
Oštećena termoizol. obloga tenk. topa		-	21	-	-
Oštećena ili nepodešena sajla za okidanje na tenkovskom mitr. 7,62 mm		-	3	-	-
Neispravan automat za punjenje tenkovskog topa		5	9	6	5
Isticanje tečnosti i azota kod hidraulične kočnice i povratnika usled kojih se kočnica i povratnik zamenjuju		-	-	12	-

Naoružanje na tenku M-84 i naoružanje uopšte karakteristični su po tome da na sebi nemaju ugrađenu kontrolno-mernu opremu, koja bi nam omogućavala da kontinuirano pratimo određene parametre tehničkog stanja i da na osnovu toga dobijemo predstavu o tehničkom stanju u budućnosti ili prognoziramo „rezervu pouzdanosti“ SD ili TS. Jedina kontrolno-merna oprema, za kontinuirano praćenje jednog od parametara tehničkog stanja, jeste lenjir sa klizačem za kontrolu dužine trajanja trzajućih delova tenkovskog topa. Podatak o dužini trzanja govori samo o stanju protivtrzajućeg uređaja i količini hidraulične tečnosti i azota u njemu.

Za merenje parametara dijagnostičke kontrole tehničkog stanja ostalih SD tenkovskog topa i mitraljeza mogu se koristiti postupci, instrumenti i metode tehničke dijagnostike prikazani u tabeli 2.

Tabela 2  
Table 2

Postupci, objekti, instrumenti i metode tehničke dijagnostike  
Procedures, facilities, instruments, and methods of technical diagnostics

Red. br.	Postupci i objekti dijagnostike	Instrumenti i metode
1.	Vizuelna i optička kontrola topovske cevi	endoskop, baroskop
2.	Merenje pritiska azota u hidropneumatskom povratniku	manometar sa trojnikom
3.	Merenje sile i momenta na točkovima sprava za navođenje	dinamometar
4.	Merenje dimenzija	Granična – uporedna merila, granična merila – kalibarnici (merni listići), univerzalni instrumenti – pokazna merila (lenjiri, merila, komparatori)
5.	Merenje uglova	Granična merila (uporedna metoda), merila (apsolutna metoda), trigonometrijska metoda
6.	Merenje oblika i položaja	granična merila za kontrolu profilisanih žlebova, osovina, rupa, razmaka osa rupa (kalibarnici), kontrolnici radijusa, kontrolnici profila, komparatori
7.	Merenje i kontrola navoja	univerzalna merila, komparatori, granična merila
8.	Merenje i kontrola zupčanika nazubljenog sektora sprave za davanje elevacije topovskoj cevi	pravougaona pomična merila, mikrometar sa tanjirastim osloncima, merne kuglice i valjčići
9.	Merenje površinskih oštećenja, proboja i naprslina	mikrometri, dubinometri, minijaturni otkrivač naprslina
10.	Mesta curenja	sapunica i voda, halogen
11.	Jačina sile na oprugama	uređaj za merenje sile na oprugama
12.	Preciznost oružja	„bok“ sprave, kolimatori, durbini, table, mete
13.	Merenje kalibra topovske cevi	mikrometerska zvezda, kontrolnik sa klizačem

Red. br.	Postupci i objekti dijagnostike	Instrumenti i metode
14.	Merenje produženja barutne komore topovskih cevi	kontrolnik za merenje produženja barutne komore
15.	Kontrola savijenosti topovske cevi	kontrolnik za kontrolu savijenosti topovske cevi
16.	Određivanje spuštenosti zatvarača i ekscentričnosti udarne igle	prazna čaura čije je ležište kapisle zaliveno olovom (kontrolna čaura)
17.	Merenje parametara tehničkog stanja tenkovskog mitraljeza 7,62 mm	komplet kontrolno-mernog alata za oružja 7,62 mm
18.	Merenje deformacije (jediničnog) izduženja u materijalu cevi tenkovskog topa, merenjem promene otpora	električni ekstenzometri (merne trake)
19.	Merenje veličine prskotina u materijalu cevi tenkovskog topa	defektoskop i gumene kasete sa foto-filmom, tzv. industrijskim rentgen-filmom

Postupci, metode i instrumenti, prikazani u tabeli 2, omogućavaju da se povremeno prate parametri tehničkog stanja tenkovskog naoružanja. Podatak o veličini bilo kog parametra tehničkog stanja omogućava samo njegovo upoređivanje sa tehničko-tehnološkim zahtevima u tehničkoj dokumentaciji, a i dalje se ništa ne zna o zakonitosti promene tehničkog stanja. Ne zna se koje su prekritične vrednosti, ni maksimalne granične vrednosti parametara tehničkog stanja SD tenkovskog naoružanja. Da bi se definisao zakon promene tehničkog stanja SD tenkovskog naoružanja, potrebno je da prođe jedan duži period intenzivnih ispitivanja i beleženje rezultata o promenama parametara tehničkog stanja, da bi se našla zavisnost između intenziteta promene parametara tehničkog stanja i parametara rada. Za to su potrebna ogromna novčana sredstva, oprema i kadar, što se ne bi isplatilo u toku životnog veka SD i samog tenkovskog naoružanja.

Ako se sve što je navedeno poveže sa algoritmom izbora strategija održavanja SD i TS u celini (slika 1), može se zaključiti da je primena modela održavanja prema stanju sa kontrolom parametara na primeru tenkovskog naoružanja teško izvodiva, izuzev u slučaju cevi tenkovskog topa. Kod nje se može, upotrebom električnih ekstenzometara, na kritičnim presecima cevi, izmeriti veličina napona u materijalu u toku eksploatacije. Veličina napona može poslužiti za određivanje stepena sigurnosti u posmatranim presecima. Upoređivanjem stvarnog stepena sigurnosti sa projektovanim stepenom sigurnosti može se doneti odluka o akcijama održavanja, koje treba provesti radi predupređivanja otkaza.

U slučaju cevi tenkovskog topa takođe je moguća primena gamagrafije kao metode ispitivanja materijala, bez razaranja. Suština ove metode jeste da se pomoću defektoskopa, koji sadrži izvor gama zračenja, vrši ozračivanje materijala cevi tenkovskog topa. Oko cevi se postave gumene kasete sa foto-filmom, pomoću kojih se vrši registrovanje promene zračenja na nehomogeni mestima u materijalu, tj. na mestima gde ima prskotina. Na taj način dobija se radiogram, sa kojeg se vidi veličina pr-

skotine. Debljina cevi tenkovskog topa će, u slučaju pojave prskotine, biti umanjena za veličinu prskotine. Na osnovu podataka o stvarnoj debljini zida cevi tenkovskog topa može se izračunati stepen sigurnosti i doneti odluka o preventivnim akcijama koje treba preduzeti.

Ako se neki od predstavnika tenkovskog naoružanja može naći u zastoju zbog otkaza nekog SD, čiji otkaz ne izaziva otkaz šireg sistema, niti ugrožava zdravlje i sigurnost ljudi, taj deo treba korektivno zameniti. U protivnom, treba planski izvoditi periodične preglede i propisati preventivnu zamenu SD, nakon isticanja određenog resursa.

Korišćenjem podataka iz tabele 1 i metodologije izbora strategije održavanja (slika 1), u slučaju oslabljenog ili oštećenog magneta za električno okidanje na tenkovskom mitraljezu 7,62 mm, primećuje se mogućnost primene modela održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti. Otkaz elektromagneta uzrokuje zastoj u radu tenkovskog mitraljeza 7,62 mm, jer neće doći do elektrookidanja. Korišćenjem postojećih informacija donekle je moguće preduprediti otkaz većeg broja elektrookidača. Na osnovu informacija o otkazima u posmatranom periodu vrši se matematičko-statističko istraživanje. Pošto se otkaz ne može predvideti stalnim nadzorom, jer ne postoji merljivi parametar koji će signalizirati predotkazno stanje, određuje se intenzitet otkaza, koji je rastući u vremenu. Degradacija karakteristika magneta za električno okidanje može da se prati po zvuku, jer prilikom degradacije (slabljenja) karakteristika magneta za električno okidanje potiskivač neće energično okrenuti malu polugu, koja pritiska donji krak veće, koji se zatim okreće oko svoje osovine i deluje na potiskivač poluge zapinjače mehanizma za okidanje. Ako se čitav proces ne izvede određenom silom, a to se može prepoznati po zvuku, neće doći do električnog okidanja. Praćenje zvuka pri radu nekog SD ili mehanizma u dijagnostici naoružanja je čest metod.

Mera koju treba preduzeti, a koja se nameće analizom podataka o intenzitetu otkaza magneta za električno okidanje, jeste zamena magneta na svim tenkovskim mitraljezima, svake treće godine, u posmatranoj jedinici, jer bi se ubrzo moglo desiti da se ostane bez mogućnosti električnog okidanja. Kontrola rada magneta za električno okidanje mogla bi se vršiti mesečno, uz izvršenje neophodnih aktivnosti održavanja, pri otklanjanju nastalih otkaza, dok se stvarni nivo otkaza nalazi unutar granica od desetak magneta za električno okidanje godišnje.

## Zaključak

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

Postupcima održavanja treba da se omogući rad TS bez otkaza ili, tačnije, rad sa što manjom verovatnoćom pojave otkaza. Uz to, treba da

se obezbedi i da posledice ili štete izazvane otkazima, kao i troškovi održavanja budu što manji.

Pošto za tenkovsko naoružanje nemamo razvijenu dijagnostičku opremu potrebno je razmisliti o mogućnosti praćenja intenziteta karakterističnih otkaza u dužem periodu (3 do 5 godina), kako bi se na osnovu uzorka izveo zaključak o verovatnom ponašanju većine predstavnika tenkovskog naoružanja i odredila vrednost kritičnog intenziteta otkaza. Na taj način moglo bi se razmišljati i o postepenom uvođenju održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti i kontrolom parametara. Zbog toga su u ovom radu sagledane mogućnosti upotrebe neke opreme koja, do sada, nije bila u širokoj dijagnostičkoj upotrebi kod tenkovskog naoružanja. Radi što lakše, potpunije i kvalitetnije kontrole dijagnostičkih parametara tenkovskog naoružanja potrebno je prilagođavati, što je moguće više, odgovarajuću dijagnostičku opremu, koja postoji u mašinstvu, u skladu sa važnošću objekta dijagnosticiranja. To bi bio jedan od načina za brže i lakše uvođenje održavanja prema stanju sa kontrolom parametara. Ažurnijom evidencijom podataka o većini stanja u kojima se tenkovsko naoružanje našlo u toku eksploatacije pomoglo bi se, bar za neke predstavnike tenkovskog naoružanja, uvođenje održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti. Uvođenjem održavanja prema stanju smanjili bi se ukupni troškovi održavanja, jer bi „rezerva pouzdanosti” SD ili samog predstavnika tenkovskog naoružanja bila maksimalno iskorišćena. S druge strane, u postojećem sistemu održavanja tenkovskog naoružanja došlo bi do nekih promena. Intenzitet preventivnih akcija održavanja mogao bi biti smanjen, a moglo bi se razmišljati i o tome da se pojedini nivoi održavanja izostave kao posebni vidovi održavanja (sada srednji i laki remont).

### Literatura

Adamović, Ž., 1986, *Tehnička dijagnostika u mašinstvu*, Privredni pregled, Beograd,

Epler, I., 1997, *Analiza postojećeg modela održavanja perspektivnog sistema naoružanja i predlog usavršenog modela, diplomski rad*, Vojnotehnička akademija VJ, Beograd.

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

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

Tehnička uprava, 1971, *Tenkovski topovi D10-TG i D10-T2S, Održavanje i remont, TS-II, knjiga II*, DSNO, Beograd,

Tehnička uprava, 1984, *Tenkovski top 125 mm 2A46, Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, TU-I*, SSNO, Beograd,

Tehnička uprava, 1988, *Tenk M-84, Radioničko održavanje i remont, TU-II, knjiga II*, SSNO, Beograd,

Tehnička uprava, 1991, *Mitraljez 7,62 mm M86 tenkovski, Opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, TU-I*, SSNO, Beograd,

Tehnička uprava, 1995, *Mitraljez 7,62 mm M-84, Mitraljez 7,62 mm, Mitraljez 7,62 mm M86A, Radioničko održavanje, TU-II*, GŠVJ, Beograd

Turk, V., 1989, *Tehnologija održavanja naoružanja*, CVTŠ KoV JNA „General armije Ivan Gošnjak“, Zagreb,

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF APPLYING A CONDITION-BASED MAINTENANCE MODEL ON AN EXAMPLE OF TANK WEAPONS

FIELD: Mechanical Engineering (Organization,  
Economics and Management in Mechanical Engineering)  
ARTICLE TYPE: Professional Paper

### Summary:

*For any modern army it is very important to continuously maintain a high degree of operational (combat) readiness (availability) in order to maximize the effectiveness of the use of technical systems. Since determination and prediction of technical states and failures of technical systems in engineering, especially in armament, are difficult due to the impossibility of continuous condition monitoring with appropriate measuring equipment there is a need for a maintenance model that would be most helpful in taking timely action maintenance.*

*In this paper, the subject of research is a model of maintenance of the M-84 tank weapons systems.*

*Introduction*The M-84 tank is one of the most promising technical systems in the Serbian Army. Its use and modifications are foreseen in the next ten years. The M-84 is characterized by good tactical and technical characteristics. It has a powerful 125 mm cannon, coupled 7.62 mm machine gun and 12.7 mm anti-aircraft machine gun. The M-84 tank has an automatic battery charger and a fire control system. The fire control system enables fast target tracking and stabilization of the cannon barrel, which is a prerequisite for timely and favorable effect on the target. There are certain ambiguities in the existing model of maintenance of tank weapons.

### Technical diagnostics

*Technical diagnostics, as a part of the process of condition-based maintenance, should determine technical conditions of components or technical systems with certain accuracy at a point in time.*

### Maintenance strategy

*A maintenance strategy can be defined as a variant of a maintenance system determined by a concept, organization and character of maintenance procedures, as well as the relationship*

between the various levels at which maintenance is performed. It is defined for technical system parts, individual technical systems and for system maintenance as a whole. The basic maintenance strategies implemented today are:

- corrective maintenance,
- preventive maintenance,
- combined maintenance.

Some developed condition-based maintenance models

*Condition-based maintenance models can be classified in two groups as:*

- *models of technical change in the current situation (with a use of condition inspection),*
- *models of technical change in the situation (with a use of condition diagnostics).*

Some developed condition-based maintenance models

*The models of condition-based maintenance include:*

- *condition-based maintenance model with parameters control,*
- *condition-based maintenance model with the control of reliability levels.*

Condition-based maintenance model with parameters control

*Condition-based maintenance model with parameters control can be with:*

- *periodic diagnostic controls (“the constant date”),*
- *economic setting of the intervals of diagnostic controls,*
- *continuous diagnostic controls.*

Condition-based maintenance model with the reliability level control

*The essence of the condition-based maintenance model with the control of reliability levels is to use resources between two repairs without limitation, with execution of maintenance activities necessary to fix the failure occurred, while the actual reliability level is within the boundaries of the set (permissible) norms. If deviations from these norms occur, the causes of deviations are analysed and measures taken to increase the reliability level of individual components and the system.*

The possibilities of the application of the condition-based maintenance model on the example of tank weapons

*The application of the condition-based maintenance model with parameters control is hard to realize in tank weapons, except for a tank cannon barrel. In this case, the intensity of the stress in the material on the critical barrel sections can be measured during operation, using*



*electrical extensometers. Voltage intensity can be used to determine the safety degree on the observed sections. Comparing the actual level of safety with the projected level, we can decide on the action of maintenance to be implemented in order to prevent failure. The data from Table 1 and the methodology for the selection of maintenance strategies (Figure 1), in the case of a weakened or damaged magnets for electric firing on the tank 7.62 mm machine gun indicate the possibilities of the condition-based maintenance model with the control of reliability levels.*

#### Conclusion

*The introduction of the condition-based maintenance model would minimize overall costs because the "reliability reserve" of components or representative tank weapons would be used to the maximum. On the other hand, the current maintenance system of tank weapons would experience some changes. The intensity of preventive maintenance actions could be reduced and particular maintenance levels might be omitted as well as specific types of maintenance (easy maintenance, medium maintenance).*

*Key words: tank weapons; diagnostic; component; technical system; condition based maintenance; model.*

Datum prijema članka/Paper received on: 18. 05. 2012.

Datum dostavljanja ispravki rukopisa/Manuscript corrections submitted on:  
10. 02. 2013.

Datum konačnog prihvatanja članka za objavljivanje/ Paper accepted for publishing on:  
12. 02. 2013.