Dobrica Simić,
major, dipl. inž.
Mr Dragan Đorđević,
major, dipl. inž.

PRAĆENJE KVALITETA NVO U EKSPLOATACIJI KAO OSNOVA ZA USPEŠAN RAZVOJ NOVIH SREDSTAVA

Rezime:

Kvalitet NVO (naoružanja i vojne opreme) jedan je od najznačajnijih činilaca u obezbeđenju borbene gotovosti jedinica VJ (Vojske Jugoslavije). U radu je analiziran otkaz sistema radi sticanja osnove za kvalitetnije projektovanje sličnih sistema primenom teorije pouzdanosti.

Sistemske praćenje sredstava NVO u eksploataciji, analiziranjem neispravnosti i činilaca koji utiču na njihovu pojavu, može se stvoriti solidna baza podataka. Obradom tih podataka, uz primenu teorije pouzdanosti, mogu se dobiti parametri neophodni za projektovanje novih i održavanje postojećih sistema.

Ključne reči: kvalitet, efektivnost, informacioni sistem, održavanje, eksploatacija, intenzitet otkaza.

MONITORING THE QUALITY OF ARMAMENT AND MILITARY EQUIPMENT IN EXPLOITATION AS THE FOUNDATION FOR SUCCESSFUL DEVELOPMENT OF NEW SYSTEMS

Summary:

Quality of armament and equipment is one of the most significant factors in maintaining the combat readiness of units of the Yugoslav Army. In the article have been analysed failures of systems for the purpose of attainment of foundation for upgraded designing of similar systems, with the application of the theory of reliability.

By systemic monitoring the systems of armament and military equipment in their exploitation, and by analysing the observed malfunctions and factors that influence their occurrence can be created a substantial data basis. By processing these data, with the application of the theory of reliability, can be obtained parameters necessary for designing the new and maintenance of existing systems.

Key words: quality, effectiveness, information system, maintenance, exploitation, intensity of failures.

Uvod

Ostvarena dostignuća nauke, tehnologije i tehnike omogućavaju realizaciju sve savršenijih i uslovima upotrebe bolje prilagođenih sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme.

Ovako brz razvoj postojećih, ostvarivanje novih, složenijih i sveobuhvat-

nijih sistema NVO, nameće potrebu znatnog skraćivanja vremena realizacije razvoja sistema, brzo uvođenje u eksploataciju sa maksimalno mogućim radnim učinkom i kvalitetom, uz minimalnu cenu izrade i održavanja. Radi ostvarivanja postavljenog cilja potrebno je, u fazi projektovanja, posvećivati sve veću pažnju analizi kako po-

stojećih, sličnih sistema u smislu sagledavanja efektivnosti, raspoloživosti, funkcionalne podobnosti, pouzdanosti i ekonomičnosti, tako i izvedenih, da bi predikcija ponašanja novih sistema bila što bliže realnosti. Efektivnost sistema vezana je za pojavu otkaza u sistemu i za vremenski interval održavanja kvaliteta. Kvalitet može biti ocenjen po završetku izrade sistema NVO, a efektivnost tek u eksploataciji tog sistema.

Istraživanje efektivnosti sistema u procesu rada

Efektivnost sistema možemo definisati kao verovatnoću da će sistem uspešno stupiti u dejstvo i obavljati funkciju kriterijuma u projektovanom vremenu i konkretnim uslovima okoline.

U praktičnom smislu efektivnost sistema obuhvata tehnološkoupravljački proces vezan za određivanje, mere-

pešno zadovoljiti potrebe okoline ukoliko se ne dobijaju selekcionirani podaci o njegovom ponašanju u procesu rada.

Osnovna funkcija eksploatacionih istraživanja je obezbeđenje podloga za dobijanje vremenske slike stanja sistema (sl. 1) kao osnove za ocenu kvaliteta procesa rada.

Informacioni sistem treba da obuhvati područja:

- podataka (izvorišta, tokovi i odredišta),
- nosioce podataka i informacija i baze podataka,
- obrade podataka i oblikovanje informacija,
- postupaka analize dobijenih informacija,
- postupaka odlučivanja.

Baza podataka o ponašanju ulaznih elemenata predstavlja osnovu razvoja sistema u mašinstvu. Radi razvoja sistema povišenog stepena efektiv-

Sl. 1 — Vremenska slika stanja
1 — najava otkaza, 2 — naknadno održavanje, 3 — preventivno održavanje
(propisani postupci i vreme)

nje i kontrolu karakteristika sistema. Preko komponenata efektivnosti sistema (gotovost, pouzdanost, funkcionalna podobnost) može se doći i do određenih pokazatelja kvaliteta sredstva koje je u eksploataciji. Da bi se ostvario navedeni cilj potrebno je posedovati odgovarajući sistem za dobijanje podataka, jer nijedan sistem u savremenim procesima ne može us-

nosti grade se baze podataka sa podacima o učestanosti i vremenu trajanja otkaza, nivou poverenja, karakteristikama ulaznih veličina, uzrocima grešaka i vrstama raspodela, uslovima okoline i drugim podacima važnim za razmatranje.

Ponašanje u toku eksploatacije predstavlja bazu podataka za poboljša-

nje proizvoda. Informacioni sistem o ponašanju proizvoda — sistema u toku eksploatacije pruža projektantima, proizvođačima i kontrolorima neophodne informacije za unapređenje kvaliteta i efektivnosti. Složenost proizvoda direktno je srazmerna količini potrebnih informacija, pa je time i složenost informacionog sistema veća.

Cilj obrade podataka je dobijanje informacija dovoljno objektivnog karaktera za donošenje potrebnih odluka. Obrada ovih informacija može se obaviti samo uz pomoć statističkih matematičkih metoda, jer su osobine i ponašanje svih tehničkih sistema po svom karakteru izrazito stohastičke veličine i procesi.

Praćenjem upotrebnog kvaliteta, a time i efektivnosti sredstva u toku eksploatacije, može se doći do potrebnih podataka i ocena koje mogu poslužiti za određene korekcije, dorade ili modifikacije.

U toku eksploatacije sredstva potrebno je da se uspostavi i primeni program vrednovanja efektivnosti koji bi bio usklađen sa prethodnim programima projektovanja, razvoja i proizvodnje sredstva, koji bi obuhvatio:

- pripremu polaznih podataka,
- vrednovanje efektivnosti,
- analizu vrednovanja efektivnosti,
- optimizaciju efektivnosti,
- izmene i dopune projekta,
- uključivanje zahteva za elemente efektivnosti u ugovore kooperanata, projektne zadatke nezavisnih projekatanata, praćenje i proveru njihovog ispunjenja,
- demonstriranje ispunjenja zahteva za efektivnost.
- pripremu izveštaja o efektivnosti.

Sprovođenje programa efektivnosti izvršava se po određenom planu koji obezbeđuje da se prethodno iz-

vrše navedeni zadaci u odgovarajućem vremenskom periodu. U okviru ovog plana za svaki zadatak, pored ostalog, određuju se:

- aktivnosti koje obuhvata,
- vremenski termin plan realizacije ovih aktivnosti,
- pojedinac ili grupa odgovorna za izvršenje,
- način komunikacije između učesnika,
- vremenski termini kada naručioc i izvođači vrše kontrolu realizacije programa,
- uzajamne veze između ovog programa i programa pouzdanosti, programa pogodnosti za održavanje i procene troškova veka.

U pripremi polaznih podataka osnovu čini SNO 8196 (Aktivnosti i zadaci ITOb-a u toku veka sredstva ili sistema NVO). Proces prikupljanja podataka je složen, a prikupljaju se podaci koji obuhvataju:

- zahteve, predviđena i ostvarena rešenja u pogledu efikasnosti realizacije osnovnog ili više različitih zadataka sa ocenom otpornosti na ometanje,
- zahteve u pogledu operativne gotovosti (obuhvatajući i alocirane zahteve u pogledu procentualnog broja otkaza koje treba otkloniti na pojedinoj lokaciji — nivou održavanja),
- zahteve programa obezbeđenja pogodnosti za održavanje,
- zahteve programa procene, obezbeđenja ili proračuna pouzdanosti,
- zahteve ili podatke o proceni ili proračunu troškova veka sredstva ili sistema NVO sa posebnim težištem na viševarijantnom vrednovanju onih troškova koji utiču na poboljšanje ili pogoršanje efektivnosti.

U toku eksploatacije (posebno u fazi veka sredstva ili sistema tri godine posle prve serije), polazni podaci za efikasnost dobijaju se utvrđi-

vanjem u uslovima stvarne eksploatacije. Operativna gotovost (Gop), pouzdanost (R) i troškovi veka sredstva (TV) takođe se uzimaju u skladu sa njihovom potvrdom u toku eksploatacije i održavanja.

Institucije koje su nadležne za davanje polaznih podataka za fazu eksploatacije sredstva ili sistema NOV su:

- za efikasnost — taktički nosilac,

- za operativnu gotovost — Inspekcija GŠ VJ (ocena operativne gotovosti), tehnički nosilac (izveštaji o realizovanim opravkama na pojedinim nivoima održavanja),

- za pouzdanost — tehnički nosilac (izveštaji o reklamacijama i izvršenim opravkama),

- za troškove veka sredstva — tehnički nosilac (na osnovu prethodnih podataka o troškovima dotadašnjeg opremanja, tekućoj eksploataciji i održavanju).

Vrednovanje efektivnosti sastoji se u tome da se posle izračunavanja elemenata vrednovanja efektivnosti (korišćenjem odgovarajućeg modela) utvrdi i njena ukupna vrednost.

Analiza efektivnosti predstavlja proces poređenja postavljenih TTZ za efektivnost sa rezultatima dobijenim vrednovanjem efektivnosti, radi procene dostignutog stepena ispunjenja ovih zahteva.

Ukoliko analiza pokaže da tehnička ili ekonomska efektivnost nemaju tražene vrednosti daju se predlozi za neophodne korektivne akcije.

Prilikom analize vrednovanja efektivnosti utvrđuju se mogućnosti zadovoljenja zahteva za pojedinačne elemente efektivnosti. Zatim se težište daljih razmatranja posvećuje elementima za koje se oceni da ne zadovoljavaju ili neće zadovoljiti postavljene zahteve.

Analiza vrednovanja efektivnosti oslanja se na analize procene, odnosno proračuna elemenata ITOB-a koji se rade po posebnim programima. Radi uključivanja i ovih rezultata, program vrednovanja efektivnosti povezuje se sa ostalim programima.

Pri određivanju korektivnih akcija koje imaju za cilj povećanje efektivnosti, pored stručnjaka za logistiku i projektanata, u analizi moraju da učestvuju i korisnici sredstava koji imaju važnog udela u odlučivanju kojem od tri elementa efektivnosti (gotovost, pouzdanost, funkcionalna podobnost sistema) treba posvetiti pažnju.

Pri eksploataciji sredstva vrši se optimizacija efektivnosti u skladu sa potrebama modifikacije i modernizacije sredstva i/ili sistema podrške i obezbeđenja. Optimizacija efektivnosti predstavlja traženje kompromisnih projektnih i drugih rešenja kojima se pri ograničenim finansijskim sredstvima postiže što veća vrednost efektivnosti ili kojima se ostvaruje željena vrednost efektivnosti uz što manji utrošak ukupnih finansijskih sredstava.

U slučaju predloga izmene i dopune projekta uvek se mora voditi računa o tome da li se menjaju neke od funkcionalnih i drugih karakteristika i kako to utiče na zadovoljenje propisanih zahteva za tehničku i ekonomsku efektivnost.

U slučaju dokumentovanih predloga za izmenu, modifikaciju ili modernizaciju, koji su bazirani na ponašanju sredstva u eksploataciji, preduzimaju se korektivne akcije za porast efektivnosti, kojima se menjaju projektna ili proizvodno-tehnološka rešenja sredstva. Ove akcije sprovode se radi:

- povećanja efektivnosti,
- povećanja pouzdanosti, i to prvenstveno utvrđene pouzdanosti trenu-

tno najnepouzdanijih konstrukcionih celina,

- redukcije potrebe za preventivnim održavanjem,

- povećanja mogućnosti otklanjanja otkaza kod korisnika,

- smanjenja prosečnog vremena otklanjanja neispravnosti,

- smanjenja prosečne cene konstrukcionih celina koje se u slučaju neispravnosti zamenjuju direktno kod korisnika.

Proces održavanja kao baza podataka

Održavanje se može definisati kao skup aktivnosti koje se sprovode radi dovođenja tehničkih sistema u stanje koje će omogućiti izvršavanje zadataka jedinica i ustanova VJ ili rad-

zano radi se o ostvarivanju tražene vrednosti funkcije cilja sistema održavanja, uz poštovanje ograničenja koja vladaju pri izvršavanju zadataka.

Praćenjem pojava otkaza, odnosno odstupanja tehničko-eksploatacionih karakteristika (i drugih veličina koje karakterišu tehničko stanje delova, sklopova, agregata i sistema) iz određenih granica, koje podležu stohastičkim zakonima, dobija se odgovarajući odnos između projektovanih TTZ i ostvarenih i potvrđenih u realnom radu sistema u toku njegovog životnog veka.

Očekivani upotrebni kvalitet sistema može se delom oslikati i razmatranjem očekivanog veka trajanja sastavnih delova sistema. Potvrda očekivanog veka trajanja sastavnih delova određenog sistema, može se iskazati kao tačka u trenutku vremena (sl. 2) u ko-

Sl. 2 — Karakteristika intenziteta pojave neispravnosti i očekivani vek trajanja

nih organizacija, predviđajući, istovremeno, mogućnost zastoja u eksploataciji. Održavanje treba da bude tako organizovano da dostigne maksimalnu efektivnost, a da ukupni troškovi održavanja budu što manji.

Cilj postupaka održavanja je da se projektovana pouzdanost TMS zadrži u određenim granicama ili da se po mogućnosti poveća. Matematički iska-

joj intenzitet pojave neispravnosti počinje da raste.

Određivanje veka trajanja kao srednjeg vremena u području pojave otkaza usled starenja, određuje se na bazi statističkih podataka o intenzitetu otkaza. Ti podaci mogu se dobiti preko odgovarajućeg uspostavljenog i implementiranog informacionog sistema u procesu održavanja koji mo-

že poslužiti kao kvalitetna baza podataka.

Za praktičnu primenu odgovarajućih modela održavanja potrebno je:

— prikupiti podatke o vremenima rada do otkaza sastavnih delova sistema,

— utvrditi kojem se zakonu raspodele pokoravaju vremena rada do otkaza sastavnih delova,

— proveriti da li iz usvojenog zakona raspodele proizilazi rastući intenzitet otkaza u funkciji od vremena rada.

— napisati izraze za odgovarajuće parametre,

— prikupiti podatke i izračunati srednje vreme korektivnog i preventivnog održavanja,

— proveriti da li je vreme korektivnog održavanja manje od vremena preventivnog održavanja.

U slučaju primene modela preventivnog održavanja na bazi maksimalne gotovosti, uz analizu pomoću Vejbulove raspodele, za izračunavanje optimalnih intervala obnavljanja sasta-

vnih delova sistema (slučaj motornog vozila), pogodan je program dat u prilogu.

Korišćena je dvoparametarska Vejbulova raspodela sa sledećim izrazima:

$$f(t) = \frac{\alpha}{\eta} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^{\alpha}}$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^{\alpha}}$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

$$\lambda_{(t)} = \frac{\alpha}{\eta} \cdot \left(\frac{t}{\eta} \right)^{\alpha-1}$$

gde je:

$f(t)$ — funkcija gustine otkaza,

$R(t)$ — funkcija pouzdanosti,

$\lambda_{(t)}$ — funkcija intenziteta otkaza,

α — parametar oblika,

η — parametar razmere.

Primer raspodele vremena do pojave otkaza, dat preko Vejbulove raspodele, za zaptivne elemente kočionog cilindra prikazan je na slici 3.

Sl. 3 — Primer raspodele vremena do pojave otkaza za zaptivne elemente kočionog cilindra

Izračunavanje optimalnih intervala obnavljanja sastavnih delova motornog vozila obavlja se preko jednačine za dostignutu gotovost G_d (bez uzimanja u obzir uticaja logističkih i administrativnih faktora),

$$G_d = \frac{\bar{t}_r}{\bar{t}_r + \bar{t}_{ao}}$$

$$\bar{t}_r = \int_0^t R(t) dt$$

gde je:

$\bar{t}_r$ — srednje vreme ispravnog stanja sredstva,

$R(t)$ — pouzdanost sistema,

$\bar{t}_{ao}$ — srednje vreme zastoja zbog aktivnog održavanja (korektivnog i preventivnog),

$$\bar{t}_{ao} = \bar{t}_{ko} |1 - R(t)| + \bar{t}_{po} \cdot R(t)$$

gde je:

$\bar{t}_{ko}$ — srednje vreme korektivnog održavanja,

$\bar{t}_{po}$ — srednje vreme preventivnog održavanja.

Obradom dobijenih rezultata može se izračunati optimalni period preventivne zamene sastavnih delova sistema pojedinačno a i za sistem u celini:

$$T = y^{1/\alpha} \cdot \eta$$

Time se bliže određuje stepen ostvarenja željenog upotrebnog kvaliteta sistema i omogućava potpunije sagledavanje nivoa ostvarenih TTZ.

Za navedeni primer optimalni period preventivne zamene iznosi 32 498 km.

Prilog:

Program za izračunavanje vrednosti nekompletne gama funkcije za izabrane vrednosti y i a grafičkim metodama:

LIST

00100 PROGRAM GA (IZLAZ3, GAMA77, RESULT, TAPE2=IZLAZ3, TAPE3=GAMA77, TAPE4=RESULT)

```

00900      REAL Z(40), R(40), A, ZX(60,
        60), G(6, 600), ALF(30), CD(60,
        60)
00950      REAL A1, A2, N1, EPSA, ALFA, N11
01000      EXTERNAL FCT
01100      COMMON ALFA
01200      REWIND 2
01300      EPSA=0,1
01400      A1=4,6
01500      A2=5,2
01600      N1=(A2-A1)/EPSA+1
01700      DO 100 I=1, N1
01800      ALFA=A1+(I-1)*EPSA
01900      ALF(I)=ALFA
02000      GAMA=0
02100      Y=0
02200      EPSY=0.01
02300      KOM=0
02400      NBROJ=100
02500  50    DX=EPSY/NBROJ
02600      SUM=0
02700      KOM=KOM+1
02800      DO 10 K=1, NBROJ
02900      XL=Y+(K-1)*DX
03000      XD=Y+K*DX
03100      CALL QG9(XL, XD, FCT,
        YINT)
03200      SYM=SYM+YINT
03300  10    CONTINUE
03400      GAMA=GAMA+SYM
03500      Y=Y+EPSY
03600      EKS=(ALFA-1.)/ALFA
03700      D=1./(GAMA*Y**EKS-1.+
        +EKS(-Y))
03800      WRITE(2, *) ALFA, Y, D,
        GAMA
03900
04000      IF(Y. GE. 0. 095) EPSY=0,1
04100      IF(Y. GE. 0, 95) EPSY=1.
04200      IF(Y. GE. 9. 5.) GOTO 100
04300      GOTO 50
04400  100    CONTINUE
04500      REWIND 2
04600      DO 44, I=1, N1
04700      DO 55, J=1, 28
04800      READ (2, *) A, G(I,J),
        ZX (I, J), CD (I, J)
04900      55 CONTINUE
05000      44 CONTINUE
05100      REWIND 3
05200      REWIND 4
05300      WRITE (4, 99) (ALF (J), J=1, N1)
05400  99 FORMAT (1X, "ALFA=", 2X, 6(2X,
        F9. 1, 1X) )

```

```

05500 WRITE (4, 101)
05600 101 FORMAT (79("= "))
05700 DO 66, I=1, 28
05800 WRITE(3, *)G(1, I), (ZX(J, I),
      J=1, N1)
05900 WRITE(4, 88) G (1, I), (ZX(J,
      I), J=1, N1)
06000 88 FORMAT ("Y=", F5. 2, 1X,
      6("D=", E9. 4, IX) )
06100 WRITE (4, 89) (CD(J, I), J=1,
      N1)
06200 89 FORMAT (8X, 6("G+", E9.4,
      1X), 3X/79 ("—" ) )
06300 66 CONTINUE
06400 STOP
06500 END
06600 SUBROUTINE QG9 (XL, XD,
      FCT, Y)
06700 A=. 5* (XD+XL)
06800 B=XD—XL
06900 C=. 4840801*B
07000 Y=. 04063719* (FCT (A+C)+
      +FCT (A—C))
07100 C=. 4180156 * B
07200 Y=Y+.09032408 * (FCT (A+
      +C)+FCT (A—C) )
07300 C=. 3066857 * B
07400 Y=Y+ .1303053 * (FCT(A+
      +C) +FCT (A—C) )
07500 C=. 1621267 * B
07600 Y=Y+ .1561735 * (FCT (A+
      +C) +FCT (A—C) )
07700 Y=B * (Y+ .1651197 *
      * FCT (A) )
07800 RETURN

```

Navedeni program može se univerzalno koristiti, jer se jednostavnim izmenom pojedinih naredbi može kreirati program za crtanje krivulja i analizirati pouzdanost sistema i njegovih sastavnih delova. Ovaj model ne razmatra komponentu troškova uz čiju

analizu bi se mogla steći kvalitetnija slika upotrebnog kvaliteta sredstva u eksploataciji.

Zaključak

Kvalitet, kao mera u kojoj sistem ispunjava zahtevane osobine statička je veličina, dok je efektivnost dinamička veličina, jer predstavlja verovatnoću da će sistem obavljati funkciju kriterijuma u određenom vremenu i konkretnim radnim uslovima. Razlika između njih je u faktoru vremena, jer je efektivnost vezana za vremenski interval održanja kvaliteta. Kvalitet može biti ocenjen već po završetku izrade proizvoda — sistema, a efektivnost tek u njegovom vremenu rada, odnosno tek u eksploataciji. Ponašanje proizvoda — sistema, u pogledu otkaza, u eksploataciji služi kao osnova za kvalitetnije projektovanje sličnih sistema što predstavlja osnovu primene teorije pouzdanosti.

Praćenjem ukupnog kvaliteta sistema u eksploataciji može se doći do relevantnih podataka o ponašanju sistema u realnom okruženju, o stepenu ispunjenja postavljenih TTZ (taktičko-tehničkih zahteva), a samim tim i o ukupnom efektu niza radnih performansi koje određuju zadovoljenje korisnika.

Koristeći dobijene rezultate mogu se vršiti izmene TTZ, kao polazne osnove u procesu razvoja novih sredstava, bilo da se vrši ublažavanje ili pooštavanje dotadašnjih zahteva za slična sredstva.

Literatura:

- [1] Todorović, J., Zelenović, D.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [2] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- [3] Muždeka, S.: Logistika, Vinča, 1981.
- [4] Đorđević, D.: Optimizacija periodičnosti preventivnog održavanja motornog vozila na bazi kriterija gotovosti, magistarski rad, Zagreb, 1986.

- [5] Projektni zahtevi za izradu softvera, TPR-1769.
- [6] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Beograd, 1981.
- [7] Ćirić, V.: Uvod u programiranje i programski jezik FORTRAN.