

## IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,  
Beograd

## ZA IZDAVAČA

NAČELNIK NIU »VOJSKA«

STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik  
(telefoni: 645-786, 29-189 i 29-187)

## UREĐIVAČKI ODBOR:

General-major  
dr JUGOSLAV KODZOPELJIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)General-major  
dr NOVIĆA ĐORDEVIĆ, dipl. inž.General-major  
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika)Pukovnik  
mr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.Profesor  
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.Profesor  
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.Pukovnik  
MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)Pukovnik  
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.Pukovnik  
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.Potpukovnik  
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.Major  
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.●  
GLAVNI I ODGOVORNI  
UREDNIKPukovnik  
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.  
(tel. 646-277, 23-59-133 ili 33-133)Urednik  
Major  
Stevan Josifović, dipl. inž.  
(tel. 23-59-323 ili 33-323)Sekretar redakcije  
Zora Pavličević  
(tel. 23-59-258 ili 33-258)ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,  
Pretpiata 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU  
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)  
40823-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja  
pretpiata 15,00 dinara. Rukopisi se ne  
vraćaju. Stampa: Vojna štamparija —  
Beograd, Generala Zdanova 40 b.Vojnotehnički glasnik je 12. decembra  
1977. odlikovan Ordenom za vojne zas-  
luge sa velikom zvezdomSTRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK

5

GODINA XLIII ● SEPTEMBAR—OKTOBAR 1995.





## SADRŽAJ

- Dr Svetomir Minić,** 565 Razvoj modela preventivnog održavanja tehničkih sistema na bazi kompromisa kriterijuma gotovosti i troškova  
potpukovnik, dipl. inž.  
**Dr Živan Arsenić,**  
profesor, dipl. inž.
- Mr Milenko Živaljević,** 569 Pouzdanost borbenih aviona — slabo strukturirani problemi i mogućnosti za njihovo rešenje  
pukovnik, dipl. inž.
- Ratomir Stanojlović,** 578 Ocena kvaliteta sredstava koja se nabavljaju za potrebe Vojske Jugoslavije  
potpukovnik, dipl. inž.
- Dobrica Simić,** 587 Praćenje kvaliteta NVO u eksploataciji kao osnova za uspešan razvoj novih sredstava  
major, dipl. inž.  
**Mr Dragan Đorđević,**  
major, dipl. inž.
- Mr Miroslav Savanović,** 595 Nabavka i ocena kvaliteta rezervnih delova za potrebe Vojske Jugoslavije  
potpukovnik, dipl. inž.
- Dr Slobodan Vukićević,** 604 Tehnološko projektovanje novih skladišta za ubojna sredstva  
profesor, dipl. inž.  
**Dr Milan Sretenović,**  
profesor, dipl. inž.  
**Mr Milorad Vidović,**  
dipl. inž.
- Slaviša Stojiljković,** 613 Analiza metoda za praćenje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva prema SNO 8069/91  
kapetan, dipl. inž.
- Mr Zoran Bojanić,** 624 Matematički model kretanja projektila pogodan za implementaciju u sistemima za upravljanje vatrom  
major, dipl. inž.
- Dr Milan Šunjevarić,** 638 Telekomunikacije i standardizacija  
pukovnik, dipl. inž.  
**Mr Branislav Todorović,**  
dipl. inž.
- Mr Vlado Radić,** 650 Oblikovanje eksplozijom  
major, dipl. inž.

## PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

- Pavle Marjanović** 662 Komandni tenk T-80 UK
- Pavle Marjanović** 664 Kompaktni tenkovski dizel-motor 6TD-2

- Pavle Marjanović** 665 Mobilni višekanalni protivavionski raketni sistem S-300PMU-1
- Pavle Marjanović** 669 Razvoj aviona konstruktorskog biroa MiG
- Pavle Marjanović** 673 Kosmički sistem PROTON
- Pavle Marjanović** 675 Mobilni protivbrodski obalski sistem BAL-E
- Pavle Marjanović** 679 Ruski raketni čamci

Dr Svetomir Minić,  
potpukovnik, dipl. inž.  
Dr Živan Arsenić,  
profesor, dipl. inž.

## RAZVOJ MODELA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA NA BAZI KOMPROMISA KRITERIJUMA GOTOVOSTI I TROŠKOVA

### Rezime:

Razvijen je složeni model preventivnog održavanja tehničkih sistema na bazi kompromisa kriterijuma maksimalne gotovosti i minimalnih troškova. Koristeći izlazne operacione karakteristike definisanih modela i postupkom »kompromisnog izbora najpovoljnijeg rešenja« (trade-off), dobijen je optimalni interval postupaka preventivnog održavanja.

*Ključne reči:* model održavanja, kriterijum optimizacije, kompromisni izbor rešenja, optimalni interval održavanja.

---

### THE DEVELOPMENT OF THE TECHNICAL SYSTEMS PREVENTIVE MAINTENANCE MODEL BASED ON AVAILABILITY AND COST CRITERIONS COMPROMISE

#### Summary:

The technical systems preventive maintenance complex model based on maximum availability and cost effectiveness criterions compromise has been developed. The preventive maintenance activities optimal interval is got by application of the defined models output operational characteristics and (trade-off) method.

*Key words:* maintenance model, optimization criterion, trade-off, maintenance optimal interval.

---

### Uvod

Modeli preventivnog održavanja tehničkih sistema zasnivaju se na pokazateljima pouzdanosti i kriterijumima optimizacije na osnovu kojih se, rešavanjem matematičkog modela, dobija optimalno rešenje za odlučivanje o trenutku kada treba sprovesti postupke preventivnog održavanja kako bi se sprečila ili odložila pojava stanja sistema »u otkazu« [1].

Koristeći rezultate simulacije modela preventivnog održavanja na bazi

kriterijuma maksimalne gotovosti (MAXGOT) i modela na bazi kriterijuma minimalnih troškova (MINTRO) [2], odnosno kombinovanom primenom izlaznih operacionih karakteristika ovih modela i postupkom »kompromisnog izbora najpovoljnijeg rešenja (trade-off) za definisane kriterijume i ograničenja, dobijen je »optimalni« interval preventivnog održavanja tehničkog sistema.

Predložena je i primena FUZZY optimizacije, kao pogodan metod za efikasno rešavanje ovog problema.

## Model MAXGOT

Kod modela MAXGOT [2], definišu se stanja tehničkog sistema, i određuje se izraz za gotovost, čijim se rešavanjem dobija optimalni interval preventivnog održavanja koji obezbeđuje maksimalnu gotovost sistema. Ako je srednje vreme preventivnog održavanja ( $t_2$ ) manje od srednjeg vremena korektivnog održavanja ( $t_3$ ), tj.  $t_2 < t_3$ , i ako funkcija intenziteta otkaza ( $\lambda$ ) ima monotono rastući karakter u vremenskoj bazi, tada postoji jedan optimalni interval preventivnog održavanja ( $t_0$ ), koji obezbeđuje maksimalnu gotovost sistema ( $G_0$ ) datu konačnom jednačinom, [2]:

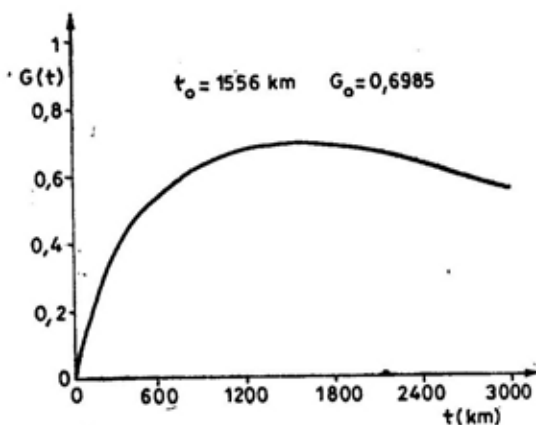
$$G_0 = \frac{1}{1 + (t_3 - t_2) \cdot \lambda(t_0)} \quad (1)$$

Na osnovu algoritma za primenu modela MAXGOT razvijen je potprogram programskog paketa DMPOPS, [2], koji omogućava simulaciju modela primenom računara. Za simulaciju modela MAXGOT neophodno je unapred definisati ulazne podatke koji se odnose na parametre Vejbulove raspodele i srednja vremena održavanja elemenata sistema. Rezultati simulacije dobijaju se u obliku dijagramskog prikaza funkcije gotovosti, čija ekstremna vrednost definiše optimalni interval preventivnog održavanja. U konkretnom primeru simulacije modela MAXGOT (slika 1), za vrednost maksimalne gotovosti sistema  $G_0 = 0,6985$  dobijena je izlazna operaciona karakteristika modela — optimalni interval postupaka preventivnog održavanja posmatranih elemenata sistema  $t_0 = 1556$  km.

## Model MINTRO

Model MINTRO zasniva optimizaciju procesa održavanja na kriterijumu minimalnih troškova održavanja.

U slučaju kada su troškovi korektivnog održavanja ( $C_k$ ) veći od troškova preventivnog održavanja ( $C_p$ ) tj.  $C_k > C_p$ , i kada se radi o sastavnim elementima sistema čiji je intenzitet otkaza ( $\lambda$ ) mo-



Sl. 1 — Izlazna operaciona karakteristika modela MAXGOT

notono rastuća funkcija u vremenskoj bazi, postoji jedan optimalni interval preventivnog održavanja ( $t_{po}$ ), koji daje minimum ukupnih troškova održavanja ( $C$ ), uz ostvarenje zahtevane pouzdanosti sistema.

Model MINTRO zasniva se na jednačini za tzv. ukupne jedinične troškove održavanja ( $C_T$ ), [2]:

$$C_T = C_k \cdot \lambda_{ktp} + C_p \cdot \lambda_{ptp} \quad (2)$$

gde je:

$\lambda_{ktp}$  — intenzitet otkaza u slučaju korektivnog održavanja,

$\lambda_{ptp}$  — intenzitet preventivnog održavanja.

Optimalni interval preventivnog održavanja ( $t_{po}$ ), koji minimizira troškove po jedinici vremena, dobija se preko prvog izvoda po  $t_p$ :

$$\frac{dC_T}{dt_p} = 0 \quad (3)$$

gde je:

$t_p$  — interval preventivnog održavanja.

Na osnovu razvijenog algoritma za primenu modela MINTRO u okviru programskog paketa izrađen je DMPOPS, potprogram za simulaciju modela. Za simulaciju modela MINTRO potrebno je uneti ulazne podatke za broj posmatranih sistema, ukupno vreme rada, parametre Vejbulove raspodele i troškove preventivnog i korektivnog održavanja, a zatim se automatizovano dobija dijagram funkcije troškova u zavisnosti od vremena rada, za razne vrednosti intervala preventivnog održavanja. Optimalni interval preventivnog održavanja egzaktno je definisan minimumom funkcije troškova.

Interpretacija simulacije modela MINTRO prikazana je na slici 2, gde je za troškove preventivnog održavanja  $C_p=3300$  novčanih jedinica, dobijen optimalni interval preventivnog održavanja posmatranih elemenata sistema  $t_{po}=1460$  h.

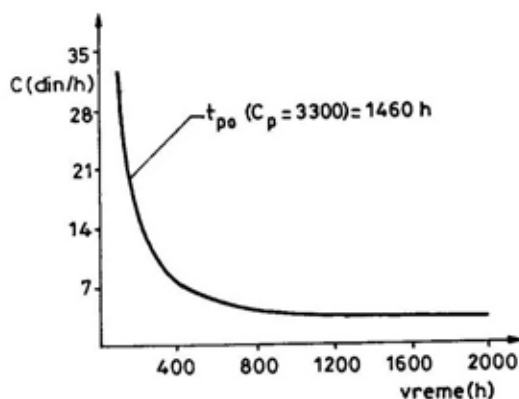
### Model preventivnog održavanja na bazi kompromisa kriterijuma gotovosti i troškova

U literaturi, koliko je poznato, nisu dostupni matematički modeli održavanja koji povezuju kriterijume gotovosti i troškova, kao kompromisno rešenje optimizacije, odnosno, razmena koja ide od jednog u korist drugog kriterijuma (trade-off), kojem se teži. Ako bi se želeo istovremeno uzeti u obzir kriterijum gotovosti i kriterijum troškova javio bi se kontradiktoran problem koji je matematički nerešiv, jer se ne može postići maksimalna gotovost uz minimalne troškove održavanja.

Umesto toga, moguće je postići maksimalnu gotovost pri zadatim troškovima održavanja ili minimizirati troškove održavanja pri zadatoj gotovosti. Dakle, ili gotovost ili troškovi moraju se unapred zadati, a samo jedna od tih dveju veličina može se optimizirati.

Drugim rečima, kada se optimizacija vrši prema kriterijumu gotovosti, najveći dozvoljeni troškovi predstavljaju ograničenje, a u obrnutom slučaju, ako su troškovi održavanja definisani kao kriterijum optimizacije, minimalni nivo gotovosti definiše se kao ograničenje.

Problem »kompromisnog izbora najpovoljnijeg rešenja« (trade-off) re-

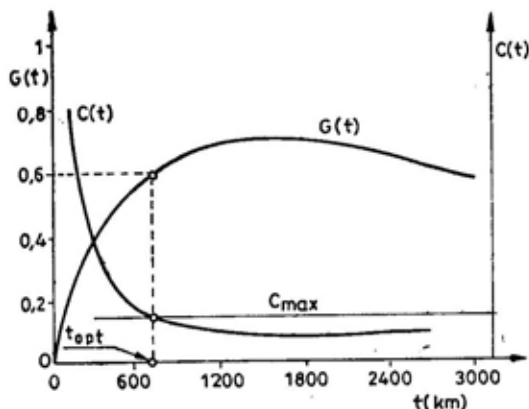


Sl. 2 — Izlazna operaciona karakteristika modela MINTRO

šen je na hipotetičkom primeru (slika 3), korišćenjem rezultata simulacije modela MAXGOT i MINTRO.

Prema kriterijumu maksimalne gotovosti, u primeru na slici 1, optimalni interval održavanja je  $t_o=1556$  km. Međutim, to nije u skladu sa definisanim ograničenjem, tj. najvećim dozvoljenim troškovima ( $C_{max}$ ), kako je simbolično prikazano na slici 3. Zadatak je da se odredi  $t_{opt}$  koji daje najveću gotovost,

s tim da se ne prekorače zadati troškovi održavanja  $C_{max}$ . U ovom slučaju »optimalno« rešenje je određeno kompromisom kriterijuma gotovosti i troškova, na način objašnjen na slici 3, tj. optimalni interval preventivnog održavanja iznosi  $t_{opt}=750$  km, a gotovost sistema  $G_{opt}=0,6$ .



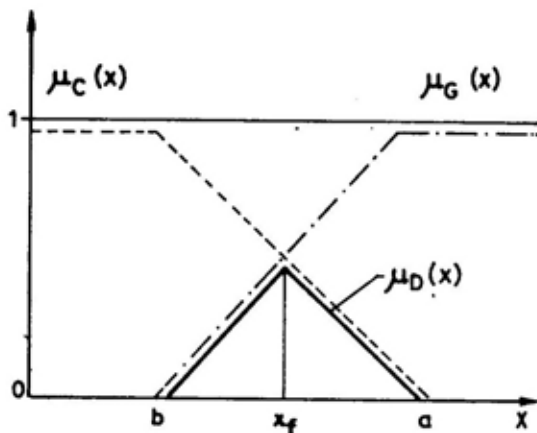
Sl. 3 — Kompromisni izbor najpovoljnijeg rešenja (trade-off)

### Izbor optimalnog rešenja primenom FUZZY optimizacije

Kriterijume i ograničenja u modelu održavanja moguće je predstaviti odgovarajućim fuzzy skupovima [3].

Neka se fuzzy skup G odnosi na kriterijum i neka je postavljeni cilj iskazan težnjom — željom da »x bude znatno veće od b« (slika 4). Takođe, postavimo da u modelu postoji ograničenje tipa »x je znatno manje od a«, koje je okarakterisano fuzzy skupom C. Fuzzy skup D predstavlja presek fuzzy skupova G i C, odnosno skup svih

rešenja posmatranog problema koja istovremeno zadovoljavaju kriterijum i ograničenje. Finalno rešenje  $x_f$  bira se iz skupa onih rešenja kojima odgovara najveći stepen pripadnosti skupu D.



Sl. 4 — Funkcije pripadnosti fuzzy skupova G, C i D (FUZZY optimizacija)

### Zaključak

Kao rezultat razvijenog modela preventivnog održavanja tehničkih sistema na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti i minimalnih troškova dobija se, primenom postupka »kompromisnog izbora najpovoljnijeg rešenja« (trade-off), izlazna operaciona karakteristika modela »optimalni« interval vremena koji predstavlja relevantnu informaciju u procesu donošenja odluke korisnika za pravovremeno preduzimanje postupaka preventivnog održavanja.

Za alternativno rešavanje posmatranog problema moguća je primena FUZZY optimizacije.

### Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — MAINTAINABILITY ENGINEERING, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [3] Teodorović, D., Kikuchi, S.: FUZZY skupovi i primene u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1993.

- [4] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [5] Graham, I., Jones, P. L.: Knowledge, Uncertainty and Decision, Shapman and Hall, New York, 1988.

Mr Milenko Zivaljević,  
pukovnik, dipl. inž.

## POUZDANOST BORBENIH AVIONA — SLABO STRUKTURIRANI PROBLEMI I MOGUĆNOSTI ZA NJIHOVO REŠENJE

### Rezime:

*U radu su razmatrani slabo strukturirani problemi koji se javljaju u oblasti pouzdanosti sistema borbenih aviona (lovaca bombardera) pri određenoj misiji i predlaže način za njihovo razrešenje. Sa aspekta pouzdanosti avionskih sistema, analizirana su tri karakteristična slučaja: maksimalni dolet, maksimalna pouzdanost izvršenja zadatka, i borbena misija sa upotrebom naoružanja.*

*Naznačeni su slabo strukturirani problemi i predočeni mogući pravci njihovog razrešenja. U jedno od mogućih rešenja uvrštena je i podela borbenog aviona na sisteme bitne za bezbednost leta i sisteme bitne za izvršenje misije.*

*Radi određivanja značaja pojedinog sistema za bezbednost leta primenjena je fuzzy logika, uspostavljena su pravila aproksimativnog rezonovanja, izvršena je defazifikacija i predložena promena pouzdanosti.*

*Ključne reči: borbeni avion, pouzdanost, sistem, fuzzy logika, fuzzy promenljiva.*

---

## RELIABILITY OF COMBAT AIRCRAFT — INCOMPLETELY STRUCTURED PROBLEMS AND POSSIBILITIES FOR THEIR SOLUTION

### Summary:

*In the article are considered the incompletely structured problems emerging in the field of reliability of combat aircraft (fighter-bombers) in execution of given missions, and a manner of their solution is proposed. With respect to the reliability of the aircraft systems three characteristic cases have been analysed: maximum range, maximum reliability in execution of mission, combat mission with utilization of armament.*

*Insufficiently structured problems are outlined, and possible courses for their solutions are suggested. One of the possible solutions encompasses the division of the combat aircraft to systems vital for the flight security and systems vital for execution of mission.*

*In the definition of significance of individual flight security systems the fuzzy logic is applied, rules of approximate reasoning are established, dephasing is worked out, and change of reliability parameters is suggested.*

*Key words: combat aircraft, reliability, system, fuzzy logic, fuzzy variable.*

---

### Uvod

Savremeni borbeni avioni (slika 1) predstavljaju veoma složene tehničke sisteme sastavljene od više desetina hi-

ljada delova i sklopova. Pratiti njihovu pouzdanost bez uspostavljanja precizne hijerarhije gotovo je nemoguće.

Radi određivanja pouzdanosti borbenog aviona i njegovih sistema i kom-

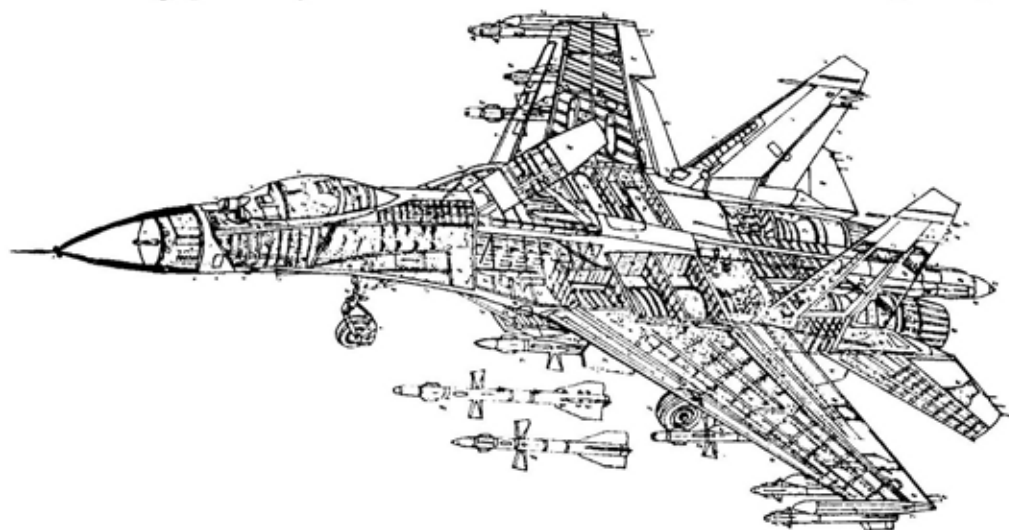
ponenata neophodno je izvršiti dekompoziciju na sisteme i komponente, odrediti njihovu pouzdanost, a nakon toga izvršiti kvalitetnu integraciju dobijenih pouzdanosti, radi određivanja pouzdanosti aviona.

Imajući to u vidu, neophodna je podela borbenog aviona na sisteme — u zavisnosti od njihove funkcije, a oni se, gde je to potrebno, dalje rastavljaju na podsisteme, delove i sklopove, do neophodnog nivoa za praćenje pouzdanosti. Pri tome se moraju izvršiti značajne aproksimacije, vodeći računa da se zadrže generalne karakteristike realnog ponašanja sistema. U

- maksimalni dolet,
- maksimalna pouzdanost pri izvršenju zadatka (misije),
- borbeni misija sa korišćenjem vatrenog, bombarderskog ili raketnog naoružanja.

*Maksimalni dolet sa stanovišta mehanike leta i sa stanovišta pouzdanosti*

Pod doletom se podrazumeva horizontalna udaljenost koju avion pređe sa određenom količinom goriva [12].



Sl. 1 — Savremeni lovac-bombarder sa velikom autonomijom doleta SU-27

protivnom, nemoguće je stvarati matematičke modele koji bi opisivali sve moguće oblike ponašanja aviona.

### **Razmatranje promena parametara pouzdanosti avionskih sistema**

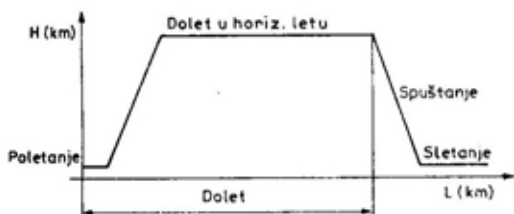
Respektujući funkciju cilja borbenog aviona (na primer, lovca-bombardera), moguće je razmatranje promene parametara pouzdanosti avionskih sistema za razne slučajeve leta, od kojih su karakteristični:

U dolet se uračunava pređeni put u penjanju i horizontalni let, ali se ne uzima u obzir pređeni put u spuštanju (slika 2).

Dolet koji ostvaruju lovci-bombarderi ima određenih specifičnosti u odnosu na optimalan dolet koji bi se mogao ostvariti ako bi se zanemarila njihova upotreba. Naime, u retkim slučajevima ili skoro nikada se ne ostvaruje let na optimalnoj visini radi povećanja doleta. Obično se borbeni letovi kod ovih aviona, zbog izbegavanja ranog radarskog otkrivanja, izvode po



principu nisko — nisko — nisko ili nisko — nisko — visoko. U jednom delu leta dolazi i do znatne promene koefici-



Sl. 2 — Dolet borbenog aviona

jenta otpora, nakon odbacivanja podvešenih ubojnih sredstava, što nije bez uticaja na dolet.

Sa stanovišta pouzdanosti, za ostvarenje maksimalnog doleta, neophodno je da svi sistemi funkcionišu ispravno tokom čitavog leta. Pri tome se podrazumeva potpuno izvršenje zadatka i vraćanje na matični ili drugi aerodrom, bez otkaza.

### *Maksimalna pouzdanost pri izvršenju zadatka (misije)*

Slučaj leta sa tzv. *maksimalnom pouzdanošću* ostvaruje se u figurativnom značenju i ima smisla samo sa stanovišta pouzdanosti. To je slučaj gde se let obavlja sa otkazom nekih (ne bilo kojih) elemenata određenih sistema, kada se uključuju u rad tzv. kvaziredni i kvaziparalelni elementi sistema koji omogućavaju nastavak leta sa pogoršanim performansama do najbližeg aerodroma. U suštini, ovi letovi predstavljaju letenje sa pogoršanim performansama i u nuždi. Kao primeri takvog leta mogu poslužiti otkazi jednog turbomlaznog propulzora (TMP) na avionu sa dva i više TMP, otkazi pojedinih delova sistema (avionskog uređaja za gorivo, uređaja za automatsko kočenje i zaustavljanje aviona, uređaja za kiseonik i drugih), pri

čemu se prekida zadatak, ali se zbog korišćenja rezervnih sistema ne dovede u pitanje opstanak posade i aviona.

### *Pouzdanost leta sa upotrebom naoružanja*

Većina borbenih letova odvija se uz upotrebu avionskog naoružanja, bilo vatrenog, bombarderskog ili raketnog. Sa stanovišta pouzdanosti, borbeni letovi mogu biti interesantni radi posmatranja pouzdanosti avionskih instalacija naoružanja i pouzdanosti ubojnih sredstava. Avionsko naoružanje može se koristiti posebno (vatreno, bombardersko ili raketno) ili kombinovano (bombardersko — vatreno, odnosno raketno — vatreno).

### **Dekompozicija borbenog aviona na celine — sisteme radi određivanja njihove pouzdanosti**

Pri izradi matematičkih modela za praćenje pouzdanosti sistema borbenog aviona, neophodno je uočiti da je avion borbeni sistem sastavljen od više složenih strukturalnih celina i da se svaka strukturalna celina može razložiti na više međusobno integrisanih sistema sa određenom interakcijom. Radi stvaranja realnog modela, neophodno je analizirati i obraditi ove zavisnosti, pa je potrebno izvršiti podelelu aviona na sledeće celine:

1. zmaj i struktura,
2. hidraulički sistem,
3. avionski uređaj za gorivo,
4. sistem komandi leta,
5. sistem pogonske grupe,
6. sistem elektroopreme,
7. sistem elektronske i merne opreme,
8. sistem klimatizacije i presurizacije,

9. sistem naoružanja (vatreno, raketno i bombardersko),

10. uređaj za kiseonik.

Na pouzdan rad aviona i izvršenje funkcije cilja presudan uticaj imaju tzv. osnovni energetske sistemi, gde spadaju gorivni sistemi (aviona i TMP), hidraulički sistem i sistem elektroopreme koji služi za napajanje aviona električnom energijom. Oni energijom napajaju većinu sistema na avionu, tako da se bez njihovog pouzdanog funkcionisanja ne može zamisliti ostvarenje nijedne uspešne misije aviona. Više autonomnosti od ovih sistema imaju podsystem za ulje i uređaj za kiseonik koji takođe spadaju u energetske sisteme, ali pošto opslužuju sami sebe pridaje im se manji značaj.

### **Pouzdanost borbenog aviona dobijena integracijom pouzdanosti sistema i komponenata**

Za ocenu pouzdanosti borbenog aviona kao jedinstvenog sistema, neophodno je izvršiti integraciju pouzdanosti njegovih sistema u okviru pomenutih zadataka:

— maksimalnog doleta,

— maksimalne pouzdanosti pri izvršenju zadatka,

— borbene misije sa korišćenjem vatrene, bombarderske ili raketne naoružanja.

Rešenje ovog zadatka, za sada, pripada klasi takozvanih slabo strukturiranih problema. Ne postoje precizno definisana pravila kako izvršiti integraciju pouzdanosti sistema u avion kao celinu. Prema postojećim saznanjima, rešenje ovog problema može se tražiti na dva načina:

— podelom borbenog aviona na sisteme bitne za bezbednost leta i sisteme bitne za uspešno izvršenje misije,

— integracijom pouzdanosti svih sistema borbenog aviona njihovim serijskim povezivanjem i određivanjem pouzdanosti aviona samo za vreme trajanja jednog leta, kao što je u literaturi [7] dato za transportne avione.

Prvi predlog u ovom trenutku ima više argumenata za usvajanje. Podelom aviona na sisteme bitne za bezbednost leta i misiju aviona, pouzdanost se računa udruživanjem u serijske veze, ali samo sistema bitnih za bezbednost letenja, dok pouzdanost sistema bitnih za misiju služi za potrebe održavanja po sistemu POPS — sa kontrolom nivoa pouzdanosti. To znači da se problemu praćenja pouzdanosti prilazi selektivno, tj. da pouzdanost aviona istovremeno označava i dostignuti nivo bezbednosti letenja, jer u njoj ne figuriraju komponente čiji su otkazi minorni za bezbednost leta, ali se i one drže pod kontrolom i održavaju na optimalan način.

U sisteme bitne za bezbednost leta aviona lovca-bombardera spadaju:

1. zmaj i struktura,
2. hidraulički sistem,
3. avionski uređaj za gorivo,
4. pogonska grupa,
5. elektro-oprema,
6. pojedini podsystemi i komponente elektronske opreme (visinomer, brzinomer i pokazivač položaja aviona).

Sistemi bitni za misiju leta su:

1. svi preostali podsystemi elektronske i merne opreme,
2. klimatizacija i presurizacija,
3. naoružanje (vatreno, bombardersko i raketno),
4. uređaj za kiseonik.

Druga varijanta određivanja pouzdanosti, u koju ulaze svi sistemi i podsystemi, manje je savremena i prihvatljiva, pošto bi u tom slučaju figurisala pouzdanost data za kratak vremenski period, recimo za vreme trajanja

nja jednog leta koji kod lovačko-bombarderske avijacije iznosi i 1 do 1,5 čas. Pouzdanost dobijena na ovaj način bila bi neselektivna i otupljivala bi oštricu zahteva za visokom pouzdanošću najznačajnijih sistema bitnih za bezbednost leta. Inače, podela avionskih sistema i podsistema po prvom principu skoro je neminovna, pošto je neophodno definisati sisteme koji su bitni za uspešno izvršenje misije, a ne utiču značajno na bezbednost leta, zbog održavanja po sistemu POPS — sa kontrolom nivoa pouzdanosti koji je jeftiniji od sistema održavanja po fiksnom resursu ili vremenu.

#### *Određivanje značajnosti sistema za bezbednost leta*

Klasičnom metodom vezivanja sistema i podsistema u serijske veze na avionu, dobijen je neizdiferencirani uticaj sistema na pouzdanost aviona. Naime, dobijena je tehnološka pouzdanost koja je linearna i zavisi isključivo od pouzdanosti elemenata. Odatle i velika opasnost da se pouzdanost borbenog aviona ocenjuje na klasičan način, što bi moglo da unese zabunu u procenjivanju njenog uticaja na bezbednost leta. Sigurno da pouzdanost komandi leta od 0,9 nema isto značenje za preživljavanje aviona kao i pouzdanost kočionog sistema od 0,9 ili ista pouzdanost elektroopreme. Navedene pouzdanosti imaju različite uticaje na preživljavanje aviona na zadatku. Ukoliko se to ne bi shvatilo, avion bi klasičnom teorijom pouzdanosti, kao borbeno sredstvo, bio realno grubo aproksimiran.

Kao što se vidi, navedeni problem samo potencira traženje rešenja u domenu odvajanja pouzdanosti sistema bitnih za bezbednost leta od sistema bitnih za misiju aviona.

*Rešenje pouzdanosti komponenata, čija se značajnost za bezbednost leta menja tokom samog leta, primenom fuzzy logike*

Na borbenom avionu postoje uređaji čija se značajnost za bezbednost leta može menjati i u toku samog leta. Očigledan primer za to je pokazivač položaja aviona čiji otkaz u nepovoljnim meteorološkim uslovima znatno smanjuje mogućnost izvršenja borbenog leta. U uslovima dobre vidljivosti, značaj ovog elementa za bezbednost leta je manji. Postavlja se pitanje — kako u ovom slučaju definisati pouzdanost izvršenja zadatka? Klasična teorija pouzdanosti nema rešenja za probleme ove vrste. Ona, za sada, ne razmatra izvore i tipove neizvesnosti koji su posledica nekompletnih informacija, nedovoljno strukturiranih i nejasno definisanih koncepata, konfliktnih izvora podataka i slično.

Kao dopuna klasičnim metodama, često se moraju koristiti metode veštačke inteligencije i ekspertske metode. One se uvode kao alternativa strogim algoritmima u rešavanju realnih, slabo strukturiranih problema. Za te potrebe koriste se koncepti i ideje veštačke inteligencije, tehnike ekspertskih sistema i metode aproksimativnog rezonovanja koje se zasnivaju na teoriji fuzzy skupova.

Najvažnija osobina metoda veštačke inteligencije i ekspertskih sistema jeste da one uključuju procesiranje znana kombinovano sa klasičnim procesiranjem podataka, tj. kombinuje se numeričko procesiranje sa simboličkim rezonovanjem nad podacima [9].

Za opisivanje sistema koriste se lingvističke promenljive (statusne i upravljачke), često nazvane ulazne i izlazne, kojima se, umesto numeričkih, pridružuju lingvističke vrednosti. Relacije između upravljачkih promenljivih i statusnih promenljivih su fuzzy po prirodi, a opisuju se heurističkim pravilima.

Moguće je generisati pravila koja će modifikovati pouzdanost određenog sistema za svaku kombinaciju deskriptora iz definisanih skupova statusnih promenljivih. U konkretnom slučaju za statusne promenljive, koje su u stanju da ispolje uticaj na pouzdanost sistema aviona, mogu se proglasiti meteorološki uslovi i značajnost sistema za bezbednost leta. Za upravljačku promenljivu može se proglasiti promena pouzdanosti sa deskriptorima: smanjiti pouzdanost, ne menjati pouzdanost i povećati pouzdanost.

Uvode se sledeće statusne i upravljačke promenljive:

M — fuzzy promenljiva koja označava meteorološke uslove,

Z — fuzzy promenljiva koja označava značajnost sistema za bezbednost leta,

P — fuzzy promenljiva koja definiše promenu pouzdanosti.

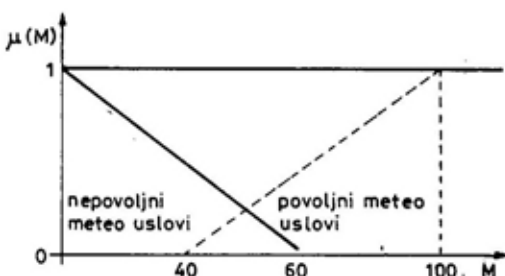
Statusna promenljiva *značajnost sistema za bezbednost leta* zavisi, u određenim slučajevima, od statusne promenljive *meteorološki uslovi*, pošto se za određene sisteme značajnost za bezbednost leta menja sa promenom tih uslova. Očigledan primer za to je već pomenuti pokazivač položaja aviona čiji otkaz u nepovoljnim meteorološkim uslovima znatno smanjuje mogućnost izvršenja borbenog leta.

Za ovaj primer usvojiće se do tri deskriptora, mada ih može biti i više za svaku statusnu promenljivu. Isto će se učiniti i za upravljačku promenljivu:

1. meteorološki uslovi: »nepovoljni«, »povoljni«;
2. značajnost sistema za bezbednost leta: »mala«, »srednja«, »visoka«;
3. promena pouzdanosti sistema: »smanjiti pouzdanost«, »ne menjati pouzdanost«, »povećati pouzdanost«.

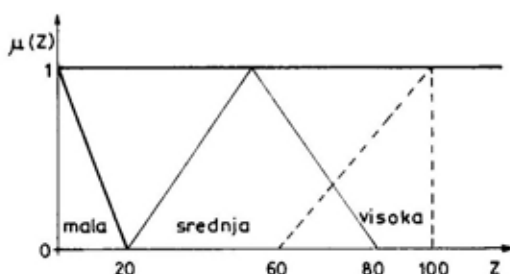
Subjektivno se procenjuju vrednosti statusnih promenljivih na skali od 0 do 100, pri čemu važi:

— nula na skali za procenu meteoroloških uslova označava nepovoljne uslove (oblačnost 8/8), a 100 označava povoljne uslove (potpuno vedro). Fuzzy skupovi koji opisuju meteorološke uslove prikazani su na slici 3;



Sl. 3 — Funkcije pripadnosti fuzzy skupova »nepovoljni meteorološki uslovi« i »povoljni meteorološki uslovi«

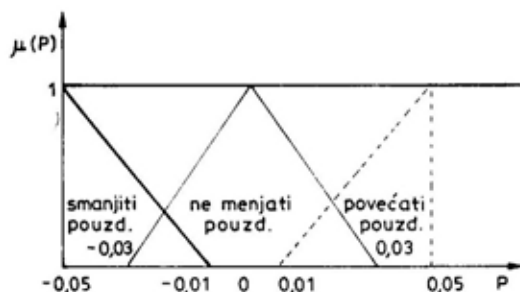
— nula na skali za značajnost sistema za bezbednost leta označava da avion može bezbedno da izvrši let i sa otkazom posmatranog sistema, dok 100 na skali označava maksimalnu važnost sistema za bezbednost leta. Fuzzy skupovi koji opisuju značajnost sistema za bezbednost leta prikazani su na slici 4.



Sl. 4 — Funkcije pripadnosti fuzzy skupova »mala«, »srednja« i »velika« značajnost za bezbednost leta

Što se tiče vrednosti za upravljačku promenljivu, kod nje vrednost nula treba da bude predstavljena stepenom pripadnosti 1 fuzzy skupa *ne menjati pouzdanost*. Granice fuzzy skupa *smanjiti pouzdanost* i *povećati pouzdanost* treba da odrede eksperti ko-

ii dobro poznaju avion i njegovo ponašanje pri otkazu pojedinih sistema. Granice bi trebalo određivati za svaki sistem pojedinačno, u zavisnosti od procene njegovog doprinosa za bezbednost leta. Za navedeni slučaj će se uzeti da se radi o neznatnim korekcijama (povećanje i smanjenje pouzdanosti) za 0,05, odnosno granice (0,05 i -0,05), respektivno. Funkcije pripadnosti fuzzy skupova upravljačke promenljive prikazane su na slici 5.



Sli. 5 — Funkcije pripadnosti fuzzy skupova koji opisuju promenu pouzdanosti sistema

Definisanjem broja statusnih promenljivih i njihovih deskriptora definisan je i skup heurističkih pravila, tj. njihov broj.

Predlažu se sledeća pravila aproksimativnog rezonovanja, za određivanje upravljačke akcije, po pitanju promene pouzdanosti:

**Pravilo 1:**

Ako su M nepovoljni i Z mala tada ne menjati pouzdanost, ili

**Pravilo 2:**

Ako su M nepovoljni i Z srednja tada ne menjati pouzdanost, ili

**Pravilo 3:**

Ako su M nepovoljni i Z visoka tada smanjiti pouzdanost, ili

**Pravilo 4:**

Ako su M povoljni i Z mala tada povećati pouzdanost, ili

**Pravilo 5:**

Ako su M povoljni i Z srednja tada ne menjati pouzdanost, ili

**Pravilo 6:**

Ako su M povoljni i Z visoka tada smanjiti pouzdanost.

Za unapred zadate vrednosti za meteorološke uslove (M) i značajnost sistema za bezbednost leta (Z), primenom izloženog algoritma aproksimativnog rezonovanja svakoj od mogućih vrednosti upravljačke promenljive (P) pridružen je odgovarajući stepen pripadnosti. Primenom metoda centra gravitacije izvršena je defazifikacija, odnosno izbor jedne vrednosti upravljačke promenljive [14].

Za zadate vrednosti promene meteoroloških uslova i značajnosti sistema za bezbednost leta dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 1.

Praktična vrednost ove tabele, dobijene metodom aproksimativnog rezonovanja, sastoji se u tome što su defazifikacijom određene vrednosti korekcije pouzdanosti u zavisnosti od promene meteoroloških uslova i značajnosti konkretnog sistema za bezbednost leta.

Na primeru pokazivača položaja može se nedvosmisleno pokazati vrednost metode aproksimativnog rezonovanja. U povoljnim meteorološkim uslovima, ocenjenim na skali sa 95 (skoro 100% vedro), njegova značajnost za bezbednost leta nije velika, pošto postoji mogućnost vizuelnog određivanja položaja aviona u prostoru i recimo da je ocenjena sa 50 na skali značajnosti za bezbednost leta. Ove dve vrednosti nalaze se u tabeli 1 pod rednim brojem 20. Vidi se da za ovaj

Tabela 1

Korekcija pouzdanosti za promenu meteoroloških uslova i značajnosti sistema za bezbednost leta

Redni broj	Meteo. uslovi	Značajnost za bezbed. leta	Korekcija pouzdanosti
1.	10	95	-0,04
2.	30	10	0,00
3.	30	40	0,00
4.	30	50	0,00
5.	30	70	-0,01
6.	30	90	-0,03
7.	50	10	0,01
8.	50	40	0,00
9.	50	50	0,00
10.	50	70	-0,01
11.	50	90	-0,03
12.	80	10	0,03
13.	80	40	0,00
14.	80	50	0,00
15.	80	70	-0,01
16.	80	90	-0,04
17.	95	5	0,04
18.	95	10	0,03
19.	95	40	0,00
20.	95	50	0,00
21.	95	70	-0,01
22.	95	90	-0,04

slučaj leta ne bi trebalo vršiti nikakve korekcije pouzdanosti sa aspekta bezbednosti leta.

U nepovoljnijim meteorološkim uslovima dolazi i do promene značajnosti pokazivača za bezbednost letenja, pošto je on jedini merodavni uređaj za definisanje položaja aviona u prostoru. Ako se pretpostavi da je meteorološka situacija ocenjena sa 30 i značajnost za bezbednost leta je porasla i ocenjena sa 90. Iz tabele 1 za naznačene vrednosti (red. br. 6), uočava se neophodnost korekcije pouzdanosti za ovaj slučaj leta i to za -0,03. Primer je više kolokvijalan nego što na određeni način uspostavlja prave vrednosti upravljačke promenljive (korekciju pouzdanosti) za navedeni slučaj. Za definisanje pravih vrednosti korekcije pouzdanosti za svaki uređaj ili sistem trebalo bi koristiti znanja eksperata (pilota VOC-a), uz čiju bi se pomoć definisale funkcije pripadnosti fuzzy skupova za upravljačke promenljive.

### Zaključak

Zbog specifičnosti i složenosti prostora i uslova u kojima borbeni avioni izvršavaju zadatke, postoji niz slabo strukturiranih problema u njihovoj pouzdanosti na koje klasična teorija ne daje rešenja koja zadovoljavaju zahteve prakse. Ilustrovani primer sa pokazivačem položaja samo potvrđuje konstataciju da klasičnim pristupom nisu obuhvaćeni svi relevantni faktori objektivnog karaktera, od kojih zavisi pouzdanost izvršenja zadatka. Integrisanje pouzdanosti sistema radi dobijanja pouzdanosti aviona, kao i određivanje koeficijenata pogoršanja performansi kod kvazirednih i kvaziparalelnih veza, takođe, spadaju u domen slabo strukturiranih problema.

Vrednost dobijenih rezultata se ne minimizira primenjenom metodom aproksimativnog rezonovanja već naprotiv, ovaj način se za sada ukazuje kao jedina alternativa za rešenje navedenih problema.



Ovakva rešenja, svojom elastičnošću, doprinose da se pouzdanost iz svog isključivo tehnološkog i kvantitativnog prostora premešta u sferu kvalitativnog, stvarajući tako korelaciju između tehnološke pouzdanosti i bezbednosti leta.

Rešenjem slabo strukturiranih

problema iz oblasti pouzdanosti borbenih aviona, na ovaj način, stvoren je ekspertski sistem koji se dalje može koristiti po potrebi.

Dalji prodor u razrešenju navedenih problema moguć je uz aktivno učešće eksperata, što je i jedna od mana navedene metode.

#### Literatura:

- [1] Adamović, Z. Logistički sistem održavanja, Privredni pregled, Beograd, 1989.
- [2] Barzilović, E. J. i grupa autora: Nadežnost aviacionih sistem, Višaja škola, Moskva, 1982.
- [3] Dragović, T., Rašuo B.: Savremeni koncept vazduhoplovnotehničkog obezbeđenja, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [4] Ivanović, G., Stanivuković, D.: Pouzdanost, Tehnička uprava SSNO, 1988.
- [5] Kaufmann, A, Gupta, M.: Introduction to fuzzy arithmetic, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1985.
- [6] Kokanović, M., Čirović, M., Modrić, Z.: Logističko inženjerstvo, CVTS KoV, Zagreb, 1985.
- [7] Kostočkin V. V.: Nadežnost aviacionih dvigatelja i silovih ustanovok, Mašinostroenie, Moskva, 1976.
- [8] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [9] Petrović, R., Vujošević, Petrović, D.: Optimizacija redundantnih sistema, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 1993.
- [10] Petrović, R.: Fuzzy skupovi i fuzzy logika u analizi pouzdanosti, Naučni skup Efektivnost sistema i logistika, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [11] Radojević, D.: Soft computing, SYM-OP-IS 94, Kotor, 1994.
- [12] Rendulić, Z.: Mehanika leta, Biblioteka Pravila i udžbenici, 1987.
- [13] Rosenhead, J.: Problem structuring methods, EURO XIII/OR 36, University strathclyde, Glasgow, 1994.
- [14] Teodorović, D., Kikuchi, S.: Fuzzy skupovi i primene u saobraćaju, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, 1991.
- [15] Teodorović, D., Kalić, M., Pavković, G.: The potential for using set theory in airline network design, Transpn. Res.-B. Vol. 28B, No 2, 1994 Elsevier Science Ltd Printed in Great Britain.
- [16] Teodorović, J.: Održavanje tehničkih sredstava u RV i PVO, Informativno predavanje za komandni sastav, Beograd, 13. april 1995. godine.
- [17] Teodorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Novi Beograd, 1993.
- [18] Vujanović, N.: Istraživanje metoda ocene i alokacije pouzdanosti i pogodnosti održavanja na primeru jednog sistema naoružanja, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [19] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
- [20] Živaljević, M., Kalić, M., Pavković, G.: Pouzdanost sistema za zaustavljanje i automatsko kočenje borbenog aviona i mogućnost određivanja koeficijenata pogoršanja performansi primenom fuzzy logike, Vojnotehnički glasnik br. 6, 1994.

**Ratomir Stanojlović,**  
potpukovnik, dipl. inž.

## **OCENA KVALITETA SREDSTAVA KOJA SE NABAVLJAJU ZA POTREBE VOJSKE JUGOSLAVIJE**

### *Rezime:*

*Krajem osamdesetih godina Vojska Jugoslavije je, analizirajući ukupno stanje u oblasti obezbeđenja kvaliteta, ocenila da postojeća regulativa nije dovoljna da u potpunosti uredi ovu oblast. Rezultat te analize je izdavanje standarda SNO 9000/90, za sistem kvaliteta, koji obezbeđenje kvaliteta diže na još viši nivo i približava najvišim svetskim standardima u toj oblasti.*

*Rad ima za cilj da, respektujući standard SNO 9000/90 i ostale propise koji regulišu odnose u proizvodnji i obezbeđenju kvaliteta sredstava NVO, prikaže aktivnosti vojne kontrole kvaliteta naoružanja i vojne opreme (VKK NVO) i postupak ocene kvaliteta sredstava NVO u serijskoj proizvodnji.*

*Ključne reči: ocena kvaliteta, završna kontrola, serijska proizvodnja, naoružanje, vojna oprema, kriterijumi.*

---

## **ASSESSMENT OF QUALITY OF MATÉRIEL PROCURED FOR THE YUGOSLAV ARMY**

### *Summary:*

*After an analysis of the overall state of affairs in the domain of ensuring the quality of matériel being procured for its needs, carried out by the end of the eighties, the Yugoslav Army assessed that the then existing regulations were not sufficient for the thorough setting in order this domain. The analysis resulted in the edition of the SNO 9000/90 standard for the quality system, which elevated the assurance of quality to a higher level, thus making it close to the highest world standards.*

*The author's intent was to present, respecting the SNO 9000/90 standard and other regulations concerning the relations in production of matériel for the Yugoslav Army, activities of the military control of quality of that matériel and procedures of assesment of its quality in its serial production.*

*Key words: assessment of quality, final control, serial production, armament, military equipment, critiria.*

---

### **Uvod**

Razvoj sredstava i sistema NVO i njihova sve veća složenost, nametnuli su sasvim nove poglede na problem kvaliteta i pouzdanosti.

Pod pojmom *kvalitet* više se ne podrazumeva samo kvalitet proizvoda,

već i kompletna infrastruktura koja proizvod održava ispravnim kroz čitav vek eksploatacije. Kvalitet, kao deo logističkog obezbeđenja, treba ugrađivati u razvoj od samog početka — još u fazi planiranja i projektovanja proizvoda.



Kvalitet sredstava NVO zavisi od:

- kvaliteta projekta sredstva NVO, pripadajuće opreme, obezbeđenja i snabdevanja;
- konformnosti izvedbe u proizvodnji kroz nadzor, ispitivanja, testove i primopredajna ispitivanja;
- obučenosť osoblja u eksploataciji i održavanju — remontu.

Vojska Jugoslavije (VJ) odredila je svoj pristup kvalitetu, uspostavila odgovarajuću organizaciju, izabrala i obrazovala kadrove i propisala metodologiju. Na taj način štiti svoje interese i obezbeđuje da kvalitet i pouzdanost poručenih proizvoda i usluga bude na najvišem nivou.

Ocena kvaliteta je proces aktivnosti koji se proteže kroz sve faze realizacije proizvoda, i to:

- preko izrade modela, faza razvoja (prototip i prototipska partija), nulte serije i serijske proizvodnje;
- kroz proces proizvodnje i preko kontrole proizvoda od dobavljača (ulazna kontrola, procesna kontrola i završna kontrola).

### **Dokumenta, postupci i nadležnosti**

Polazni dokument kojim su postavljene osnove proizvodnje i obezbeđenja kvaliteta sredstava NVO je Pravilnik o opremanju — UPRF-1. Njime je određen proces opremanja VJ sredstvima NVO koji obuhvata: istraživanje i razvoj, osvajanje proizvodnje, proizvodnju i nabavku, ocenu kvaliteta, uvođenje u naoružanje i eksploataciju.

Ovim pravilnikom regulisano je da se serijska proizvodnja obavlja posle donošenja rešenja o prijemu nulte serije i davanja razrešnice za serijsku proizvodnju, a da su za kontrolu kvaliteta i pouzdanosti, i prijem serijske proizvodnje nadležni organi VKK NVO ili njihovi ovlašćeni saradnici. Pravil-

nik UPRF-1 definiše i sledeće aktivnosti [1]:

- način ugovaranja serijske proizvodnje [2],
- ispitivanje i prijem sredstava prema aktima standardizacije,
- obavezivanje proizvođača, kroz ugovor, da obezbedi serijsku proizvodnju po tehničkoj dokumentaciji i prema zahtevima standarda [3],
- postupak i nadležnosti za rešavanje odstupanja-neusaglašenosti proizvoda po tehničkoj dokumentaciji,
- postupak u slučaju dužeg prekida serijske proizvodnje,
- postupak sa tehničkom dokumentacijom, koji se odnosi na izradu, rukovanje i način sprovođenja izmena, itd.

Način na koji VKK NVO učestvuje u kontroli kvaliteta tj. oceni kvaliteta sredstava NVO propisan je Uputstvom o kontroli kvaliteta.

VKK NVO organizuje i sprovodi sledeće aktivnosti [4]:

- a) povremene kontrole kvaliteta sirovina, polufabrikata, delova, podsklopova i sklopova za sredstva NVO;
- b) povremene nadzore rada službe kvaliteta proizvođača sredstava NVO;
- c) povremene nadzore nad pridržavanjem propisanih postupaka u tehnološkom procesu proizvodnje sredstava NVO;
- d) završnu kontrolu kvaliteta sredstava NVO;
- e) praćenje kvaliteta sredstava NVO tokom eksploatacije i skladištenja.

Uputstvo o kontroli kvaliteta, takođe, propisuje:

- učesnike — izvršioce kontrole, njihova ovlašćenja, nadležnosti i odgovornosti,
- način planiranja navedenih aktivnosti VKK,

— postupke za obavljanje aktivnosti VKK (priprema, sprovođenje, analiza i izveštaj, zaključci i preporuke).

Povremene kontrole, nadzori i praćenje kvaliteta u eksploataciji i skladištima (aktivnosti a, b, c, i e) predstavljaju preventivne aktivnosti koje VKK NVO sprovodi, kako bi se sprečile pojave neusaglašenosti, tj. olakšao i osigurao posao pri završnoj kontroli kvaliteta i donela što realnija ocena kvaliteta sredstava NVO.

Pravilnikom o standardizaciji i metrologiji obrađena su akta standardizacije, merna sredstva i način rada proizvođača NVO, i VKK NVO u procesu ocenjivanja kvaliteta.

Standard SNO 9000/90 sistematizovao je sve zahteve i uslove koji su neophodni da bi se kvalitet sredstava NVO obezbedio i održavao na konstantnom nivou, pa i poboljšavao.

Poštovanje osnovnih principa ovog standarda, kao što su: dokumentovanost, odgovornost, sistematičnost, organizovanost, povezanost, sprovodljivost, efikasnost i efektivnost za svakog proizvođača NVO su preporuka, a za VJ garancija da će kvalitet ugovorenih sredstava biti na zahtevanom nivou.

U VKK NVO urađene su tehnološke šeme u kojima su po nivoima i izvršiocima definisani zadaci, nadležnosti i odgovornosti.

Na ovakav način postavljena metodologija, regulisane nadležnosti i odgovornosti omogućavaju da VKK NVO jednostavnije, tačnije i efikasnije utvrđuje kvalitet.

### **Postupci VKK NVO u završnoj kontroli kvaliteta sredstava NVO iz serijske proizvodnje**

VKK NVO završnu kontrolu kvaliteta sredstava NVO iz serijske proizvodnje vrši na osnovu ugovora i propisane tehničke dokumentacije.

Ugovornim odredbama proizvođač NVO preuzima potpunu odgovornost za kvalitet NVO i obavezuje se na uslove obezbeđenja kvaliteta prema zahtevima standarda za sistem kvaliteta SNO 9000/90. Ugovornim odredbama propisuje se koji vid kontrole kvaliteta vrši VKK NVO (završna, povremena i nadzor), kao i pravo da VKK NVO proverava sistem kvaliteta.

Zahtevima standarda SNO 9000/90 definisane su aktivnosti i neophodni uslovi za obavljanje završne kontrole kvaliteta koju obavlja proizvođač NVO, i korisnik, u ovom slučaju VKK NVO, a to su:

— propisana je završna kontrola kvaliteta i interna ispitivanja koje obavlja proizvođač NVO;

— obavezuje se proizvođač da izradi plan kvaliteta-kontrole ili opiše postupke za završnu kontrolu kvaliteta;

— definisana je izrada potrebne dokumentacije kao dokaz o ostvarenom kvalitetu;

— regulisan je postupak sa kontrolno-mernom opremom;

— propisan je postupak u slučaju utvrđivanja neusaglašenih karakteristika proizvoda;

— predviđene su mogućnosti i način primene statističkih metoda;

— data je mogućnost i način uključivanja predstavnika korisnika — VKK NVO u proces kontrolisanja,

— regulisana je nadležnost za prijavljivanje sredstava NVO na završnu kontrolu kvaliteta predstavniku korisnika — VKK NVO.

Proizvođač, nakon interne provere kvaliteta ugovorenog sredstva prijavljuje ga VKK NVO na završnu kontrolu kvaliteta. Prijavljivanje NVO vrši se prezentiranjem prijemno-tehničke dokumentacije (sveska PTD), saglasno Uputstvu za njenu izradu, [5], što je ugovorna obaveza. Dokazima i dokumentima iz sveske PTD, proizvođač potvrđuje da je sredstvo NVO proizve-

deno i ispitano prema ugovorenim uslovima i planu kontrole, i da zadovoljava propisane zahteve kvaliteta.

Postoji mogućnost da se sredstva NVO prijave i sa određenim neusaglašenostima, tj. odstupanjima od tehničke dokumentacije, ali je neophodno da su odstupanja blagovremeno razrešena sa VKK NVO, saglasno UPRF-1 ili Pravilniku o standardizaciji i metrologiji [6].

Izvršilac iz VKK NVO, nakon prijave sredstva NVO za završnu kontrolu, postupa na sledeći način:

- analizira svesku PTD upoređujući podatke sa ugovorenim obavezama;

- identifikuje prijavljena sredstva NVO i količinu;

- analizira realizaciju plana kontrole i traži na uvid potrebne dokaze;

- procenjuje nalaze iz prethodno obavljenih povremenih kontrola i nadzora, i njihov uticaj na prijavljena sredstva;

- ostvaruje uvid u zapise o kvalitetu;

- upoređuje rezultate internih kontrola i ispitivanja sa zahtevima kvaliteta propisanim u tehničkoj dokumentaciji;

- proverava da li su obezbeđeni uslovi za obavljanje završne kontrole kvaliteta (verifikovana merna oprema, mere bezbednosti, pogonska sredstva, i sl.);

- sa proizvođačem razrađuje tehnologiju neposredne završne kontrole kvaliteta i bira uzorak, ako nije ugovorena stoprocentna kontrola.

VKK NVO sprovodi završnu kontrolu kvaliteta kroz četiri faze:

- pripremu kontrole;

- sprovođenje kontrole;

- analizu kontrole i izveštaj o kontroli;

- zaključke i preporuke.

Dijagrami tokova završne kontrole kvaliteta za sve četiri faze, prikazani su na slikama 1, 2, 3 i 4.

Kada se radi o složenim sistemima NVO u praksi VKK je da se, uz navedenu regulativu i metodologiju, izradi posebno uputstvo-instrukcija kojim se preciznije propisuje sveukupno angažovanje VKK NVO na oceni kvaliteta.

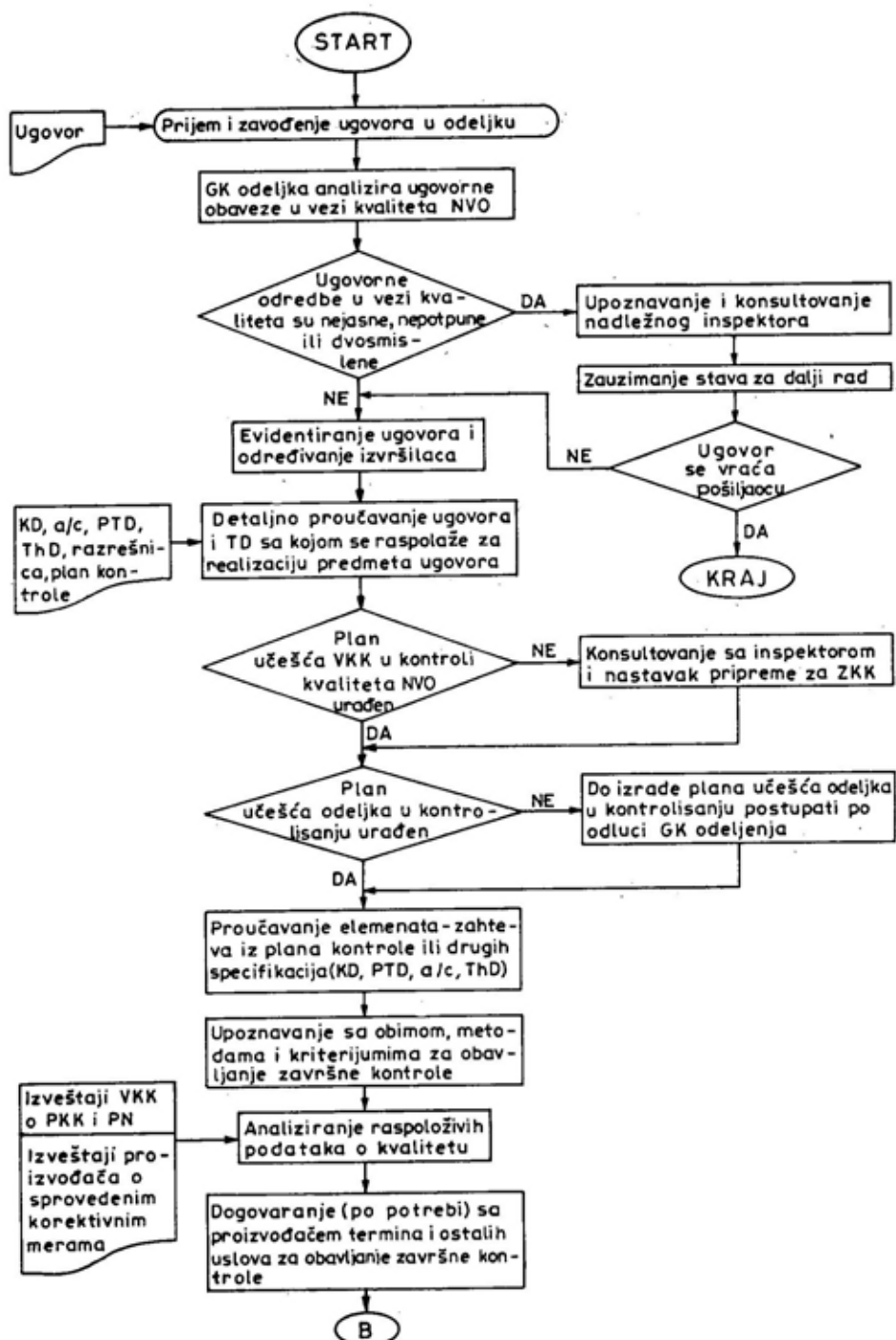
### **Kriterijumi za ocenu kvaliteta i zaključivanje završne kontrole kvaliteta NVO**

Aktima standardizacije, specifičnom tehnološkom dokumentacijom, planovima kontrole — kontrolisanja i kontrolnom tehnologijom, propisuju se kriterijumi za ocenu kvaliteta sredstava NVO koja su predmet angažovanja VKK.

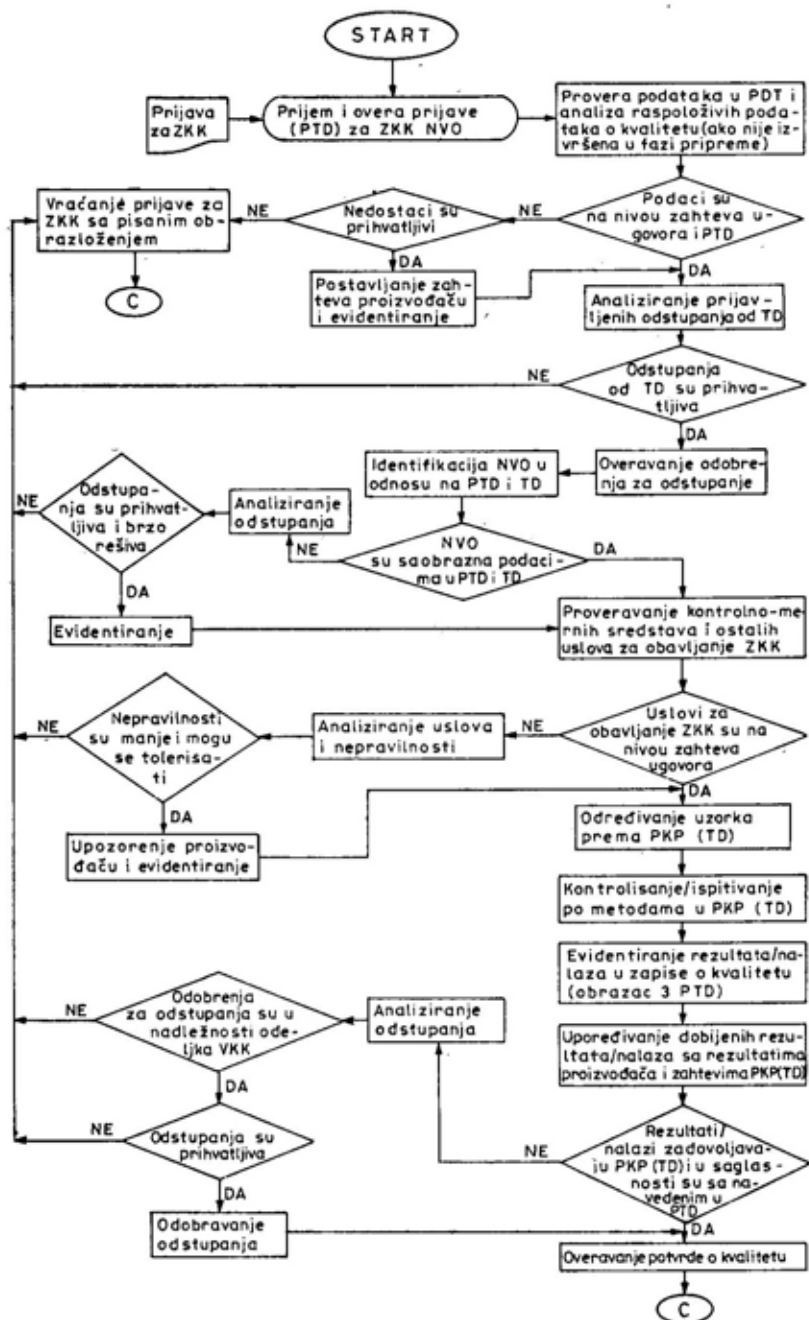
Takođe, propisuju se karakteristike kvaliteta sa kategorizacijom mana, metode za proveru, obim provere, oštrina provere, nivo prihvatljivosti, vrsta kontrole (stalna, povremena, kontrola po posebnom zahtevu i programu, i sl.). Najčešće se za završnu kontrolu kvaliteta propisuje statistička metoda uz primenu JUS N.NO.029 — uzorkovanje za kontrolu prema atributima [7], sa svim obavezama i ograničenjima koja ona postavlja.

Izvršilac iz VKK NVO, nakon obavljenih priprema prikazanih na slici 1, sprovođenja završne kontrole kvaliteta shodno aktivnostima prikazanih na slici 2, i utvrđivanja kvaliteta prijavljenih sredstava NVO u zavisnosti od ustanovljenog stanja, uvažavajući propisane kriterijume i uslove, donosi odluku o izdavanju (neizdavanju) potvrde o kvalitetu.

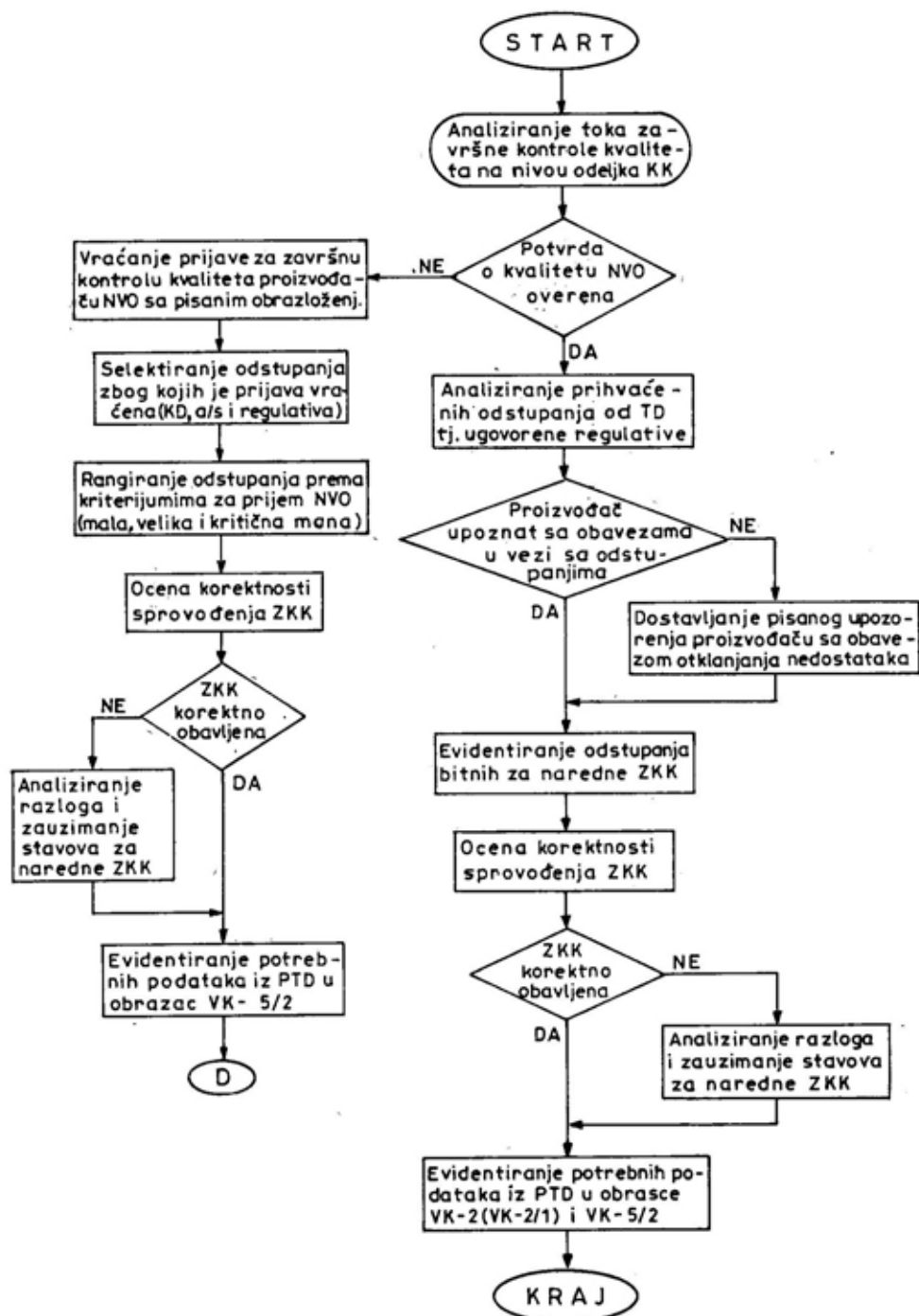
U zavisnosti od sveukupnih rezultata završne kontrole kvaliteta NVO,



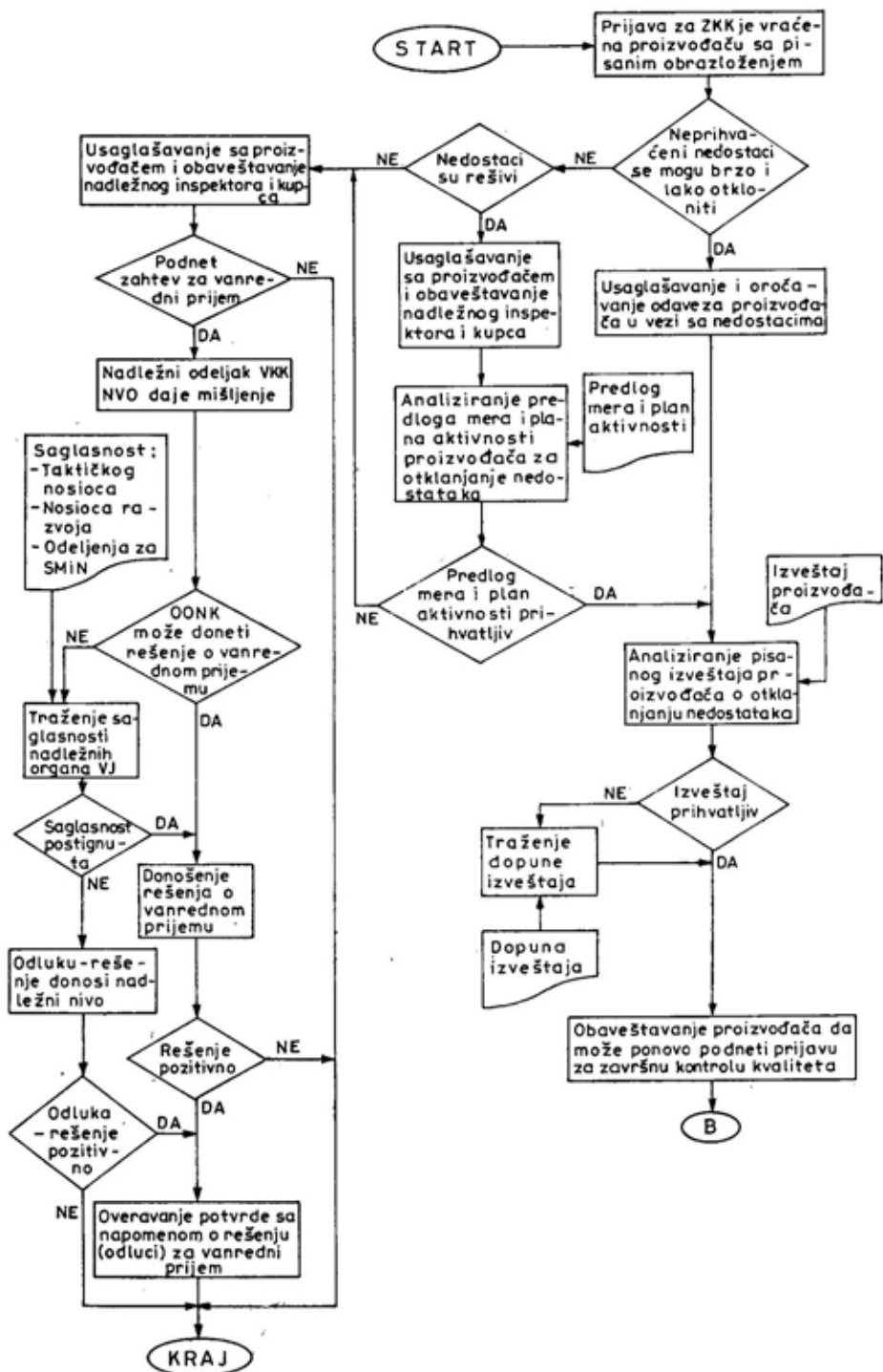
Sl. 1 — Priprema kontrole (A)



Sl. 2 — Sprovođenje kontrole (B)



Sl. 3 — Analiza kontrole i izveštaj o kontroli (C)



Sl. 4 — Zaključci i preporuke (D)

nakon detaljno obavljene analize, daju se zaključci i preporuke proizvođaču NVO. Postupak analiziranja, izrade izveštaja, zaključaka i preporuka opisan je Uputstvom o kontroli kvaliteta predmeta NVO, a tok aktivnosti u dijagramima (slike 3 i 4).

Posebno treba naglasiti da se predstavniku proizvođača omogućava da prisustvuje svim fazama kontrole i da aktivno učestvuje u njima, kako bi utvrđeno stanje, doneta ocena, zaključci i predložene preporuke bili realni odraz nalaza ustanovljenih u završnoj kontroli kvaliteta.

#### Literatura:

- [1] Pravilnik o opremanju oružanih snaga naoružanjem i vojnom opremom u miru (UPRF-1), 1985.
- [2] SNO 0477, Elementi koji se razmatraju pri ugovaranju sredstava i sistema naoružanja i vojne opreme, 1983.
- [3] SNO 9000/90, Zahtevi za sistem kvaliteta isporučioa naoružanja i vojne opreme, 1990.
- [4] Uputstvo o kontroli kvaliteta predmeta naoružanja i vojne opreme, Sl. vojni list 19/76, 1976.

## Zaključak

Aktivnosti koje VKK NVO obavlja u procesu ocene kvaliteta sredstava NVO, obavljajući završnu kontrolu kvaliteta, pokazuju svu kompleksnost i složenost ovog zadatka, i kolika je odgovornost na izvršiocu iz VKK NVO pri donošenju odluke o oceni kvaliteta NVO.

Bez uvedenog i uspostavljenog sistema kvaliteta proizvođač nije u mogućnosti da vlada proizvodnjom i kvalitetom, pa, prema tome, ne može ispunjavati ugovorne obaveze.

- [5] Uputstvo za izradu prijemno-tehničke dokumentacije, 1980.
- [6] Pravilnik o standardizaciji i metrologiji u oružanim snagama (SiM-1), 1989.
- [7] JUS N.NO.029, Planovi i postupci uzimanja uzoraka za kontrolu kvaliteta prema atributima, 1974.



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 praćenjem 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 rediness 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-

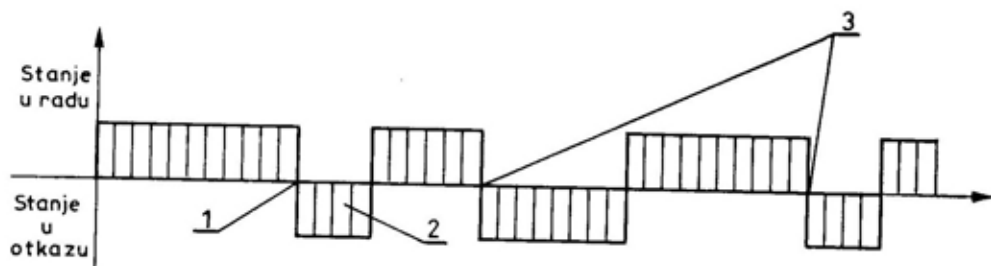
pešno zadovoljiti potrebe okoline ukoliko se ne dobijaju selekcionirani podaci o njegovom ponašanju u procesu rada.

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 projekatana, 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 GS 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.

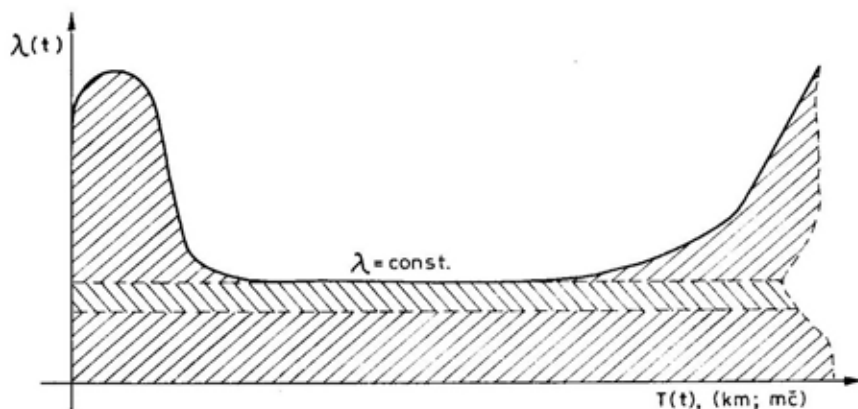
### Proces održavanja kao baza podataka

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 upotrebnii 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 Weibulove raspodele, za izračunavanje optimalnih intervala obnavljanja sasta-

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

Korišćena je dvoparameterska Weibulova 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,

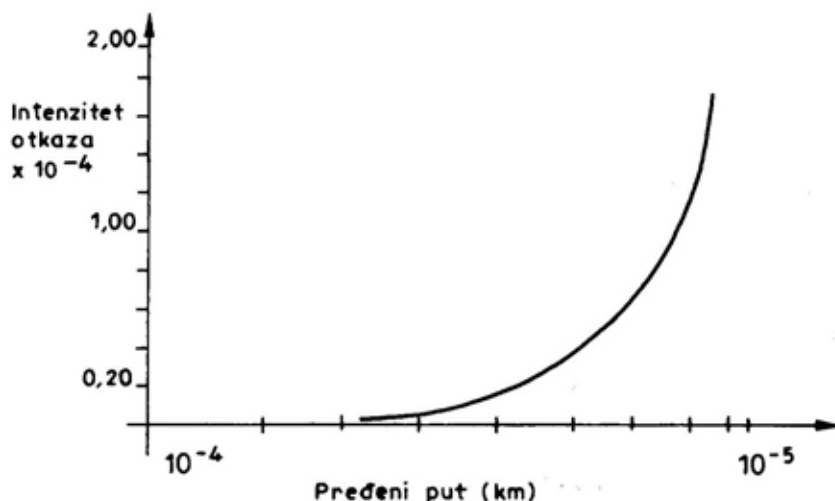
$R(t)$  — funkcija pouzdanosti,

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

$\alpha$  — parametar oblika,

$\eta$  — parametar razmere.

Primer raspodele vremena do pojave otkaza, dat preko Weibulove 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  $\alpha$  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] Čirić, V.: Uvod u programiranje i programski jezik FORTRAN.



**Mr Miroslav Savanović,**  
potpukovnik, dipl. inž.

## **NABAVKA I OCENA KVALITETA REZERVNIH DELOVA ZA POTREBE VOJSKE JUGOSLAVIJE**

### *Rezime:*

*U radu su obrađeni problemi vezani za nabavku rezervnih delova (r/d) za potrebe Vojske Jugoslavije (VJ) u uslovima trgovinskog embarga i neregularnih uslova na tržištu. Prikazana je struktura izvora iz kojih se VJ snabdeva sa r/d za potrebe održavanja TMS i obim potreba za r/d. Analizirano je sadašnje stanje ulazne kontrole kvaliteta r/d i mogućnosti njenog obezbeđenja u uslovima kada je VJ prinuđena da ih nabavlja iz različitih izvora. Ponuđeni su i predlozi koji bi omogućili veću zastupljenost ulazne kontrole kvaliteta r/d u navedenim uslovima. Ključne reči: rezervni delovi, nabavka, kontrola, ocena kvaliteta.*

---

### **PROCUREMENT AND ASSESSMENT OF QUALITY OF SSPARE PARTS FOR THE YUGOSLAV ARMY**

#### *Summary:*

*The author reviews problems pertaining the procurement of spare parts for the Yugoslav Army in conditions of the commercial embargo and irregular situation in the market. Presented are the structure of sources for procurement of spare parts for the maintenance of different items of matériel of the Yugoslav Army, and the range of its requirements in spare parts. Analysed are the current state of affairs concerning the input control of quality of spare parts, and possibilities of effecting this control in conditions where the Yugoslav Army is forced to procure spare parts from a variety of sources. Solutions which could make possible a more substantial input control of quality of spare parts in such conditions are offered.*

*Key words: spare parts, procurement, control, quality assessment.*

---

#### **Uvod**

Snabdevanje, pored održavanja TMS, predstavlja najvažniji deo tehničkog obezbeđenja VJ. Uporedo sa snabdevanjem pogonskim gorivom i municijom, snabdevanje rezervnim delovima (r/d) predstavlja jedan od najznačajnijih procesa koji direktno utiču na stanje tehničke ispravnosti TMS, i na borbenu gotovost jedinica. Rezervni delovi predstavljaju specifičnu robu, čija

nabavka iziskuje detaljno poznavanje njenih tehničko-tehnoloških i tržišnih karakteristika, a zbog presudnog uticaja na ispravnost i pouzdanost TMS od izuzetne je važnosti obezbeđenje projektovanog kvaliteta r/d, kako pri proizvodnji u fabrikama namenske industrije, tako i pri nabavci od drugih dobavljača. Problem obezbeđenja kvaliteta r/d pri isporuci posebno je kritičan u uslovima prinuđenosti VJ na nabavku od različitih dobavljača putem raznih

alternativnih kanala zbog poznatih uslova trgovinskog embarga i nepovoljnog međunarodnog okruženja. U takvim uslovima nameće se neophodnost osmišljene organizacije ulazne kontrole kvaliteta r/d nabavljenih od dobavljača koji nemaju adekvatnu kontrolu kvaliteta i potrebnu reputaciju u provođenju sistema kvaliteta i garantovanju kvaliteta isporučenih r/d. Ovakva kontrola sprečila bi ulazak r/d koji ne zadovoljavaju zahtevani — projektovani kvalitet u skladišta VJ.

### Politika nabavke rezervnih delova u Vojsci Jugoslavije

Nosilac snabdevanja VJ rezervnim delovima i formiranja ratnih materijalnih rezervi (RMR) je Pozadinska baza (PoB) GŠ VJ. Osnovni zadaci ove baze, u vezi sa r/d su:

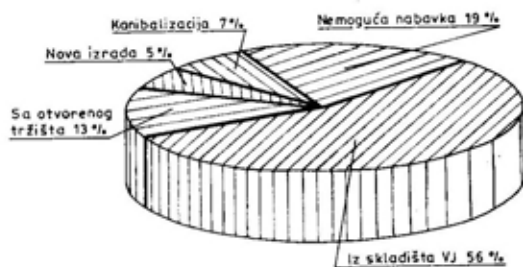
- upravljanje zalihama,
- praćenje stanja rezervi,
- ešeloniranje rezervi,
- raspolaganje sa odobrenim novčanim sredstvima za nabavku,
- izrada specifikacija potrebnih r/d koje služe kao osnova pri pokretanju i ugovaranju isporuka,
- ugovaranje ili učešće u ugovaranju r/d zajedno sa Upravom za snabdevanje Saveznog ministarstva za odbranu (US SMO),
- praćenje isporuka ugovorenih r/d,
- učešće u nomenklaturnoj obradi r/d, itd.

Sistem održavanja TMS je osnovni »potrošač« r/d, a karakteriše ga struktura sa više nivoa hijerarhija, te vertikalne i horizontalne veze između elemenata strukture. Sistemu održavanja TMS prilagođen je sistem snabdevanja r/d. Na vrhu njegove strukture nalazi se PoB GŠ VJ kao nosilac planske i izvršne funkcije snabdevanja sa r/d. Politika snabdevanja r/d u VJ je centralizovana za naoružanje i vojnu op-

remu (NVO) uz mogućnost decentralizovane nabavke na nižim nivoima (k-de armija, PoB armija i jedinice) za manje količine potrošnog materijala (p/m), repromaterijala (r/m) i r/d za TMS iz civilnog programa za hitne opravke.

Rezervni delovi se ugrađuju u TMS u ustanovama i jedinicama za održavanje: tehničkim remontnim zavodima (TRZ), bataljonima remontne podrške (brp), četama, vodovima i odeljenjima za tehničko održavanje.

Prema podacima iz brp, kao jednom od najvećih potrošača r/d, udeo pojedinih izvora iz kojih se dolazi do r/d, prikazan je na slici 1.



Sl. 1 — Struktura rezervnih delova koji se troše u brp

Izborom centralizovane politike nabavke r/d, kao dominantnog načina u snabdevanju, želi se postići racionalnost. Naime, pri ugovaranju treba maksimalno smanjiti cenu r/d po osnovi veličine narudžbe, smanjiti zavisne troškove, onemogućiti nekontrolisano stvaranje zaliha r/d i stvoriti povoljnije uslove za obezbeđenje projektovanog kvaliteta r/d koji ulaze u skladišta r/d VJ.

U obim nabavki r/d koje se vrše preko PoB GŠ VJ, njen značaj, a time i u odgovornost za obezbeđenje kvaliteta r/d, može se uveriti kroz podatke date u tabelama 1 i 2.

Kao nosilac ugovaranja ili učesnik u ugovaranju i kao primalac isporučenih r/d koji vrši njihov prijem, skla-

dištenje i čuvanje, baza je dužna da još od procesa ugovaranja isporuka r/d obezbedi isporuku r/d zahtevanog — projektovanog kvaliteta.

Međutim, obezbeđenje isporuka r/d zahtevanog kvaliteta u uslovima embarga na uvoz NVO, neregularnih

čijem ublažavanju (jer potpunog rešenja nema), treba pristupiti sistemski, angažujući raspoložive potencijale na osmišljen i, situaciji u kojoj se nalazimo, primeren način.

Imajući u vidu uslove pod kojima se r/d nabavljaju korisno je podsetiti

Tabela 1

Broj pokrenutih specifikacija i njihova vrednost za 1993. i 1994. godinu

	1993.		1994.	
	Pokrenuto specifikacija	Vrednost USD	Pokrenuto specifikacija	Vrednost USD
Broj specifikacija za istočno tržište	64	8448000	225	21566000
Broj stavki	2307		9382	
Broj specifikacija za zapadno tržište	52	5550000	193	21362000
Broj stavki	2505		6985	
Broj specifikacija za domaće tržište	85	59787000	209	59104000
Broj stavki	2896		5491	
Ukupan broj specifikacija za sva tržišta	201	73785000	627	102032000
Broj stavki	7708		21858	

uslova poslovanja, kao što su bili hiperinflacija, prestanak proizvodnje i ostatak velikog broja fabrika namenske industrije u otcepljenim republikama, predstavlja vrlo ozbiljan problem

Tabela 2

Broj sklopljenih ugovora i njihova vrednost za 1993. i 1994. godinu

Godina	Broj ugovora	Broj stavki	Vrednost USD
1993.	21	637	2319500
1994.	83	3947	23187740

na jednu praktičnu podelu uslova pod kojima se r/d nabavljaju.

S obzirom na stanje konkurencije, tj. ponude i potražnje na tržištu, r/d se mogu nabavljati:

1. U uslovima bilateralnog monopola (na strani potražnje jedan kupac — VJ, a na strani ponude jedan prodavac — preduzeće namenske industrije).

2. U uslovima monopsona (na strani potražnje jedan kupac — VJ, a na strani ponude 2 ili više prodavaca).

3. U uslovima monopola (na strani potražnje 2 ili više kupaca od kojih

je jedan VJ, a na strani ponude jedan prodavac).

4. U uslovima konkurencije (na strani potražnje 2 ili više kupaca od kojih je jedan VJ, a na strani ponude 2 ili više prodavaca).

Za potrebe VJ r/d dominantno se nabavljaju pod uslovima 1. i 3, dok su uslovi 2. i 4. rede zastupljeni.

Grupa 3. je izrazito nepovoljna po kupca, dok je grupa 1. nešto povoljnija sa stanovišta odnosa ponude i potražnje, kao i sa stanovišta kontrole kvaliteta, jer je isporučilac uglavnom fabrika namenske industrije koja ima uspostavljen sistem kontrole kvaliteta od strane kupca tj. vojne kontrole kvaliteta proizvoda (VKKP) a neke fabrike imaju već uspostavljen i sistem kvaliteta JUS ISO 9000.

Grupe 2. i 4. predstavljaju po kupca povoljne varijante, ali je sa stanovišta kontrole i garantovanja kvaliteta stanje znatno lošije, jer se često radi o preduzećima koja nemaju uspostavljen sistem kvaliteta, često ni internu fabričku kontrolu kvaliteta, pa čak i različitim trgovačkim preduzećima (privatnim i društvenim) koja r/d nabavljaju alternativnim kanalima, često i preko više posrednika, od nepoznatog proizvođača, bez garancije o kvalitetu ili u poslednje vreme sa atestima sumnjivog kvaliteta i porekla.

U ovakvim slučajevima nameće se potreba institucionalizacije i organizacije sopstvene ulazne kontrole kvaliteta r/d od strane kupca, naravno uz pomoć odgovarajućih ustanova i institucija (TOC, TRZ, instituti, i sl.). Međutim, takva ulazna kontrola kvaliteta često je skupa i organizaciono teško izvodljiva. Za složene r/d, zbog nedostatka odgovarajuće opreme i znanja, čest je slučaj i njene neizvodljivosti. Ovakve situacije su česte u slučajevima kad se moraju kupiti r/d koji se teško nabavljaju iz inostranstva, otopljenih republika i sl., a nudi ih samo jedan prodavac.

## Kontrola kvaliteta r/d koji se nabavljaju za potrebe VJ

### Ugovaranje nabavke r/d

Nabavke r/d realizuju se preko ugovora koje sa isporučiocima sklapa US SMO ili ugovora koje Pozadinska baza sklapa samostalno preko Odseka za nabavke i prodaju iz svog sastava. U sadašnjim uslovima saradnja Baze i US na ugovaranju r/d odvija se po tehnologiji prikazanoj u tabeli 3. Aktivnosti navedene u tabeli prihvatile su i Baza i US SMO.

U slučaju da Baza preko svog Odseka za nabavke i prodaju sama sklapa ugovore, ona preuzima sve aktivnosti koje su praktično iste.

### Kontrola kvaliteta ugovorenih r/d

Iz pregleda aktivnosti prikazanog u tabeli 3 vidi se da ulazna kontrola kvaliteta r/d, tj. ocena i ispitivanje kvaliteta ugovorenih r/d nije predviđena, iako najčešće u ugovorima postoji klauzula o kvantitativnom i kvalitativnom prijemu r/d. U praksi se to svodi samo na kvantitativni prijem i vizuelni pregled, jer je ocena kvaliteta isporučениh r/d složen postupak vezan za mnoge probleme praktične i finansijske prirode. Ako kod isporučioaca postoji organizovana VKKP kao organ kontrole kupca, ulazna kontrola r/d nije potrebna i ne obavlja se jer VKKP permanentno prati stanje kvaliteta u toku same proizvodnje r/d.

Radi ilustracije problema vezanih za ocenu kvaliteta ugovorenih r/d svrsishodno je isporučioce r/d podeliti u tri grupe:

— grupu VKK predstavljaju isporučioци — proizvođači iz sastava namenske industrije koji imaju organizovanu vojnu kontrolu kvaliteta (međufaznu i/ili izlaznu);

— grupu IKK predstavljaju isporučioци (uglavnom domaći proizvođači) koji imaju organizovanu internu fabričku kontrolu kvaliteta i koji r/d pro-

## Ugovaranje nabavke r/d

Red. broj	AKTIVNOSTI	Nosilac aktivnosti	Sarađuje
1	2	3	4
1.	Priprema za izradu specifikacija r/d, utvrđivanje stanja i utrošaka r/d, analiza realizacije isturenih specifikacija po tekućim ugovorima	PoB GŠ VJ	Jedinice i ustanove VJ, US SMO, TRZ
2.	Izrada specifikacija za nabavku r/d	PoB GŠ VJ	Jedinice i ustanove VJ
3.	Dostavljanje izrađenih specifikacija za nabavku r/d	PoB GŠ VJ	Jedinice i ustanove VJ
4.	Dostavljanje stava za ugovaranje i pokretanje referata za nabavku	PoB GŠ VJ	US SMO
5.	Analiza tržišta i dostavljanje izrađenih specifikacija potencijalnim dobavljačima	US SMO	PoB GŠ VJ
6.	Prijem ponuda od dobavljača, analiza cena i uslova isporuke	US SMO PoB GŠ VJ	Isporučioc
7.	Obrada ponuda i analiza cena	US SMO	PoB GŠ VJ
8.	Korekcija asortimana i količina	PoB GŠ VJ	US SMO
9.	Ugovaranje isporuke	US SMO	Isporučioc PoB GŠ VJ
10.	Dostavljanje ugovora PoB i primaocima r/d	US SMO	PoB GŠ VJ Primaoci
11.	Izdavanje potvrda o oslobađanju od plaćanja carine i poreza na promet	US SMO	Isporučioc
12.	Prijem r/d i distribucija po nalogima	PoB GŠ VJ	US SMO Primaoci
13.	Isplata računa za ugovorene i isporučene r/d	US SMO	Isporučioc
14.	Pokretanje eventualnih reklamacija na kvalitet i kvantitet ispučenih r/d	PoB GŠ VJ	Primaoci
15.	Rešavanje pokrenutih reklamacija	US SMO	PoB GŠ VJ Isporučioc
16.	Praćenje realizacije pokrenutih specifikacija, referata i ugovora u naturalnim i novčanim pokazateljima	PoB GŠ VJ US SMO	US SMO PoB GŠ VJ

izvode po važećim standardima (JUS, JAIS, DIN, GOST i sl.) i odgovarajućim rešenjima o osvajanju r/d koja su izdali TOC, TRZ ili odgovarajući instituti. Kvalitet r/d iz ove grupe trebalo bi da se prati duži period, a rezultati se sistematizuju radi dugoročnog praćenja ovih preduzeća u pogledu kvaliteta i eventualnog kasnijeg smanjenja broja kontrolisanih r/d na osnovu stvorene reputacije. Na taj način troškovi kontrole mogu biti značajno smanjeni;

— grupu BK predstavljaju isporučioци bez vlastite ili vojne kontrole kvaliteta, koji r/d nabavljaju uglavnom iz inostranstva na osnovu proizvođačkih deklaracija i sertifikata o tome da su r/d proizvedeni po standardima koji važe u zemlji isporučioца. Na ovu grupu dobavljača treba obratiti posebnu pažnju, naročito zbog činjenice da su u sadašnjim uslovima na tržištu prisutni i r/d koji u pogledu kvaliteta ne zadovoljavaju zahtevane kriterijume kao i sertifikati sumnjivog porekla. Rezervne delove nabavljene od ovakvih dobavljača trebalo bi svakako podvrgnuti ulaznoj kontroli po principu uzorka, pa čak i stoprocentnoj.

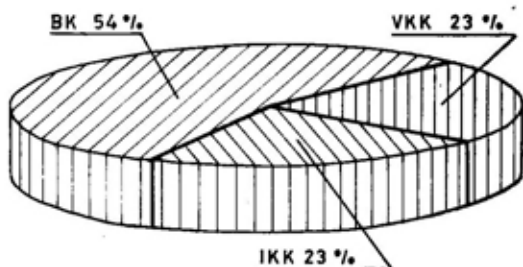
Relativni odnos ugovora sklopljenih sa isporučioцима iz ovih grupa u 1993. i 1994. godini, prikazan je na slikama 2 i 3, pri čemu je upoređivan samo broj sklopljenih ugovora, a ne i njihova novčana vrednost.

Vidi se da je u kritičnoj 1993. godini udeo grupe BK bio znatno veći u odnosu na 1994. godinu. Takvo stanje je posledica izuzetno teških uslova u domaćoj privredi i na tržištu koji su vladali 1993. godine, hiperinflacije i primoranosti da se r/d nabavljaju od raspoloživih dobavljača. Poboljšanje stanja u 1994. godini nastalo je zbog poboljšanja odnosa ponude i potražnje, osvajanja proizvodnje izvesnog broja r/d u privatnim i društvenim preduzećima i fabrikama namenske industrije u zemlji, zaustavljanja hiperinflacije i uvođenja ekonomskog programa Vlade SRJ, stabilizacije alterna-

tivnih kanala i selekcije isporučilaca koji r/d nabavljaju iz inostranstva preko alternativnih kanala.

Pitanje ulazne kontrole kvaliteta isporučenih r/d u opisanim uslovima naročito je kritično za skupe uvozne r/d, kao što su npr. magnetroni čija pojedinačna cena dostiže do 5000 USD, pretvarači slike za IC uređaje i sl. Za ovakve i slične r/d izbor isporučilaca jako je sužen, a dešavalo se da je naknadnim ispitivanjima utvrđivano da je čak polovina isporučenih količina bila neispravna. Tako, na primer, bilo je pokušaja isporuke elektronskih komponenata koje u funkcionalnom smislu zadovoljavaju, imaju potpuno iste oznake, ali po gabaritima ne zadovoljavaju, čime je ugradnja r/d u uređaje onemogućena. Pošto se radilo o isporučioцима iz jedne republike prethodne Jugoslavije može se sumnjati i u nameru proizvođača.

U ovakvim slučajevima, a naročito kada ispitivanja ne zahtevaju skupu opremu i visoke troškove i kad su isporučene količine male, vrlo je razumno izvršiti ulaznu kontrolu svih 100% r/d. O tome je nužno provesti detaljniju ekonomsko-tehničku analizu i preciznije definisati postupak pri ugovaranju i isporuci ovakvih r/d.



Sl. 2 — Prisutnost kontrole kvaliteta kod dobavljača r/d u 1993. godini

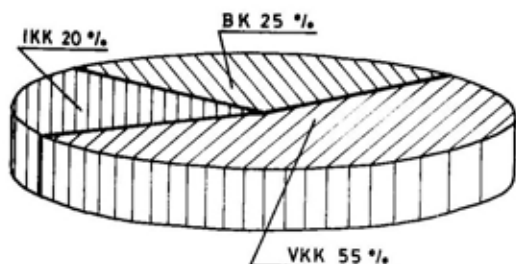
Može se zaključiti da u kriterijumu za izbor isporučilaca r/d, pored uobičajenih, kao što su visina cene i spo-



sobnost poštovanja rokova isporuke, treba obavezno uzimati i:

— sposobnost garantovanja kvaliteta isporučenih r/d,

— sposobnost i spremnost isporučioaca za izvršenje ulazne kontrole kvaliteta isporučenih r/d.



Sl. 3 — Prisutnost kontrole kvaliteta kod dobavljača r/d u 1994. godini

Ocenu kvaliteta r/d moguće je vršiti na tri načina:

1. *Kod isporučioaca* — kada je predstavnik kupca stalno prisutan kod isporučioaca i može kontrolisati kvalitet r/d u svim fazama proizvodnje ili na izlazu iz nje, pa čak i sirovine od kojih se r/d izrađuju, tehnološki postupak i okruženje u kojem se r/d proizvode.

2. *Kod kupca* — putem ulazne kontrole, kada se r/d kontrolišu prilikom isporuke na ugovoreni način (slučajnim uzorkom ili 100% kontrolom).

3. *Kombinacijom prvog i drugog načina u različitim oblicima.*

Budući da je prvi način zastupljen u preduzećima namenske industrije, gde je kao organ kontrole kupca — VJ, prisutan predstavnik VKKP čiji je rad precizno regulisan propisima kao što su VKK-4, VKK-8 i sl., i čiji kvalitet rada nije sporan, potrebno je detaljnije objasniti ocenu kvaliteta kod kupca.

Uticaj kvaliteta r/d na ispravnost i pouzdanost NVO nameće opravdan zahtev za ulaznom kontrolom kvaliteta

r/d u slučajevima kad VJ nema kod isporučioaca svog predstavnika iz sastava VKKP, ili isporučilac nema uspostavljen i verifikovan SQ 9000. Kupac u ovom slučaju primenjuje ulaznu kontrolu kvaliteta kao preventivnu meru.

Ulazna kontrola kvaliteta principijelno obuhvata sledeće aktivnosti:

1. *Identifikacija r/d* — vrši se pomoću pratećih dokumenata uz isporuku i vizuelnog pregleda radi prepoznavanja proizvoda.

2. *Utvrđivanje karakteristika proizvoda koje treba kontrolisati* — vrši se na osnovu zahteva postavljenih isporučioacu posredstvom: specifikacije, referata za nabavku, konstrukcione i tehnološke dokumentacije, ugovora i plana kontrole usaglašenog između kupca i isporučioaca.

3. *Izbor vrste i načina kontrole* — obuhvata izbor metoda i postupaka kontrole karakteristika r/d koje mogu biti atributivne i numeričke. Karakteristike r/d i njihova klasifikacija po važnosti treba da imaju presudan uticaj na izbor vrste kontrole. Problem kontrole rešava se u fazi ugovaranja, a ako to nije slučaj treba koristiti sopstvene planove kontrole. U osnovi, postoje tri načina kontrole kvaliteta r/d na ulazu:

— prihvatanje ulaznih r/d kontrolom dokumenata (atesti, sertifikati, potvrde i sl.),

— kontrola uzorkovanjem na osnovu JUS № 029,

— stoprocentna kontrola.

Koji od navedenih načina će biti primenjen u direktnoj je vezi sa kvalitetom isporučioaca (njegovom reputacijom u pogledu kvaliteta) i klasom funkcionalnosti, tj. značajem r/d.

4. *Kontrolisanje utvrđenih karakteristika r/d na uzorku ili isporuci* — zavisi od primenjenih metoda kontrole, obrade podataka, broja serija u isporuci, broja r/d u seriji i kontinuiteta isporuka.

5. *Primena plana kontrole* — nakon početne provere karakteristika r/d, plan kontrole kvaliteta uzorkovanjem može se menjati na jedan od sledećih načina:

— od normalne ka pooštrenoju kontroli,

— od pooštrene ka normalnoj,

— od normalne ka redukovanoj.

6. *Donošenje odluke o kvalitetu r/d na ulazu u skladište* — određuje se status r/d (kvalitetan — prihvata se; nekvalitetan — vrši se reklamacija, odbija se, doraduje se i sl.).

U zavisnosti od veličine troškova ulazne kontrole r/d, prilikom ugovaranja treba posebno voditi računa i nastojati da oni budu ugovoreni na najpovoljniji način za VJ.

Kvalitet isporučenih r/d treba, preventivno, ocenjivati u nezavisnim institucijama koje su za to osposobljene, kao što su TOC, TRZ, ili odgovarajući instituti, što je predmet ugovaranja između kupca i isporučioća.

Ulazna kontrola kvaliteta r/d kod kupca se, u principu, organizuje na prethodno opisani način. Savremene tendencije kontrole kvaliteta proizvoda i r/d, teže da se kontrola kvaliteta iz sistema kvaliteta kupca prenosi u sistem obezbeđenja kvaliteta isporučioća. Ipak, samo postojanje sistema kvaliteta isporučioća ne mora biti i dovoljan uslov za nivo kvaliteta koji kupac zahteva.

Ovakav pristup, na izgled komplikovan, u ovakvoj situaciji predstavlja najpovoljnije rešenje za obezbeđenje od ulaska nekvalitetnih r/d u skladišta VJ. U regularnim uslovima opšti izlaz je, svakako, u nabavljanju r/d od proizvođača koji imaju uspostavljen sistem kvaliteta, odgovarajuće kontrole kvaliteta i koji garantuju kvalitet r/d od samog početka proizvodnje. Taj

put, svakako, vodi na spoljnopolitičkom planu preko ukidanja sankcija i trgovinskog embarga, a na domaćem privrednom planu preko usvajanja sistema kvaliteta definisanog međunarodnim standardima ISO 9000 i njegove verifikacije koju obavljaju ovlašćene institucije. Usvajanje ovih standarda stvara uslove za obezbeđenje zahtevanog kvaliteta proizvoda, a zatim i osnova za uvođenje koncepta potpunog upravljanja kvalitetom (TQM).

## Zaključak

Pozadinska baza GŠ VJ je nosilac snabdevanja VJ rezervnim delovima. U VJ dominira politika centralizovanih nabavki r/d.

Zbog poznatih uslova nabavke r/d koji danas vladaju, embarga i ekonomske blokade, radi obezbeđenja potrebnih r/d, VJ je prinuđena da nabavlja r/d od različitih isporučilaca.

Zbog značajnih novčanih sredstava koja se angažuju za nabavku r/d i zbog direktnog uticaja kvaliteta nabavljenih r/d na ispravnost i pouzdanost TMS, a time i na borbenu gotovost jedinica, od posebnog je značaja da se pri ugovaranju i isporukama r/d, uz pomoć ulazne kontrole, spreči ulazak r/d neodgovarajućeg kvaliteta u skladišta VJ.

Budući da je neizvesno koliko će dugo potrajati neregularni uslovi nabavke r/d od različitih dobavljača, ulaznoj kontroli kvaliteta r/d kao preventivnoj meri mora se posvetiti daleko veća pažnja. U tom smislu, od interesa za VJ je preispitivanje mogućnosti institucija kao što su TOC, TRZ, instituti na planu organizacije i izvođenja ulazne kontrole, kao i svih subjekata u procesu ugovaranja i isporuke r/d (US SMO, Pozadinska baza).

U tehnologiju ugovaranja nabavki r/d, datoj u tabeli 3, potrebno je uk-



ljučiti i ulaznu kontrolu kvaliteta r/d, naročito za slučajeve ugovaranja sa isporučiocima iz grupe BK. Pri ugovaranju treba decidno koristiti odredbe SNO 0477.

Radi standardizacije ugovaranja i zaštite kupca u smislu obezbeđenja kvaliteta r/d, potrebno je detaljno proučiti standarde JUS ISO 9001, 9002, 9003.

*Literatura:*

- [1] Savezni zavod za standardizaciju: Serija standarda JUS ISO 9000, Beograd 1991—1993.
- [2] K. Ishikawa: What is quality control? The Japanese Way, New York, 1985.
- [3] J. Radulović: Izbor i provera podobnosti isporučilaca, Kvalitet 7—8, Beograd.
- [4] R. Dedić, J. Crnobarac: Ocenjivanje kvaliteta od strane kupca, Naučno-stručni skup — Kvalitet u namenskoj industriji 1 VJ, Divčibare, maj 1995. godine.

**Dr Slobodan Vukićević,**  
profesor, dipl. inž.  
**Dr Milan Sretenović,**  
profesor, dipl. inž.  
**Mr Milorad Vidović,**  
dipl. inž.

## TEHNOLOŠKO PROJEKTOVANJE NOVIH SKLADIŠTA ZA UBOJNA SREDSTVA

### Rezime:

*Proces tehnološkog projektovanja skladišta za UbS (ubojna sredstva) jedan je od najsloženijih zadataka kada je reč o procesima projektovanja. Respektujući značaj tehnološkog projektovanja, posebno kada je u pitanju efikasnost i ekonomičnost logističkih sistema, u ovom radu je prezentirana metodologija i postupci razvoja novih skladišta za UbS.*

*Prikazano je pet osnovnih faza procesa tehnološkog projektovanja skladišta za UbS: analiza zadate strukture UbS, definisanje optimalne strukture skladišnih objekata, definisanje optimalnih tehnologija realizacije manipulativnih procesa, optimizacija transportnih lanaca i procesa raseljavanja.*

*Ključne reči: tehnološko projektovanje, ubojna sredstva, skladišta, algoritam procesa.*

---

## TECHNOLOGICAL DESIGNING OF NEW STOREHOUSES FOR MUNITIONS

### Summary:

*The process of technological designing the storehouses for munitions is one of the most complex tasks in the fields of designing. With paying full respect to the significance of technological designing, particularly concerning the efficiency and economy of logistical systems, in this article are presented methodology and stages of development of new storehouses for munitions.*

*Five major phases of the process of technological designing of a storage area have been presented: analysis of the given structure of munitions, definition of the optimal structure of the storage area elements, definition of the optimal techniques for the realization of manipulation processes, optimization of transport chains and of the process of displacement.*

*Key words: technological designing, munitions, stores, process algorithm.*

---

### Uvod

Svaki proces predstavlja kvantitativnu ili kvalitativnu promenu, pri čemu pojam promene ima opšte značenje. U zavisnosti od toga o kakvim se promenama radi, procesi mogu biti vrlo različiti. Njihova karakteristika je da se odvijaju u nekom sistemu, i

da njihov tok realizuje zadatke koji se postavljaju pred sistem.

Efektivnost realizacije zadataka u nekom sistemu može biti različito uspešna, u funkciji od strukture sistema i upravljanja sistemom. Otuda optimizacija realizacije ovih zadataka predstavlja osnovni cilj čije je rešavanje vrlo značajno.

Ostvarenje ovog cilja nije uvek jednostavno i često zahteva angažovanje intelektualnog rada, u okviru aktivnosti na projektovanju procesa, pri čemu je i projektovanje takođe proces. Jednu od najznačajnijih faza projektovanja procesa predstavlja tehnološko projektovanje.

Tehnološko projektovanje skladišnih, pretovarnih i transportnih sistema predstavlja jedan od najkompleksnijih zadataka iz dometa projektovanja uopšte, što je rezultat činjenice da logističke sisteme karakterišu višedimenzionalnost i prisustvo velikog broja po prirodi različitih elemenata, materijalnih i informacionih tokova. Pored toga, funkcionisanje skladišnih, pretovarnih i transportnih sistema, posebno onih kod kojih se procesi u sistemu realizuju na način različit od optimalnog, povezano je sa veoma visokim troškovima. Praksa tehnološkog projektovanja logističkih sistema, posebno skladišnih kompleksa uopšte, pa i u VJ, unekoliko demantuje iznete tvrdnje, s obzirom na to da se ovom problemu, po pravilu, prilazi fragmentarno, parcijalnim rešavanjem pojedinih segmenata problema. Na taj način direktno se utiče na smanjenje efikasnosti ovih sistema i na povećanje logističkih troškova.

Tehnološko projektovanje skladišnih, pretovarnih i transportnih procesa ima za cilj definisanje rešenja koje u konkretnim uslovima omogućava najcelishodnije funkcionisanje projektovanog sistema. Tako utvrđeno rešenje, u zavisnosti od niza uticajnih faktora, može biti optimalno ili pripadati kategoriji zadovoljavajućih rešenja.

### **Struktura procesa tehnološkog projektovanja**

Kompleksnost logističkih sistema i praktični značaj koji ima celishodno i racionalno funkcionisanje ovih sistema, upućuju na potrebu i aktuelnost

definisanja konzistentnog metodološkog pristupa formiranju tehnološkog rešenja. Sistemski pristup, priroda i karakter problema, kao i dostignuti nivo spoznaje o metodama, načinima i postupcima rešavanja problema upućuju na primenu sistemskog pristupa kao osnovnog metoda. Pri tome, sistemski pristup se, u svojoj suštini odnosi na:

— sistematizaciju aktivnosti u procesu rešavanja problema,

— razmatranje objekta realne stvarnosti kao sistema sastavljenog od uzajamno povezanih elemenata,

— izgradnju modela sistema i ispitivanje karakteristika realnog sistema na njegovom modelu.

Sistemski pristup, kao temelj logističke koncepcije i savremena filozofija izučavanja i rešavanja problema, upućuje na proces tehnološkog projektovanja kao aplikaciju osnovnih koraka metoda sistemske analize. Osnovni koraci sistemskog pristupa su: formulacija problema, prikupljanje i analiza informacija, razvoj potencijalnih rešenja, modeliranje sistema i ocena rešenja.

Saglasno ovim postavkama, najznačajnije faze, koje, u suštini, čine okosnicu procesa projektovanja skladišnih, pretovarnih i transportnih procesa (slika 1), su:

— izbor elemenata sistema (resursa),

— utvrđivanje načina upravljanja i organizacije u sistemu,

— modeliranje i dimenzioniranje elemenata sistema,

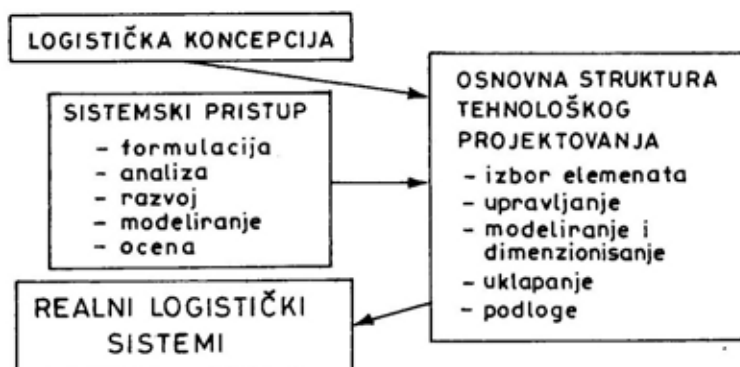
— uklapanje izabranih elemenata sistema u tehnološke celine i njihovo dalje uklapanje u širi sistem,

— formiranje potrebnih podloga ostalim projektantima i izvođačima, čiji je rad neophodan za pokretanje procesa.

Navedeni koraci, u sklopu tehnološkog projektovanja, čijom se realizacijom formira tehnološko rešenje, mo-

gu se sprovesti tek pošto se prethodno utvrde zadaci koji se postavljaju pred sistem. Utvrđivanje ovih zadataka nije

čela tehnološkog projektovanja na razvoj racionalnih rešenja skladišta za čuvanje UbS. Kompleksnost procesa



Sl. 1 — Struktura procesa tehnološkog projektovanja

lako, jer oni često predstavljaju više-dimenzionalne veličine. Da bi se mogli na zadovoljavajući način opisati, moraju se, na određenom nivou agregacije, raščlanjavati na elementarne delove koji se dalje nazivaju *tehnološkim zahtevima*. U postupku identifikacije tehnoloških zahteva stepen apstrakcije treba da bude toliko nizak da se nijedan, za odvijanje procesa relevantan zahtev ne ispusti iz vida, jer bi, u suprotnom, izostalo projektovanje elemenata sistema (*tehnoloških elemenata*) koji ga realizuju, čime bi i sam proces bio ugrožen.

Imajući to u vidu, u okviru tehnološkog projektovanja, u procesu razvoja rešenja mogu se razdvojiti dve osnovne međusobno zavisne logičke celine (faze) od kojih svaka sadrži određene specifičnosti, a to su identifikacija i analiza tehnoloških zahteva, i formulacija tehnološkog rešenja.

### Specifičnosti tehnološkog projektovanja skladišta za UbS

Posebno značajan i, po svojoj prirodi, veoma kompleksan problem predstavlja proces aplikacije izloženih na-

projektovanja ovih skladišta proizilazi iz činjenice da se radi o sistemima sa veoma složenom strukturom. Naime, reč je o kompleksima koje sačinjavaju:

- prijemno-otpremni punkt sa površinama za prijem i čekanje vozila i saobraćajno manipulativnim površinama,

- mreža internih saobraćajnica koje povezuju skladišne objekte u kompleksu,

- manipulativne površine ispred objekata,

- skladišni objekti sa odgovarajućim sredstvima i opremom,

- transportna i manipulativna sredstva kojima se realizuju transportni i pretovarni zahtevi.

Funkcionisanje skladišta za UbS povezano je i sa odvijanjem specifičnih procesa koji se realizuju, kako u miru, tako i u ratnim uslovima. Reč je, pre svega, o procesima prijema, slanja, manevra i raseljavanja UbS koji su karakteristični jedino za ovu kategoriju skladišnih sistema. Problem je utoliko složeniji što se radi o skladištima za smeštaj i čuvanje materija koje pripadaju KLASI 1 opasnih

materija. Ta činjenica utiče na potrebu ostvarenja adekvatnog nivoa bezbednosti i to, kako u pogledu zahteva za očuvanje zahtevane količine i asortimana UbS, tako i u pogledu bezbednosti okruženja.

Može se zaključiti da je tehnološko projektovanje skladišnih sistema za UbS veoma složeno, jer treba da realizuje bezbedno i racionalno funkcionisanje svih procesa. U procesu projektovanja sa jedne strane, razrešavaju se dileme u pogledu mogućih varijantnih rešenja, a sa druge definišu zahtevi ostalim projektantima, s obzirom na to da u konačnom formiranju rešenja učestvuju stručnjaci različitih profila. *Tehnološko projektovanje skladišta UbS treba shvatiti kao zajedničku kariku koja treba da poveže projektante građevinskog dela i instalacija, stručnjake za tehnologiju skladištenja, pretovara i prevoza, i stručnjake koji će kasnije rukovoditi eksploatacijom.*

### **Postupci tehnološkog projektovanja skladišta za UbS**

Imajući u vidu prezentiranu strukturu skladišnih kompleksa za UbS, može se zaključiti da se tehnološkim projektom ovog sistema moraju definisati rešenja za veliki broj podsistema i definisati sledeće osnovne tehnologije:

- tehnologija prijema i slanja UbS,
- tehnologija skladištenja i manipulacije,
- tehnologija realizacije transportnih lanaca u miru,
- tehnologija raseljavanja i manevra UbS ukoliko je to predviđeno.

Praktična realizacija procesa projektovanja može se predstaviti na način kao na slici 2. Algoritmom su obuhvaćene samo ključne faze procesa pro-

jektovanja, pri čemu se u okviru svake realizuje čitav niz metodoloških koraka.

*Prva faza* podrazumeva analizu zahtevanog asortimana UbS radi utvrđivanja homogenih klasa, tj. onih koje zahtevaju isti postupak utvrđivanja bezbednosnih rastojanja i isti način čuvanja. Istraživanja koja su realizovana tokom izrade niza projekata skladišnih kompleksa, pokazala su da primena nove klasifikacije UbS predstavlja jednu od osnovnih pretpostavki racionalnog projektovanja, gradnje i rekonstrukcije ovih sistema. Do tada je primenjivanja regulativa definisala jedinstvenu opasnost svih vrsta UbS i četiri grupe kompatibilnosti sa aspekta skladištenja. Međutim, prema klasifikaciji UN koja je, kao osnov, korišćena u procesu izrade tehnoloških projekata, definisane su četiri grupe opasnosti i dvanaest grupa kompatibilnosti. Način proračuna potrebnih bezbednosnih rastojanja takođe je promenjen s obzirom na to da su, primenom nove klasifikacije, definisane grupe različite po načinu dejstva i opasnosti koju predstavljaju u zavisnosti od objekata u kojima se nalaze. Primenom navedenog sistema klasifikacije stvoreni su uslovi za znatno smanjenje potrebnih bezbednosnih rastojanja između skladišnih objekata.

Pored klasifikacije UbS sa aspekta vrste opasnosti, u ovoj fazi potrebno je pristupiti i analizi ostalih karakteristika zadate strukture materija predviđenih za skladištenje. To se, pre svega, odnosi na analizu karakteristika pojavnog oblika i ostalih karakteristika koje su značajne za čuvanje i manipulaciju. Rezultat analize treba da da odgovore o mogućim mestima racionalizacije pojavnog oblika UbS i da, na osnovu primene odgovarajućih matematičkih modela, omogući dalju homogenizaciju ovih materija i u pogledu stepena opasnosti.

*Druga faza* postupka tehnološkog projektovanja skladišnih komplek-

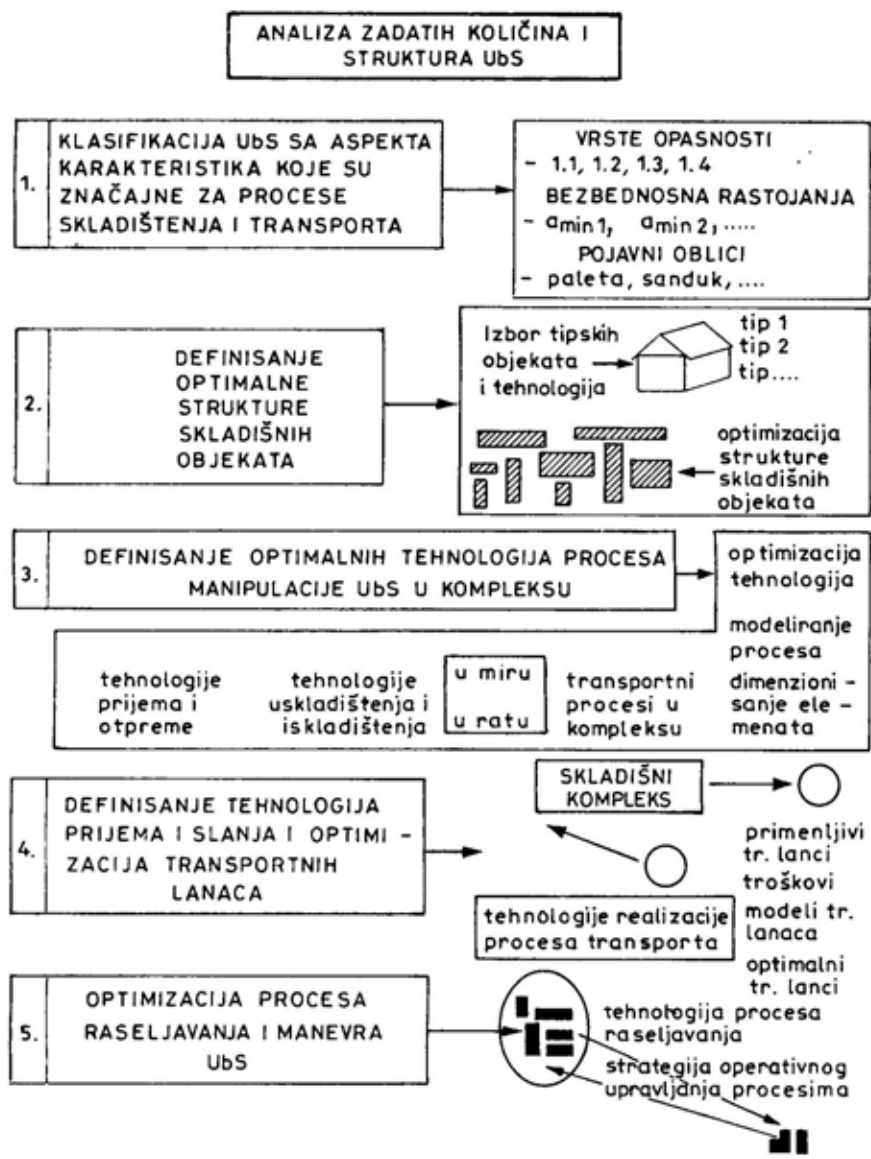
sa, koja obuhvata definisanje optimalne strukture objekata, realizuje se na osnovu sagledavanja zahteva koji su generisani u procesu analize. Proces definisanja optimalne strukture skladišnih objekata sadrži nekoliko osnovnih metodoloških koraka koji podrazumevaju:

— izbor tipskih skladišnih objekata,

— optimizaciju strukture skladišnih objekata, u okviru čega se definišu broj i vrsta objekata za određenu homogenu grupu UbS, kao i potrebna bezbednosna rastojanja između njih,

— definisanje tehnologije skladišnih procesa (način slaganja i manipulacije).

Izbor objekata predstavlja veoma važan korak u okviru koga se, imaju-



Sl. 2 — Osnovni algoritam procesa tehnološkog projektovanja

ći u vidu konstruktivne, bezbednosne i smeštajne karakteristike, opredeljuje za tip objekta koji će se koristiti u skladištu. Praksa korišćenja objekata tipa M i S pokazala se, već na osnovu preliminarne analize, kao izrazito neracionalna i neekonomična. Naime, poređenjem investicija neophodnih za izgradnju skladišnih kompleksa sa objektima tipa S i objektima prekrivenim zemljom tipa U, došlo se do zaključka da su kompleksi sa objektima tipa U znatno jeftiniji. Kako ovaj tip objekata pruža znatno bolje bezbednosne uslove za čuvanje UbS, logično je da njegovo korišćenje predstavlja najracionalnije rešenje. Zbog toga su, u toku realizacije tehnoloških projekata za VJ, upravo ovi objekti kod skladišnih kompleksa koji se grade kao novogradnja, eliminisali sve ostale tipove objekata. Međutim, tokom daljih istraživanja uočene su mogućnosti optimizacije u tipskim objektima za UbS. Uočeno je da se određenim modifikacijama mogu znatno poboljšati smeštajne karakteristike i mogućnosti gradnje ovih objekata.

Sušтина ideje sastojala se u drugačijem poimanju osnovnog oblika objekta, na osnovu čega je položaj vrata, umesto na čeonj strani, u pravcu ose, premešten na bočnu stranu (slika 3).

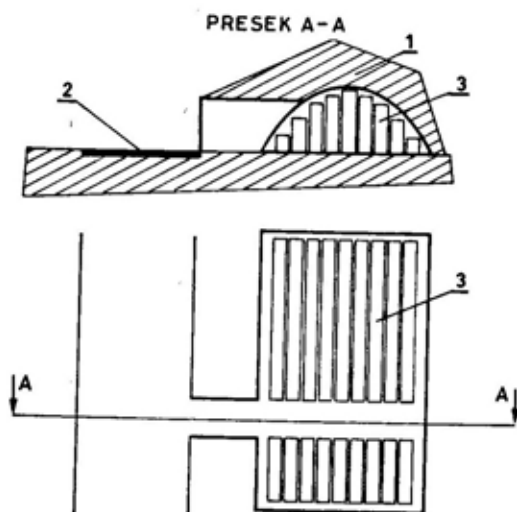
Na taj način, gradnjom *tunelskog ulaza*, ekscentrično postavljenog, dobijeno je potpuno novo rešenje koje, u odnosu na prethodno, ima sledeće prednosti:

- formirana su modularna polja različite dužine (pogodna za skladištenje masovnih i UbS u malim količinama),

- postavljanjem radnog prolaza upravno na uzdužnu osu objekta maksimalno se koristi raspoloživa zapremina,

- manipulativni rad sredstava pri realizaciji procesa uskladištenja i iskladištenja mnogo je manji nego u konvencionalnim objektima U tipa,

- gradnja objekata sa bočno postavljenim ulazom zahteva mnogo građevinskih radova na ukopavanju u teren, s obzirom na to da se ovi objekti postavljaju *paralelno* sa izohipsama terena.



Sl. 3 — Izgled U-objekta sa bočnim ulazom  
1 — teren, 2 — saobraćajnica, 3 — modularna polja

Navedeni razlozi očigledno govore u prilog potrebe detaljnijeg ispitivanja ovog objekta, posebno ako se ima u vidu mogućnost njegove primene u urbanim zonama, gde je od posebne važnosti cena građevinskog zemljišta, i potreba ostvarivanja bezbednih spoljnih rastojanja.

Nakon izbora tipskih objekata, koji će se graditi u skladišnom kompleksu, potrebno je, u odnosu na zadati asortiman i količinu UbS definisati optimalnu strukturu, broj, namenu i međusobna bezbednosna rastojanja skladišnih objekata. Za potrebe realizacije ovog koraka razvijeno je nekoliko matematičkih modela, među kojima okosnicu čini model optimizacije stukture skladišnih objekata, zasnovan na primeni linearnog programiranja. Optimalna struktura utvrđuje se na osnovu minimalne vrednosti ciljne funkcije.



je koja u sebi objedinjuje: investicione ulaganja u objekte, puteve i manipulativne površine, vrednost uništenih objekata i UbS (pri napadu i pri spontanoj destrukciji).

*Treća faza* postupka tehnološkog projektovanja sadrži niz koraka čiji je zajednički imenitelj definisanje tehnologija realizacije skladišnih, manipulativnih i transportnih procesa u kompleksu. Definisanje tehnologija realizacije procesa u logističkim sistemima podrazumeva izbor tehnoloških elemenata (ljudi, mašine, transportna i manipulativna sredstva, saobraćajne ili manipulativne površine) kojima se realizuju svi utvrđeni tehnološki zahtevi u sistemu. Definisanje tehnologija, tj. razvoj tehnoloških rešenja procesa obuhvata veliki broj aktivnosti kojima se inicira, kreira i uobličava skup varijantnih rešenja. Pri tome, kao polazni osnov, veoma značajnu ulogu ima definisanje preliminarne tehnološke koncepcije, koja, saglasno utvrđenim tehnološkim zahtevima, omeđuje konture prostora mogućih rešenja.

Nakon formiranja skupa primenljivih tehnologija, redukovano u procesu logičke analize, pristupa se definisanju osnovne koncepcije upravljanja sistemom, dimenzioniranju elemenata, kao i prostornom i tehnološkom uklapanju elemenata u tehnološki zaokružene celine i širi sistem. Posebno značajan deo ovog koraka jeste proces dimenzioniranja elemenata sistema, što je ujedno najsofisticirniji i najkompleksniji deo procesa kreiranja rešenja.

U procesu izrade tehnoloških projekata novih skladišta za UbS definisana su međusobno kompatibilna tehnološka rešenja za realizaciju svih procesa u sistemu, pri čemu je inicirana i primena novih sredstava i opreme, kao i uvođenje novih postupaka, metoda i matematičkih modela za dimenzioniranje potrebnog broja i kapaciteta sredstava i radne snage. Sve to realizovano je za uslove funkcionisanja

sistema u dva režima: u miru i u ratu. Treba naglasiti da, s obzirom na specifičnost vojnih skladišta za UbS, sva tehnološka rešenja koja podrazumevaju mehanizovanu manipulaciju moraju biti kompatibilna sa rešenjima manuelne manipulacije, čime se ostavlja mogućnost njihovog paralelnog korišćenja.

*Četvrta faza* u okviru prezentiranog algoritma osnovnog metodološkog postupka tehnološkog projektovanja novih skladišta za UbS odnosi se na optimizaciju realizacije transportnih lanaca i, s tim u vezi definisanje tehnologija prijema i slanja.

Imajući u vidu da se procesi prijema i slanja UbS realizuju, po pravilu, u mirnodopskim uslovima, logično je da se problem optimizacije razmatra prevashodno prema ekonomskim kriterijumima. Ako se prihvati da transportni lanac predstavlja integrisan i hronološki uređen skup procesa kojima se obezbeđuje prevoz materijalnih dobara od izvorišta do odredišta, logično je razdvojiti tri njegove osnovne faze: opsluživanje tereta pre prevoza, prevoz i opsluživanje tereta na odredištu. Ako se ima u vidu prethodno iznet stav o potrebi optimizacije, baziranoj na ekonomskim kriterijumima, jasno je da praktična realizacija toga zadatka ide u dva pravca. Jedan je izbor skupa mogućih transportnih lanaca, pri čemu je taj skup moguće definisati na osnovu položaja pošiljaoca i primaoca, strukture saobraćajnih veza i pojavnog oblika robe. Na drugoj strani je problem utvrđivanja strukture troškova transportnih lanaca i njihovo kvantifikovanje.

Optimizacija transportnih lanaca, kao prevashodni zadatak operativnog upravljanja, mora biti zasnovana na primeni računarskog programa, radi omogućavanja, u procesu eksploatacije skladišta, u konkretnim uslovima, jednostavnog, pouzdanog, brzog i tačnog izbora najjeftinijeg transportnog lanca.



Iskustva u primeni ovako koncipiranog računarskog programa pokazuju da se radi o izuzetno korisnom *alatu* za operativno upravljanje transportom. Treba napomenuti da se ovaj program može koristiti i za sagledavanje i vrednovanje efekata koji nastaju izgradnjom bilo kog elementa neophodnog za realizaciju nekog od transportnih lanaca (industr. kolosek, luka, ...) ili efekata koji bi bili posledica neke druge racionalizacije (npr. uvođenje paletizacije).

*Peta faza* postupka tehnološkog projektovanja skladišnog sistema za UbS obuhvata optimizaciju procesa manevra i raseljavanja. Optimizacija ovih procesa orijentisana je na ispunjenje tri osnovna cilja:

— izbor najpovoljnije tehnologije raseljavanja,

— brzu i efikasnu pripremu za raseljavanje kroz određivanje potrebnog broja i vrste angažovanih tehnoloških elemenata koji obezbeđuju da se zadata količina UbS preveze u određenom vremenu,

— stvaranje mogućnosti za operativno upravljanje procesima raseljavanja i manevra.

Navedene ciljeve moguće je realizovati primenom odgovarajućeg simulacionog modela kojim se obezbeđuje praćenje svih relevantnih parametara realnog procesa.

Kako proces raseljavanja podrazumeva i primenu odgovarajućih tehnologija za realizaciju utovarno-istovarnih i transportnih procesa, neophodno je pristupiti njihovom definisanju. Ove tehnologije moraju biti u potpunosti kompatibilne sa tehnologijama ostalih procesa u sistemu kako ne bi došlo do dupliranja kapaciteta i značajnog povećanja troškova sistema kao celine. Na mestima istovara u rejonu raseljavanja treba obezbediti realizaciju zahteva za istovarom u terenskim uslovima.

Primena razvijenog računarskog modela procesa raseljavanja omogućava praćenje: broja vozila na putu do rejonu raseljavanja i broja vozila koja se nalaze na utovaru i u rejonu očekivanja, u skadištu i rejonu raseljavanja.

Realizacija cilja koji se odnosi na pripremu procesa raseljavanja, može se ostvariti utvrđivanjem veze između voznog parka, količine UbS i vremena za raseljavanje. Pri tome je značajno dati odgovore na sledeća pitanja: koliko vozni park treba predvideti, koliko UbS je u datom vremenu moguće prevesti raspoloživim voznim parkom, koliko vreme je potrebno da se konkretna količina UbS preveze raspoloživim voznim parkom? Pored toga, treba istaći da su primenom razvijenog modela ispitivane smeštajne mogućnosti transportnih sredstava (kamiona) za sve vrste UbS. Analiza smeštajnih karakteristika iskorišćena je i za definisanje redosleda (prioriteta) pri mobilizaciji.

Obezbeđenje operativnog upravljanja moguće je realizovati na bazi utvrđenih normi u odnosu na koje se može porediti intenzitet realizacije procesa raseljavanja. Ukoliko se uoče određena odstupanja, tj. poremećaji, moguće je na vreme reagovati (uvođenjem novih vozila, produženjem vremena ili smanjenjem zahtevane količine).

## Zaključak

Izložena metodologija tehnološkog projektovanja novih skladišta za UbS primenjena je u izradi većeg broja tehnoloških projekata realizovanih za potrebe VJ. U okviru tih projekata ostvareni su značajni, veoma povoljno ocenjeni rezultati, na osnovu čega se može doneti sud o potrebi i značaju tehnološkog projektovanja ovih sistema. Naime, kvalitet realizacije tehnološkog

loškog projektovanja ima veoma izražen uticaj na kvalitet, efikasnost, bezbednost i ekonomičnost rešenja. Na taj način projekat tehnologije se pojavljuje kao faktor od čijeg kvaliteta zavisi

visina investicija i troškovi eksploatacije sistema, ali, što je posebno važno, i bezbednost samog kompleksa i smeštenih materijalnih sredstava i okruženja.

*Literatura:*

- [1] Grupa autora: Tehnološki projekat KB-84, TU SSNO, Beograd, 1985.  
[2] Grupa autora: Tehnološki projekat EC-84, TU SSNO, Beograd, 1985.

- [3] Grupa autora: Tehnološki projekat AX-84, TU SSNO, Beograd, 1985.  
[4] Grupa autora: Tehnološki projekat OB-84, TU SSNO, Beograd, 1985.

Slaviša Stojiljković,  
kapetan, dipl. inž.

## ANALIZA METODA ZA PRAĆENJE HEMIJSKE STABILNOSTI BARUTA I RAKETNIH GORIVA PREMA SNO 8069/91

### Rezime:

Ispitivanje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva laborisanih u uskladištenim UbS, (ubojnim sredstvima) propisano je standardom SNO 8069/91. U ovom radu je dat sažet pregled i opis metoda za ispitivanje hemijske stabilnosti baruta i RG (raketnih goriva), i izvršena analiza propisanih metoda na osnovu karakterističnih rezultata ispitivanja uzoraka radi njihovog daljeg razvoja i usavršavanja.

*Ključne reči:* barut, raketno gorivo, hemijska stabilnost, metode ispitivanja, kategorizacija.

---

## ANALYSIS OF METHOD FOR MONITORING THE STABILITY OF GUNPOWDERS AND ROCKET FUELS ACCORDING TO SNO 8069/91 STANDARD

### Summary:

*Testing of chemical stability of gunpowders and rocket fuels in the stored munitions is prescribed by the SNO 8069/91 standard. In the article are presented a brief review and description of methods for testing the chemical stability of gunpowders and rocket fuels, with an analysis of the prescribed testing methods, based on characteristic results of testing of samples, with the aim of their further development and upgrading.*

*Key words:* gunpowder, rocket fuel, chemical stability, testing methods, categorization.

---

### Uvod

Baruti i raketna goriva (RG) su elementi UbS koji u toku skladištenja menjaju svoje fizičko-hemijske karakteristike, što direktno utiče i na karakteristike UbS u kojima je barut (RG) laborisan. Pored uticaja na balističke karakteristike i pouzdanost UbS, postoji i znatna opasnost od samozapaljenja baruta i RG, što rezultira destrukcijom sredstva i ima reperkusije na bezbednost ljudstva, uskladištenih UbS i objekata.

Osnovne komponente koloidnih baruta (estri azotne kiseline) podložni su dekompoziciji na temperaturama uskladištenja. Proizvodi razgradnje su azotni oksidi koji se ponašaju kao autokatalizatori dalje dekompozicije nitroestara i uzrokuju promene fizičko-hemijskih osobina baruta i RG. Da bi se sprečila autokataliza procesa razgradnje nitroestera, barutima se dodaju stabilizatori — supstance koje lako reaguju sa azotnim oksidima [3]. Same reakcije stabilizatora sa azotnim

oksidima, kao i reakcije dekompozicije nitroestara su egzotermne. One uzrokuju povećanje temperature u masi baruta što je, s obzirom na termičke karakteristike baruta, i najopasnija posledica njegove samorazgradnje, jer može prouzrokovati stvaranje kritičnih uslova za pojavu samozapaljenja [5]. S obzirom na to da je barut relativno loš provodnik toplote, pri određenim uslovima, sva toplota, oslobođena usled egzoternosti reakcija dekompozicije nitroestara i reakcija stabilizatora sa azotnim oksidima, neće moći da se razmeni sa okolinom već će se akumulirati u masi baruta uzrokujući povećanje temperature, a samim tim i povećanje brzine hemijskih reakcija sa novim prirastom toplote [10]. Ovaj mehanizam samoubrzavanja reakcija vodi stvaranju kritičnih uslova za samozapaljenje baruta i RG, a samim tim i destrukciju UbS u kome se oni nalaze.

Od samog nastanka koloidnih baruta nametala se potreba opisivanja stanja baruta u smislu sigurnosti tokom skladištenja i manipulacije. U tom smislu se i danas proučavaju procesi koji prate hemijsku degradaciju baruta i RG sa ciljem da ukažu na stepen rizika pri čuvanju i manipulaciji ubojnim sredstvima, a pojam koji opisuje stanje baruta i RG i izražava verovatno vreme čuvanja bez rizika je hemijska stabilnost baruta i RG.

Za sistematsko ispitivanje i praćenje hemijske stabilnosti baruta i RG laborisanih u uskladištena UbS zadužena je Laboratorija za ispitivanje i kolekcioniranje elemenata UbS. Ispitivanja se u Laboratoriji realizuju prema SNO 8069/91 »Praćenje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva« na kolekcioniranim uzorcima baruta i RG koji se za tu svrhu posebno izdvajaju i čuvaju u kolekcijama baruta i RG. U ovom radu je, na osnovu iskus-

tava iz dosadašnjeg rada, izvršena analiza propisanih metoda sa aspekta njihove praktične primene u ispitivanju hemijske stabilnosti baruta i RG.

### **Cilj i metode ispitivanja hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva i kriterijumi za njihovu kategorizaciju**

Prema SNO 8069/91 hemijska stabilnost baruta i raketnih goriva prati se isključivo sa aspekta samozapaljenja i to sa ciljem [1]:

— isključivanja ili svođenja na najmanji rizik od samozapaljenja,

— svođenja na najmanji rizik pri upotrebi,

— održavanja municije u stanju bojne gotovosti,

— prognoziranja preostalog veka upotrebljivosti baruta i RG radi planiranja blagovremene zamene, popune ili remonta.

Osnovne metode za praćenje hemijske stabilnosti baruta i RG i njihovu kategorizaciju u toku skladištenja su:

— metoda grejanja na 100°C (metoda 8.1. SNO 8069/91);

— metoda određivanja kritičnog prečnika samozapaljenja praćenjem toplotne aktivnosti baruta pomoću mikrokolorimetra (metoda 8.5. SNO 8069/91);

— metoda određivanja sadržaja stabilizatora u uzorku (metoda 8.6. SNO 8069/91).

Na osnovu rezultata ispitivanja hemijske stabilnosti uzoraka baruta i RG iz kolekcija ili skladišta, vrši se kategorizacija baruta u jednu od sledećih kategorija [1]:

50 — barut (RG) dobar za čuvanje, sledeća provera po planu;

51 — barut (RG) dobar za čuvanje, prioritet pri trošenju municije la-

borisane tim barutom (RG), sledeća provera nakon 2 godine, zabrana čuvanja po merama stalne bojeve gotovosti.

52 — barut (RG) smanjene stabilnosti. Može se čuvati ali uz kontrolu jednom godišnje. Zabrana za upotrebu u miru i čuvanje u otežanim uslovima i po merama stalne bojeve gotovosti.

58 — barut (RG) nestabilan, municija se mora ukloniti iz skladišta u roku od 12 meseci, uništiti ili delaborisati. Delaborisani barut (RG) se: uništava spaljivanjem, potapa pod vodu radi daljeg čuvanja i korištenja, odmah navlaži sa 10 do 20% vode radi transporta do eventualnog korisnika, korišćenjem ambalaže prema SNO 4025;

59 — barut (RG) nestabilan, municija se mora ukloniti iz skladišta u roku od 30 dana uz postupak kao kod 58.

Kategorizacija baruta vrši se prema kriterijumima datim u tabelama 1 i 2 [1].

Prema navedenim metodama hemijska stabilnost uskladištenih uzoraka baruta i RG ispituje se prvi put nakon 10 godina od proizvodnje, a potom svakih 5 godina. U slučaju da se na osnovu kriterijuma datih u tabelama 1 i 2 ne može jednoznačno utvrditi kategorija baruta i RG, odluka se donosi na osnovu sledećeg redosleda vrednovanja metoda:

— metoda određivanja sadržaja stabilizatora u uzorku (metoda 8.6. SNO 8069/91);

— metoda odeđivanja kritičnog prečnika samozapaljenja praćenjem toplotne aktivnosti baruta pomoću mikrokolorimetra (metoda 8.5. SNO 8069/91);

— metoda grejanja na 100°C (metoda 8.1. SNO 8069/91).

Tabela 1

Kriterijumi za kotegorizaciju jednobaznih baruta

DFA (% m/m)	Aktivni stabilizator (% m/m)	Termička aktiv. Poređenje $D_c$ i $D$ (m)	100°C (dan)	Kategorija baruta
$\geq 0,5$	—	$D_c(60) > D$	$\geq 4$	50
$\geq 0,2$	$\geq 0,5$	$D_c(60) > D$	$< 4$	51
		$D_c(60) < D$		52
		$D_c(50) < D$		58
		$D_c(40) < D$		59
	$< 0,5$	$D_c(60) > D$		52
		$D_c(60) < D$		58
$\leq 0,2$	$\geq 0,3$	$D_c(50) < D$		59
		$D_c(60) > D$		52
		$D_c(60) < D$		58
	$< 0,3$	$D_c(50) < D$		59
		$D_c(60) > D$	58	
		$D_c(60) < D$	59	

Kriterijumi za kategorizaciju dvobaznih i trobaznih baruta

Sadržaj stabilizatora (% m/m)	Termička aktiv. Poređenje $D_c$ i $D$ (m)	100°C (dan)	Kategorija baruta
$\geq$ (početni — 50%)	$D_c(60) > D$	$\geq 4 (2,5)^*$	50
$\geq$ (početni — 70%)	$D_c(60) > D$	$< 4 (2,5)^*$	51
	$D_c(60) < D$		52
	$D_c(50) < D$		58
	$D_c(40) < D$		59
$\geq$ (početni — 80%)	$D_c(60) > D$		52
	$D_c(60) < D$	58	
	$D_c(50) < D$	59	

\* Posebni zahtevi za barute tipa NGB po metodi grejanja na 100°C.

### Analiza metoda za ispitivanje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva

#### Metoda grejanja na 100°C

Metoda se zasniva na ubrzanoj razgradnji baruta pri grejanju na povišenoj temperaturi, a kvalitet baruta se ocenjuje vizuelnim uočavanjem produkata degradacije nitroestara. Naime, iz uzorka nestabilnijeg baruta će se, za kraće vreme grejanja, početi izdvajati azotni oksidi, što se manifestuje tamnomrkim obojenjem unutrašnjosti epurvete u kojoj se barut greje. Mera hemijske stabilnosti je vreme od početka grejanja uzorka do početka izdvajanja vidljivih gasova (azotnih oksida). Navedena metoda se već niz godina primenjuje za periodično ispitivanje hemijske stabilnosti kolekcioniranih uzoraka baruta i RG. Osnovni nedostaci ove metode su sledeći [5, 9]:

— ocena o kvalitetu baruta donosi se na osnovu vizuelno uočenih produkata razgradnje. Međutim, ne postoji eksperimentalno potvrđena i dokazana relacija između količine azotnih oksida, nastalih tokom dekompozicije

baruta, i njegovog samozapaljenja. Ako bi takva relacija i postojala, po ovoj metodi se ne može oceniti mogućnost samozapaljenja, jer se ne uzimaju u obzir osnovni faktori koji utiču na akumuliranje toplote, a to su veličina uzorka (kalibar municije), oblik uzorka baruta, debljina svoda i uticaj spoljnih faktora;

— kriterijumi na osnovu kojih se ocenjuje stabilnost baruta tj. minimalne vrednosti koje uzorak mora da zadovolji nisu rezultat eksperimenata vezanih za mogućnost samozapaljenja ili neke značajnije promene u barutu. To su, u stvari, unapred dogovorene iskusvene vrednosti dobijene na osnovu upoređivanja sa vrednostima navedenog testa kod istih takvih ranije proizvedenih baruta kod kojih se tokom dugogodišnjeg čuvanja u municiji nije ništa nepoželjno dogodilo, već su samo početne vrednosti stabilnosti umanjene.

Rezultati ispitivanja različitih tipova baruta po ovoj metodi, u zavisnosti od vremena skladištenja uzorka, prikazani su u tabelama 3 do 9.

Tabela 3

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za tri uzorka NC baruta  
tipa A

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / vreme skladištenja (godine)								
		4	6	8	10	12	13	16	18	21
1306	1970.	6d 12č	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č
1308	1970.	6d 18č	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č
1310	1970.	6d 18č	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č

Tabela 4

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za tri uzorka NC baruta  
tipa B

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / vreme skladištenja (godine)									
		5	7	9	11	13	14	17	19	22	25
1305	1969.	6d 12č	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d
1319	1969.	7d	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 12č
1320	1969.	7d	7d	7d	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 12č

Tabela 5

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za četiri uzorka NC baruta  
tipa V

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / vreme skladištenja (godine)								
		7	9	11	13	15	17	19	21	24
2224	1967.	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 6č	6d 6č	6d 6č	6d 6č	6d
2225	1968.	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 6č	6d	6d	6d	6d
2227	1968.	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 12č	6d 12č	6d 12č	6d 12č
2226	1969.	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 12č	6d 12č	6d 12č	6d 12č	6d 12č

Tabela 6

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za uzorke NC baruta  
tipa G

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / vreme skladištenja (godine)										
		29	31	33	35	37	39	41	43	46	48	50
1374	1945.	7d	7d	7d	7d	7d	7d	7d	6d	6d	6d 6č	4d 18č
1375	1945.	7d	7d	7d	7d	7d	7d	7d	6d	6d	6d 6č	4d 18č
1376	1945.	7d	7d	7d	7d	7d	7d	7d	6d	6d	6d 6č	4d 18č
1377	1945.	7d	7d	7d	6d 18č	6d 18č	6d 18č	6d 12č	6d	6d	6d	4d 18č
1378	1945.	7d	7d	7d	6d 18č	7d	6d 18č	6d 12č	5d 12č	5d 12č	6d	4d 12č

Tabela 7

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za uzorke NGH baruta  
tipa A

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / godina u kojoj je uzorak ispitan									
		7d/74.	6d/76.	6d/78.	6d/80.	6d/82.	6d/84.	6d/86.	6d/88.	6d/91.	
2156	1965.	7d/74.	6d/76.	6d/78.	6d/80.	6d/82.	6d/84.	6d/86.	6d/88.	6d/91.	
2159	1965.	7d/74.	6d/76.	6d/78.	6d/80.	6d/82.	6d/84.	6d/86.	6d/88.	6d/91.	
2177	1970.	6d/74.	7d/78.	7d/80.	7d/82.	7d/84.	7d/86.	6d 18č/90.	6d 18č/91.	—	
4334	1980.	9d 18č/80.	7d/84.	7d/86.	7d/88.	7d/91.	—	—	—	—	

Tabela 8

Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za uzorke NGT baruta  
tipa A

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / godina u kojoj je uzorak ispitan									
		7d/75.	7d/76.	7d/78.	7d/80.	7d/82.	7d/84.	7d/88.	—	—	
2454	1960.	7d/75.	7d/76.	7d/78.	7d/80.	7d/82.	7d/84.	7d/88.	—	—	
2456	1960.	7d/75.	7d/76.	7d/78.	7d/80.	7d/82.	7d/84.	7d/86.	7d/88.	—	



Rezultati ispitivanja po metodi grejanja na 100°C za uzorke NGR baruta tipa A

Oznaka uzorka	Godina proizv.	Rezultati ispitivanja / godina u kojoj je uzorak ispitan							
		6d 18č/81.	7d/85.	7d/87.	7d/89.	—	—	—	—
4689	1980.	6d 18č/81.	7d/85.	7d/87.	7d/89.	—	—	—	—
4691	1980.	9d/82.	7d/85.	6d 12č/87.	6d 12č/89.	—	—	—	—
4872	1985.	5d/86.	6d 18č/89.	—	—	—	—	—	—

*Metoda određivanja kritičnog prečnika samozapaljenja merenjem toplotne aktivnosti baruta pomoću mikrokalorimetra*

Metoda je razvijena za ocenu sklonosti baruta ka samozapaljenju na osnovu merenja brzine razvijanja toplote, kao posledice egzotermnosti hemijskih reakcija dekompozicije nitroestara u uzorku, mogućnosti njene razmene sa okolinom, i mogućnosti njenog akumuliranja u barutu. Princip metode je da se meri temperatura u najkritičnijem delu uzorka (geometrijski centar) za vreme termostatiranja, na dve različite temperature na kojima je hemizam reakcija dekompozicije identičan. Poznavanjem količine toplote koja se pri dekompoziciji uzorka baruta oslobađa u jedinici vremena (*brzina razvijanja toplote*) na definisanim temperaturama, kao i poznavanjem fizičkih i termičkih karakteristika baruta, može se izračunati [5]:

— energija aktivacije procesa dekompozicije baruta;

— vreme do razvijanja određene količine toplote u uslovima skladištenja;

— veličina kritičnog prečnika na osnovu kojeg se može proceniti mogućnost samozapaljenja baruta.

Naime, toplota stvorena spontanom dekompozicijom nitroestara, uko-

liko se ne razmenjuje sa okolinom akumulira se, što dovodi do povećanja temperature u masi baruta. Sa povećanjem temperature raste i brzina egzotermnih reakcija dekompozicije čime se omogućava dostizanje kritičnih uslova za samozapaljenje. Kritični uslovi su u praksi obično određeni kritičnim iznosima parametara, kao što su temperatura, razvijena toplota, dimenzija uzorka i sl. Količina akumulirane toplote zavisi ne samo od osobina materije u kojoj se akumulacija odvija, već i od mase i dimenzija te materije. Onaj prečnik uzorka koji na određenoj temperaturi uslovljava takvu akumulaciju toplote da se može uspostaviti stacionarno stanje između nastale toplote, toplote razmenjene sa okolinom i toplote akumulirane u uzorku, naziva se *kritični prečnik*  $D_{kr}$ , a temperatura u tom stanju naziva se *kritična temperatura*  $T_{kr}$  (temperatura na kojoj je kritični prečnik samozapaljenja jednak stvarnom prečniku uzorka). Poređenjem kritičnog prečnika samozapaljenja na određenim temperaturama sa stvarnim prečnikom uzorka, opisuje se stepen hemijske stabilnosti uzorka baruta i RG, i vrši kategorizacija uzorka prema kriterijumima datim u tabelama 1 i 2. Kritični prečnik samozapaljenja uzima se kao kriterijum hemijske stabilnosti koji ukazuje na mogućnost samozapaljenja. Za određenu temperaturu i toplotnu aktivnost ba-

ruta, smeštenog u čauri prečnika  $D$ , rizik od samozapaljenja je manji ukoliko je odnos  $D_{kr}/D$  veći, i obrnuto.  $D_{kr}$  se izračunava na osnovu toplotne teorije eksplozije iz sledećeg izraza [5, 6]:

$$D_c = \sqrt{\frac{\lambda \cdot \delta \cdot R \cdot T^2}{E \cdot \rho \cdot q}}$$

gde je:

$\lambda$  — toplotna provodljivost baruta i RG;

$\delta$  — bezdimenzionalni parametar oblika uzorka koji označava kritičnu vrednost termalne eksplozije. Ako su sve ostale veličine konstantne on zavisi samo od oblika barutnog punjenja i za oblik cilindra ima vrednost 2,00;

$R$  — univerzalna gasna konstanta;

$E$  — energija aktivacije procesa razlaganja;

$T$  — temperatura za koju se izračunava  $D_{kr}$ ;

$q$  — brzina razvijanja toplote (toplotna aktivnost) izračunata za kritični prečnik uzorka;

$\rho$  — gustina baruta i RG.

Merenja se realizuju na mikrokolorimetru MIKRO III koji se sastoji od sledećih delova i sklopova:

— termostata tipa OEEM — 3.89.1. koji održava temperaturu u području  $40^\circ\text{C}$  do  $80^\circ\text{C}$  sa tačnošću od  $\pm 0,01^\circ\text{C}$ ;

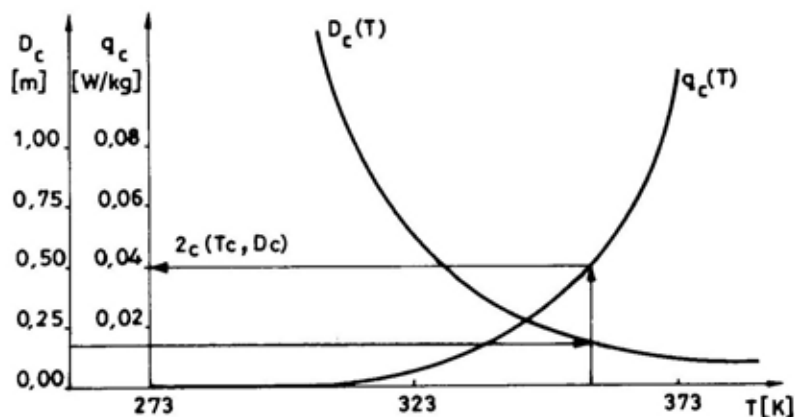
— elektronskog regulatora temperature;

— kvarcnog termometra HP-2804A sa sondama tipa NR-18110A;

— uređaja za registrovanje i obradu podataka koji se sastoji od personalnog računara, HP-IB interfejsa i printera;

— standardne posude od mesinga cilindričnog oblika prema SNO 8069/91, t.8.5.3.

Uzorak baruta ili RG pripremi se prema SNO 8069/91, t.8.5.4. i postavi u prethodno pripremljen i baždaren mikrokolorimetar, nakon čega se pristupa merenju brzine razvijanja toplote na osnovu merenja razlike u temperaturi  $\Delta T$  između ispitivanog i inertnog uzorka u stacionarnim uslovima na  $60^\circ\text{C}$  i  $70^\circ\text{C}$  sukcesivno. Rezultat se digitalno registruje u kvarcnom termometru i očitava na displeju ili memorije u računaru. U program računara



Sl. 1 — Izlazni dokument sa mikrokolorimetra — grafička zavisnost  $D_c(T)$  i  $q_c(T)$

unos se baždarni koeficijent (K) i odnos masa (m), tako da izlazni rezultat bude količina toplote koja se razvija u sredini uzorka u jedinici vremena po jedinici mase [W/kg]. Na osnovu izlaznog dokumenta sa mikrokolorimetrijskih merenja u grafičkom (slika 1), i tabelarnom obliku može se odrediti kritični prečnik samozapaljenja za zadanu temperaturu, kao i vrednosti kritične temperature i brzine razvijanja toplote u kritičnim uslovima.

Metoda predstavlja nov pristup u rešavanju problema praćenja hemijske stabilnosti baruta i RG sa aspekta samozapaljenja, s obzirom da uvažava faktore koji direktno utiču na stvaranje kritičnih uslova za samozapaljenje (prečnik i masa uzorka, termičke karakteristike baruta, parametri dinamike nastajanja i razmene toplote i sl.). Sama aparatura originalno je rešenje koje omogućava realizaciju opisane metode.

Rezultati za kritični prečnik samozapaljenja, za neke uzorke različitih tipova baruta prikazani su u tabeli 10.

Tabela 10

Kritični prečnik samozapaljenja na 333K

Oznaka uzorka	Vrsta uzorka	Godina proizvodnje	Kritični prečnik samozap. na 333K (m)
2156	NGH	1965.	0,58
2159	NGH	1965.	0,62
2177	NGH	1970.	0,63
4334	NGH	1980.	0,99
2454	NGT	1960.	0,63
2456	NGT	1960.	0,61
4689	NGR	1980.	0,62
4691	NGR	1980.	0,50
4872	NGR	1985.	0,48

Tokom realizacije merenja toplote aktivnosti baruta kod jednog broja uzoraka uočena je pojava da, i pored dugotrajnog sušenja i temperiranja uzorka (čak i do 10 dana na 70°C), ne postoji mogućnost određivanja kritičnog prečnika samozapaljenja s obzirom na to da je izmerena vrednost toplote degradacije baruta negativna.

Ova pojava je uočena kod novijih baruta tipa NGH i NGT, i kod veoma starih baruta (NC tip G, tabela 6).

#### *Metoda određivanja sadržaja stabilizatora u barutu i raketnom gorivu*

Stabilizator je komponenta baruta i RG koja se dodaje sa ciljem da spreči ili bar uspori autokatalizu reakcija razlaganja nitroestra, vezujući azotne okside nastale u toku reakcija razlaganja. To su aromatična organska jedinjenja čije su najvažnije karakteristike da se mogu nitrovati proizvodima dekompozicije baruta, da ne reaguju sa nitroestrima, da su slabo isparljivi i da ne stvaraju higroskopa jedinjenja, kao i da tokom vremena ne utiču na balističke osobine baruta [7]. Najčešće primenjivani stabilizatori su defenilamin kod jednobaznih baruta i dietildifenilkarboamid (centralit I) kod dvobaznih baruta. Pri kontaktu stabilizatora sa nitroznim gasovima nastalim razgradnjom nitroestara, dolazi do njihove nitracije i stvaranja proizvoda koji nemaju katalitičko dejstvo na reakciju razlaganja nitroestara. Sam mehanizam reakcije nitrovanja stabilizatora dosta je složen i nepotpuno ispitan s obzirom na veliki broj nitroderivata koji nastaju i veliku zavisnost mehanizma reakcija od temperature [3]. Neki od nitroderivata stabilizatora takođe imaju stabilizirajuće dejstvo na barut i njihovo prisustvo u masi bitno utiče na njegovu stabilnost.

*Sadržaj preostalog stabilizatora u uzorcima različitog tipa*

Nakon ekstrakcije uzorka baruta ili RG metilenhloridom iz ekstrakta se određuje stabilizator metodom tečne hromatografije sa UV detektorom. Metoda se koristi za određivanje difenilamina (DFA), N-nitrozodifenilamina (NNODFA), 2- i 4- nitrodifenilamina (2NDFA i 4NDFA) u jednobaznim i sferičnim barutima, etilcentralita (CI ili EC) i 2-nitrodifenilamina u dvobaznim barutima i RG [8]. Na taj način stiče se celovita slika o sadržaju aktivnog stabilizatora u barutu.

Određivanje sadržaja aktivnog stabilizatora je u laboratoriji za ispitivanje i kolekcioniranje elemenata UbS privremeno zamenjeno spektrofotometrijskim metodama za određivanje preostalog stabilizatora i to [4]:

— *metodom 307.4 iz SNO 1008/85* — određivanje difenilamina bez prisustva drugih stabilizatora u barutu UV-spektrofotometrijskom metodom,

— *metodom 309.4 iz SNO 1008/85* — određivanje sadržaja stabilizatora etilcentralita u dvobaznim barutima i RG bez prisustva drugih stabilizatora,

— *metodom 311.3 iz SNO 1008/85* — određivanje sadržaja etilcentralita i difenilamina kada se nalaze zajedno u barutu.

Ove UV-spektrofotometrijske metode određivanja sadržaja stabilizatora mogu se koristiti kod baruta čiji sadržaj stabilizatora nije manji od 50% od početnog sadržaja.

Pregled rezultata preostalog stabilizatora, za neke uzorke koji su ispitani i drugim metodama, dat je u tabeli 11.

### *Diskusija rezultata*

Ako se dobijeni rezultati ispitivanja hemijske stabilnosti baruta uporede sa kriterijumima za kategorizaciju

Oznaka uzorka	Vrsta uzorka	Godina proizvodnje	Sadržaj preostalog stabilizatora (% mase)
2156	NGH	1965.	2,65
2159	NGH	1965.	2,65
2177	NGH	1970.	2,90
4334	NGH	1980.	2,78
2454	NGT	1960.	3,54
2456	NGT	1960.	3,66
4689	NGR	1980.	2,46
4691	NGR	1980.	2,40
4872	NGR	1985.	2,56
1374	NC tip G	1945.	0,35*
1376	NC tip G	1945.	0,15*
1377	NC tip G	1945.	0,04*
1378	NC tip G	1945.	0,04*

\* rezultati se odnose na preostali stabilizator i izneti su zbog poređenja sa rezultatima drugih metoda.

(tabela 1 i 2) može se konstatovati da su svi ispitivani baruti stabilni i da se mogu svrstati u kategoriju 50, sem najstarijih — trofejnih baruta sa oznakama 1374—1378 kod kojih je sadržaj ukupnog stabilizatora sveden na minimum.

Metoda grejanjem na 100°C pokazuje da još nije nastupila ubrzana degradacija — što potvrđuje činjenicu da u njemu još postoji dovoljna količina aktivnog stabilizatora. Određivanje toplotne aktivnosti pokazuje da je ona veoma mala, čak manja od gubitaka toplate usled isparavanja vlage i lako isparljivih rastvarača.

Sve to pokazuje da navedeni trofejni barut još nije kritičan s obzirom na samozapaljenje. U slučaju da je on perspektivan i da ga treba duže čuvati predlažu se dodatna ispitivanja određivanja vremena upotrebe postupkom ubrzanog starenja, merenjem brzine utroška stabilizatora i brzine akumuliranja toplote.

## Zaključak

Metoda grejanja na 100°C je standardna klasična metoda koja se niz godina primenjivala kao osnovna metoda za određivanje hemijske stabilnosti baruta. Pored navedenih nedostataka u kombinaciji sa egzoturnijim analitičkim metodama ona daje korisne informacije pri donošenju odluke o postupku sa barutom.

Metoda *toplotna aktivnost baruta* perspektivna je jer određuje faktore koji direktno utiču na samozapaljenje baruta. Treba povećati njen kapacitet

nabavkom (kao što je i predviđeno njenim uvođenjem) potrebnog broja mikrokolorimetara. U dogledno vreme, kada se obavi dovoljan broj ispitivanja, na osnovu analize dobijenih rezultata treba izvršiti selekcioniranje baruta i frekvencije ispitivanja. U principu, ona treba da bude prva metoda pri donošenju odluke šta treba učiniti sa perspektivnim barutima koji nisu zadovoljili kriterijume koje propisuje SNO 8069/91.

Određivanje sadržaja preostalog stabilizatora pomoću UV-spektrofotometrije, ne daje celovitu sliku o količini i prirodi produkata nastalih u barutu tokom njegove sagradacije. U tom smislu treba obezbediti uslove za nabavku aparata za tečnu kromatografiju.

Može se konstatovati da je VJ u Centru za praćenje stanja municije, preko SNO 8069/91, dobila veoma efikasne metode kojima se garantuje bezbednost skladišta od samozapaljenja baruta i mogućnost predviđanja vremena upotrebe municije.

## Literatura:

- [1] SNO 8069/91 — Praćenje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva.
- [2] Uputstvo za ispitivanje hemijske stabilnosti baruta TU-V, 12.
- [3] Maksimović, P.: Eksplozivne materije, VIZ, 1985.
- [4] SNO 1008/85 — Metode analitičkih ispitivanja malodimnih baruta.
- [5] Čolaković, M.: Metode za kontrolu mogućnosti samozapaljenja baruta laborisanih u klasičnoj i raketnoj municiji, VVTS KoV, Zagreb, 1986.
- [6] Čolaković, M.: Probability Estimation for the Self-Ignition of the Gun Powder, Propellants, Explosives, Pyrotechnics 17, 1—4 (1992).
- [7] Hristovski, M.: Određivanje hemijske stabilnosti i veka upotrebljivosti baruta praćenjem sadržaja stabilizatora, izveštaj VTI — TI 729.
- [8] Lindblom: Determination of stabilizer and its Nitroderivates in Double Base Powders by HPLC, V Symposium on chemical problems connected with the stability of explosives, Bastad, May 28—30, 1979, 107—127.
- [9] Grbović, L.: Hemijska degradacija baruta, izveštaj, VVTS KoV Zagreb, 1985.
- [10] Isler, J.: Auto-inflammation de poudres a simple base, Propellants, Explosives, Pyrotechnics 11, (1986), 40—44.

**Mr Zoran Bojančić,**  
major, dipl. inž.

## **MATEMATIČKI MODEL KRETANJA PROJEKTILA POGODAN ZA IMPLEMENTACIJU U SISTEMIMA ZA UPRAVLJANJE VATROM**

### **Rezime:**

*Prezentiran je matematički model koji je nastao prilagođavanjem matematičkog modela krutog tela sa šest stepeni slobode kretanja za projekte malog dometa. Izvršena je transformacija i delimična linearizacija referentnog modela. Numerička integracija diferencijalnih jednačina realizovana je podelom sistema diferencijalnih jednačina na dva podsistema sa bitno različitim frekvencijama. Analizirana je tačnost modela i mogućnost implementacije na mikroprocesorskim sistemima i digitalnim signal-procesorima.*

*Ključne reči: matematički model, projektil, jednačine kretanja, transformisane jednačine, numerička integracija, implementacija modela.*

---

## **MATHEMATICAL MODEL OF MOVEMENT OF PROJECTILES SUITABLE FOR IMPLEMENTATION IN FIRE CONTROL SYSTEMS**

### **Summary:**

*In the article is presented a mathematical model developed by adaptation of a mathematical model of a solid body with six degrees of freedom of movement for small range projectiles. A transformation and partial linearization of a referent model has been made. Numerical integration of differential equations has been made by dividing the different equations system to two sub-systems with basically different frequencies. The accuracy of the model and the possibility of its implementation in microprocessor systems and digital signal processors have been analysed.*

*Key words: mathematical model, projectile, movement equations, transformation of equation, numerical integration, model implementation.*

---

### **Uvod**

Kada se usvoji da je projektil kruto telo sa šest stepeni slobode kretanja ili šematizovano elastično telo, matematički model takvog projektla ne može se koristiti za real-time simulacije u sistemima za upravljanje vatrom zbog toga što je taj model kompleksan i neekonomičan sa aspekta potrošnje računarskog vremena. Koliko god da

je brzina procesiranja savremenih balističkih računara velika, ona još uvek ne omogućava da se u sistemima za upravljanje vatrom reši, u zadovoljavajućem vremenskom intervalu, inverzni problem dinamike leta. Inverzni problem dinamike leta u ovom slučaju podrazumeva određivanje početnih elemenata projektla kada je zadata padna tačka putanje projektla koji se želi dovesti u kontakt sa ciljem. Da

bi se inverzni problem rešio korišćenjem matematičkog modela krutog tela sa šest stepeni slobode kretanja tada je potrebno sistem od 12 nelinearnih diferencijalnih jednačina transformisati u sistem jednačina koji će obezbediti, na adekvatnom hardveru, bitno smanjenje vremena procesiranja. Uslov koji mora da zadovolji transformisani model jeste da u njemu treba da se zadrži postavljeni kriterijum u pogledu tačnosti aproksimacije polaznog matematičkog modela tela sa šest stepeni slobode kretanja.

Prezentiran je model koji je nastao transformacijom i delimičnom linearizacijom matematičkog modela projektila kao krutog tela sa šest stepeni slobode kretanja. Analizirana je i mogućnost implementacije tako transformisanog modela na određenim digitalnim sistemima.

Pored izbora matematičkog modela projektila, na vreme procesiranja utiče izbor metode za numeričku integraciju i veličina koraka integracije. Integracija transformisanog sistema diferencijalnih jednačina realizovana je numeričkom metodom Runge-Kutta četvrtog reda sa optimalnom veličinom koraka integracije. Optimalna veličina koraka je kompromis između tri kontradiktorna zahteva: tražene tačnosti, numeričke stabilnosti i vremena procesiranja. Dodatni uslov kod real-time simulacija u sistemima za upravljanje vatrom jeste da se korak jednostavno određuje i kontroliše kako se ne bi trošilo nepotrebno vreme. U radu je korišćena metoda »kvazi optimalne kontrole koraka numeričke integracije«. Po ovoj metodi, korak se određuje na osnovu maksimalnih sopstvenih vrednosti matrice od dela transformisanih jednačina koje opisuju kretanje centra mase projektila i na osnovu zahtevane tačnosti.

## Polazne jednačine matematičkog modela kretanja projektila koji je kruto telo

Polazne ili osnovne jednačine kretanja projektila, kada se usvoji da je on kruto telo kome se centar mase kreće, a ono samo se kreće oko centra mase u odnosu na Zemlju koja miruje, mogu imati vektorsku formu [1].

Dinamičke jednačine translacije centra mase i rotacije oko centra mase su:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{R}^A + \vec{F} + \vec{G} \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt} (I \cdot \vec{\omega}) = \vec{M}^A + \vec{M}^F \quad (2)$$

Kinematske jednačine su:

$$\frac{d\vec{r}}{dt} = \vec{V} \quad (3)$$

$$\vec{\omega} = \sum_{i=1}^n \vec{\omega}_i \quad (4)$$

gde je:

- $m$  — masa projektila,
- $I$  — tenzor inercije,
- $\vec{V}$  — brzina centra mase projektila,
- $\vec{\omega}$  — ugaona brzina projektila,
- $\vec{R}^A$  — aerodinamička sila
- $\vec{M}^A$  — aerodinamički momenat,
- $\vec{F}$  — reaktivna sila,
- $\vec{M}^F$  — reaktivni momenat,
- $\vec{G}$  — sila Zemljine teže,
- $\vec{r}$  — vektor položaja centra mase.

Pored zakona promene količine i momenta količine kretanja u [2] je dato još šest različitih zakona mehanike



koji mogu poslužiti kao osnove algoritma nad kojim se vrše simboličke i algebarske operacije, pošto se vektorske jednačine (1 do 4) moraju prevesti u sistem koji se može procesirati.

U proizvoljnom koordinatnom sistemu  $N(P; x_n, y_n, z_n)$  koji rotira ugaonom brzinom  $\vec{\Omega}_n$  u odnosu na inercijalni koordinatni sistem, matricni oblik vektorskih jednačina (1 do 4) biće:

$$m(\dot{V}_N + \tilde{\Omega}_{nN} V_N) = R_N \dot{A} + F_N + G_N \quad (5)$$

$$I_N \dot{\omega}_N + (\dot{I}_N + \tilde{\Omega}_{nN} I_N) \omega_N = M_N \dot{A} + M_N^K \quad (6)$$

$$\dot{r} = L_{ON} V_N \quad (7)$$

$$\dot{s} = R^{-1} \omega_N \quad (8)$$

gde je:

$\tilde{\Omega}_{nN}$  — kososimetrična matrica ugaonih brzina  $[p \ q \ r]^T$ ,

$L_{ON}$  — matrica transformacije iz  $N(P; x_n, y_n, z_n)$  u  $O(O; x_o, y_o, z_o)$ ,

$R^{-1}$  — inverzna matrica koja povezuje ugaone brzine i izvode uglova,

$s$  — stav projektila; položaj uzdužne ose simetrije u prostoru dat je uglovima  $s = [\Phi \ \Theta \ \Psi]^T$ .

Koordinatni ili skalarni oblik jednačina dobija se kada se dati sistem matricnih jednačina projektuje na ose odgovarajućeg koordinatnog sistema.

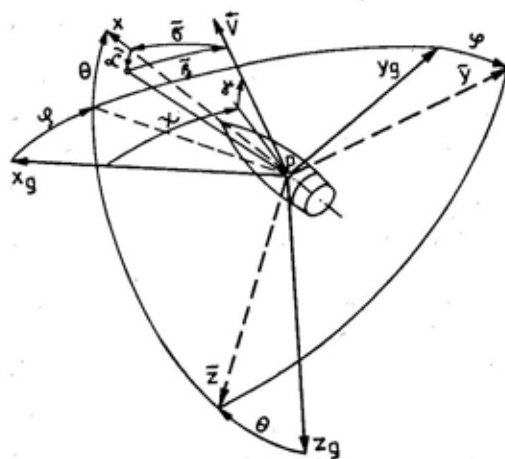
Za matematičko modeliranje prostornog kretanja neupravljivih i nevođenih projektila malog dometa (do 20 km) koriste se osnovni  $O(x_o, y_o, z_o)$ , geodetski  $G(P; x_g, y_g, z_g)$  i aerobalistički  $B(P; x, \tilde{y}, \tilde{z})$  koordinatni sistemi.

Osnovni koordinatni sistem  $O(O; x_o, y_o, z_o)$  ima početak na mestu lansiranja. Osa- $x_o$  je horizontalna u pravcu

cilja, osa- $y_o$  je vertikalna i usmerena na više, a  $z_o$ -osa čini desni trijedrar sa prve dve ose. Kretanje u osnovnom koordinatnom sistemu posmatra se kao apsolutno.

Geodetski koordinatni sistem  $G(P; x_g, y_g, z_g)$  ima početak u centru mase projektila P. Osa- $z_g$  je vertikalna nadole,  $x_g$ -osa i  $y_g$ -osa čine horizontalnu ravan kroz centar mase projektila. Za vreme leta projektila malog dometa geodetski koordinatni sistem ne rotira.

Aerobalistički koordinatni sistem  $B(P; x, \tilde{y}, \tilde{z})$  ima početak u centru mase projektila P. Osa- $x$  je uzdužna osa projektila (obično glavna uzdužna osa inercije), osa- $\tilde{z}$  je u vertikalnoj ravni upravna na osu  $x$ , dok osa- $\tilde{y}$  čini desni trijedrar sa prethodne dve ose, (slika 1). Svi koordinatni sistemi dati su prema literaturi [1].



Sl. 1 — Položaj projektila u odnosu na geodetski koordinatni sistem

Dinamičke jednačine sila i momenata mogu biti date u aerobalističkom koordinatnom sistemu  $B(P; x, \tilde{y}, \tilde{z})$ , kinematske jednačine rotacije oko centra mase u geodetskom sistemu



koordinata  $G(P; x_g, y_g, z_g)$ , a kinematske jednačine translacije centra mase u osnovnom koordinatnom sistemu  $O(O; x_o, y_o, z_o)$ .

Prilikom izvođenja koordinatnih ili skalarnih jednačina podrazumeva se da je: projektil kruto telo koje ima šest stepeni slobode kretanja; zanemarena rotacija i zakrivljenost Zemlje; projektil rotira u letu, tj. ima osnosimetričan elipsoid inercije (redukovani tenzor inercije  $I_N = \text{diag}(I_x, I_y, I_z)$ ).

Koordinatni ili skalarni oblik jednačina (5 do 8) za projektele malog dometa u aerobalističkom koordinatnom sistemu glasi:

$$\dot{u}_k = -\tilde{q} \tilde{w}_k + \tilde{r} \tilde{v}_k + X/m - g \sin \Theta,$$

$$\dot{\tilde{v}}_k = p_b \tilde{w}_k - \tilde{r} u_k + \tilde{Y}/m,$$

$$\dot{\tilde{w}}_k = -p_b \tilde{v}_k + \tilde{q} u_k + \tilde{Z}/m + g \cos \Theta,$$

$$\dot{p} = L/I_x,$$

$$\dot{\tilde{q}} = p_b \tilde{r} + (-I_x p \tilde{r} + \tilde{M})/I_y, \quad (9)$$

$$\dot{\tilde{r}} = -p_b \tilde{q} + (I_x p \tilde{q} + \tilde{N})/I_y,$$

$$\dot{x}_o = u \cos \Theta \cos \Psi - \tilde{v} \sin \Psi + \tilde{w} \sin \Theta \cos \Psi$$

$$\dot{y}_o = u \sin \Theta - \tilde{w} \cos \Theta$$

$$\dot{z}_o = u \cos \Theta \sin \Psi + \tilde{v} \cos \Psi + \tilde{w} \sin \Theta \sin \Psi$$

$$\dot{\Phi} = p + \tilde{r} \text{tg} \Theta,$$

$$\dot{\Theta} = \tilde{q},$$

$$\dot{\Psi} = \tilde{r} / \cos \Theta.$$

Ovom sistemu pridružena je algebarska jednačina:

$$p_b = -\tilde{r} \text{tg} \Theta.$$

U jednačinama (9) su:

$[u \tilde{v}_k \tilde{w}_k]^T$  — komponente brzine leta projektila,

$[p \tilde{q} \tilde{r}]^T$  — komponente ugaone brzine projektila,

$[X \tilde{Y} \tilde{Z}]^T$  — komponente aerodinamičke sile,

$[L \tilde{M} \tilde{N}]^T$  — komponente aerodinamičkog momenta,

$[\Phi \Theta \Psi]^T$  — uglovi položaja uzdužne ose simetrije projektila,

$p_b$  — komponenta ugaone brzine aerobalističkog koordinatnog sistema.

Komponente aerodinamičke sile i aerodinamičkog momenta date su sledećim jednačinama:

$$X = \frac{\rho V^2}{2} S \left[ c_{x0} + c_{x\alpha 2} (\tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2) \right],$$

$$\tilde{Y} = \frac{\rho V^2}{2} S \left[ c_{Y\alpha} \tilde{\alpha} - c_{N\alpha} \tilde{\beta} \right],$$

$$\tilde{Z} = \frac{\rho V^2}{2} S \left[ -c_{Y\alpha} \tilde{\beta} - c_{N\alpha} \tilde{\alpha} \right],$$

$$L = \frac{\rho V^2}{2} S \cdot dc_l, \quad (10)$$

$$\tilde{M} = \frac{\rho V^2}{2} S d \left[ c_{m\alpha} \tilde{\alpha} + c_{m\alpha} \tilde{\beta} + c_{m\alpha} \tilde{\alpha}^* + c_{mq} \tilde{q}^* \right],$$

$$\tilde{N} = \frac{\rho V^2}{2} S d \left[ -c_{m\alpha} \tilde{\beta} + c_{n\alpha} \tilde{\alpha} - c_{m\alpha} \tilde{\beta}^* + c_{mq} \tilde{r}^* \right],$$

gde je:

$C_{x0}, \dots, C_{m\alpha}, \dots, C_{mq}$  — derivati koeficijenata koji su funkcija Mahovog broja  $M_a$ ,

(\*) — ugaone brzine koje se denuminuju množenjem sa  $d/(2V)$  ili sa  $d/V$ ,

$\rho$  — gustina vazduha,

$S$  — površina poprečnog preseka projektila.

Napadni ugao  $\tilde{\alpha}$ , ugao klizanja  $\tilde{\beta}$  i njihovi izvodi određeni su iz sledećih izraza:

$$\tilde{\alpha} = \arctg(\tilde{w}/u) \quad \tilde{\beta} = \arcsin(\tilde{v}/V)$$

$$\dot{\tilde{\alpha}} = \frac{\dot{\tilde{w}}u - \tilde{w}\dot{u}}{u^2 + \tilde{w}^2} \quad \dot{\tilde{\beta}} = \frac{\dot{\tilde{v}}V - \tilde{v}\dot{V}}{V\sqrt{V^2 - \tilde{v}^2}}$$

U ovim izrazima su:

$$\begin{bmatrix} u \\ \tilde{v} \\ \tilde{w} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_k \\ \tilde{v}_k \\ \tilde{w}_k \end{bmatrix} - L_{BG} \begin{bmatrix} V_{wx} \\ V_{wy} \\ V_{wz} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} \dot{u} \\ \dot{\tilde{v}} \\ \dot{\tilde{w}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \dot{u}_k \\ \dot{\tilde{v}}_k \\ \dot{\tilde{w}}_k \end{bmatrix} + \tilde{\Omega} L_{BG} \begin{bmatrix} V_{wx} \\ V_{wy} \\ V_{wz} \end{bmatrix},$$

$$V = \sqrt{u^2 + \tilde{v}^2 + \tilde{w}^2}$$

gde je:

$L_{BG}$  — matrica transformacije iz geodetskog u balistički koordinatni sistem.

Veličina koraka numeričke integracije za sistem jednačina (9) odre-

đuje se iz uslova da korak mora biti manji od desetog dela puta perioda nutacije projektila [3].

### Transformisane jednačine matematičkog modela kretanja projektila

U posebnom slučaju sistem jednačina (9) može se modifikovati uvođenjem izvesnih pojednostavljenja da bi se smanjio nivo njihove složenosti. Ovom modifikacijom javljaju se inherentne greške, ali se zato vreme procesiranja bitno smanjuje izborom pogodne numeričke metode i/ili načina rešavanja sistema diferencijalnih jednačina.

Pod pojmom transformisani podrazumeva se matematički model sistema koji je strukturno pojednostavljen, a može biti i nižeg reda u odnosu na polazni opšti ili referentni model. Transformisani model treba da zadovolji unapred postavljene kriterijume u pogledu tačnosti aproksimacije polaznog matematičkog modela. Ovi kriterijumi određeni su ciljevima konkretnog zadatka, odnosno primenom modela koji mora zadovoljiti zahtev sistema koji se projektuje.

Transformacija jednačina (9) realizuje se pod pretpostavkom da atmosfera miruje. Pretpostavka da nema veta implicira da je brzina projektila u odnosu na Zemlju jednaka aerodinamičkoj brzini, pa se u tom slučaju mogu uspostaviti veze između uglova  $\tilde{\alpha}$ ,  $\tilde{\beta}$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ ,  $\Theta$ ,  $\Psi$ .

Komponente aerodinamičke brzine u aerobalističkom koordinatnom sistemu  $B(P; x, \tilde{y}, \tilde{z})$ ; su:

$$\begin{aligned} u &= V \cos \tilde{\beta} \cos \tilde{\alpha}, \\ \tilde{v} &= V \sin \tilde{\beta}, \\ \tilde{w} &= V \cos \tilde{\beta} \sin \tilde{\alpha}. \end{aligned} \quad (11)$$

Neupravljivi i nevođeni projektili konstruišu se tako da lete sa malim uglom koji zaklapa osa simetrije u odnosu na pravac aerodinamičke brzine ( $\tilde{\delta} < 10^\circ$ ). U tom slučaju su i uglovi  $\tilde{\alpha}$  i  $\tilde{\beta}$  takođe mali, pa se (11) u tom smislu transformiše u

$$\begin{aligned} u &= V, \\ \tilde{v} &= V\tilde{\beta}, \\ \tilde{w} &= V\tilde{\alpha}. \end{aligned} \quad (12)$$

Derivacije komponenti vektora brzine (11) su:

$$\begin{aligned} \dot{u} &= \dot{V}, \\ \dot{\tilde{v}} &= V\dot{\tilde{\beta}} + \tilde{v}\dot{\tilde{\beta}}, \\ \dot{\tilde{w}} &= V\dot{\tilde{\alpha}} + \tilde{w}\dot{\tilde{\alpha}}. \end{aligned} \quad (13)$$

U uslovima kada nema vetra  $\vec{V}_w = 0$ , veze između uglova  $\tilde{\alpha}$ ,  $\tilde{\beta}$ ,  $\gamma$ ,  $\chi$ ,  $\Theta$ ,  $\Psi$  dobijaju se iz:

$$\begin{bmatrix} V \cos \gamma \cos \chi \\ V \cos \gamma \sin \chi \\ -V \sin \gamma \end{bmatrix} = L_{BG}^T \begin{bmatrix} V \\ V\tilde{\beta} \\ V\tilde{\alpha} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

gde je:

$L_{BG}$  — matrica transformacija iz geodetskog u aerobalistički koordinatni sistem, ima oblik

$$L_{BG} = \begin{bmatrix} \cos \Theta \cos \Psi & \cos \Theta \sin \Psi & -\sin \Theta \\ -\sin \Psi & \cos \Psi & 0 \\ \sin \Theta \cos \Psi & \sin \Theta \sin \Psi & \cos \Theta \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Nakon supstitucije množenja matrica i eliminacije  $V$  dobijaju se relacije između uglova

$$\begin{aligned} \Theta &= \tilde{\alpha} + \gamma, \\ \Psi &= \chi - \tilde{\beta} / \cos \gamma. \end{aligned} \quad (16)$$

Kinematičke jednačine veza između projekcija ugaone brzine i izvoda uglova, kada su mali uglovi, transformišu se tako da se mogu zanemariti male veličine drugog i višeg reda [3]. Jednačina iz (9)

$$\dot{\tilde{r}} = \dot{\Psi} \cos \Theta \quad (17)$$

korišćenjem relacija (16), transformiše se u:

$$\dot{\tilde{r}} = \dot{\chi} \cos \gamma - \dot{\tilde{\beta}} \quad (18)$$

Za prvu jednačinu iz (16) očigledno je da nakon diferenciranja postaje

$$\dot{\Theta} = \dot{\gamma} + \dot{\tilde{\alpha}} \quad (19)$$

U (9) poprečne brzine leta  $\tilde{v}$  i  $\tilde{w}$  male su veličine u odnosu na brzinu leta  $V$ , a takođe su male i ugaone brzine oko poprečnih osa  $\tilde{q}$  i  $\tilde{r}$  u odnosu na ugaonu brzinu projektila  $p$  oko uzdužne ose. Za uglove propinjanja ose projektila  $\Theta < 80^\circ$  i komponenta  $p_\beta$  je mala veličina istog reda, a za položene putanje kad je  $\Theta$  mali ugao,  $p_\beta$  je mala veličina drugog reda. Kako se zanemaruju male veličine drugog i višeg reda, iz daljeg razmatranja izostavljaju se  $p_\beta$  i njegovi proizvodi.

Ako se zanemare proizvodi malih veličina višeg reda u odnosu na  $\dot{\gamma}$  i  $\dot{\chi} \cos \gamma$  nakon supstitucije i eliminacije dobija se:

$$\begin{aligned} \dot{V}/V &= \dot{X}/mV + \tilde{\beta}\dot{Y}/mV + \tilde{\alpha}\dot{Z}/mV - \\ & - g \sin \gamma / V, \\ \dot{\chi} \cos \gamma &= \dot{Y}/mV - \dot{\tilde{v}}\tilde{\beta}/V, \\ \dot{\gamma} &= -\dot{\tilde{w}}\tilde{\alpha}/mV - g \cos \gamma / V + \dot{\tilde{w}}\tilde{\alpha}/V. \end{aligned} \quad (20)$$

Nakon uvođenja izraza za sile  $X, \tilde{Y}, Z$  dobija se:

$$\dot{V}/V = \frac{\rho V}{2m} S \left[ c_{x_0} + (c_{x_{\alpha 2}} - c_{N\alpha}) (\tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2) \right] - \frac{g \sin \gamma}{V}$$

$$\dot{x} \cos \gamma = \frac{\rho V}{2m} S \left[ c_{Y\alpha} \tilde{\alpha} - (c_{N\alpha} + c_{x_0}) \tilde{\beta} \right] \quad (21)$$

$$\dot{Y} = \frac{\rho V}{2m} S \left[ c_{Y\alpha} \tilde{\beta} + (c_{N\alpha} + c_{x_0}) \tilde{\alpha} \right] - \frac{g \cos \gamma}{V}$$

Komponente aerodinamičke brzine, projektovane na ose geodetskog koordinatnog sistema, dobijaju se iz

$$\begin{aligned} x_g &= V \cos \gamma \cos x, \\ y_g &= V \cos \gamma \sin x, \\ z_g &= -V \sin \gamma. \end{aligned} \quad (22)$$

Jednačine (21) i (22) mogu se transformisati ako se uvede »bezdimezionalni put«  $s^*$ .

$$s^* = s/d = \frac{1}{d} \int_{t_0}^t V dt$$

Izvod po  $s^*$  označava se sa ( $'$ ). Veza između izvoda brzine po vremenu i izvoda po »bezdimezionalnom putu« je:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= \frac{dV}{ds^*} \frac{ds^*}{dt} = \frac{dV}{ds^*} \frac{d}{dt} \\ \left( \frac{s}{d} \right)' &= \frac{dV}{ds^*} \frac{V}{d} = V' \frac{V}{d}, \end{aligned}$$

Za aerodinamičke koeficijente važi sledeća relacija:

$$\left( \quad \right)' = \frac{\rho d}{2m} S \left( \quad \right).$$

Matrica transformacije iz geodetskog u osnovni koordinatni sistem  $L_{OG}$  je oblika:

$$L_{OG} = L_x(-\pi/2) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Preoblikovanjem izraza za  $\dot{p}$  iz (9), transformisani matematički model kretanja projektila dobija sledeći oblik:

$$\frac{V'}{V} = c_{x_0}' + (c_{x_{\alpha 2}}' - c_{N\alpha}') (\tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2) - \frac{g d \sin \gamma}{V^2}, \quad (23)$$

$$\gamma' = c_{Y\alpha}' \tilde{\beta} + (c_{N\alpha}' + c_{x_0}') \tilde{\alpha} - \frac{g d \cos \gamma}{V^2} \quad (24)$$

$$x' \cos \gamma = c_{Y\alpha}' \tilde{\alpha} - (c_{N\alpha}' + c_{x_0}') \tilde{\beta}, \quad (25)$$

$$x'_0 = d \cos \gamma \cos x, \quad (26)$$

$$y'_0 = d \sin \gamma, \quad (27)$$

$$z'_0 = d \cos \gamma \sin x, \quad (28)$$

$$p' = c_{IP}' (\tilde{r}_x)^{-2} p^* \frac{V}{d} \quad (29)$$

$$t = \frac{d}{V} \quad (30)$$

### Metod za integraciju transformisanih jednačina

Integracijom jednačina koje određuju kretanje centra mase projektila (23 do 30) treba da se dobiju funkcije  $V(s^*)$ ,  $\gamma(s^*)$  i  $x(s^*)$ . Za tu integraciju potrebno je poznavati  $\alpha(s^*)$  i  $\beta(s^*)$ . Ovi uglovi mogu se odrediti iz kompleksne nehomogene diferencijalne jednačine kretanja ose projektila u odnosu na pravac brzine izvedene po napađnom uglu za nezavisno promenljivu  $s^*$ . Ta jednačina, za projekte bez reaktivne sile, glasi [1]:

$$\tilde{\xi}'' + (H - iP) \tilde{\xi}' - (M + iPT) \tilde{\xi} = G_1 \quad (31)$$

gde je:

$\xi = \tilde{\beta} + i\tilde{\alpha}$  — kompleksni napadni ugao,

$$P = \frac{I_x}{I_y} \frac{pd}{V}$$

$$H = c_{N\alpha}^* - 2c_D^* - (c_{mq}^* + c_{m\alpha}^*) (\tilde{r}_y)^{-2},$$

$$T = c_{N\alpha}^* - c_D^* + c_{mq}^* (\tilde{r}_x)^{-2},$$

$$\vec{M} = [c_{m\alpha}^* + c_{m\alpha}^* c_D^* - c_{mq}^* c_{N\alpha}^*] (\tilde{r}_y)^{-2},$$

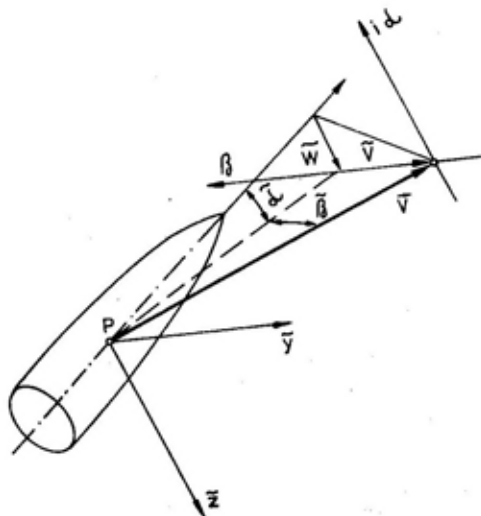
$$G_1 = -i \frac{d g \cos \gamma}{V^2} \left[ -c_D^* + iP + c_{mq}^* (\tilde{r}_y)^{-2} \right]$$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{m}}, \quad \tilde{r}_x = \frac{r_x}{d},$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{m}}, \quad \tilde{r}_y = \frac{r_y}{d}.$$

Promena kompleksnog napadnog ugla  $\tilde{\xi}$  može se geometrijski interpretirati kao kretanje tačke prodora uzdužne ose projektila u ravni upravnoj na vektor brzine na jediničnom rastojanju od centra mase, (slika 2).

Oblik te krive za jedan određeni projektil zavisice od početnih poremećaja i parametara kretanja. Koeficijenti  $H$ ,  $T$  i  $M$  eksplicitno su nezavisni



Sl. 2 — Položaj projektila u odnosu na ravan normalnu na vektor brzine

od  $V$ . Oni se menjaju samo ako se menjaju aerodinamički koeficijenti sa promenom Mahovog broja. Kako se  $P$  i  $G_1$  takođe lagano menjaju duž putanje, moguća je primena metode »zamrzavanja koeficijenata«. Ona se primenjuje kada se koeficijenti diferencijalne jednačine menjaju znatno sporije od zavisno promenljive, u ovom slučaju  $\tilde{\xi}$ , pa se smatraju konstantnim dok se ne odredi rešenje, a onda se u rešenju koeficijenti ponovo smatraju promenljivim.

Opšte rešenje kompleksne nehomogene diferencijalne jednačine jeste zbir homogenog i partikularnog rešenja  $\tilde{\xi} = \tilde{\xi}_h + \tilde{\xi}_p$ . Na homogeno rešenje utiču početni poremećaji, a na partikularno rešenje gravitaciono ubrzanje.

Homogeno rešenje predstavljeno je sumom dva oblika oscilovanja [1]:

$$\tilde{\xi}_h = K_1 \exp(i\Phi_1) + K_2 \exp(i\Phi_2) \quad (32)$$

gde je:

$$K_j = K_{j0} \exp(\lambda_j s^*), \quad (j=1,2),$$

$$\Phi_j = \Phi_{j0} + \Phi'_j s^*.$$

Partikularni integral može se odrediti iz izraza:

$$\tilde{\xi}_p = - \frac{G_1}{M + iPT} \quad (33)$$

Primenom metode »zamrzavanja koeficijenata« [1] kompleksna diferencijalna jednačina (31) ima korene karakteristične jednačine po napadnom uglu:

$$\lambda_j + i\Phi'_j = \frac{1}{2} \left( -H \pm \frac{2T-H}{\sqrt{1-\frac{1}{s_g}}} \right) + i \frac{P}{2} \left( 1 \pm \sqrt{1-\frac{1}{s_g}} \right) \quad (34)$$

gde je:

$$s_g = \frac{P^2}{4M} - \text{žiroskopski faktor stabilnosti.}$$

Ako se integrali jednačina (23), u drugom integralu na desnoj strani nalazi se  $\tilde{\alpha}^2 + \tilde{\beta}^2 = \tilde{\delta}^2$ , što je ujedno kvadrat modula kompleksnog broja  $\tilde{\xi} = \tilde{\beta} + i\tilde{\alpha}$ . Kako je  $\tilde{\xi} = \tilde{\xi}_h + \tilde{\xi}_p$ , pa ako se zanemare dvostruki proizvodi činioca kompleksnih brojeva  $\tilde{\xi}_h$  i  $\tilde{\xi}_p$ , zbir kvadrata modula postaje  $|\tilde{\xi}|^2 = |\tilde{\xi}_h|^2 + |\tilde{\xi}_p|^2$ , što daje  $|\tilde{\xi}|^2 = \tilde{\delta}^2$ . Rastavljanje na ovaj način moguće je zato što se nutacija amortizuje pre nego što projektil stigne do temena putanje [4]. Jednačina (23) postaje:

$$\Delta(\ln V) = \int_{s_1^*}^{s_2^*} \left( c_{x_0}^* - \frac{g d \sin \gamma}{V^2} + c_{x_{Nz2}}^* |\tilde{\xi}_p|^2 + c_{x_{Nz2}}^* |\tilde{\xi}_h|^2 \right) ds^* \quad (35)$$

Prva dva člana na desnoj strani mogu se spojiti u jedan, pošto se  $\tilde{\xi}_p(s^*)$  i parametri kretanja centra mase  $V(s^*)$ ,  $\gamma(s^*)$  i  $x(s^*)$  sporo menjaju duž putanje. Taj integral može se odrediti numeričkom integracijom sa dovoljno velikim korakom.

Poslednji član na desnoj strani biće korektivni integral u procesu numeričke integracije prvog i drugog člana. Određuje se u zatvorenom obliku, služeći se rešenjem diferencijalne jednačine kretanja centra mase (31) po metodi »zamrzavanja koeficijenata« u intervalu od  $s_1^*$  do  $s_2^*$ . Inače, korektivni član predstavlja uticaj indukovanoг otpora, u intervalu od  $s_1^*$  do  $s_2^*$  na pad brzine  $\Delta V$ .

Korektivni integral je oblika [4]:

$$\int_{s_1^*}^{s_2^*} |\tilde{\xi}_h|^2 ds^* = \sum K_{j1}^* \frac{\exp(2\lambda_j \Delta s^*) - 1}{2\lambda_j} + 2K_{11} K_{21} \left[ \exp[(\lambda_1 + \lambda_2) \Delta s^*] \frac{\sin \Delta \Phi_2(s_2^*)}{P \sqrt{1 - 1/s_g}} - \frac{\sin \Delta \Phi_1(s_1^*)}{P \sqrt{1 - 1/s_g}} \right] \quad (36)$$

Moduli  $K_{j1}$  i  $K_{j2}$  mogu se transformisati tako da se dobiju pogodne rekurentne relacije za njihovo izračunavanje u svakom koraku numeričke integracije.

Da bi se dobila rešenja jednačina za uglove  $\gamma(s^*)$  i  $x(s^*)$  potrebno je jednačinu (25) pomnožiti sa imaginarnom jedinicom i sabrati sa (24), pa se dobija:

$$\gamma' + i x' \cos \gamma = c_{\gamma\alpha}^* (\tilde{\beta} + i\tilde{\alpha}) - c_1^* i(\tilde{\beta} + i\tilde{\alpha}) - \frac{g d \cos \gamma}{V^2},$$

$$c_1^* = c_{x_0}^* + c_{N\alpha}^*$$

kako je

$$\tilde{\xi} = \tilde{\beta} + i\tilde{\alpha} \quad i \quad \tilde{\xi} = \tilde{\xi}_h + \tilde{\xi}_p$$

ova jednačina poprima oblik:

$$\gamma' + i x' \cos \gamma = \tilde{\xi}_p (c_{\gamma\alpha}^* - i c_1^*) - \frac{g d \cos \gamma}{V^2} + \tilde{\xi}_h (c_{\gamma\alpha}^* - i c_1^*) \quad (37)$$

I u ovom slučaju mogu se spojiti integrali, pa se nakon integracije dobija:

$$\Delta \gamma = \int_{s_1^*}^{s_2^*} \left( c_{\gamma\alpha}^* \tilde{\xi}_p - \frac{g d \cos \gamma}{V^2} \right) ds^* + \operatorname{Re} \left\{ (c_{\gamma\alpha}^* - i c_1^*) \int_{s_1^*}^{s_2^*} \tilde{\xi}_h ds^* \right\} \quad (38)$$

$$\Delta x = \int_{s_1^*}^{s_2^*} -c_{N\alpha}^* \frac{1}{\cos \gamma} \tilde{\xi}_p ds^* + \frac{1}{\cos \gamma} \cdot \operatorname{Im} \left\{ (c_{V\alpha}^* - ic_1^*) \int_{s_1^*}^{s_2^*} \tilde{\xi}_h ds^* \right\}$$

U ovim jednačinama Re i Im predstavljaju realni i imaginarni deo korektivnog integrala koji se prvo integriše, a zatim rastavi.

Kompleksni integral od  $\tilde{\xi}_h$  dobija se iz opšteg rešenja homogene diferencijalne jednačine (31), pa se nakon integracije dobija:

$$\int_{s_1^*}^{s_2^*} \tilde{\xi}_h ds^* = \sum_{j=1,2} K_{j0} \exp(i\Phi_{j0} + r_j s_1^*) \cdot \frac{1}{r_j} \cdot \left( \exp(r_j \Delta s^*) - 1 \right) \quad (39)$$

gde je:

$r_j = \lambda_j + \Phi_j$  za ( $j=1,2$ ) — koren karakteristične jednačine (34).

Proces rešavanja diferencijalnih jednačina kretanja neupravljivih i nevođenih projektila (23 do 25) realizuje se tako što se izabranom numeričkom metodom izračunaju vrednosti zavisno promenljivih u intervalu  $\Delta s^*$ . Zatim se koriguju vrednosti brzine  $V$  i uglova  $\gamma$  i  $\alpha$  koji određuju njen pravac. Korigovane vrednosti su osnova za sledeći korak numeričke integracije. Korekcija se realizuje tako što se prvo odrede prosečne vrednosti parametara kretanja centra mase u intervalu  $\Delta s^*$ . Zatim se odrede koeficijenti za usvojeno »zamrznuto« stanje. Ti koeficijenti daju kompleksne korene karakteristične jednačine  $r_{jSR}$ . S tim kore-

nima se po rekurentnoj formuli određuju promenljivi vektori nutacionog kretanja na početku i na kraju intervala. Time su određene sve potrebne veličine za proračun kompleksnog integrala korekcije.

### Određivanje koraka numeričke integracije

Metoda »kvazi optimalne kontrole koraka numeričke integracije« sistema diferencijalnih jednačina dinamike leta na osnovu razmatranja svojstvenih vrednosti i lokalne greške data je u literaturi [5].

Ovom metodom određuje se korak oblika  $h = \frac{C}{|\lambda|_{\max}}$  gde je:

$C$  — konstanta koja je u intervalu numeričke stabilnosti, a određuje se na osnovu relativne lokalne greške;

$|\lambda|_{\max}$  — sopstvena (karakteristična) vrednost matrice sistema diferencijalnih jednačina kretanja centra mase.

Za transformisani model leta projektila korak integracije se može odrediti na sledeći način:

$$h = \frac{C}{\left| M \frac{\partial c_{x0}^*}{\partial M} + c_{x0}^* \right|} \quad (40)$$

Konstanta  $C$  mora biti u intervalu numeričke stabilnosti. Za metodu Runge-Kutta četvrtog reda on iznosi  $(-2,78,0)$ , odnosno treba da bude  $h|\lambda|_{\max} \leq 2,78$  [5]. Za praktičnu upotrebu  $C$  treba da bude u intervalu od 0,1 do 0,4 što daje lokalnu relativnu grešku numeričke metode od  $0,8 \cdot 10^{-6}$  do  $0,1 \cdot 10^{-3}$  respektivno [5].

## Testiranje modela i analiza rezultata

Kriterijum za ocenu kvaliteta transformisanih jednačina je maksimalna vrednost odgovarajuće funkcije greške — odstupanje parametara transformisanog modela od odgovarajućih parametara referentnog modela. Referentni model je kruto telo sa šest stepeni slobode kretanja u aerobalističkom koordinatnom sistemu. Veličina dozvoljenog odstupanja parametara transformisanog od referentnog modela određena je na osnovu publikovanih grešaka realizovanih sistema za upravljanje vatrom. Analizirane su posebno greške sistema za posredno gađanje i greške sistema za neposredno gađanje.

Proračun elemenata putanje izvršen je za hipotetički projektil M40 čije su osnovne karakteristike:

$$D=0,040 \text{ m}$$

$$I_x=0,000206 \text{ kgm}^2$$

$$I_y=0,002377 \text{ kgm}^2$$

$$m=0,960 \text{ kg}$$

$$V=985 \text{ m/s}$$

$$p=6296,989 \text{ rad/s}$$

$$\tilde{q}_0=1,034811 \text{ rad/s}$$

$$\tilde{r}_0=7,726234 \text{ rad/s}$$

Polazni ugao  $\Theta$  menja se od  $0,25$  do  $35^\circ$ . Gornja vrednost polaznog ugla odgovara granici maksimalnog dometa. Ovaj projektil je izabran za testi-

ranje transformisanog modela zato što njegov maksimalni domet odgovara pretpostavci o malom dometu (ispod  $20 \text{ km}$ ) i što je njegov napadni ugao  $\tilde{\delta} < 10^\circ$ .

U [6] date su karakteristike realizovanih sistema za upravljanje vatrom oruđa vatrene podrške. Ovi sistemi najčešće se koriste za posredno gađanje. Ekstremno najnepovoljnije vrednosti grešaka uzete su kao kriterijum za poređenje dva modela, a to su:

— tačnost elemenata gađanja po daljini  $\pm 10 \text{ m}$ , odnosno  $\pm 1$  mrad od ugla elevacije;

— tačnost po pravcu  $0,5$  do  $1$  mrad;

— tačnost proračunatog vremena leta treba da bude  $0,1$  do  $0,15 \text{ s}$ ;

— vreme proračuna putanje treba da bude  $2\%$  od vremena leta projektila.

Maksimalno odstupanje dometa transformisanog modela iznosi  $8,2 \text{ m}$ . Odstupanje pravca u smeru z-ose iznosi  $3,91 \text{ m}$  ili  $0,31$  mrad. Razlika u proračunu vremena leta iznosi  $0,033$  sekunde. Vrednosti ostalih veličina  $V$ ,  $\gamma$ ,  $\alpha$  praktično se poklapaju.

Razlika između vremena proračuna elemenata putanje referentnog i transformisanog modela na personalnom računaru iznosi  $325,23$  sekunde. Vreme proračuna elemenata putanje, primenom transformisanog modela, može se smanjiti izborom koraka, tako da u ekstremnom slučaju ukupno vreme iznosi  $0,6$  sekundi.

Tabela 1

Elementi kretanja projektila

	Domet	Devijacija	Vreme leta	PC — Vreme proračuna
Kruto telo	12413,9	400,55	53,192	327,53
Transform. model	12422,1	404,46	53,225	2,30



Projektni zahtevi kod sistema za upravljanje vatrom, oruđa namenjenih za neposredno gađanje, daleko su rigorozniji od zahteva definisanih kod sistema za vatrenu podršku, a to su:

— tačnost modela treba da bude od 0,1 do 0,2 mrad po pravcu i po uglu elevacije;

— greška proračuna vremena leta treba da bude manja od 10 ms;

— vreme proračuna elemenata gađanja treba da bude manje od 0,3 s.

Maksimalna greška dometa iznosi 3,2 m, što zadovoljava postavljeni kriterijum koji određuje za koliko se promeni domet ako se ugao elevacije promeni za vrednost od 0,1 do 0,2 mrad. U konkretnom slučaju dozvoljeno odstupanje je 15 m. Greška proračuna bočnog odstupanja (greška po pravcu) po definisanom kriterijumu iznosi 0,1 do 0,2 mrad. U konkretnom slučaju za daljinu od 3100 m maksimalno odstupanje pravca može biti oko 0,6 m. Za transformisani model ovo odstupanje iznosi 0,05 m. Maksimalna greška izračunatog vremena leta je 4 ms.

Merenje vremena na personalnom računaru ostvareno je pomoću sata tekućeg vremena. Ovaj način merenja vremena dovoljno je tačan ako vreme izvršavanja programskog segmenta nije veće od nekoliko sekundi. Da bi se precizno izmerilo vreme odvijanja neke brze pojave, ili obavilo merenje satom slabijeg kvaliteta, potrebno je produžiti vreme merenja ponavljajući pojavu koja se meri  $N$ -puta. Broj ponavljanja može se izračunati iz  $N > 2r/QT$ , gde je:

$r$  — rezolucija sata,

$Q$  — relativna greška,

$T$  — vreme trajanja pojave.

Oba modela su testirana na računaru PC386/387 sa taktom od 25 MHz.

## Mogućnost implementacije transformisanog modela

Pored izbora modela, načina integracije i veličine koraka integracije za proračun elemenata prostornog kretanja projektila, na mogućnost implementacije modela dominantno utiče izbor adekvatnog hardvera.

Problem implementacije algoritma transformisanog modela analiziran je za oba tipa gađanja. Za analizu mogućnosti implementacije aktuelne su tri operacije (sabiranje, množenje i deljenje) [7]. Broj operacija je redukovano jer su izbačena sva množenja i dodeljivanja s nulom. Sva računanja početnih elemenata su prethodno obavljena. Za transformisani model leta potrebno je po jednom koraku integracije izvršiti 507 sabiranja, 143 deljenja i 296 množenja.

Mikroprocesorski APX 86/20 16 bitni sistem, sastavljen je od mikroprocesora i aritmetičkog koprocera Intel 8086/8087 [7]. Ovaj mikroprocesor nalazi se u sistemu za vatrenu podršku MILIPAC. Vreme izvođenja osnovnih »floating-point« aritmetičkih operacija uz takt od 5 MHz je:

— sabiranje (oduzimanje FADD (FSUB) 17,  $\mu$ s

— množenje FMUL 19,4  $\mu$ s

— deljenje FDIV 39,6  $\mu$ s

Za sisteme vatrene podrške novije konstrukcije (MILIPAC, MARCONI) vreme proračuna iznosi 2% od vremena leta. Za starije konstrukcije vreme proračuna je od 10 do 15 s. Sistem APX 86/20 proračunava elemente za 20,024 ms po jednom koraku integracije. U ovom slučaju transformisani model zadovoljava postavljene kriterijume samo za maksimalne elevacije.

Implementacija na digitalnom signal-procesoru za oba tipa gađanja je

moću. Prvi signal-procesori bili su namenjeni digitalnoj obradi signala. Osnovni problem prvih digitalnih signala je aritmetika »fiksno g zarezu« koju prevazilaze brzi »floating-point« čipovi. U tabeli 2. dati su rezultati testova za brze floating-point čipove raznih proizvođača.

mentacije tih matematičkih modela na savremenim balističkim računarima.

### Zaključak

Predstavljen je transformisani matematički model nastao na osnovu up-

Tabela 2

Karakteristike FP DSP

Proizvođač	Motorola	Texas instruments	. AT&T
Procesor	DSP96002	320C30	DSP32C
Clock rate	33 MHz	33 MHz	50 MHz
Instrukcijski ciklus	60 ns	60 ns	80 ns
FP deijenje	0,42 μs	2,1 μs	2,08 μs
Kompleksni FFT u 1024 tačke	1,13 ms	3,43 ms	2,80 ms

Sa ovim čipovima vreme proračuna za transformisani model iznosi:

DSP96002	0,2198 ms
320C30	1,1033 ms
DSP32C	1,0504 ms

Poređenjem sa mikroprocesorskim sistemom »floating-point«, signal procesori su za više od reda veličine brži, a DSP96002 čak za dva reda veličine. Digitalni signal-procesori sa »floating-point« aritmetikom rešavaju problem implementacije algoritma transformisanog modela leta projektila.

Novije kombinacije mikroprocesorskih sistema Intel 386/387, 486 i NS 32016/32081 sa osnovnim operacijama ispod 10 μs, znatno ubrzavaju računanje i ispunjavaju postavljene kriterijume.

U [2] dato je više načina kako se može skratiti vreme proračuna parametara putanje. Svakako bi bilo korisno analizirati i mogućnost imple-

roščavanja modela leta projektila kao krutog tela sa šest stepeni slobode kretanja. U ovom modelu izvršeno je razdvajanje sistema diferencijalnih jednačina prostornog kretanja projektila na dva podsistema sa bitno različitim frekvencijama. Jedan je translacija centra mase, a drugi je rotacija oko centra mase. Pored podele sistema diferencijalnih jednačina izvršena je i delimična linearizacija primerena uslovi ma leta široke klase neupravljivih i nevođenih projektila malog dometa.

Diferencijalne jednačine transformisanog modela zadovoljavaju sve postavljene kriterijume za implementaciju u sistem za upravljanje vatrom posrednog i neposrednog gađanja. Analizirani su savremeni mikroprocesorski sistemi i digitalni signal-procesori na kojima je moguća implementacija transformisanog modela.

#### Literatura:

- [1] Janković S., Čuk D.: Mehanika leta, predavanja na VVTS i Mašinskom fakultetu, Beograd, 1989.
- [2] Petrović R. D.: Istraživanja efekta asimetrije u dinamici brzo i sporo rotirajućih projektila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [3] Janković S.: Spoljna balistika, VIZ, Beograd, 1977.
- [4] Janković S.: Putanja rotirajućih projektila, Naučno-tehnički pregled, Vol. 22, 1972., br. 9, str. 3.
- [5] Maj De Cock: Quasi-optimum control of the step size in the numerical integrations of the system of equations in exterior ballistics based on conditerations of eigenvalues and error bounds, IX Symposium of ballistics, Brussels, 1989.
- [6] Gajić M.: Sistemi za upravljanje vatrom oruđa vatrene podrške, Vojnotehnički institut, Beograd, 1987.
- [7] Tanjga R.: Prilog stohastičkoj sintezi zakona vođenje samovođenih raketa, Doktorska disertacija, Vojnotehnička akademija, Beograd, 1992.

**Dr Milan Šunjevarić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
**Mr Branislav Todorović,**  
dipl. inž.

## TELEKOMUNIKACIJE I STANDARDIZACIJA

### Rezime:

*U članku se razmatra problem standardizacije u telekomunikacijama. Radi ilustracije značaja standardizacije u telekomunikacijama ukratko je prikazan istorijski razvoj Međunarodne unije za telekomunikacije. Navedeni su osnovni podaci o najvažnijim međunarodnim i regionalnim organizacijama za standardizaciju i ukazano je na njihove međuzavisnosti.*

*Ključne reči: telekomunikacije, standardi, Međunarodna unija za telekomunikacije, organizacije.*

---

## TELECOMMUNICATIONS AND STANDARDIZATION

### Summary:

*In the article is reviewed the problem of standardization in telecommunications. In order to present the significance of standardization in telecommunications, a brief review is made of the history of development of the International Union for Telecommunications. Basic data are given on the most significant international and regional organizations for standardization in this field and their interdependence is pointed out.*

*Key words: telecommunications, International Union for Telecommunications, organizations.*

---

### Uvod

Uloga standardizacije u obezbeđivanju kvalitetnog i jeftinog prenosa poruka je vrlo značajna, što je uočeno na samom početku razvoja telekomunikacija. Zbog toga je razvoj telekomunikacija praćen razvojem niza međunarodnih i nacionalnih organizacija za standardizaciju i koordinaciju u eksploataciji. Prva međunarodna organizacija u oblasti standardizacije u telekomunikacijama je Međunarodna unija za telekomunikacije (ITU). Pored ove organizacije, čiji je uticaj na razvoj standardizacije u telekomunikacijama

presudan, danas u svetu postoji čitav niz drugih međunarodnih, regionalnih i nacionalnih organizacija.

Prikazani su najvažniji događaji i organizacije u razvoju telekomunikacija sa aspekta standardizacije i koordinacije, kao i osnovni pravci razvoja standardizacije i međunarodne regulative u oblasti telekomunikacija.

### Međunarodna unija za telekomunikacije — ITU

Telekomunikacije spadaju u grupu delatnosti sa visokim intenzitetom razvoja u toku 20. veka. Kao početak

razvoja telekomunikacija uzima se 24. maj 1844., kada je Samuel Morse javno poslao prvu poruku preko telegrafске linije između Vašingtona i Baltimora. Samo deset godina kasnije telegrafija je postala dostupna široj javnosti. Telegrafске linije iz ovog vremena nisu prelazile državne granice, pošto je svaka država, zbog bezbednosti i tajnosti vojnih i političkih telegrafskih poruka, koristila različit sistem i imala sopstveni telefonski kod. Poruke koje su prenošene iz telegrafске mreže jedne u telegrafsku mrežu susedne zemlje morale su, na granici, da se prepisuju, prevode i ručno predaju pre reemitovanja. Zbog toga je ubrzo došlo do zaključivanja međudržavnih sporazuma o povezivanju njihovih nacionalnih mreža. Ovakvi sporazumi su sadržavali veliki broj ugovora po jednoj telegrafskoj liniji, zbog čega su države zaključivale bilateralne i regionalne ugovore kojima je regulisano povezivanje telegrafskih mreža država ugovarača.

Ekspanzija telegrafskih mreža i uspostavljanje međudržavnih i regionalnih sporazuma, kojima je regulisano uzajamno povezivanje telegrafskih mreža, doveli su 17. maja 1865. godine do potpisivanja prvog Međunarodnog telegrafskog sporazuma i do osnivanja Međunarodne telegrafске unije (ITU — International Telegraph Union) radi usaglašavanja kasnijih amandmana na ovaj početni sporazum, čime je standardizacija postala obeležje budućeg razvoja telekomunikacija. Jedna od 20 zemalja potpisnica bila je i Kneževina Srbija. Danas, posle 130 godina, razlozi koji su doveli do njenog osnivanja još uvek važe, a osnovni ciljevi Unije su u osnovi, ostali isti [1, 2, 3].

Od toga vremena telekomunikacije su se brzo razvijale, a istorija ITU-a u potpunosti odslikava njihov napredak. Prateći otkriće telefona 1876. godine i ekspanziju telefonije, ITU od 1885. počinje da usmerava međunarodno ozakonjenje upravljanja telefoni-

jom. Otkrićem bežične telegrafije 1896. godine, koja je bila prvi oblik radio-komunikacija<sup>1)</sup> i korišćenjem ove nove tehnike, naročito u pomorstvu, odlučeno je da se održi preliminarna radio-konferencija 1903. godine radi proučavanja pitanja međunarodnih propisa za radio-telegrafске komunikacije. Na međunarodnoj radio-telegrafskoj konferenciji, održanoj 1906. godine, potpisan je prvi međunarodni radio-telegrafski sporazum. Dodatak ovog sporazuma sadrži prve propise za upravljanje bežičnom telegrafijom. Ovi propisi, koji su popravljani i revidirani na brojnim radio-konferencijama, održali su se godinama i danas su poznati kao Radio-propisi (Radio Regulations).

Prve radio-difuzijske emisije zvuka ostvarene su 1920. godine iz improvizovanog studija kompanije Marconi.<sup>2)</sup> Međunarodni konsultativni komitet za radio CCIR (the International Radio Consultative Committee) osnovan je 1927. godine. Međunarodni konsultativni komitet za telefoniju — CCIF (the International Telephone Consultative Committee) obrazovan je 1924. godine, a Međunarodni konsultativni komitet za telegrafiju — CCIT (the International Telegraph Consultative Committee) 1925. godine.

CCIR je zadužen za koordinaciju tehničkih izučavanja, ispitivanja i merenja koja se vrše u raznim oblastima telekomunikacija i za sastavljanje me-

<sup>1)</sup> Početak bežičnog prenosa poruka vezuje se za radove ruskog fizičara A. S. Popova koji je 1896. izveo demonstraciju radio-veza šaljući telegram sadržine »Heinrich Hertz« napisan Morzeovom azbukom i G. Markonija koji je prvi prijavio patent za bežičnu telegrafiju 1897, ostvarivši takvu vezu na rastojanju 1000 metara. Nikola Tesla je marta 1893. održao u Franklinovom institutu u Vašingtonu predavanje i demonstraciju predaje i prijema elektromagnetnih talasa. Već 1896. Tesla ostvaruje bežični prenos signala na udaljenosti 30 km u opsegu dugih talasa, svojim 200-kilovatnim eksperimentalnim radio-predajnikom postavljenim u Koloradu. Kao indikator prijema Tesla je koristio gasom punjenu sijalicu. Godine 1897. prijavio je patent za bežični prenos signala sistemom sa četiri rezonantna oscilatorna kola, antenom i uzemljenjem.

<sup>2)</sup> Radio-Beograd je počeo sa radom 1929. godine.

đunarodnih standarda. Međunarodni konsultativni komiteti su tako bili uvedeni u pripremu redovnih konferencija Unije, na kojima su zaključivani međunarodni sporazumi za sve vrste telekomunikacija. Unija je 1927. godine dodelila frekvencijske opsege različitim službama (radio servisi) koje su tada postojale (fiksne, mobilne, pomorske i aeronautičke, radio-difuzijske, amaterske i eksperimentalne) da bi se obezbedila veća efikasnost rada u smislu povećanja broja službi (servisa) koje koriste frekvencije i povećanja tehničkih mogućnosti svake službe.

Na Međunarodnoj konferenciji, održanoj 1932. godine, Unija je odlučila da kombinuje Međunarodni telegrafski sporazum iz 1865. godine i Međunarodni radio-telegrafski sporazum iz 1906. godine radi obrazovanja Međunarodnog telekomunikacionog sporazuma. Unija je, takođe, odlučila da promeni ime i od 1. januara 1934. godine poznata je pod imenom Međunarodna telekomunikaciona unija — ITU (the International Telecommunication Union). Novim imenom reafirmisan je puni delokrug odgovornosti, tj. svi oblici komunikacija, posredstvom žičnih, radio, optičkih i drugih elektromagnetskih medija.

Posle Drugog svetskog rata, 1947. godine, ITU je održao konferenciju radi unapređenja i modernizovanja organizacije. Sporazumom sa Organizacijom ujedinjenih nacija ITU je 15. oktobra 1947. godine postala specijalizovana agencija<sup>3)</sup> Ujedinjenih nacija. Na konferenciji je odlučeno da se glavni štab organizacije u toku 1948. godine preseli iz Berna u Ženevu. Međunarodno telo za registraciju frekvencija — IFRB (the International Frequency Registration Board) osnovano je radi upravljanja korišćenjem frekvencijskog spektra koje je postalo veoma ko-

mplikovano. IFRB je postao punomoćnik za Tabelu dodeljenih frekvencija (the Table of Frequency Allocations), koja je uvedena 1912. godine. Ova tabela dodeljuje svakom servisu koji koristi radio-talase (danas ih ima oko 40) specijalne frekvencijske opsege radi izbegavanja smetnji između stanica — u komunikacijama između aviona i kontrolnih tornjeva, automobilskih telefona, brodova na moru i obalskih stanica, telekomunikacionih satelita i zemaljskih satelitskih stanica.

CCIT i CCIF su, 1956. godine objedinjeni u Međunarodni konsultativni komitet za telefoniju i telegrafiju — CCITT (the International Telephone and Telegraph Consultative Committee) da bi se efikasnije odgovorilo na zahteve proistekle iz razvoja ova dva tipa komunikacija.

Sledeća godina obeležena je lansiranjem prvog veštačkog satelita SPUTNIK 1 čime je započelo kosmičko doba. Prvi geostacionarni satelit postavljen je u orbitu 1963. godine, u saglasnosti sa sugestijama da se sateliti koriste za prenos informacija datim 1945. god. od Arthura C. Klarka. Sa radio-relejnim sistemima i podmorskim kablovima ovi sateliti danas sačinjavaju glavna sredstva za komunikacije na velikim rastojanjima.

Da bi se suočio sa izazovom kosmičkog doba, CCIR je 1959. godine, osnovao studijsku grupu koja je odgovorna za izučavanje kosmičkih radio-komunikacija. Vanredna administrativna konferencija za kosmičke komunikacije održana je 1963. godine radi dodele frekvencija različitim kosmičkim službama.

Konferencija opunomoćenika, održana 1989. godine u Nici, priznala je važnost davanja tehničke pomoći zemljama u razvoju, tretirajući ovu delatnost ravnopravno sa tradicionalnim aktivnostima koordinacije, standardizacije i međunarodne regulative unutar ITU i osnovala je Telekomunikacio-

<sup>3)</sup> Ujedinjene nacije imaju 10 specijalizovanih agencija kao što su: ITU, UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisations), WHO (World Health Organisation) itd.



ni razvojni biro — BDT (the Telecommunications Development Bureau) da podrži napore koji su učinjeni za razvoj u Trećem svetu. Biro je započeo svoju aktivnost 1990. godine.

Svaka veća inovacija na polju telekomunikacija na ovaj način deluje na deo Unije da integriše nova otkrića u svetsku mrežu i obezbedi potrebne resurse i efikasno odgovori očekivanjima zemalja članica.

Brzi, čak eksponencijalni rast telekomunikacija izazvao je niz novih problema koji su pred Uniju postavili nove izazove.

Rad Unije postajao je sve kompleksniji, dok se raspoloživo vreme za davanje određenih rešenja skraćivalo. Istovremeno, promene koje su se dogodile u zemljama članicama ITU-a uticale su na rad Unije:

— tehnike su obavezno bivale prestignute tehnološkim razvojem pre nego što stignu na tržište. Zahtevi onih koji obezbeđuju i onih koji koriste servise stalno rastu i postaju sve inteligentniji, a pravne, ekonomske i tehničke strukture su pretrpele fundamentalne promene;

— broj zemalja članica porastao je oko devet puta za 130 godina, što dokazuje univerzalnost telekomunikacija i ulogu Unije. Takođe, pokazuje nove izazove sa kojima se susreće Unija suverenih država sa vrlo raznovrsnim nacionalnim okruženjem, zahtevima, prioritetima i resursima;

— telekomunikacije su postale činilac međunarodnog tržišta koje se karakteriše surovom konkurencijom. Prošlo je vreme kada je nekoliko glavnih proizvođača dominiralo na geografski ograničenim tržištima, često zaštićenih na nacionalnom nivou.

U oblasti telekomunikacija pojavili su se novi trendovi: globalizacija, deregulacija, prestrukturiranje, povećanje vrednosti mrežnih servisa, konvergencija (servisa i tehnologija), inteligentne mreže i regionalno uređenje.

Telekomunikacije postaju ključni sastavni deo mnogih netelekomunikacionih servisa koji prelaze državne granice: bankarstvo, turizam, transport, kao i davanje saveta i informacija različitog tipa.

Razvoj vodi ka transformaciji telekomunikacija, od njihovog ranijeg statusa javne koristi ka statusu koji ima više veze sa komercijalom i trgovinom.

U promenljivom svetu telekomunikacija na međunarodnoj sceni pojavljuju se novi učesnici. Tradicionalna uloga telekomunikacija svakim danom se dopunjuje novim servisnim dimenzijama. Paralelno sa razvojem telekomunikacija razvijala se i ITU.

Novo okruženje u kome sada radi ITU bitno se razlikuje od onog koje je postojalo kada je Unija osnovana. To jasno stvara potrebu za sopstvenom procenom strukture Unije, njenog funkcionisanja, organizacije, metoda rada i resursa dodeljenih Uniji za ostvarivanje svojih ciljeva.

Na konferenciji opunomoćenika, održanoj 1989. godine u Nici, odlučeno je da se formira Komitet visokog nivoa, čiji je zadatak da izvrši dublje preispitivanje strukture i funkcionisanja Unije radi predlaganja reformi koje treba da omoguće ITU da efikasnije odgovori izazovima novog međunarodnog telekomunikacionog okruženja.

Svetska administrativna konferencija za radio, održana 1992. godine u Toremolinosu, bavila se alokacijom frekvencija u određenom delu spektra (WARC-92).

Konferencija opunomoćenika, održana decembra 1992. godine u Ženevi, usvojila je strukturne reforme koje je predložio Komitet visokog nivoa. ITU je remodelirana sa ciljem da se bolje prilagodi kompleksnijem, interaktivnom i kompetitivnom okruženju današnjeg i budućeg sveta. Formirana su tri sektora (radio-komunikacije, standardizacija u telekomunikacijama i razvoj)

u koje su integrisane funkcije koje su izvršavali raniji organi ITU: IFRB, CCIR, CCITT i BDT.

Veće ili savet ITU (ITU Council) je, na junskoj sednici 1993. godine, od-

U 1993. godini održana je prva svetska konferencija za standardizaciju u telekomunikacijama u Helsinkiju i prva svetska konferencija i skupština za radio-komunikacije u Ženevi.

Tabela 1

	Biro	Grupe/tela	Studij-ske grupe	Konferencije	Sektor / Preporuke
Radio-komunikacije	BR Radiocommunication Bureau	RAG/RRB Radio Advisory Group/Radio Regulations Board	SG Study Group	WRC World Radio Conference RA Radio Advisory RRC Radio Regulations Conference	ITU-R / Preporuka
Standardizacija u telekomunikacijama	TSB Telecommunication Standardization Bureau	TSAG Telecommunication Standardization Advisory Group	SG Study Group	WTSC World Telecommunication Standardization Conference	ITU-T / Preporuka
Razvoj u telekomunikacijama	BDT Telecommunication Development Bureau	TDAB Telecommunication Development Advisory Board	SG Study Group	WTDC World Telecommunication Development Conference RTDC Radio Telecommunication Development Conference	ITU-D / Preporuka
Svetska konferencija o međunarodnim telekomunikacijama				WCIT World Conference International Telecommunication	

lučilo da se koriste skraćenice na engleskom (francuskom i španskom) ITU/UIT-R, -T i -D da označe respektivno sektore za radio-komunikacije, standardizaciju u telekomunikacijama i razvoj u telekomunikacijama. U tabeli 1 prikazane su engleske skraćenice koje su tada usvojene.

### Međunarodne i regionalne organizacije za standardizaciju

Danas postoji više organizacija koje donose standarde u oblasti telekomunikacija na međunarodnom, regionalnom i državnom nivou.



Na međunarodnom nivou postoje dve stručne nevladine organizacije za standardizaciju: Međunarodna organizacija za standardizaciju ISO (the International Organization for Standardization) i Međunarodna elektrotehnička komisija IEC (the International Electrotechnical Commission), čije su članice nacionalne institucije za standardizaciju.

IEC je osnovana 1906. godine, sa glasno rezoluciji Međunarodnog kongresa za elektricitet, održanog 1904. godine u Sent Luisu (SAD). U trenutku osnivanja obrazovano je 14 nacionalnih komiteta. Sedište IEC je do 1947. godine bilo u Londonu kada je premešteno u Ženevu.

ISO, osnovan 1947. godine, nastao je, II svetskim ratom prekinute, aktivnosti Međunarodne federacije nacionalnih udruženja za standardizaciju ISA, osnovane 1926. godine.

Jugoslavija je 1. januara 1950. godine postala 28. članica ISO (danas ISO ima 96 članica), a od 1952. godine postala je 22. članica IEC (danas IEC ima 47 članica).

ISO i IEC formiraju sistem svetske standardizacije. Nacionalna tela, članice ISO i IEC, učestvuju u razvoju međunarodnih standarda kroz tehničke komitete obrazovane za pojedina polja tehničkih aktivnosti. U radu mogu da učestvuju i druge organizacije sa statusom članstva u ISO i IEC.

ISO i IEC od samog početka ostvaruju usku saradnju radi jedinstvenih industrijskih standarda, sprečavajući preklapanje rada pri formiranju novih i kod postojećih tehničkih komiteta. Jedan od rezultata takve saradnje je formiranje združenog tehničkog komiteta ISO/IEC JTC 1 (ISO/IEC Joint Technical Committee), zbog hitne potrebe za donošenjem međunarodnih standarda iz oblasti informacione tehnologije, 1987. godine. Združeni komitet je obuhvatao tadašnje komitete ISO

TC 97 — Sistemi za obradu informacija i IEC TC 83, kao potkomitet IEC SC 47B.

Dakle, i ISO i IEC imaju tehničke komitete (TC) za pojedina polja tehničke aktivnosti i združene komitete (JTC) za polja čija standardizacija na globalnom planu ima naročitu važnost.

Tehnički komiteti ISO označavaju se sa ISO TC, npr. ISO TC 46 (ISO tehnički komitet za informacije i dokumentaciju). Tehnički komiteti IEC najčešće se označavaju sa IEC TC, npr. IEC TC 79 (IEC tehnički komitet za alarmne sisteme), ali se koriste i drugačije oznake, kao npr. CISPR — Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (Poseban komitet za radio smetnje).

Tehnički komiteti i združeni komiteti organizovani su u potkomitete i radne grupe. Na primer, združeni tehnički komitet JTC 1 ima 18 potkomiteta, od kojih je za telekomunikacije zadužen potkomitet (Subcommittee — SC) SC 6 (Potkomitet za telekomunikacije i razmenu informacija između sistema). Na nivou komiteta postoje radne grupe za funkcionalnu standardizaciju koje donose međunarodne standardizovane profile — ISP (International Standardised Profile), kojima se ustanovljava jedan ili više standarda zajedno sa opcijama i parametrima neophodnim za izvršavanje neke funkcije, i koji su osnova za razvoj ujednačenog međunarodno priznatog ispitivanja saobraznosti i razvoj ispitnih centara za otvorenu elektronsku razmenu podataka (Open EDI — Open Electronic Data Interchange) za procedure, organe za registraciju i ocenu saobraznosti. Open naglašava nezavisnost od specifičnih primena, vladinih ili industrijskih organizacija, a EDI standardizaciju mehanizama i usluga u podršci otvorenoj razmeni podataka.

Potkomitet SC 6 donosi standarde za 4 niža sloja OSI referentnog modela, koji je u području rada potkomiteta SC 21 (čuvanje i prenos informacija

i upravljanje za OSI). OSI referentni model — standard (ISO 7498) koji se zove *Povezivanje otvorenih sistema* (Open Systems Interconnection — OSI) omogućava povezivanje računarskih mreža na globalnom planu. Kreiranje ovog modela započeto je 1977. godine [3, 4].

Uvođenjem ovog standarda obezbeđuje se standardni ambijent za razvoj računarskih mreža, brza standardizacija, objedinjavanje standarda velikih proizvođača i koordinacija u razvoju računarskih mreža (IBM SNA i DEC DECNET), kao sigurna osnova za razvoj protokola i standarda.

ISO OSI sedmoslojni model sastoji se od:

1. fizičkog sloja
2. sloja za povezivanje
3. mrežnog sloja
4. transportnog sloja
5. sloja za sesiju
6. prezentacionog sloja
7. aplikacionog sloja.

Prva četiri sloja predstavljaju transportnu grupu, a peti, šesti i sedmi sloj predstavljaju aplikacionu. Slojevi se formiraju prema određenim principima, u zavisnosti od nivoa komunikacije. Broj slojeva i granice između slojeva odabiraju se tako da ne dolazi do prevelikog preklapanja funkcija na nivoima i da arhitektura mreže ne postane prevelika.

Arhitekturu mreže, pored ovih sedam slojeva, čine funkcije upravljanja i nadzora i korisnici.

Na fizički sloj (npr. telefonski i koaksijalni kablovi) odnosi se standard ISO/IEC 10022 i serija ISO 9314 za prstenaste mreže i FDDI, kao i ISO 8482 za upredene kablove. Sloj linka (direktno povezani računari u istoj mreži i tehnike prenosa primerene fizičkom komunikacionom medijumu) pokriven je većom grupom standarda (ISO 3309, 4335, 7478, 7776, 7809 itd. —

tu su HDLC postupci za sinhroni i start/stop prenos podataka: struktura rama, elementi i klase postupaka i sadržaj i format X1D rama informacionog polja opšte namene). Na sloj mreže (prenos podataka u druge sisteme, koncept mrežne adrese) odnose se ISO 8348, 8648, itd., dok je transportni sloj (prenos sa kraja na kraj veze, kada korisnik ne vodi računa o broju i vrsti mreža) obuhvaćen sa ISO 8072, 8073, 8602 i serijom 10608. U okviru potkomiteta SC 6 su standardi za lokalne mreže (LAN — npr. serija ISO 8802).

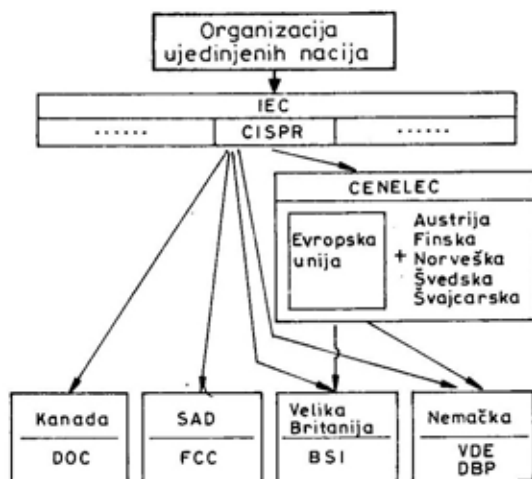
Pored međusobne saradnje, ISO i IEC saraduju i sa drugim, kako međunarodnim, tako i regionalnim i nacionalnim organizacijama za standardizaciju. Kada se govori o regionalnoj standardizaciji, na evropskom nivou postoji izražena želja da se što više koristi međunarodni mehanizam ISO/IEC u radu na standardizaciji. Evropski komitet za standardizaciju — CEN (Comité Européen de Normalisation) i Evropski komitet za standardizaciju u oblasti elektrotehnike — CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) članovi su ISO, odnosno IEC. Između ovih organizacija odnosi i saradnja uređeni su tzv. Bečkim sporazumom, a principi sporazuma zasnivaju se na geslu *uradi jednom, uradi kako treba, uradi na međunarodnom nivou*.

Članice CEN/CENELEC su zemlje članice Evropske unije, a treće zemlje imaju mogućnost da saraduju kao pridruženi članovi. Jugoslavija je bila na putu da postane pridruženi član u CEN i u CENELEC, ali je taj postupak obustavljen kada je krajem 1991. godine Komisija evropske zajednice suspendovala saradnju sa Jugoslavijom.

Pored regionalnih organizacija za standardizaciju CEN i CENELEC, preko kojih su regionalni evropski standardi povezani sa međunarodnim organizacijama za standardizaciju ISO, odnosno IEC, na evropskom nivou postoji i Evropski institut za standardi-

zaciju u telekomunikacijama — ETSI (European Telecommunications Standards Institute) koji ostvaruje vezu sa međunarodnom organizacijom ITU-T [5]. Pre formiranja ETSI-a standarde iz oblasti telekomunikacija u Evropi donosila je Konferencija uprava evropskih pošta i telekomunikacija — CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations). Koordinacija aktivnosti na standardizaciji između CEN, CENELEC i ETSI obavlja se u okviru Upravljačkog komiteta za tehnologiju informacija — ITSTC (Information Technology Steering Committee). Standardi koje donosi ETSI imaju oznaku ETS (European Telecommunication Standards), a standardi ostalih evropskih organizacija označeni su sa EN (European Norm).

Odnosi tehničkih komiteta IEC i regionalnih i nacionalnih organizacija za standardizaciju šematski su prikazani na slici 1.



Sl. 1 — Organizovanje standardizacije na međunarodnom i regionalnom nivou

Može se uočiti da organizacije za standardizaciju na nacionalnom nivou (Kanada: DOC-Department of Communications, Velika Britanija: BSI-British Standards Institute, SAD: FCC — Federal Communications Commission, Nemačka: VDE i Bundespost)

ostvaruju veze sa organizacijama međunarodnog i regionalnog nivoa. Na primer, CENELEC izdaje dokumentaciju za standardizaciju na nivou Evropske unije — EU koji služe kao direktive koje se u državama članicama prevode u standarde u roku od 18 meseci posle izdavanja. S druge strane, tehnički komiteti i združeni tehnički komiteti ISO/IEC održavaju stalne veze sa drugim međunarodnim organizacijama i drugim ISO i IEC tehničkim komitetima i regionalnim organizacijama za standardizaciju. Niz standarda, koje su ranije doneli npr. CCITT (danas UIT-T) ili IEEE, pošto su prošli propisanu međunarodnu proceduru predlaganja razmatranja i glasanja, usvojeni su kao ISO ili kao IEC/ISO standardi, čime su još više dobili na značaju. Još više važi obrnuto, međunarodni ISO i IEC standardi prihvataju se kao regionalni ili nacionalni standardi i standardi drugih organizacija.

Pravilima ovih međunarodnih organizacija predviđeno je da samo jedna organizacija iz svake zemlje može da bude njihov član. Na primer, Statut ISO eksplicitno predviđa da samo jedna organizacija iz svake zemlje može da postane član ISO. Jugoslaviju u ISO predstavlja Savezni zavod za standardizaciju.

Navešće se još neki primeri međunarodnih i nacionalnih asocijacija za standarde. Već je opisan UIT-T (ranije CCITT) koji radi pod patronatom UN za oblast telekomunikacija i čije preporuke se identifikuju velikim slovom X — za digitalne i V — za analogne te tačkom i brojem (X.25, V.32. bis). UIT-T preporuke se objavljuju svake četvrte godine i kodiraju se bojama (preporuke iz 1984. godine — *Red book*). Pomenuta je, takođe, organizacija IEEE (The Institute of Electrical and Electronical Engineers) čiji su poznati standardi za lokalne mreže: IEEE 802.3 — Ethernet, IEEE 802.4 — Token bus i IEEE 488 — Bus standard za instrumente.

## Veze CCITT preporuka i ISO/IEC međunarodnih standarda

## OSI model, usluge i protokoli:

CCITT X.200	ISO 7498	CCITT X.731	ISO/IEC 10164-2
CCITT X.208	ISO/IEC 8824	CCITT X.732	ISO/IEC 10164-3
CCITT X.209	ISO/IEC 8825	CCITT X.733	ISO/IEC 10164-4
CCITT X.210	ISO TR 8509	CCITT X.734	ISO/IEC 10164-5
CCITT X.211	ISO/IEC 10022	CCITT X.740	ISO/IEC 10164-8
CCITT X.212	ISO/IEC 8886	CCITT X.800	ISO 7498-2
CCITT X.213	ISO 8348+AD2+AD3		MHS/MOTIS*
CCITT X.214	ISO 8072	CCITT F.400/X.400	ISO/IEC 10021-1
CCITT X.215	ISO 8326 + AD2	CCITT X.402	ISO/IEC 10021-2
CCITT X.216	ISO 8822	CCITT X.407	ISO/IEC 10021-3
CCITT X.217	ISO 8649	CCITT X.411	ISO/IEC 10021-4
CCITT X.218	ISO/IEC 9066-1	CCITT X.413	ISO/IEC 10021-5
CCITT X.219	ISO/IEC 9072-1	CCITT X.419	ISO/IEC 10021-6
CCITT X.223	ISO 8878	CCITT X.420	ISO/IEC 10021-7
CCITT X.224	ISO/IEC 8073		OSI Direktorijum
CCITT X.225	ISO 8327 + AD2	CCITT X.500	ISO/IEC 9594-1
CCITT X.226	ISO 8823	CCITT X.501	ISO/IEC 9594-2
CCITT X.227	ISO 8650	CCITT X.509	ISO/IEC 9594-8
CCITT X.228	ISO/IEC 9066-2	CCITT X.511	ISO/IEC 9594-3
CCITT X.229	ISO/IEC 9072	CCITT X.519	ISO/IEC 9594-5
CCITT X.290	ISO/IEC 9646-1	CCITT X.520	ISO/IEC 9594-6
CCITT X.291	ISO/IEC 9646-2	CCITT X.521	ISO/IEC 9594-7
CCITT X.293	ISO/IEC 9646-4	CCITT X.518	ISO/IEC 9594-4
CCITT X.294	ISO/IEC 9646-5		ODA**
CCITT X.612	ISO/IEC 9574	CCITT T.411	ISO 8613-1
CCITT X.613	ISO/IEC 10588	CCITT T.412	ISO 8613-2
CCITT X.614	ISO/IEC 10732	CCITT T.414	ISO 8613-4
CCITT X.660	ISO/IEC 9834-1	CCITT T.415	ISO 8613-5
CCITT X.710	ISO/IEC 9595	CCITT T.416	ISO 8613-6
CCITT X.711	ISO/IEC 9596-1	CCITT T.417	ISO 8613-7
CCITT X.712	ISO/IEC 9596-2	CCITT T.418	ISO 8613-8
CCITT X.730	ISO/IEC 10164-1		

\* MHS — Message Handling Systems  
MOTIS — Message Oriented Text Interchange Systems.

\*\* ODA — Open Document Architecture (CCITT)  
ODA — Office Document Architecture (ISO/IEC)

Od nacionalnih asocijacija za standarde dve najpoznatije u SAD su: EIA (The Electronics Industries Association) čiji standardi imaju oznaku RS (Recommended standard), a najpoznatiji standard EIA-232D odnosi se na fizički sloj OSI modela i NBS (National Bureau of Standards) koji razvija standarde za potrebe američke vlade i ob-

javljuje standarde pod nazivom FIPS (Federal Information Processing Standards).

Standardi i preporuke koje su donele različite organizacije za istu problematiku često su potpuno ili u velikoj meri saglasni, pa je podesan prikaz koji ih međusobno povezuje, što je ilustrovano primerom u tabeli 2.

U vojnom sektoru primenjuju se vojni standardi i propisi. Ovi standardi donose se radi obezbeđenja rada vojne opreme i naoružanja u uslovima borbenih dejstava, zbog čega se oni u pojedinim delovima razlikuju od komercijalnih propisa. Osnovni vojni propisi koje koristi NATO su: MIL standardi američkog ministarstva odbrane, nemački propisi o vojnoj opremi VG (Verteidigungsgeräte) i vojni standardi Velike Britanije (Defence standards). Slično kao i komercijalni standardi, kod vojnih standarda postoje podele i identičnosti propisa koje su donele razne organizacije za standardizaciju.

Za ilustraciju može poslužiti povezanost američkih, nemačkih i engleskih vojnih standarda u domenu elektromagnetske kompatibilnosti: MIL STD 461B = VG 95377, BS 3611; MIL STD 462A = VG 95370; MIL STD 463 = VG 95371.

## Standardi ISO 9000

Standardi serije ISO 9000 (9000—9004) objavljeni su 1987. godine i odnose se na obezbeđenje kvaliteta. Standardi serije ISO 9000 identični su standardima serije IEC 300. Standardi identični sa ISO 9000 objavljeni su kod nas 1991. godine kao JUS ISO 9000.

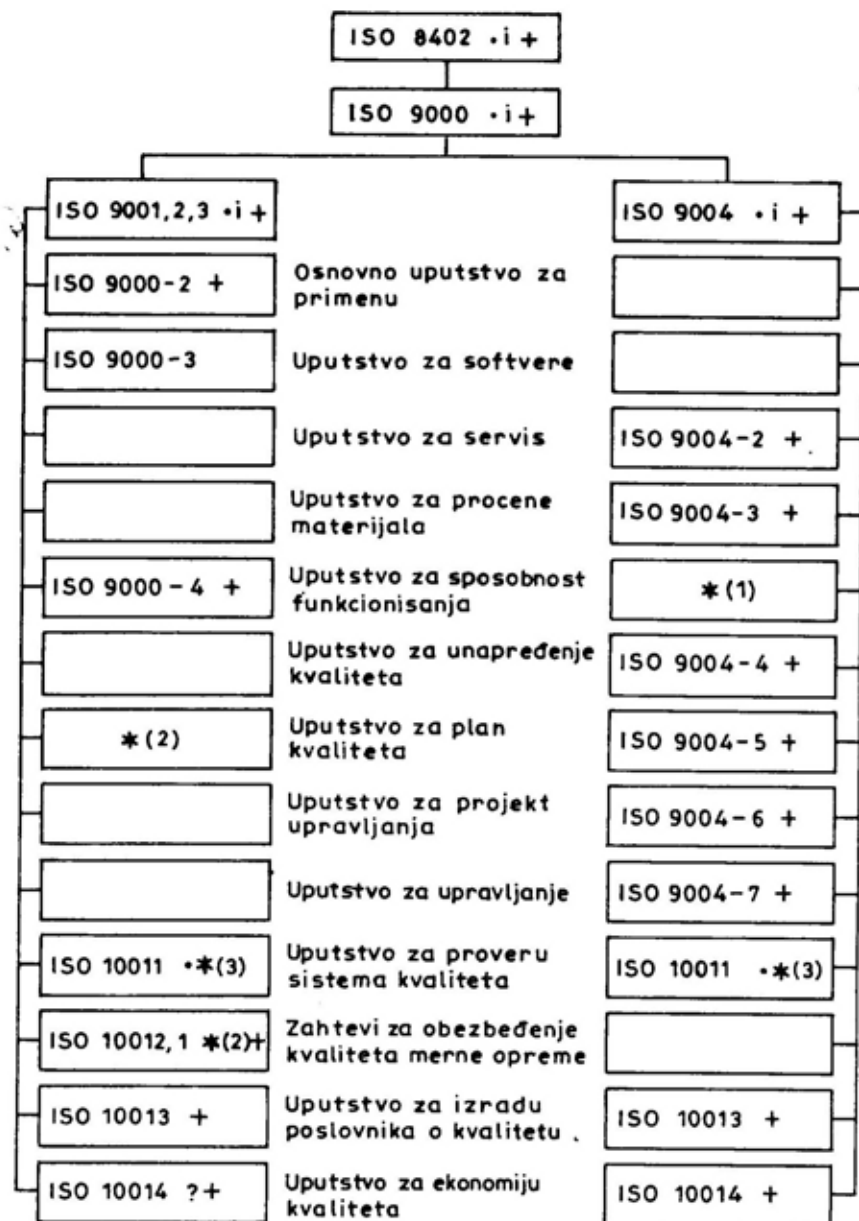
Standardi ISO serije 9000 pisani su kao opšti standardi primenljivi na sve oblasti razvoja, proizvodnje, ugradnje i održavanja. Oni poseduju neophodnu uopštenost, pri čemu njihova implementacija u nekim delatnostima koje nisu čisto proizvodne, kao što su npr. pružanje usluga ili izrada softvera, nije jednoznačna. Zbog toga se u ovim specifičnim oblastima krenulo u razvoj posebnih standarda, koji predstavljaju dopunu osnovnih standarda (u prvom redu standarda ISO 9001), i koji omogućavaju jasnije definisanje zahteva specifičnih za poje-

dine delatnosti. Prva oblast za koju je donet odgovarajući standard bila je softverska kao veoma kompleksna, sa brojnim specifičnostima. To je standard ISO 9000-3: *Smernice za primenu ISO 9001 standarda pri razvoju, isporuci i održavanju softvera.*

Standard ISO 9004 (identičan sa standardom Međunarodne elektrotehničke komisije IEC 300-1) propisuje da se sistem kvaliteta odnosi i utiče na sve aktivnosti relevantne za kvalitet proizvoda i usluga. On obuhvata sve faze, od početnog utvrđivanja do konačnog ispunjenja zahteva i očekivanja korisnika. Sistem kvaliteta uslovljava rad podsistema: marketinga, razvoja, tehnologije, nabavke, proizvodnje, kontrole, kvaliteta, prodaje, postprodaje, održavanja, kontrole troškova i finansija.

Objavljivanje standarda serije ISO 9000 1987. godine, zajedno sa terminološkim standardom ISO 8402, presudno je uticalo na to da kvalitet postane važan faktor u međunarodnoj trgovini (tehničke barijere — barijere kvaliteta). Kada je počela primena standarda serije ISO 9000, uočeno je da postojeći standardi ne mogu da udovolje velikom broju potreba. Imajući to u vidu, ISO/TC 176 je započeo rad na opštim dokumentima u vidu Ustava koji treba da obezbede prevazilaženje nastale situacije. Prva faza rada na ovim dokumentima završava se 1995. godine, kada se predviđa temeljnija revizija (vizija 2000) ovih standarda (II faza) [6].

Plan Evropske unije oslanja se na korišćenje standarda koje je doneo ISO/TC 176 kao dokumentovane zahteve registracije šema atestiranja sistema kvaliteta preko treće strane i proveravanje usklađenosti sa zahtevima [7]. Zbog ovakvih šema atestiranja kompanija se priprema za pregled koji će obaviti akreditovane nezavisne regi-



• izdati standardi

+ standardi u fazi objavljivanja, revizije, nacrti

\* (1) odnosi se na ISO 9004

\* (2) sadržaj u odnosu na ISO 9001

\* (3) još nije određeno šta će se odnositi na ISO 9001, a šta na ISO 9004

Sl. 2 — Sematski prikaz strukture standarda za sistem kvaliteta



strovane organizacije (treća strana). Ako ugrađen sistem kvaliteta kompanije odgovara zahtevima važećeg Međunarodnog standarda serije ISO 9000, organizacija za registraciju izdaće atest i uvrstiti kompaniju u registar sa atestiranim sistemom kvaliteta.

*Vizija 2000* predviđa da će do 2000. godine biti mešanja termina, koncepta i tehnologije u sve četiri opšte kategorije proizvoda. Očekuje se da će do 2000. godine biti prihvaćena potreba za odvojenim dokumentima za četiri opšte kategorije proizvoda (softver, hardver, procesni materijal i usluge). Standardi za specifične proizvode koji sadrže posebne zahteve za proizvode, procese ili metode ispitivanja proizvoda razvijajuće se u samom industrijsko-ekonomskom sektoru. Na osnovu toga predloženo je da struktura standarda bude kao što je prikazano na slici 2.

#### Literatura:

- [1] ITU: ACET (Central Office) 142, Geneva, August, 1993.
- [2] ITU: TSB Circular 24 AG/MMA, Geneva, August, 1993.
- [3] Popović, D.: Upravljanje informacijama brže i bolje sa međunarodnim standardima, Kvalitet, Savezni zavod za standardizaciju, 1993.
- [4] Stojanović M., Orlić D.: Principi realizacije OSI sistema, TELFOR'93, Beograd, 1993., str. 44-49.

## Zaključak

Na tržištu telekomunikacionih uređaja i usluga pojavljuje se sve veći broj proizvođača uređaja i davalaca usluga. Zbog zajedničkog rada uređaja različitih proizvođača i sistema različitih davalaca usluga, kao i zbog obezbeđenja kvaliteta uređaja i usluga, uloga standardizacije u telekomunikacijama je od izuzetne važnosti. Tehničke karakteristike i kvalitet telekomunikacionih uređaja i sistema propisuju različite nacionalne, regionalne i međunarodne organizacije za standardizaciju. Poznavanje osnovnih karakteristika, područja rada i međuzavisnosti različitih organizacija za standardizaciju, a time i standarda koje ove organizacije donose, bitno je za stručnjake koji se bave planiranjem, razvojem i primenom telekomunikacija.

- [5] Vasiljević, V., Kostić, R.: Standardi i atesna ispitivanja u oblasti telekomunikacija u Evropi i u Zajednici JPTT, TELFOR 93, Beograd, 1993., str. 14-19.
- [6] Lofgren, G. Q.: Quality system registration, Quality progress, May 1991., pp. 35-37.
- [7] Marquardt et al. D.: Vision 2000: The Strategy for the ISO 9000 Series standards in the '90s, Quality progress, May 1991., pp. 25-31.

**Mr Vlado Radić,**  
major, dipl. inž.

## OBLIKOVANJE EKSPLOZIJOM

### Rezime:

*U radu je prikazana primena energija eksplozije radi dobijanja specifičnih oblika, koji se drugim konvencionalnim metodama i tehnologijama ne mogu ostvariti, ili je njihovo dobijanje povezano sa velikim poteškoćama, skupom i složenom opremom.*

*Čilj rada je da ukaže na karakteristike kojima se tehnologija oblikovanja eksplozijom odlikuje i doprinese proširenju saznanja o mogućnostima dobijanja konkretnih delova u industriji prerade metala.*

*Ključne reči: energija eksplozije, vazdušno i podvodno oblikovanje, oblikovanje u matrici, operacije oblikovanja.*

---

## SHAPING BY EXPLOSION

### Summary:

*Presentation of application of explosion energy for the attainment of specific shapes which either cannot be obtained by application of existing conventional methods and technologies or can be obtained only with great difficulties and utilization of expensive and complex equipment.*

*The purpose of the article is to point out characteristics of the technology of shaping by explosion, and to make a contribution to enrichment of knowledge concerning the possibilities of obtaining concrete parts or elements in the metal working industry.*

*Key words: energy of explosion, air and underwater shaping, shaping in matrix, shaping techniques.*

---

## Uvod

Eksploziv se prvi put koristio za oblikovanje metala 1888. godine, kada je došlo do primene graviranja čelične ploče blokom eksploziva ili postavljanjem šablona između eksploziva i ploče. Sa izuzetkom nekoliko izdvojenih primena, oblikovanje eksplozijom bilo je malo zastupljeno sve do sredine pedesetih godina i napretka svemirske tehnologije, koja je promenila potrebe za delovima male zapremine kompleksnih

oblika. Često su delovi bili veliki i oblikovani od materijala koji su se konvencionalnim postupcima mogli teško obrađivati.

Oblikovanje eksplozijom omogućava izradu delova velikih gabarita bez investiranja u mašinsku opremu i kalupe (matrice) koji su skupi i zahtevaju određeno vreme za njihovu izradu. Zbog toga je u toku jedne decenije iskustvo u oblikovanju eksplozijom rapidno poraslo. Smanjenjem aktivnosti u razvoju kosmičke tehnike, ovakav



način obrade se manje primenjuje, ma-  
da danas mnoge kompanije i vojne us-  
tanove nastavljaju da koriste obliko-  
vanje eksplozijom kao regularni (re-  
dovni) proces.

### **Mehanička svojstva komponenata oblikovanih eksplozijom**

Mehanička svojstva materijala po-  
sle oblikovanja eksplozijom ne mogu se  
opisati jednim generalnim (opštim) pri-  
kazom. Međutim, poznato je da mnogi  
materijali iskazuju povećanje čvrstoće  
u odnosu na iste materijale koji su iz-  
loženi ekvivalentnim deformacijama  
ostvarenim konvencionalnim metoda-  
ma. Većina običnih ugljeničnih i ner-  
đajućih čelika, upravo se tako pona-  
ša. Povećanje čvrstoće, uporedo sa uni-  
formnom raspodelom naprezanja, obi-  
čno karakteriše komponente oblikova-  
ne eksplozijom.

Legure aluminijuma se pri obliko-  
vanju eksplozijom praktično ne me-  
njaju. Njihova otpornost na lom osta-  
je nepromenjena, a povećanje granice  
tečenja je vrlo malo.

Naglo ojačavanje nerđajućih čeli-  
ka, koji su austenitni na sobnoj tempe-  
raturi, a martenzitni kada se deformi-  
šu, ima za posledicu porast otpornosti  
na lom, kao i granice tečenja nakon ob-  
likovanja eksplozijom. To povećanje  
čvrstoće je još izrazitije kada se de-  
formacija ostvaruje na kriogenim  
(niskim) temperaturama.

Izvršena je uporedna analiza efekta  
oblikovanja eksplozijom i konvencio-  
nalnog oblikovanja tri materijala — ni-  
skougljeničnog čelika, nerđajućeg če-  
lika i niskougljeničnog mikrolegiranog  
čelika. Da bi se dobila polusfera veli-  
kog prečnika korišćena je ploča deb-  
ljine 12 mm od navedenih materijala i  
primenjeno hladno presovanje i obli-  
kovanje eksplozijom. Nakon opširnih  
ispitivanja izvedeni su sledeći zaključ-

ci za sva tri materijala posle oblikova-  
nja eksplozijom:

— na spoljašnjoj površini eksplo-  
zivno oblikovanih delova manifestuje  
se povećanje naprezanja na sabijanje,  
dok je pojava naprezanja na izvlačenje  
prisutna samo na nekim mestima is-  
presovanih delova;

— ekstremni rad ojačavanja pri-  
sutan je po ivicama ispresovanih polu-  
sfera, dok je rad ojačavanja po čitavoj  
eksplozivno oblikovanoj polusferi rav-  
nomerno distribuiran;

— žilavost je jednaka, kako za is-  
presovane delove, tako i za delove obli-  
kovane eksplozijom;

— koroziona otpornost i opadanje  
žilavosti približno je jednako u oba  
slučaja oblikovanja materijala.

Rezultati ispitivanja pokazuju da  
su eksplozijom oblikovani delovi istih  
mehaničkih svojstava potencijalno su-  
periorniji u odnosu na hladno presova-  
ne, jer imaju uniformniju raspodelu  
naprezanja.

### **Sistemi za vazdušno i podvodno oblikovanje eksplozijom**

Idealni sistem za oblikovanje ek-  
splozijom predstavlja kombinaciju je-  
dnostavnosti i lakoće izvršenja opera-  
cije, što je odlika vazdušnih sistema, sa  
prednostima u pogledu distribuiranja  
energije, sigurnosti i kontroli zvuka  
što je karakteristično za podvodne si-  
steme.

*Sistemi za vazdušno oblikovanje*  
primenjuju se kada je veličina eksplo-  
zivnog punjenja mala, operacija se iz-  
vodi u zoni udaljenoj od naseljenih me-  
sta ili kada priroda operacija isključuje  
prisustvo vode. Vazdušni sistem je  
detonaciona komora u kojoj se izvodi  
operacija oblikovanja. Komora mora  
biti izrađena tako da izdrži snagu ek-  
splozije, izoluje od zvučnog talasa de-  
tonacije i poseduje uređaj za odstranji-  
vanje gasnih produkata eksplozije. U-

mesto komora mogu se koristiti nadzemni bunker ili podzemne jame, pećine, i sl. Osnovni uslov jeste da komore moraju izdržati pritisak koji se generiše aktiviranjem eksplozivnog punjenja.

Maksimalni dinamički pritisak generisan u komori određuje se prema formuli:

$$P = \frac{W \cdot K}{V} \quad (1)$$

gde je:

P — maksimalni pritisak u psi (6,894 MPa),

W — masa eksploziva u lb (0,4536 kg),

V — zapremina sfere oko punjenja u ft<sup>3</sup> (2,83 · 10<sup>-2</sup> m<sup>3</sup>),

K — konstanta za upotrebljeni eksploziv (5000 do 15000 za eksplozive čija je brzina sagorevanja 2000 do 9000 m/s).

Treba napomenuti da je formula (1), kao i naredne formule preuzeta iz literature sa Zapada sa izvornim jedinicama koje nisu u Internacionalnom sistemu mernih jedinica. Zbog toga je potrebno izvršiti konverziju sa odgovarajućim koeficijentima, kojima se prelazi u SI sistem.

Ukoliko komora nije sfernog oblika, uzima se u obzir zapremina sfere čiji je radijus jednak rastojanju do najbližeg zida komore.

Ako to proizvodna oprema dozvoljava, povoljno je locirati operacije oblikovanja eksplozijom izvan naseljenih mesta. U tom slučaju operacija će biti izložena uticaju vremena kao meteorološkog činioca, i ne može se izvršiti ako vreme nije pogodno. Ova vrsta opreme je opravdana samo ako su eksplozije malog intenziteta.

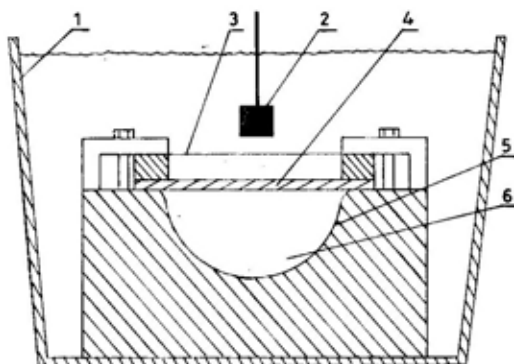
Sistemi za podvodno oblikovanje zahtevaju veliku količinu vode (smestene u odgovarajućem rezervoaru), i sposobni su da izdrže ponovljeno dejstvo talasa generisanog eksplozijom.

Ovaj metod rada pogodan je za razne vrste operacija. Poteškoće stvara potreba za velikom količinom vode i mala efikasnost smanjenja intenziteta zvuka (kada je eksploziv potpuno potopljen u bazen sa vodom).

Projekat rezervoara za vodu ili bazena za oblikovanje mora biti pažljivo i detaljno analiziran, jer je poznato da se samo jedan deo energije eksplozije usmerava u pravcu dela koji se oblikuje, dok se preostali deo energije oslobađa u vodi kao udarni talas, koji se prostire radijalno od punjenja. Prilikom projektovanja rezervoara za podvodno oblikovanje eksplozijom koristi se faktor sigurnosti 4. Kao materijali za izradu rezervoara najčešće se koriste meki čelici.

### Oblikovanje u matrici i bez matrice

Kada se razmatra oblikovanje eksplozijom, eksplozivno punjenje se koristi za ubrzavanje metalne ploče radi ostvarenja kontakta sa matricom za preoblikovanje. Ova vrsta oblikovanja postala je popularna i verovatno je najviše korišćena. Međutim, koncept slobodnog oblikovanja ili oblikovanja bez



Sl. 1 — Oblikovanje eksplozijom u zatvorenoj matrici

1 — rezervoar, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — držač, 4 — pripremak, 5 — matrica, 6 — vakuum

matrice ima, takođe, određenu zastupljenost, a koristi se kada se ne traži velika tačnost izrađenih delova.

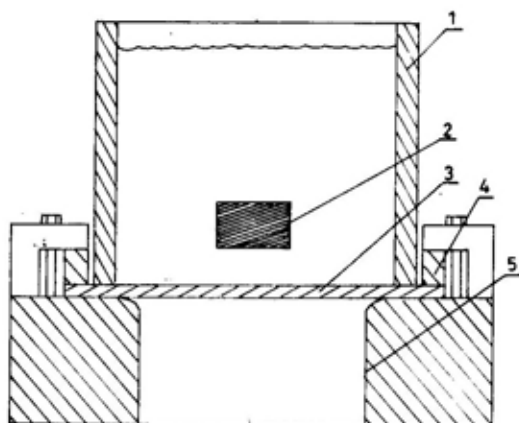
Oblikovanje korišćenjem matrice šematski je prikazano na slici 1. Matrica se izrađuje prema delu koji treba oblikovati. Metalni pripremak se postavlja iznad matrice, a udubljenje (šupljina) ispod priprema je prazno kako bi se eliminisala adijabatska kompresija, koja može rezultirati oštećenjem priprema i matrice. Matrica i pripremak su potopljeni u medijum (sredstvo) kojim se izvršava transfer energije, a to je najčešće voda. Eksplozivno punjenje se postavlja na unapred određenu distancu (rastojanje) iznad sklopa. Eksplozivno punjenje, aktiviranjem generiše udarni talas i gasni mehur. Udarni talas, koji je osnovni izvor energije, stvara snažan impuls pritiska u vremenskom intervalu od 5 do 10  $\mu$ s. Impuls pritiska prenosi opterećenja na pripremak, koji se kreće ka matrici. Fotografiska posmatranja su pokazala da se pripremak oblikuje za 1 do 2  $\mu$ s. Držać je potreban radi sprečavanja ugaonih (ivičnih) nabora i deformacija, kada deformisani pripremak počinje kretanje ka matrici.

Oblikovanje u zatvorenim matricama rezultira velikom tačnošću izrađenih simetričnih delova. Tolerancije delova proizvedenih na ovaj način jednake su ili bolje nego tolerancije sličnih delova oblikovanih konvencionalnim metodama.

Oblikovanje bez matrice, sa punjenjem na *stand-off* rastojanju, obično se naziva »slobodno oblikovanje«, a primenjuje se kada se ne zahteva velika tačnost simetričnih delova. Oblikovanjem bez matrice konačni oblik dela determinisan je veličinom i položajem eksplozivnog punjenja, zajedno sa otpornošću uzorka prema deformaciji. Slobodno oblikovanje šematski je prikazano na slici 2.

Oblikovanje se obavlja preko šupljine, čija je funkcija samo da kontro-

liše ivičnu formu oblikovanog dela. Držači se moraju koristiti radi sprečavanja nabiranja i deformacije na krajevima gde se pripremak izdužuje. Ova vrsta oblikovanja pogodna je za eliptične, sferne ili hiperbolične oblike. Ona



Sl. 2 — Eksplozivno slobodno oblikovanje u otvorenoj matrici

1 — rezervoar, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — pripremak, 4 — držać, 5 — matrica

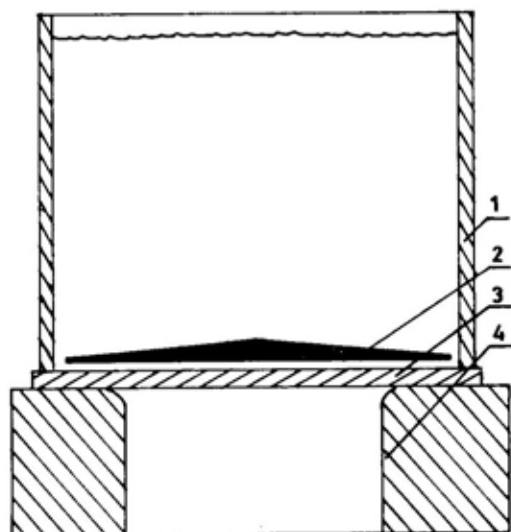
se, takođe, koristi za preoblikovanje teških ploča pre mašinske obrade, tako da je potrebno odstraniti manju količinu materijala kako bi se dobio traženi oblik.

Drugi metod oblikovanja bez matrice ili slobodno oblikovanje koristi eksplozivno punjenje koje je u bliskom kontaktu sa pripremkom. Metod je definisan preko količine, oblika, vrste i distribucije punjenja, u vezi sa faktorima medijuma koji određuju veličinu, distribuciju i vreme dejstva ulazne energije na pripremak.

Slobodno oblikovanje korišćenjem eksplozivnog punjenja u bliskom kontaktu sa pripremkom šematski je prikazano na slici 3.

U ovom slučaju nema potrebe za držačima jer eksploziv, postavljen preko ivica priprema, »izvršava« njihovu funkciju. Eksplozivno punjenje je

razmešteno preko pripremkama i varira u količini i rastojanju, kako bi se ostvario specifičan ulaz energije za ostvarenje zahtevane deformacije.



Sl. 3 — Eksplozivno slobodno oblikovanje korišćenjem punjenja u bliskom kontaktu  
1 — rezervoar, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — pripremak, 4 — matrica

Kada se eksplozivom oblikuju homogeni radni delovi (pripreмки) jednake debljine, konačan oblik zavisi od sledećih činilaca:

- količine eksploziva,
- vrste eksploziva,
- oblika eksplozivnog punjenja,
- položaja eksploziva,
- medijuma (sredstva) koji se koristi za transfer energije.

Količina eksploziva, zajedno sa medijumom, određuje ukupnu energiju koja će delovati na pripremak. Zbog uticaja pet različitih navedenih činilaca ne postoji odgovarajuća formula koja će pomoći u preciznom određivanju količine eksploziva za korektno slobodno oblikovanje konkretnog dela. Zbog toga se moraju izvršiti eksperimenti kako bi se dobila zahtevana ekspanzi-

ja. Prema tome, količina eksploziva direktno će zavisiti od ostala četiri faktora. Relativna snaga i brzina sagorevanja određeni su vrstom eksploziva. Zajednička karakteristika brizantnih eksploziva je brzina sagorevanja od 2600 do 8060 m/s, i generisanje pritiska od 12 do 25 GPa.

Oblik eksplozivnog punjenja pomaže da se odredi profil fronta energije koji se predaje površini radnog dela, pa na taj način doprinosi dobijanju konačnog oblika.

Položaj eksploziva, koji podrazumeva stand-off rastojanje, takođe određuje oblik i veličinu fronta energije koja se predaje površini radnog dela. Ova promenljiva se, više nego ostale, može koristiti za efikasno ostvarivanje različitih profila u slobodnom oblikovanju.

Za transfer energije eksplozije veliki značaj ima medijum u kojem se ostvaruju potrebni uslovi oblikovanja. To je, najčešće, voda, ali se vrlo uspešno mogu koristiti i druge tečnosti, vazduh i čvrsta tela, kao što je plastika ili vosak (parafin).

### Analiza konačnog oblika u slobodnom oblikovanju eksplozijom

Kao što je navedeno, konačna forma radnih delova dobijenih slobodnim oblikovanjem eksplozijom zavisi od pet činilaca. Najuticajniji od njih jeste položaj eksplozivnog punjenja. Mnogo je eksperimenata izvršeno da bi se proučio taj parametar oblikovanja, a forme dobijene slobodnim oblikovanjem sa variranjem stand-off rastojanja prikazane su na slici 4.

Profili slobodno oblikovanih delova očigledno su različiti kada se varira stand-off rastojanje. Kao primer kontrole konačnog oblika dela može poslužiti oblikovanje posude korišćenjem tehnike eksplozivnog punjenja u

bliskom kontaktu sa uzorkom. Pripremak je izrađen u obliku ploče od ugljeničnog čelika dužine 2,5 m i širine 0,8 m. Debljina ploče u centru, pre oblikovanja, iznosi 25 mm i bila je ma-

tokom oblikovanja ne deluju sile sužavanja koje su posledica poremećaja matrice.

### Parametri i analiza oblika matrica

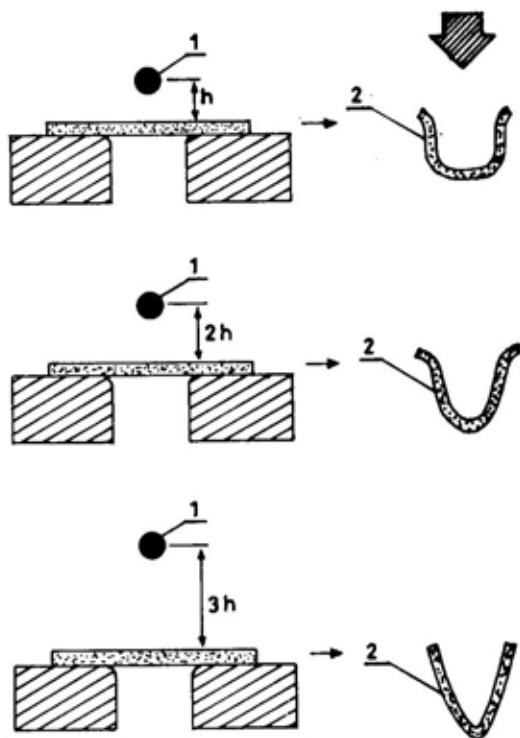
Eksplzivno oblikovanje je ekonomično zbog toga što je potrebna samo jedna komponenta — matrica. Ta komponenta mora se pažljivo projektovati kako bi izdržala opterećenje koje se prenosi na deo koji se oblikuje. Zbog toga što energija udarnog talasa dovodi do vrlo velikih naprezanja uzorka, zajedno sa materijalom matrice, oštri uglovi ili zarezi moraju se eliminisati. Faktor sigurnosti 4 je obično dovoljan za prevenciju oštećenja izazvanih udarnim talasima.

Selekcija materijala je, takođe, vrlo bitna. Korišćenje materijala sa vrlo velikim vrednostima naprezanja na sabijanje (pritisak) ili izvlačenje, optimiziraju performanse i smanjiti troškove.

Kada se određuje čvrstoća matrice najpre se mora proračunati ili proceniti maksimalni pritisak potreban za oblikovanje komponente. Ako se zna maksimalni pritisak, konvencionalnim metodama analize čvrstoće mogu se odrediti dimenzije matrice.

U projektovanju matrice i kasnijim analizama važna je i vrsta opterećenja koje će podneti matrica. Opterećenje se ispoljava preko oblika dela koji treba oblikovati i načina na koji se postavlja eksplozivno punjenje.

Za određivanje maksimalnog pritiska, sile koje se generišu od eksplozivnog punjenja mogu se proceniti iz osnovnih zakona fizike. Problem sa primenom tih zakona jeste što kratko vreme odvijanja procesa onemogućava ili otežava merenje parametara koji određuju primenu zakona. U eksperimentima je konstatovano da se pritisak,



Sl. 4 — Oblici dobijeni korišćenjem identičnog eksplozivnog punjenja, ali sa promenom stand-off rastojanja

1 — eksplozivno punjenje, 2 — izgled slobodnog oblikovanja elementa

šinski zakošena na 6 mm od ivice. Najveća dubina posude bila je u centru i iznosila je 114 mm. Posuda je u svim tačkama bila sferična, sa radiusima preseka sfere koji su varirali od 34 do 310 mm. Za dobijanje zahtevanog oblika, eksplozivno punjenje je precizno pozicionirano iznad uzorka.

Distribucija deformacija u eksplozivno slobodno oblikovanom delu vrlo je uniformna, pre svega zbog toga što

generisan pri podvodnoj eksploziji, smanjuje na regularan način sa promenom brzine sagorevanja i rastojanja. Ta pojava za tačkasto punjenje, može se opisati sledećom jednačinom:

$$P = \sqrt{6,9 V \left( \frac{W^{1/3}}{R} \right)^{1,13}} \cdot 10^2 \quad (2)$$

gde je:

- P — maksimalni pritisak u psi (6,894 MPa),  
 V — brzina sagorevanja eksploziva (m/s),  
 W — masa eksploziva u lb (0,4536 kg),  
 R — *stand-off* rastojanje u ft (0,3048 m).

Mada se mnoge metode za određivanje maksimalnog početnog pritiska baziraju na zahtevima energije, jednačina Stroheckera omogućava da se dobije zadovoljavajuća korelacija u odnosu na iskustveni rad u operacijama slobodnog oblikovanja:

$$d = \sqrt{D \left( \frac{E}{2St} \right)} \quad (3)$$

gde je:

- d — dubina izvlačenja u in (0,0254 m),  
 D — prečnik posude koja se izvlači u in (0,0254 m),  
 E — energija po jedinici površine u psi (6,894 MPa),  
 S — dinamička granica tečenja materijala priprema u psi (6,894 MPa),  
 t — debljina polaznog materijala u in (0,0254 m).

Jednačina (3) daje potrebnu osnovu projektantu i tehnologu za oblikovanje, a precizno određivanje veličine eksplozivnog punjenja obavlja se eksperimentalnim putem.

Površine matrice treba da budu kvalitetno obrađene, što je zahtev i za površine konačnog dela, jer se površina matrice reprodukuje u svakom detalju na konačnom delu. Kada se koristi držač, on mora imati dovoljnu čvrstoću kako bi onemogućio nabiranje uzorka na krajevima.

Poslednji parametar koji se detaljno razmatra u projektovanju matrice jeste selekcija materijala, gde su važni zahtevi tačnosti, obrađenosti, postojanosti i jednostavnosti rukovanja. Tamo gde se zahteva dug vek, velika tačnost i kvalitetna završna obrada, najbolji rezultati postižu se primenom termički obrađenih legiranih čelika. Čelici za matrice se termički obrađuju do maksimalne vrednosti tvrdoće od 50 HRc.

*KirkSITE*, legura na bazi cinka koja se topi na 380°C, ima široku primenu u izradi matrica za eksplozivno oblikovanje. Ova legura ima vrednost kritičnog naprezanja na istezanje 241 MPa, i kritično naprezanje na sabijanje je 517 MPa. Koristi se kada je nivo opterećenja na matricu mali i kada produkcija ne prelazi 100 komada. Materijal se koristi prvenstveno zbog dobrih karakteristika na niskim temperaturama.

Drugi materijali koji se uspešno koriste za izradu matrica su ojačani beton — za delove male zapremine i male tačnosti i gips — kada se izrađuje samo jedan komad. Matrice od kompozitnog materijala, kao što su epoksi obloge na betonu i legiranom čeliku, takođe se vrlo uspešno primenjuju.

### Oblikovanje kupola i elemenata sfernih oblika

Mnogi radovi bili su usmereni ka dobijanju kupolnih i sfernih oblika eksplozijom, uglavnom zbog simetrije delova. Između brojnih pretpostavki



kako to ostvariti, najvažnije su sledeće:

- oblikovanjem kružnih priprema u zatvorenoj matrici,
- slobodnim oblikovanjem kružnih priprema korišćenjem jednostavnih podupirača na ivicama,
- kalibrisanjem.

Izbor metoda zavisi od sledećih činilaca:

- zahteva dimenzionalne tačnosti,
- sposobnosti oblikovanja materijala,
- raspoloživosti objekata za izvršenje operacije.

Kupole male dubine eliptičnog, sfernog ili drugih oblika, sa velikom dimenzionalnom tačnošću, mogu se izradivati u zatvorenim matricama. Takav sistem matrica prikazan je na slici 1. Za postavljanje eksploziva koristi *stand-off* metod. Oblikovanje se može izvršiti iz jednog koraka ukoliko ukupna deformacija uzorka nije veća od granice loma. Ako je deformacija veća, kupola se može oblikovati u većem broju koraka sa termičkom obradom između svakog koraka. Metod zatvorenih matrica koristi se u situacijama kada se delovi izrađuju sa velikom dimenzionalnom tačnošću.

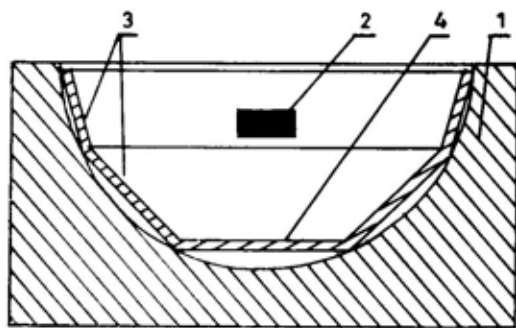
Slobodno oblikovanje korišćenjem jednostavnih podupirača na ivicama, prikazano na slici 2, najčešće je korišćen metod eksplozivnog oblikovanja eliptičnih i sfernih kupola. Na taj način dobijaju se delovi manje dimenzionalne tačnosti ali različitih oblika, što je vrlo važno za mnoge oblasti primene. Taj metod se, takođe, koristi za preoblikovanje kupola velike debljine, koje se kasnije konačno obrađuju kako bi se ostvarile zahtevane tolerancije. Kao i kod oblikovanja u zatvorenim matricama, deo se može oblikovati u jednom ili više koraka.

Korišćeno eksplozivno punjenje i njegov položaj su kritični kada se ku-

pole slobodno oblikuju, konačan oblik dela zavisi od oblika eksplozivnog punjenja i *stand-off* rastojanja.

Metodom eksplozivnog punjenja u bliskom kontaktu sa pripremkom moguće je, verovatno, postići najtačniji oblik dela. Rezultujući oblik može se kontrolisati preciznim postavljanjem eksploziva. Tim metodom eliminiše se potreba za mehaničkim držačima na ivicama uzorka.

Sledeći metod eksplozivnog oblikovanja sfernih kupola veće dubine sastoji se u preoblikovanju u cilindrične, konusne ili ravne odlomke (sekcije), kao što je prikazano na slici 5. Prednost ovog metoda je u mogućnosti da se dobiju kupole veće dubine.



Sl. 5 — Oblikovanje sfernih kupola preoblikovanjem u segmente

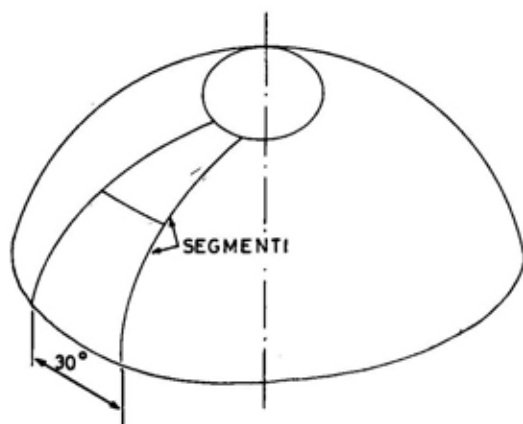
1 — matrica, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — preoblikovani segmenti, 4 — donji disk

Metod koji je razvio Patel pogodan je za oblikovanje hemisferičnih ili sferičnih rezervoara od pojedinačnih umetaka koji imaju jednaku zakrivljenost. Umeci se mogu međusobno spajati zavarivanjem ili zakivanjem kako bi se oblikovala čitava sfera, što je prikazano na slici 6.

Ovakav način proizvodnje dozvoljava da se eksplozivno oblikuju vrlo velike sferne kupole. Rezultati izvršenih eksperimenata pokazali su da sferni rezervoar za tečnosti — prirodni gas



poluprečnika 18 m, može da se dobije ovim metodom od legure aluminijuma (američka oznaka 6061-T6).



Sl. 6 — Sferna kupola sastavljena iz segmenata

### Oblikovanje cevastih komponenti

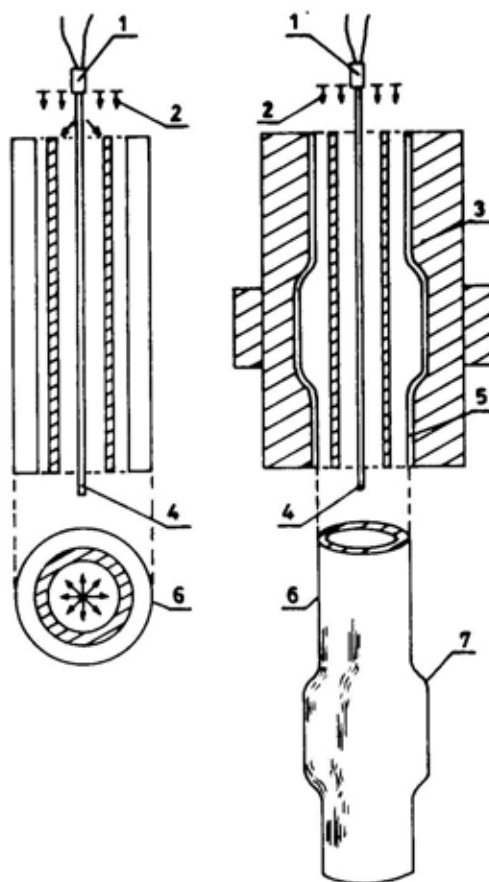
Pored oblikovanja kupola ovim postupkom se često dobijaju posebni oblici ispuščenja na tačno određenim delovima cevi, što se izvodi u zatvorenim matricama, jer se tako mogu ostvariti uske tolerancije. Sistem za eksplozivno oblikovanje — zavarivanje cevi prikazan je na slici 7.

Kada se cevi eksplozivno oblikuju, eksplozivno punjenje se postavlja duž osne linije cevi, što je vrlo kritično. Ako je punjenje veće dužine, postavljaju se određeni odstoynici od tankog materijala na malim rastojanjima, kako bi osigurali centričnost punjenja unutar cevi. Kada je eksplozivno punjenje centrirano, cev se popunjava izabranim medijumom koji prenosi energiju (najčešće voda).

Mada slobodno oblikovanje cilindra nije praktično za proizvodnju jednostavnih sistema, neki duplex ili složeniji sistemi zahtevaju korišćenje slo-

bodnog oblikovanja. Kritični parametri, kao što su maksimalna deformacija loma, eksplozivno punjenje, brzina deformacije i ostali parametri procesa, mogu se odrediti rendgenografskim posmatranjem cilindra izrađenih od različitih materijala.

Ovakav proces oblikovanja omogućava da se ostvari visokokvalitetna proizvodnja. Druga primena oblikovanja cevi, koja se široko koristi, jeste za ekspanziju krajeva cevi izmenjivača toplote. Postupak su opisali Berman i Schroeder, i kategorisan je kao dalja



Sl. 7 — Oblikovanje cevastih komponenti eksplozijom

1 — detonator, 2 — detonacioni front, 3 — matrica, 4 — detonirajući štapin, 5 — oblikač, 6 — zavarena i oblikovana duplex cev, 7 — oblikovana cev

aplikacija oblikovanja eksplozivnim punjenjem u bliskom kontaktu, pošto se rezultujući oblik može regulisati položajem eksplozivnog punjenja i oblikom medijuma.

Medijum koji se često koristi je polietilen, a eksploziv je detonirajući štapin. Eksploziv prenosi lokalnu energiju celokupnom medijumu, odakle se dalje lokalno prenosi na cev. Polietilen je izabran kao medijum za tu vrstu oblikovanja zbog toga što ostavlja mali talog, fleksibilan je i može se prilagoditi velikim deformacijama bez preloma, efikasno ublažava udarni talas, sprečava lom cevi i ima veliku gustinu, što je važno za prenos pritiska na cev. Detonirajući štapin se koristi kao eksploziv zbog njegove otpornosti, niske cene i sigurnog rukovanja.

Ovaj proces uspešno je korišćen u industriji za proširenje krajeva cevi u izmenjivačima toplote. Snažna ekspanzija uglavnom se ostvaruje zbog minimalne hladne deformacije cevi.

Eksplozivno oblikovanje se koristi za dobijanje konusnih oblika cevovodnih reduktora. Reduktori se izrađuju tako da se poprečni presek cevovoda postepeno menja na odgovarajućoj dužini. Eksplozivno oblikovanje tih delova predstavlja ekonomičnu alternativu, pošto je posebno pogodna za korozivno postojane legure, gde porast zrna i segregacije konstituenata predstavljaju potencijalne probleme. Oblikovanje reduktora eksplozijom slično je oblikovanju ostalih cevastih delova.

Iz obavljenih eksperimenata može se zaključiti da eksplozivno oblikovanje reduktora cevi cevovoda ima ekonomske prednosti tamo gde se zahteva relativno nizak kvalitet i kada je polazni materijal skup. Materijali koji poseduju dovoljnu dinamičku duktilnost pogodni su za konusno oblikovanje. Različitost konfiguracija koje se mogu ostvariti oblikovanjem iz cevni pripremaka uglavnom je ograničena. Op-

rema koja se zahteva za ovu vrstu eksplozivnog oblikovanja vrlo je jednostavna.

### Različite operacije oblikovanja

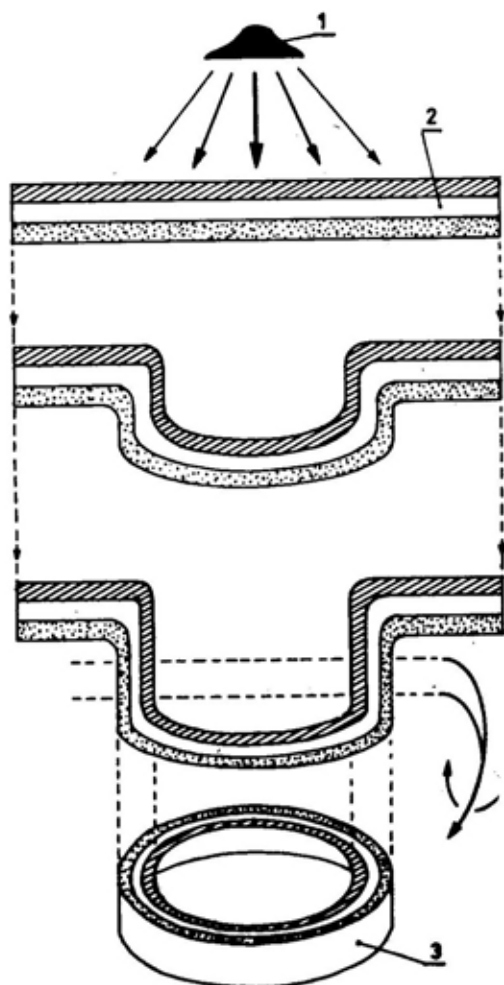
Postoje brojne aplikacije eksplozivnog oblikovanja koje se ne koriste često, ali zaslužuju određenu pažnju. Jedna od tih operacija jeste eksplozivno autofretovanje, koje se može primeniti u proizvodnji cevi topa. Pri ovom postupku energija eksplozije koristi se za ekspanziju čelične cevi centrirane unutar cevi topa. Voda služi kao medijum za prenos impulsa pritiska, a za rad se može koristiti eksploziv tipa *slurry*.

Slična primena eksplozivnog oblikovanja je u proizvodnji dupleks cevi velikog prečnika. Za izvršenje nuklearnih eksperimenata bilo je potrebno napraviti dupleks cev spoljašnjeg prečnika 127 mm. Cevi u sklopu imale su debljinu zidova 9,5 mm, a kompletna cev bila je dugačka 12 m. Zahtevano je da između cevi postoji radijalni zazor do 0,076 mm po čitavoj dužini. Proizvodnja eksplozijom je odabrana zbog toga što je deformacija na hladno minimalna, očuvaju se svojstva materijala i što je cena drugih metoda za izradu zahtevanih dupleks sklopova bila mnogo veća. Dupleks cev oblikovana je tako što je unutrašnja cev umetnuta u spoljašnju i takav sklop postavljen vertikalno. Pre spajanja eksplozijom, cevi su spolja zavarene na donjem kraju, a unutrašnja cev je napunjena vodom. Eksplozivno punjenje detonirajućeg štapina centrirano je čitavom dužinom unutrašnje cevi, a eksplozija je inicirana sa gornje strane sklopa.

Mogućnost dobijanja tripleks prstenova, koji se najpre eksplozivno plakiraju, a zatim primenom oblikovanja

eksplozijom prevode u zahtevani oblik i dimenzije prikazana je na slici 8.

Razvijena je i tehnika transformacije austenitne kristalne strukture ne-



Sl. 8 — Oblikovanje ili izvlačenje eksplozijom hemisferičnih oblika iz eksplozivno plahirane tripleks ploče

1 — eksplozivno punjenje, 2 — multilaminatni (triplex) pripremak, 3 — multilaminatni prsten isečen nakon oblikovanja eksplozijom

rđajućih čelika u vrlo čvrste martenzitne materijale, deformisanjem pomoću eksplozivnog oblikovanja. Austeni-

tni nerđajući čelik je duktilan materijal u termički neobrađenom stanju, lako se zavaruje i oblikuje. Deformacija kojom se transformišu metastabilni austenit u vrlo čvrsti martenzit zavisi od hemijskog sastava materijala i temperature njegove transformacije. Berman je opisao eksperimente u kojima su od nerđajućeg čelika izrađeni cilindri tankih zidova, prečnika oko 150 mm. Cilindri su eksplozivno slobodno oblikovani na kriogenim temperaturama, posle čega su postavljeni u matricu na temperaturi okoline. Ukupna deformacija tokom eksperimenata varirala je od 12,8 do 20,3%. Cilindri su testirani na lom hidrauličkim pritiskom, gde su postignuti vrlo dobri rezultati.

Taj metod je pogodan za proizvodnju cilindara male mase ili sudova pod pritiskom. Takođe, moguće je koristiti ovu tehniku i za dobijanje panela velike čvrstoće, oblikovanjem ravnih ploča.

### Zaključak

U ovom radu razmatran je samo jedan deo mogućnosti budućeg korišćenja eksplozivnog oblikovanja gde je na raspolaganju gotovo neograničena energija. Adekvatno budućim potrebama povećavaće se i potrebe za novim, unikalnim proizvodnim tehnikama — tehnologijama. Ne treba se nadati da će oblikovanje eksplozijom postati dominantan metod u proizvodnji, ali nastaviće se popunjavanje praznina u potrebama za ograničenim brojem komponenata koje se oblikuju na nekonvencionalan način.

Budućnost operacija obrade materijala primenom energije eksplozije zavisice, kao i dosada, od kreativnosti korisnika. Za *stand-off* operacije, koje su alternativa konvencionalnim procesima, projektanti traže prednosti u smanjenju vremena i troškova izrade,

kao i mogućnosti dobijanja kvalitetnijih proizvoda unikalnih konfiguracija i osobina. Kontaktne operacije nisu vi-

še samo alternativne metode, već omogućavaju aktivnosti koje se ponekad i ne mogu drugačije izvesti.

*Literatura:*

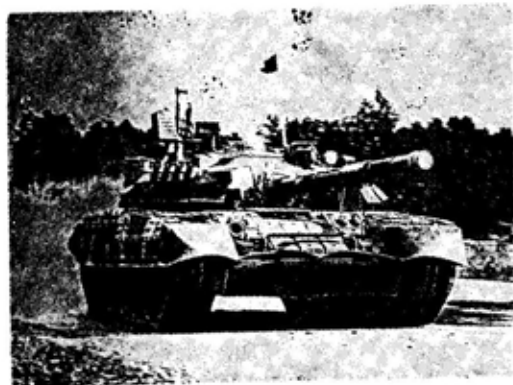
- [1] Zernov, L.: High Velocity Forming of Metals, Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1964.
- [2] Van Wely, F. E.: Comparison between the Influence Formability of Metals, ASTM Report No. SP62-03, 4th International Conference of the Center for High-Energy Forming, Vall, Colorado, 1973.
- [3] Blazynski, T. Z.: Explosive Welding, Forming and Compaction, Applied Science Publishers, London and New York, 1983.
- [4] Murr, L. E.: Shock Waves for Industrial Applications, Noyes Publications, New Jersey, 1988.
- [5] Rinehart, J. S., Pearson, J.: Behavior of Metals Under Impulsive Loads, Amer. Soc. Metals, Cleveland, Ohio, 1954.
- [6] Meyers, M., Murr, L. E.: Shock Waves and High-Strain-Rate Phenomena in Metals, Plenum, New York, 1981.
- [7] Alimov, O. D., Manžosov, V. K., Eremjanc, V. E.: Udar. Rasprostranenie voln deformacije v udarnyh sistemah, Nauka, Moskva, 1985.
- [8] High Velocity Deformation of Solids, IUTAM Symposium, Tokyo, Springer Verlag, Berlin, 1978.
- [9] Mechanical Behavior of Materials Under Dynamic Loads, Springer Verlag, Berlin, 1968.
- [10] Turuta, N. U., Lučko, I. A., Poplavskij, V. A.: Vzryv i ego mirnie professii, Naukova dumka, Kiev, 1982.



## prikazi iz inostranih časopisa

### KOMANDNI TENK T-80 UK\*)

Komandni tenk T-80 UK (sl. 1) omogućava komandovanje potčinjenim jedinicama, održavanje veze sa višim komandama i izvođenje borbenih dejstava.



Sl. 1 — Komandni tenk T-80 UK

Za razliku od osnovnog tenka, komandni tenk je opremljen sistemom za daljinsko aktiviranje parčadno-razornih projektila sa daljinskim tempirnim i udarnim upaljačima (EDKV)

\*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, mart—april 1995.

optroničkim prigušivačem ŠTORA, visokofrekventnom radio-stanicom R-163-50K, navigacijskom opremom TNA-4-3, autonomnim generatorom AB-1-P28 snage 1,0 kW.

Naoružanje, motor, transmisija, hodni deo (gusenice i elastično oslanjanje), sredstva za osmatranje, sistem za zagrevanje, oprema za savladavanje vodenih prepreka, dozer i plug za razminiranje na komandnom tenku, odgovaraju opremi osnovnog tenka T-80U.

Za ugradnju novih sistema u komandni tenk bila je potrebna modifikacija njegovog sistema za upravljanje vatrom, mehanizma za punjenje topa, električne opreme, hidropneumatskog zaptivača uređaja za osmatranje, sistema za kolektivnu NBH zaštitu, bacača dimnih bombi i ugrađene eksplozivno-reaktivne zaštite.

Sredstva veze tenka obezbeđuju međusobnu vezu članova posade, kao i spoljašnju vezu preko uređaja ultrakratkotalasnog i kratkotalasnog opsega. Komandni tenk T-80 UK ima tri antene: VH štap-antenu dužine 4 m, VHF štap-antenu dužine 4 m i kombinovanu antenu koja se sastoji od VHF antene i VF dipol-antene. Kombinovana antena je teleskopska dužine 11 m, ugrađe-

na je u telu tenka i namenjena za povećanje dometa veze. Kada se koristi ova antena, radio-stanica R-163-50U povećava svoj domet veze do 40 km, a radio-stanica R-163-50K čak do 350 km. Zbog varijacija zračenja snopa VF štap-antene, domet veze u VF opsegu povećan je do 250 km. Takođe, rešen

je problem elektromagnetske kompatibilnosti elektronskih uređaja.

Predviđena je mogućnost korišćenja (na zastancima) samostalnog izvora napajanja električnom energijom sredstava veze pomoću benzinskog generatora snage 1 kW, koji se može koristiti i za dopunjavanje akumulatora.

*Taktičko-tehnički podaci za komandni tenk T-80 UK*

Masa tenka (t)	46,0
Broj članova posade	3
Top (kalibar i tip)	123 mm GSP-PU
Borbeni komplet municije (projektila)	45
Domet sredstava za noćno osmatranje (m)	2600
Stabilizator topa:	
— po pravcu	elektro-hidraulički
— po visini	elektro-mehanički
Vrsta daljinomera	laserski
Balistički računar	elektronski
Brzina gađanja razorno-parčadnim projektilima sa elektronskim tempirno-udarnim upaljačem (projektila/min)	4
Maksimalni nišanski domet razorno-parčadnih projektila sa elektronskim tempirno-udarnim upaljačem (m)	4000
Borbeni komplet projektila za mitraljez PKT (kom.)	450
Metod zaštite pomoću optroničkog sistema za prigušivanje	Omota sisteme vođenja PO vođenih projektila i sisteme za upravljanje vatrom koji imaju laserske daljinomere
Domet prigušivanja (m)	200
Tip UHF primopredajnika	R-163-500U
Frekventni opseg (MHz)	30 do 80
Broj prethodno odabranih frekvencija	10
Domet veze (km):	
— sa štap-antenom	20
— sa kombinovanom antenom na teleskopskom jarbolu visine 11 m	40
Tip UHF, FM radio-prijemnika	R-163-UP
Broj prethodno odabranih frekvencija	10
Načina rada	prijem
Domet veze sa štap-antenom (km)	20
Tip primopredajnika AM-FSC	R-163-50K
Frekventni opseg (MHz)	2 do 30
Broj prethodno odabranih frekvencija	16
Osnovni režim rada	telefonski prijem i predaja
Domet veze (km):	
— sa štap-antenom	20 do 50
— sa dipol-antenom	350

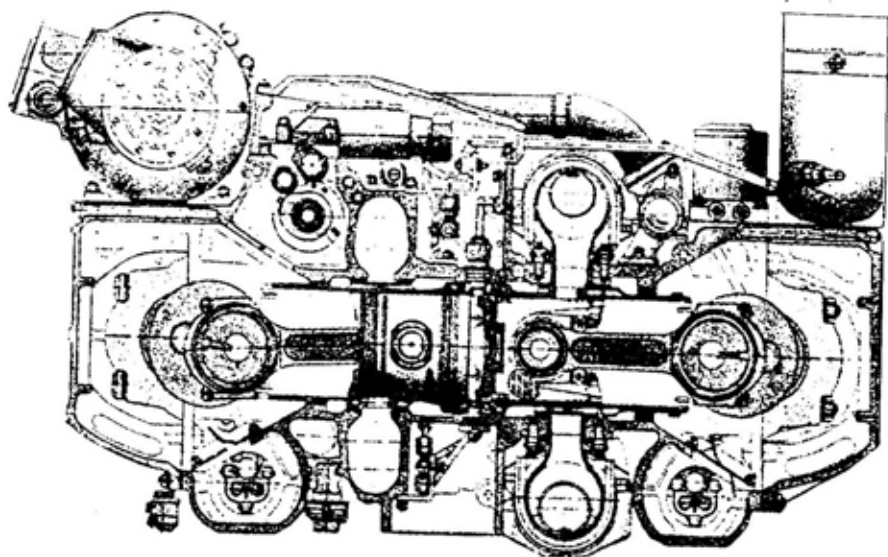
P. Marjanović

## KOMPAKTNI TENKOVSKI DIZEL-MOTOR 6TD-2\*)

Poznato je da je u bivšem SSSR-u konstruisan nekonvencionalni dizel-motor za tenkove T-64.

U osnovi to je dvotaktni bokser dizel-motor hlađen tečnošću, sa dve radilice koje su međusobno uzubljene. Po svojoj konstrukciji ovaj motor je sličan motoru L60 engleske firme LEYLAND, koji pokreće engleske tenkove CHIEFTAIN. Međutim, za razliku od

janti, kao 5TD, bio je ugrađen u OBJECT 430 (preteča tenka T-64) 1960. godine sa snagom od 442 kW. Međutim, posle 5TD došla je varijanta motora 5TDF koji je, takođe, imao 5 cilindara i razvijao snagu od 515 kW. Ta verzija motora bila je usvojena za tenkove T-64 koji su uvedeni u naoružanje 1967. godine. Ovaj motor nalazio se u svim modelima tenkova T-64 do 1983. godine, kada je zamenjen šestocilindričnim motorom 6TD-1, u tenkovima T-64 AM, sa snagom od 736 kW.



Sl. 1 — Poprečni presek dizel-motora serije TD

motora L60, kod kojeg su klipovi postavljeni vertikalno, klipovi ovog motora postavljeni su horizontalno, tako da je njegova ukupna visina samo 581 mm. Staviše, za razliku od motora L60 koji ima kompresor sa mehaničkim pogonom, ovaj motor ima turbokompresor za predsabijanje pa ima i veću specifičnu snagu.

Motor je konstruisan u krakovskom birou KKBD, i u početnoj vari-

Motor 6TD-1 ugrađivan je i u tenk T-80 UD koji je, obično, pogonjen snagom turbinom GTD-1000 ili GTD-1250. Naredni razvojni model motora 6TD-2, sa snagom od 883 kW, ugrađivan je u tenk T-84 koji predstavlja modifikaciju tenka T-80. Ovaj motor Ukrajina je iznela i na svetsko tržište.

Različite varijante motora imale su isti unutrašnji prečnik cilindara i hod klipa 120 mm, što znači da petocilindrična verzija ima radnu zapreminu od 13,6 a šestocilindrična od 16,3

\*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 6/1995.



dm<sup>3</sup>. To je manje od radne zapremine motora L60 (18,99 dm<sup>3</sup>), čija je snaga 575 kW ili 30,3 kW/dm<sup>3</sup>, dok motor 6TD-2 ima specifičnu snagu 54,2 kW/dm<sup>3</sup>. Međutim, pri kraju svog razvoja motor L60 je nuđen i sa turbokompresorom i snagom od 746 kW, što mu i dalje omogućava nižu specifičnu snagu. U međuvremenu konstruisana je verzija motora 6TD-3 koja razvija snagu od 1104 kW. Po tome specifična snaga motora iznosi 67,7 kW/dm<sup>3</sup>, što je do sada ostvareno samo na jednom tenkovskom motoru — UD V8 1500 (hyperbar sa superpredsabijsanjem) za francuski borbeni tenk LECLERC. Međutim, dimenzije ovog motora veće su nego motora 6TD-3.

Motor 6TD-3 ne samo da ima veliku snagu po jedinici radne zapremine već je i vrlo kompaktna, tako da je manji od američkog motora XAV-28 od 1081 kW. Motor 6TD-3 ima specifičnu masu 1,22 kg/kW, dok motor XAV-28 ima 1,76 kg/kW.

Neki izvori navodili su da je potrošnja goriva motora tenka T-64 bila velika, međutim, minimalna specifična potrošnja od 215 do 217 g/kW/h motora 6TD uporediva je sa potrošnjom najboljih četvorotaktnih dizel-motora. Za ove motore tvrdi se da imaju niski stepen odvođenja toplote u sistemu za hlađenje, što se, donekle, potvrđuje činjenicom da su od motora 5TD do 6TD-2 korišćeni jednostavni sistemi za hlađenje sa usisavanjem vazduha kroz hladnjake pomoću izbacivača koje su pokretali izduvni gasovi. Ovi izbacivači eliminišu potrebu za ventilatorom za hlađenje. Uprkos jednostavnosti vrlo neobičnog sistema za hlađenje, motori 6TD-1 i -2 mogli su da rade bez ograničenja pri temperaturi okoline do 50°C.

Imajući u vidu probleme koje je KoV Velike Britanije imao sa motorom L60, ostaje pitanje pouzdanosti motora 5TD i 6TD.

Tenkovi opremljeni motorima 6TD-1 i TD-2 mogu da pređu u pus-

tinjskim uslovima najmanje 1000 km bez održavanja prečistača vazduha.

Proizvodnja bokser motora 5TD i 6TD skuplja je od proizvodnje konvencionalnih dizel-motora. To je i doprinelo odluci da se u tenkove T-72 ugrađuju četvorotaktni dizel-motori V-46. Ukrajinski motori nude se na svetskom tržištu po sledećim cenama: 5TDF — 30000 američkih dolara, 6TD-2 — 55000 dolara i 6TD-3 — 70000 dolara.

P. Marjanović

---

## MOBILNI VIŠEKANALNI PROTIVAVIONI SKI RAKETNI SISTEM S-300PMU-1\*)

U periodu od 1985. do 1989. godine razvijena je za potrebe protivavionske odbrane nova generacija protivavionskih vođenih projektila S-300PMU-1 koja se smatra nastavkom sistema S-300P. Takođe je razvijen sistem za komandovanje i upravljanje 83M6E, namenjen da obezbeđuje informacije i upravljanje grupom sistema S-300PMU-1, S300PMU i S-200VE.

Mobilni višekanalni protivavionski raketni sistem S-300PMU-1 namenjen je za zaštitu vitalnih postrojenja zemlje i za obrazovanje protivvazdušnog sistema koji će biti u stanju da odbije masovne protivničke napade iz vazdušnog prostora. Takođe, može da dejstvuje protiv postojećih i perspektivnih sredstava za napad iz vazdušnog prostora, uključujući strateške i taktičke avione, strateške krstareće rakete, avionske vođene projekte, frontovske i taktičke balističke vođene projekte i druga ubojna sredstva u okviru dijapazona njihove borbene upotrebe, čak

---

\*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, mart—april 1995.

i u uslovima smetnji od mesnih predmeta i izraženih elektronskih protivmera.

Osnovne komponente ovog sistema koriste se i za protivvazдушnu odbranu brodova.

Vođeni projektil S-300PMU-1 konstruisan je kao modifikovana verzija projektila S-300PMU, kako bi se postigla sledeća poboljšanja:

— povećanje dometa radi napada na aerodinamičke i balističke ciljeve,

— dejstvo protiv ciljeva čije su brzine povećane,

— poboljšane mogućnosti sistema za samostalno izvođenje borbenih dejstava,

— modernizovana oprema i programi (hardver i softver) za funkcionalno ispitivanje sistema,

— poboljšana ugrađena sredstva za obuku pilota,

— uvođenje savremenih tehnoloških i konstrukcijskih koncepcija radi smanjivanja vremena potrebnog za izradu sistema.

Sistem S-300PMU-1 sličan je sistemu S-300PMU po sastavnim delovima, pokretljivosti i potrebnom vremenu za uvođenje u borbu.

Protivavionski raketni sistem S-300PMU-1 sastoji se od radara za ozračavanje cilja i vođenje projektila, do 12 lansera sa po 4 vođena projektila, i tehničkih sredstava za obezbeđenje rada (podršku). Sistem može da vodi borbu samostalno preko označavanja cilja pomoću sistema za komandovanje i upravljanje 83M6E, i podataka primljenih od samostalnih sredstava za označavanje ciljeva.

Radar za ozračavanje cilja i vođenje projektila ima sledeće sektore skaniranja (elevacija x azimut):

—  $1^{\circ} \times 90^{\circ}$  za otkrivanje niskoletećih ciljeva,

—  $13^{\circ} \times 64^{\circ}$ ;  $5^{\circ} \times 64^{\circ}$  za otkrivanje aerodinamičkih ciljeva koji lete na srednjim, odnosno velikim visinama,

—  $10^{\circ} \times 32^{\circ}$  za otkrivanje balističkih ciljeva.

Radar za ozračavanje cilja i vođenje projektila otkriva cilj preko podataka o označavanju cilja u jednom korektivnom sektoru traganja ( $4^{\circ} \times 4^{\circ}$ ,  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ ), zatim »hvata cilj« i nastavlja sa njegovim automatskim praćenjem. Otkrivanje cilja i njegovo »hvatanje« obavljaju se automatski. U uslovima intenzivnog ometanja može se koristiti ručni režim.

Ovaj radar automatski odabira prioritete ciljeve za napad i izdaje komande za optimalni trenutak lansiranja vođenih projektila, koristeći koordinate i podatke od praćenih ciljeva. Starešina protivvazdušnog raketnog sistema izdaje naređenje za lansiranje projektila, pre čega se obavlja proces identifikacije cilja (svoj-tuđ).

Radar za ozračavanje cilja i vođenje projektila »hvata« cilj i prati ga uz njegovo jednovremeno ozračenje radi obezbeđivanja dejstvovanja poluaktivnog radio-goniometra i radio-upaljača vođenih projektila.

Sistem protivavionskog vođenog projektila može jednovremeno da dejstvuje protiv šest ciljeva. Svaki cilj može biti napadnut sa jednim ili dva vođena projektila. U tom slučaju prvi vođeni projektil lansira poslužilac, dok je lansiranje drugog projektila automatsko. Vreme između ova dva lansiranja iznosi tri sekunde. Vođenje protivavionskog projektila do cilja obavlja se preko signala koje radar prima od cilja. Signale za vođenje projektila generiše radar za ozračavanje cilja i vođenje projektila na osnovu koordinata projektila i cilja (koje meri radar), a i preko podataka o praćenju cilja koje meri radiogoniometar ugrađen u vođenom projektilu (po principu praćenja cilja). Na taj način princip vođenja ko-

mbinuje prednosti komandnog vođenja i poluaktivnog radarskog samonavođenja, čime se obezbeđuje velika verovatnoća uništenja cilja u uslovima intenzivnog elektronskog ometanja, i u toku dejstva protiv više ciljeva na maloj visini.

Bojnu glavu vođenog projektila aktivira ugrađeni poluaktivni radio-upaljač. Režime ove operacije određuju radarski signali koji se prenose u protivavionski vođeni projektil, zavisno od tipa cilja i parametara leta cilja.

Radar za ozračavanje cilja i navođenje projektila sastoji se od antenskog stuba sa antenskim uređajem, primopredajne opreme, opreme za identifikaciju cilja, uređaja za podupiranje i rotiranje sa predajnikom podataka o azimutu, kontejnera za opremu sa više-funkcionalnim računarskim sistemom, radnih mesta za komandira i poslužioce, opreme za vezu, sredstava za registrovanje i obuku, autonomnih uređaja za snabdevanje električnom energijom ugrađenih na šasiji vozila.

Radar za ozračavanje i vođenje zahteva snagu od oko 130 kW, njegova masa sa šasijom iznosi 45500 kg, uključujući i antenski stub (11500 kg) i kontejner za opremu (9100 kg). Ukupne dimenzije radara su 14,5 x 3,15 x 3,80 m (dužina x širina x visina).

Lanser omogućava pripremu vođenog projektila pre lansiranja, njegovo lansiranje na signale radara za ozračavanje i vođenje, a i za prevoženje i uskladištenje projektila.

Protivavionski vođeni projektil je jednostepeno raketno oružje sa čvrstim gorivom. Njegova masa pri lansiranju iznosi 1900 kg, a dužina oko 7,5 m. Vođeni projektil se skladišti u transportno-lansirnom kontejneru. Nije mu potrebno nikakvo održavanje i provera u periodu od 10 godina. Masa projektila sa kontejnerom iznosi 2580 kg.

Vođeni projektil se lansira vertikalno iz kontejnera do visine od 25 m.

Kada projektil napusti lanser gasna kormila mu menjaju pravac leta. Projektil ubrzava do 1900 m/s u toku 12 s posle lansiranja. Njegov dalji let teče po putanji koja štedi energiju. Bočno g-opterećenje može da dostigne 20 jedinica.

Ovaj projektil ima poluaktivno samonavođenje, radio-upaljač, autopilota, sistem za komandovanje i vođenje, i eksplozivno punjenje — bojnu glavu mase 143 kg sa razorno-parčadnim dejstvom koja se aktivira pomoću radio-upaljača.

Sistem za komandovanje i vođenje 83M6E namenjen je da obezbedi komandovanje nad najviše 6 vođenih projektila S-300PMU-1, S-300PMU i S-200VE.

Sastoji se od stanice za vođenje i radara za otkrivanje.

Sistem za komandovanje i vođenje obezbeđuje komandovanje svim protivvazдушnim sistemima, koristeći sopstveni radar, podatke protivavionskih projektila i podatke primljene od sistema za komandovanje i vođenje viših nivoa komandovanja.

Stanica za vođenje i radar za otkrivanje ugrađeni su na šasiju kamiona, odnosno na zglobno (člankasto) terensko vozilo. Zahvaljujući svojoj velikoj taktičkoj pokretljivosti mogu da budu postavljeni u borbeni položaj i pripremljeni za rad za 5 minuta bez prethodne pripreme položaja za lansiranje. Oprema stanice za vođenje i radara za otkrivanje može da bude postavljena i u stacionarnim objektima.

Oprema stanice za vođenje smeštena je u jednom kontejneru u kojem se, takođe, nalaze i sistem višefunkcionalnog računara, radna mesta poslužilaca, oprema za registrovanje taktičkih podataka, sredstva za vezu sa: višim štabovima i sistemima kojima se komanduje, susednim sistemima za komandovanje i vođenje, a tu je, takođe, smešten i radar za otkrivanje ciljeva.

Stanica za vođenje u automatskom režimu obavlja sledeće borbene zadatke:

— upravljanje režimima skaniranja radara za otkrivanje ciljeva,

— »hvatanje« i jednovremeno praćenje do 100 ciljeva koje radar otkrije,

— identifikacija i ukupni pregled praćenja pomoću podataka radara za otkrivanje, protivvazdušnih sistema, suseda i podataka od viših nivoa komandovanja i upravljanja,

— identifikacija cilja,

— odabiranje ciljeva za napad i njihova raspodela između potčinjenih protivvazdušnih sistema,

— davanje podataka o označavanju ciljeva protivvazdušnim sistemima,

— garantovana kooperacija sistema u uslovima intenzivnog elektronskog ometanja,

— garantovana kooperacija sa susednim sistemima i višim nivoima komandovanja i upravljanja,

— registrovanje taktičkih podataka sistema za komandovanje i vođenje 83M6E i potčinjenih sistema,

— obuka posade sistema za komandovanje i vođenje pojedinačno i timski sa članovima posluga potčinjenih sistema.

Potrošnja električne energije stanice za vođenje je 85 kW. Ugrađena na šasiyu vozila ima masu od 39000 kg, uključujući kontejner za opremu (16000 kg). Ukupne dimenzije su 14,20 x x 3,15 x 3,80 m.

Radar funkcioniše u S-opsegu, otkriva ciljeve i meri njihove koordinate u uslovima interferencije eho signala od površine zemljišta, objekata na zemljištu, pasivnih i aktivnih ometača. Radar, takođe, obavlja identifikaciju cilja.

Visoke taktičke i tehničke karakteristike sistema S-300PMU-1 i sistema

za komandovanje i vođenje 83M6E, potvrđene su kroz brojna ispitivanja na zemlji i u vazдушnom prostoru, kao i lansiranja projektila protiv različitih ciljeva u uslovima intenzivnog ometanja. U završnim ispitivanjima lansirano je 40 vođenih projektila protiv 20 ciljeva koji su se nalazili u različitim tačkama zone uništenja. Pored toga, dobri rezultati ostvareni su i pri eksperimentisanju sa matematičkim modelima i modelima u neprirodnoj veličini kada su ovi rezultati upoređivani sa rezultatima koji su dobijeni prilikom eksperimentisanja sa modelima u prirodnoj veličini i u različitim borbenim situacijama.

Tabelarno dati podaci odražavaju visoke taktičke i tehničke karakteristike protivavionskog vođenog projektila S-300PMU-1 iz generacije S-300P. Sistem S-300PMU-1 poseduje novi vođeni projektil i lanser, radar za ozračavanje cilja i vođenje projektila koristi novi antenski uređaj, sistem digitalnog računara, opremu za prijem i obradu signala, i sredstva za vezu. Oprema je izrađena po novim konstruktivnim principima, a borbeni softver je kompletno nov.

Protivvazdušni sistem S-300PMU-1 i sistem za komandovanje i vođenje 83M6E proizvode se i nalaze se u operativnoj upotrebi od 1990. godine.

Sistem S-300PMU-1 ima znatna preimućstva nad američkim protivvazdušnim sistemom PATRIOT, koja se sastoje u sledećem:

— tehnika vertikalnog lansiranja, razvijena za sistem S-300PMU-1, ne zahteva okretanje lansera ka cilju,

— podizanje antenskog stuba radara za ozračavanje cilja i vođenje projektila omogućava dejstvo ka ciljevima koji lete na malim i ekstremno malim visinama u uslovima kada se sistem S-300PMU-1 nalazi u šumovitom i ispresecanom zemljištu,

— minimalna visina zone uništenja sistema S-300PMU-1 je 0,01 km, a

maksimalni domet 150 km, dok su te veličine za američki sistem PATRIOT 0,06 km i oko 100 km,

— vreme za pripremu sistema S-300PMU-1 za dejstvo iz marševskog položaja iznosi 5 minuta, dok je za sistem PATRIOT 30 minuta,

— masa bojne glave projektila sistema S-300PMU-1 je 143 kg, i ona je dovoljna za sigurno uništenje ciljeva, u prvom redu balističkih vođenih projektila. Kod sistema PATRIOT masa bojne glave iznosi 70 do 80 kg,

— faziranje (elementat po elementat) kod antenske rešetke obezbeđuje mogućnost upravljanja dijagramom usmerenosti antene,

*Osnovne taktičko-tehničke karakteristike grupe od šest sistema S-300PMU-1 i 83M6E*

Zona uništenja (km):	
— maksimalni domet	150
— minimalni domet	3 do 5
— maksimalna visina	27
— minimalna visina	0,01
Karakteristike cilja:	
— maksimalna brzina (km/h)	10000
— minimalna refleksiona površina cilja (m <sup>2</sup> )	0,02
Maksimalni dometi uništenja ciljeva (km):	
— taktički i strateški avioni	120 do 150
— strateške krstareće rakete (visina leta 0,06 do 0,1 km)	28 do 38
— balistički vođeni projektili	40
Verovatnoća uništenja cilja:	
— taktički i strateški avioni	0,8 do 0,93
— strateške krstareće rakete	0,8 do 0,95
Broj jednovremeno napadnutih ciljeva	36
— vođenih projektila	72
Vreme reagovanja (s)	8 do 10
Frekvencija lansiranja (s)	3
Vreme razvijanja za dejstvo (min)	5

— korišćenje niza signala sa velikim stepenom ponavljanja omogućava efikasne taktičke performanse u uslovima interferencije intenzivnih eho signala od površine zemljišta i objekata, oblaka i dipolnih odraživača. Sistem PATRIOT koristi samo impulsne signale.

P. Marjanović

## RAZVOJ AVIONA KONSTRUKTORSKOG BIROA MiG\*

Opitno-konstruktorski biro (OKB) počeo je sa radom decembra 1939. godine kada su osnovani opitni centar i konstruktorsko odeljenje pod rukovodstvom Artema Mikojana i njegovog pomoćnika Mihaila Gureviča za realizaciju projekta i izradu lovačkog aviona, a već 5. aprila 1940. poleteo je prvi lovački avion MiG-1, nazvan po inicijalima konstruktora. To je bio i početak rada konstruktorskog kolektiva koji je dao avione MiG.

U toku svih proteklih godina glavni pravac rada bilo je stvaranje novih borbenih aviona za RV i PVO. Bilo je razrađeno preko 200 projekata i izrađeno preko 120 novih aviona. Među njima su i u svetu najpoznatiji avioni MiG-3, I-250, MiG-9, MiG-15, MiG-17, MiG-19, MiG-21, MiG-23, MiG-25, MiG-27, MiG-29, MiG-31, koji su izrađivani u serijama različitih modifikacija, i masovno se nalazili u vazduhoplovnim jedinicama. Ukupno je izrađeno preko 55000 ovih aviona.

Avioni MiG postavili su 55 svetских rekorda u brzini, visini i brzini penjanja, a 21 od tih rekorda ni do danas nisu prevaziđeni, na primer, ap-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1994.

solutni rekord u visini od 37650 m (1977. godine) i rekordi u brzini penjanja na visine od 25, 30 i 35 km postignuti avionom MiG-25.

Za izradu aviona konstruktorskog biroa Mikojana korišćena je najsavremenija tehnologija, kako u korišćenju novih aerodinamičkih šema, tako i motora, sistema upravljanja, konstrukcijskih materijala, tehnoloških procesa i višefunkcionalnih sistema opreme i naoružanja.

Ovaj opitno-konstruktorski biro je pionir u razvoju krstarećih raketa vazduh-zemlja, zemlja-vazduh, strelastih krila, hermetičkih kabina, tricikl-stajnog trapa, sistema automatskog kočenja točkova i sedišta za izbacivanje.

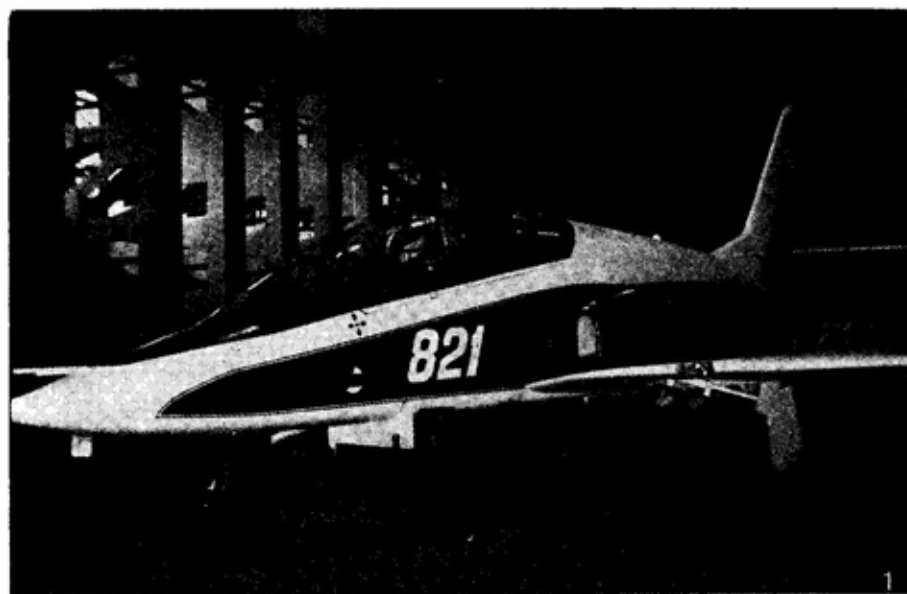
Pri konstruisanju aviona MiG prvi put su realizovana takva tehnička rešenja kao što su: servo-pogon za upravljanje na avionima MiG-15 i MiG-17, upravljivi stabilizator sa automatskim podešavanjem upravljanja na avionima MiG-19, čelična zavarena konstrukcija nosećih odseka zmaja aviona MiG-25, promena ugla strele krila u vazduhu na avionu MiG-23, integralna aerodinamička konfiguracija aviona MiG-

-29, kompleksni napadno-navigacijski sistem upravljanja naoružanjem aviona MiG-29, jedinstveni sistem upravljanja naoružanjem aviona MiG-31 sa većom zonom osmatranja radara po uglovima i daljini otkrivanja ciljeva i sa mogućnošću jednovremenog vođenja 4 raket vazduh-zemlja na 4 cilja.

Zajedno sa institutima i konstruktorskim biroima stalno su obavljani radovi na stvaranju i ispitivanjima eksperimentalnih aviona, letećih laboratorija za ispitivanje novih motora, različitih sistema i opreme.

U toku su završna ispitivanja modernizovanih aviona MiG-29M i MiG-31M, a radi se i na razvoju nove generacije lovačkih aviona. Prvi probno-eksperimentalni avion već je izrađen i nalazi se u fazi ispitivanja.

Za zamenu postojećih školsko-trenažnih aviona razvija se školsko-trenažni sistem MiG-UTK sa avionom MiG-AT (sl. 1) koji se razvija tako da će dve varijante aviona imati isti zmaj: za rusko RV sa ruskom opremom i rusko-francuski projekat sa opremom firme SEXTANT i motorima LARZAK firme GRTS.



Sl. 1 — Trenažni avion MiG-AT



Školsko-nastavni sistem MiG-UTK omogućuje obuku pilota savremenih i perspektivnih lovačkih aviona u svim etapama obuke, od početne do završne, uključujući obuku u elementima borbene upotrebe sa imitacijom gađanja. Sistem MiG-UTK sastoji se od aviona MiG-AT, kompjuterizovanih učionica, specijalizovanih trenažera i sistema za objektivnu kontrolu nivoa obuke pilota.

Avion MiG-AT ima visoke manevarske sposobnosti u dozvučnom dijapazonu brzina koji odgovara savremenim lovačkim avionima, modularni sistem elektronske opreme, sistem za daljinsko upravljanje koji se podešava za konkretni tip aviona, tako da se može obavljati obuka pilota za avione MiG-29, Su-27, MIRAGE 2000, F-16 i F-18.

Visoki stepen pouzdanosti sistema i motora i relativno mala potrošnja goriva obezbeđuju minimalnu cenu časa letenja i minimalne troškove programa u toku njegovog veka.

Pri upoređenju sa drugim školsko-trenažnim avionima, avion MiG-AT ima preimućstvo u pogledu manevars-

kih osobina, brzine penjanja, mase aviona, kao i niskih eksploatacionih troškova. Prvi let planiran je za maj 1995. godine.

U fazi razvoja nalazi se i transportni avion MiG-110 za prevoz tereta i putnika u svim klimatskim uslovima i u svako doba godine i dana, sa maksimalnom nosivošću od 5 tona.

Avion MiG-110 sa ravnim krilom velike vitkosti izrađen je sa trupom sa dve repne grede i ima dva turboelisna motora. U razvoju su različite varijante aviona MiG-110: kombinovana putničko-teretna i putnička, sanitetska, patrolna, za gašenje požara, traganje i spasavanje, poljoprivredna i školsko-trenažna. Po svojoj nosivosti, dimenzijama teretne kabine i doletu, avion MiG-110 ima karakteristike srednjih transportnih aviona. Za poletanje i sletanje koristi betonske i zemljane poletno-sletne staze ograničenih dimenzija, koje se mogu nalaziti i u planinama.

Prvi avion MiG-110 biće izrađen početkom 1996. godine, a predviđaju se verzije sa motorima i opremom zapaadne proizvodnje.

Tabela 1

Uporedni podaci za lovačke avione MiG-AT, HOUK-60 i ALFA-DŽET

	MiG-AT	HOUK-60	ALFA-DŽET
Tip motora	LARZAK	ROLS-ROJS	LARZAK
Potisak (kN)	2 x 14,12	1 x 25,30	2 x 14,12
Poletna masa (kg)	4610	5150	5000
Maksimalna poletna masa (kg)	5490	8600	8000
Masa goriva u unutrašnjim rezervoarima (kg)	1650	1360	1630
Maksimalna brzina (km/h)	850	1037	920
Praktični vrhunac leta (km)	15	15	14,2
Brzina penjanja (H=0) (m/s)	66	47	57
Dužina poletanja/sletanja (m)	450/570	550/500	420/500
Dugotrajno preopterećenje na H=4 km i M=0,5 (g)	5,5	4	4,2
Raspon eksploatacionih preopterećenja	-3 +8	-4 +8	-4 +8



Jedna od tekućih aktivnosti OKB je modernizacija lovačkih aviona MiG-21BIS (21-93). MiG-21 predstavlja ponos konstruktorskog biroa, a 5500 ovih aviona nalazi se u naoružanju 40 zemalja. Po nekim svojim karakteristikama, kao što su maksimalna brzina, visina leta, brzina penjanja, stabilnost i upravljivost, nivo maksimalnih preopterećenja, MiG-21 se nalazi na nivou

partnerima u pogledu primene različitih zapadnih sistema na modernizovanom avionu.

Modernizovani avion MiG-21-93 razlikuje se od svojih prethodnika po potpuno izmenjenoj avionskoj elektronici i naoružanju. Ugrađuje se nov sistem upravljanja naoružanjem na bazi radara »koplje« i sistema za ukazivanje ciljeva glavama za samonavođenje raketa (koji se nalazi na kacigi pilota). Tu spadaju i nova navigacijska sredstva, sredstva za vezu, sistem podataka iz vazduha, radio-visinomer, radio-kompas i radio-prijemnik fara-obeleživača. Predviđa se ugradnja savremenih raketnih projektila vazduh-vazduh RVV-AE sa aktivnom glavom za samonavođenje, R27T1 i R27Z1 sa IC i poluaktivnom radarskom glavom za samonavođenje, a takođe R-73E za blisku borbu sa IC glavom za samonavođenje.

Protiv ciljeva na zemlji mogu se koristiti protivradarske rakete X-31P i X-25MP, rakete vazduh-brod X-31A i bombe sa korekcijom putanje KAB-500KR sa televizijsko-korelacionom glavom za samonavođenje. Zadržano je bombardersko naoružanje, nevođene rakete i ugrađeni top 23 mm GŠ-23.

Po narudžbini mogu se ugraditi sredstva za elektronska protivdejstva, kontejneri za ubojna sredstva vazduh-zemlja, predviđeno je korišćenje zapadnih raketa vazduh-vazduh, vazduh-zemlja, nevođenih ubojnih sredstava, a moguća je i delimična zamenjena opreme. Jednovremeno se radi i na poboljšavanju vidljivosti iz kabine pilota ugradnjom prednjeg stakla, rešava se problem napajanja radara i naoružanja električnom energijom, ugrađuju se savremeni instrumenti i pokazivači u kabini, i obezbeđuju potrebni tehnički resursi.

Avion MiG-21-93 će moći, za razliku od svoga prethodnika, rešavati sledeće zadatke:

Tabela 2

Osnovne karakteristike aviona MiG-110

Posada (članova)	2
Broj i tip motora	2 x TV7-117CV
Snaga motora (kW)	2 x 1840
Visina krstarenja (km)	9 do 11
Brzina krstarenja (km/h)	500
Masa u poletanju (kg)	15300
Maksimalna komercijalna nosivost (kg)	5000
Dolet sa maksimalnom nosivošću (km)	1550
Dolet sa korisnim teretom od 3,5 t (km)	3100
Dolet sa maksimalnom količinom goriva (km)	4050
Dužina poletanja (H=0 km) (m)	600
Projektovani resurs (časova)	25000
Potrošnja goriva na 1 t/km (g)	220

savremenih lovačkih aviona u svetu. Konstrukcija aviona ima veliki resurs i trajnost, tako da će se njegova eksploatacija produžiti do 2005—2015. godine.

Međutim, avionska elektronika i naoružanje aviona, razvijeni krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina, više ne odgovaraju uslovima savremenog ratovanja. Mnogi korisnici su se obratili birou sa zahtevom za modernizaciju. Već je počela razrada tehničkih predloga sa mnogim inostranim

— borba raketnim projektilima na velikim daljinama uz jednovremeno gađanje dva cilja,

— korišćenje oružja po radarskim ciljevima i ciljevima na moru,

— korišćenje oružja velike tačnosti sa mogućnošću korekcije putanje.

Efikasnost u izvršavanju zadataka vazduh-vazduh porasla je do 8 puta, i veća je nego kod aviona F-16A, i MIRAGE 2000. Dostignuta je efikasnost aviona F-16S, MIRAGE 2000-5, dok je efikasnost gađanja ciljeva na zemlji porasla do 4 puta.

P. Marjanović

---

---

## KOSMIČKI SISTEM PROTON\*)

Analiza stanja na tržištu kosmičkih usluga pokazuje da postojeće ponude za lansiranje korisnih tereta u kosmos ne zadovoljavaju u potpunoj meri najavljene zahteve. Tim povodom postavlja se pitanje izgradnje savremenog kosmodroma za lansiranja zbog komercijalnih potreba radi postizanja finansijskog uspeha. Garancija za to je postojanje dobro konstruisanih serijskih nosača i startnog kompleksa, čiji bi smeštaj trebalo da bude u priekvatorskoj zoni Zemlje, odakle su lansiranja na geostacionarnu orbitu posebno pogodna sa energetskog aspekta.

Zbog toga nije slučajno interesovanje za kosmički sistem PROTON. Lansiranje teških kosmičkih aparata i stanica ruske proizvodnje obavlja se sada, uglavnom, sa startnih kompleksa koji su izgrađeni šezdesetih godina na kosmodromu »Bajkonur«.

Smatra se da raketa PROTON spada u najpouzdanije u svetu i da ima velike mogućnosti za izvođenje različitih kosmičkih programa. Ova raketa-nosač proizvodi se serijski preko 20 godina.

Visokom kotiranjju PROTONA na međunarodnom tržištu mnogo doprinosi pouzdanost, bezbednost u eksploataciji i ekološkičnost. Velika verovatnoća obavljanja zadatog programa u određeno vreme smanjuje troškove osiguranja kosmičkog aparata.

Startni kompleks PROTON od samog početka projektovan je i za obezbeđenje letova ka planetama Sunčevog sistema, što je zahtevalo povećane zahteve za pouzdanost. Pouzdanost startnog kompleksa obezbeđena je za naj-složenije uslove eksploatacije, čemu je doprinela i temeljna razrada svih detalja projekta, udvostručavanje, pa i utrostručavanje najodgovornijih sistema. Široko korišćenje automatike u procesu priprema pre starta i pri lansiranju dali su rezultat bez presedana u istoriji osvajanja kosmosa. Za skoro 30 godina bilo je 220 lansiranja bez ijednog udesa ili zakašnjenja zbog ljudske greške.

Konstruktori su posvetili veliku pažnju i bezbednosti ljudstva pri radovima u startnom kompleksu. Za vreme opasnih operacija punjenja rakete — nosača komponentama raketnog goriva na tornju za opsluživanje ni oko rakete nema nijednog čoveka. Upravljanje i kontrola radova vrši se iz zaštićenog fortifikacijskog objekta — komandnog mesta, koji je smešten na takvom rastojanju od lansirne rampe i sa takvom opremom za obezbeđenje aktivnosti, koja garantuje bezbednost posluge, čak i u slučaju najteže havarije rakete.

Spajanje magistrala goriva i oksidatora, električnih i pneumatskih instalacija rakete-nosača obavlja se daljinskim putem, uz korišćenje originalnih uređaja. Radi isključivanja mogu-

---

\*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1994.

ćeg curenja tečnosti i gasova ili neprihvatanja komandi, predviđeni su vizuelna kontrola obavljenog spajanja, automatizovani režim ispitivanja pod pritiskom spojeva i magistrala, i elektronska kontrola kontakata. Punjenje gorivom i oksidatorom ne obavlja se jednovremeno već se prvo pune rezervoari oksidatorom, a zatim gorivom, u »mekom« režimu, tj. bez korišćenja punog kapaciteta pumpnih uređaja. Na taj način povećava se pouzdanost startnog kompleksa i bezbednost rada, a gubici vremena se uzimaju u obzir u ukupnom vremenu pripreme pred lansiranje.

Ceo kompleks kosmodroma obezbeđen je snažnim i efikasnim protivpožarnim sistemom koji automatski aktivira protivpožarna sredstva prema signalima davača koji su razmešteni u svim objektima u kojima požar predstavlja opasnost, skladištima goriva, i sl. Predviđeno je da, u slučaju pojave žarišta požara na lansirnoj rampi, specijalni protivpožarni prsten zaštiti raketu, a požar se lokalizuje hidrantima kojima se upravlja daljinskim putem.

Konstruktori su pažljivo razradili sistem ekološke zaštite i očuvanja prirodne okoline u rejonu kosmodroma. Sistem ima višestepenu strukturu i predviđa neutralisanje štetnih činilaca koji se neizbežno javljaju pri pripremi rakete za kosmički let. Razgranat je sistem kontrole gasne sredine koji automatski upozorava o prevazilaženju granično dozvoljenih koncentracija para komponenata raketnog goriva i gasova koji se koriste u toku tehnološkog procesa u objektima na platformama kosmodroma. Punjenje gorivom obavlja se po zatvorenom ciklusu sa povraćajem para komponenata goriva u rezervoare.

Mogući viškovi komponenata raketnog goriva mogu se izbaciti u atmosferu samo posle njihove neutralizacije termičkim razlaganjem. Metoda predviđa razlaganje štetnih materija na be-

zopasne komponente pod najpovoljnijim temperaturnim uslovima za odvijanje procesa. Ovaj metod znatno prevazilazi metode hemijskog razlaganja ili dogorevanje para. Kao rezultat ovakve obrade, koncentracija otrovnih materija u odbačenim gasovima znatno je manja od norme koju je postavila medicina. Predviđa se da će nanošenje štete okolnoj sredini biti svedeno na minimum.

Ako ipak dođe do prolivanja komponenata, što je malo verovatno zbog višestruke daljinske instrumentalne i vizuelne kontrole hermetičnosti rezervoara, cevovoda i spojeva, tada se uključuje sistem spiranja, skupljanja i neutralizovanja isticanja. Ovaj sistem, takođe, predviđa razlaganje otrovnih materija.

Ideje i principi, ugrađeni u startni kompleks, prošli su kvalitetna proveravanja kroz višegodišnju eksploataciju u najtežim uslovima. Lansiranje u tačno planirano vreme, pri temperaturama vazduha od  $-40^{\circ}\text{C}$  do  $+50^{\circ}\text{C}$ , u svim uslovima padavina i jakih vetrova odvijala su se bez prekida. Startni kompleks sastoji se od dve platforme za obezbeđivanje maksimalne pouzdanosti lansiranja. One su međusobno udaljene 600 m, čime se garantuje opstanak celokupne opreme na jednoj platformi, ako na drugoj dođe i do najteže havarije. Istovremeno se održava kompaktnost razmeštaja svih objekata i mala dužina spojnih komunikacija.

Usvojena tehnologija horizontalnog sklapanja rakete i njeno prevoženje na lansirnu rampu, ne zahtevaju izgradnju visoke zgrade za montažu i ispitivanje, niti skupih sredstava i puteva ojačane nosivosti za njeno prevoženje. Raketa se dovodi na lansirnu rampu specijalnim železničkim vagonom kojeg pokreću 2 lokomotive. Posebnom stacionarnom konzolom raketa podiže se i utvrđuje na 6 oslonca lansirne rampe. Ovi oslonci ne sa-

mo da pouzdano pričvršćuju raketu svojim hvatačima već, uz pomoć hidrauličnog sistema, vrše precizno postavljanje rakete u vertikalnom položaju. Na njima se, takođe, nalaze sistemi za dovoz goriva i oksidatora kroz koje se pune sva tri stepena raketnog motora.

Sam startni uređaj, zahvaljujući uspešnoj konstrukciji gasovoda, najmanji je u svetu, a visina mu je samo 10 m. Lansirna rampa nema jarbole sa kablovima i cevovodima za punjenje goriva. Njihove funkcije obavlja specijalni originalni mehanizam za spajanje, smešten u sredini startnog uređaja, koji obezbeđuje dovoz i pouzdano spajanje sa donjim delom rakete oko 5000 električnih i pneumatikih komunikacija.

Na početku kretanja rakete mehanizam spajanja se podiže zajedno sa raketom, a zatim se odbacuje pomoću pneumatskih ubrzivača i zatvara pomoću oklopnih poklopaca. Slično funkcionišu i blokovi za razdvajanje gornjih magistrala na osloncima.

Za radove na raketi i kosmičkom aparatu koristi se pokretni toranj visine 60 m koji služi za održavanje i ima lift za podizanje posade kosmičkog broda i tereta. Pre starta rakete ovaj toranj se odvozi željezničkom prugom na bezbedno odstojanje.

Rad tehnoloških sistema i održavanje određenih uslova u objektima startnog kompleksa obezbeđuju sistemi za klimatizaciju, napajanje električnom energijom, snabdevanje vodom, kanalizacija, osvetljenje, veze, osmatračke i reportažne televizije sa svojim sistemima za daljinsko upravljanje.

Izdržljivost opreme, koja ne zahteva veliki obim radova na opravkama ili obnavljanju posle lansiranja, pruža mogućnosti da se, uz ritmičan rad i cikličan dovoz raketa-nosača, kosmičkih letelica i potrošnog materijala, sa

ovog kosmodroma može godišnje obaviti 15 do 20 lansiranja.

Karakteristike ruskog kosmodroma svrstavaju ga među najbolje na svetu, što privlači pažnju mnogih firmi. Tako se u fazi prethodnog razmatranja nalazi izgradnja kosmičkog aerodroma za tihoookeanski kosmički centar, na ostrvima Papua i Nova Gvineja, na osnovu ideje iz Australije. Jedna od firmi (Space Transportation Systems), koja treba da ostvari projekat, odabrala je za generalnog projektanta ruski konstruktorski biro za projektovanje startnog i tehničkog kompleksa.

P. Marjanović

---

## MOBILNI PROTIVBRODSKI OBALSKI SISTEM BAL-E\*)

Obalska odbrana bilo koje priobalne zemlje ima veoma važnu ulogu u sistemu oružanih snaga. Savremene potrebe za izvođenje borbenih obalskih operacija predviđaju, pre svega, razvoj mobilnih obalskih sistema koji mogu da obezbede odbranu dugih deonica obala, i prikriven pokret do lansirnih položaja u različitim oblastima.

Jedan od najsavremenijih mobilnih obalskih odbrambenih raketnih sistema je BAL-E, koji je u fazi razvoja, a prototip je u fazi izrade. Obalski odbrambeni raketni sistem sa vođenim projektilima namenjen je za dejstvo protiv površinskih brodova, čamaca, amfibijskih brodova pri njihovom približavanju obalama, oko ostrva i u tesnacima u uslovima kada protivnik primenjuje elektronska pro-

---

\*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—jun 1995.

tivdejtva. Ovi sistemi poseduju veliku pokretljivost, a potrebno im je kratko vreme pripreme za dejstvo.

Sistem obalske odbrane BAL-E može da lansira protivbrodske vođene

Sistem obalske odbrane BAL-E, pored vođenih projektila, sastoji se od dva samohodna centra za komandovanje, vođenje i održavanje veze, četiri samohodna lansera (sl. 1), četiri vozi-

*Osnovne taktičko-tehničke karakteristike sistema BAL-E*

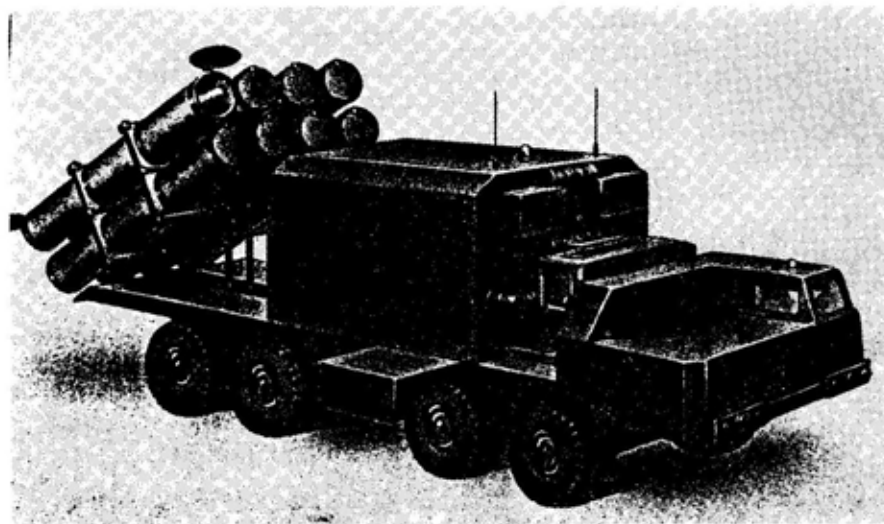
Maksimalni domet (km)	115 do 120
Minimalni domet (km)	7
Maksimalni broj vođenih projektila na samohodnom lanseru (kom.)	8
Maksimalno vreme za uvođenje u dejstvo (min)	10
Snaga autonomnog izvora napajanja (kW)	45 (naizmjenična struja) 10 (istosmerna struja)
Napon autonomnog izvora napajanja (V)	220 (naizmjenična struja) 27 (istosmerna struja)
Frekvencija naizmjenične struje (Hz)	400
Maksimalna brzina na putu (km/h)	60
Akcioni radijus (km)	850

projektila pojedinačno ili grupno, i da ostvari vrlo visoku preciznost.

Okosnicu obalskog sistema čini protivbrodski vođeni krstareći projektil sa aktivnim samonavođenjem i inercijalnim i radarskim vođenjem, unificiran za pomorske i obalske nosače, smešten u transportno-lansirnim kontejnerima.

la za transport i popunu i zemaljske opreme za održavanje svih vozila i pripremu sistema obalske odbrane za dejstvo.

Postoje različite varijante sistema. U osnovnoj verziji jedno vozilo za komandovanje, vođenje i održavanje veze je aktivno, dok je drugo u stanju dežurstva. Zbog postojanja dva vozila



Sl. 1 — Lanser mobilnog protivbrodskog obalskog sistema BAL-E

za komandovanje, vođenje i održavanje veze, pasivni kanal sistema za označavanje cilja može se koristiti sa punim kapacitetom. Četiri vozila za transport i popunu obezbeđuju ponovno lansiranje, čime se materijalno povećava borbena efikasnost sistema.

Sva vozila sistema BAL-E su na unificiranoj šasiji terenskog kamiona. Postojanje sredstava za noćno osmatranje, navigacijske i topografske opreme omogućavaju vozilima da brzo menjaju lansirne položaje i položaje za ponovno punjenje posle obavljanja borbenog zadatka, kao i da se rastre-

*Osnovne taktičko-tehničke karakteristike centra za komandovanje, vođenje i održavanje veze*

Ukupna masa (kg)	38200
Masa utovarene opreme (kg)	16500
Dužina (mm)	14650
Sirina (mm)	3100
Visina (mm)	4050
Maksimalna brzina (km/h):	
— po putu	60
— van puta	20
Potrošnja goriva na 100 km (litara)	80
Zapremina rezervoara za gorivo (litara)	700
Posada (članova)	7

sito rasporede u nove rejone u svim vremenskim uslovima, danju i noću.

Svi sistemi vozila napajaju se električnom energijom na vatrenom položaju i u toku marša iz autonomnog izvora naizmjenične i istosmerne struje pogonjenog gasno-turbinskim motorom. Pored toga, svako vozilo ima rezervni izvor električne energije kojeg pokreće izvod od kolenastog vratila motora vozila. Ovakvo rešenje napajanja električnom energijom, zajedno sa drugim merama, obezbeđuje visoki stepen opstanka sistema i omogućava autonomno korišćenje svih vozila.

Upotreba automatizovanog sistema BAL-E direktno zavisi od stabilnosti, kontinuiteta, operativne efikasnosti i poverljivosti borbenog rukovođenja i sistema za održavanje veze. Održavanje veze u sistemu poseduje sve potrebne kvalitete zahvaljujući digitalnim metodama prenosa podataka, automatizovanim kompleksima koji se koriste za uspostavljanje veze, obradu i distribuciju informacije i obezbeđuju njihovu poverljivost.

*Osnovni taktičko-tehnički podaci za lanser*

Ukupna masa (kg)	40000
Masa utovarene opreme (kg)	18300
Dužina (mm)	13500
Sirina (mm)	3100
Visina (mm)	4000
Broj projektila u lanseru (kom.)	do 8
Maksimalna brzina (km/h):	
— po putu	60
— van puta	20
Posada (članova)	6

Sistem protivbrodskih vođenih projektila može da lansira pojedinačno vođene projektele iz bilo kojeg lansera ili grupu željenog broja projektila u bilo kojoj kombinaciji iz različitih lansera na nekoliko ciljeva, sa položaja koji se nalaze na visinama od 0 do 1000 m iznad morske površine, sa prirodnim ili veštačkim preprekama u smeru lansiranja.

Samohodno vozilo za komandovanje, vođenje i vezu namenjeno je za:

— centralizovano borbeno upravljanje sistemom u toku kretanja ka lansirnim ili alternativnim položajima, u toku prelaženja u borbeno dejstvo, i u toku gađanja;

— generisanje i prenošenje komandi i signala ka lanserima i prijem njihovih izveštaja;

— prikupljanje, integrisanje i prikazivanje podataka o stanju sistema u



toku izvršavanja borbenog zadatka, protivničkim operativnim snagama i vlastitim brodovima u zoni koju štiti sistem obalske odbrane, na osnovu informacija dobijenih od viših nivoa komandovanja, udaljenih osmatračkih stanica i drugih izvora;

— generisanje podataka o označavanju protivničkih brodova kao ciljeva u okviru zone dejstva sopstvenog radara ili radara rezervnog vozila za komandovanje, vođenje i održavanje veze koji zajedno rade u pasivnom režimu, kao i prenos podataka za označavanje cilja do lansera;

— generisanje komandi za grupno lansiranje vođenih projektila sa raspodelom lansera po ciljevima i prenos tih komandi odgovarajućim lanserima;

— registrovanje digitalnih i govornih informacija.

Centar za komandovanje, vođenje i održavanje veze, namenjen za upravljanje borbenim dejstvima, ugrađen je na standardnim nosačima šasijske kamiona, i opremljen autonomnim izvorom napajanja električnom energijom. Smešten je u kontejneru podeljenom u tri odeljenja. U zadnjem odeljenju, koje nije hermetizovano, nalazi se radarska antena i uređaj za njeno podizanje iz marševskog u radni položaj. U prednjem hermetizovanom odeljenju nalaze se tri poslužioaca, radarski instrumenti i oprema, sistemi za raspodelu ciljeva i upravljanje lansiranjem projektila, sredstva za automatizovano održavanje veze između korisnika, uređaj za noćno osmatranje i druga oprema. Instrumenti i oprema koji se ne koriste u toku izvođenja borbenih dejstava smešteni su u srednjem odeljenju koje je, takođe, hermetizovano. Ova dva odeljenja obezbeđuju klimatizovane uslove koji su potrebni za normalni rad opreme i posade.

Samohodni lanser namenjen je za pripremu i lansiranje projektila, a mo-

že da dejstvuje kao potčinjena jedinica ili samostalno.

Lanser je izrađen kao zavareni koštur-ram koji je ugrađen na standardnoj šasiji kamiona. Samohodni lanser sastoji se od borbenog komandnog mesta, autonomnog izvora električne energije i lansera. Borbeno komandno mesto nalazi se u odeljenju za smeštaj posade, opreme za proveru i lansiranje vođenog projektila, sredstava za automatizovano održavanje veze i razmenu informacija između centra za komandovanje, vođenje i održavanje

*Osnovne taktičko-tehničke karakteristike vozila za transportovanje i popunu*

Masa bez grupe lansirno-transportnih kontejnera (kg)	33500
Masa potpuno utovarenog vozila (kg)	42500
Raspored masa vozila (kg)	
— dva prednja mosta	20170
— dva zadnja mosta	22330
Dužina (mm)	13825
Visina (mm)	3950
Širina bez grupe lansirno-transportnih kontejnera (mm)	3200
Širina sa grupom lansirno-transportnih kontejnera (mm)	3620
Kapacitet podizanja manipulativnog kрана (kN)	88,29
Maksimalni poluprečnik manipulativnog kрана (mm)	5800
Trajanje popune (min)	30
Posada (članova)	2
Maksimalna brzina (km/h):	
— po putu	60
— van puta	20

veze i drugih lansera, sredstava za izviđanje i označavanje cilja i druge opreme.

Konstrukcija lansera je varena a grupa od osam transportno-lansirnih kontejnera podiže se iz transportnog (horizontalnog) položaja do položaja za lansiranje (35°) pomoću hidrauličkog sistema.



Vozilo za transport i popunu namenjeno je za prevoz grupe transportno-lansirnih kontejnera sa vođenim projektilima do mesta gde će se obaviti ponovno punjenje lansera, kao i za postavljanje grupe lansera na vozilo za lansiranje.

Osnovu vozila sačinjava šasija kamiona sa ugrađenim manipulativnim kranom, autonomnim izvorom električne energije, četiri preklapajuća oslonca i platformom na koju se postavlja i pričvršćuje grupa transportno-lansirnih kontejnera sa vođenim projektilima. Manipulativni kran i preklapajući oslonci pokreću se pomoću autonomnog hidrauličkog sistema. Ovo vozilo je, takođe, opremljeno uređajem za noćno osmatranje i sredstvima veze.

U toku procesa razvoja sistema izrađen je eksperimentalni lanser, a lansirani su i školski projektili radi potvrđivanja korektnosti usvojene koncepcije. Struktura i kompozicija obalskog sistema BAL-E slična je američkom sistemu HARPOON GLASS. Za razliku od njega, sistem BAL-E ima veću brzinu gađanja zahvaljujući kraćem intervalu između lansiranja. Kraći interval između lansiranja projektila, posebno u koordiniranom masovnom dejstvu nekoliko bataljona (baterija), obezbeđuje veliku gustinu vođenih projektila koji preleću zonu protivvazdušne odbrane protivničke operative grupe brodova i povećava efikasnost gađanja. Pored toga, protivbrodski krstareći projektil, koji se koristi u sistemu BAL-E, ima veću efikasnost i manju refleksionu površinu od projektila sistema HARPOON i lakši je, što omogućava postavljanje osam projektila u lanser. Značajno je i to što sistem BAL-E omogućava lansiranje projektila u rafalima iz celog sistema, tako da istim brojem lansera u bataljonu ostvaruje veću vatrenu moć.

P. Marjanović

## RUSKI RAKETNI ČAMCI\*)

Pedesetih godina u SSSR-u konstruisano je nekoliko tipova vođenih projektila brod-brod. Jedna grupa konstruktora konstruisala je krstareće rakete za podmornice koje su imale oznake P-10 i P-5. Na žalost, nijedan od ovih krstarećih projektila nije mogao da bude smešten u podmornice zbog svojih velikih dimenzija.

Zbog toga je konstruisan specijalni protivbrodski sistem sa krstarećim raketnim projektilom P-15, za ugradnju u novu klasu brodova. Konstrukcija raketonosaa tekla je jednovremeno sa konstrukcijom raketnog sistema. Brod-raketonosaa dobio je oznaku 183R.

Neposredno nakon ove prve varijante konstruisan je specijalni raketni čamac, koji su na zapadu nazvali OSA, naoružan sa 4 krstareća raketna projektila koji su bili smešteni u hangarima (a na kasnijim modifikacijama u kontejnerima). Od 1957. do 1970. godine bilo je izrađeno preko 400 ovih čamaca (projekt-205), a eksportne verzije prodate su u 22 zemlje.

Borbena dejstva u toku četvrtog izraelsko-arapskog rata, oktobra 1973. godine, otkrila su ne samo dobre već i loše karakteristike tih čamaca i njihovog naoružanja. Došlo se do saznanja da raketni čamci mogu pouzdano da uništavaju krupnije i sporije ciljeve, ali da nisu osposobljeni za borbu protiv manevarskih ciljeva manjih dimenzija. Odbrambeno naoružanje raketnih čamaca iz projekta 205 — dva topa AK-230 — nije omogućavalo da se nastavi efikasna borba posle utroška raketa. Mala brzina nije uvek omogućavala da se raketni čamci odvoje od protivničkih pratilaca. I, na kraju, neočekivani protivnik raketnih

\*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1994.

čamac postali su helikopteri, naoružani protivoklopnim raketnim projektilima.

Iskustva stečena prilikom borbene upotrebe raketnih čamaca pokazala su da bi bilo nužno da im se povećaju brzina i plovnost na moru, ojača artiljerijsko naoružanje i sredstva PVO i usavrši protivbrodski raketni projektil povećanjem dometa i brzine. Radovi koji su se odvijali u tome pravcu doveli su do razvoja novih projekata.

Najrevolucionarniji projekt bio je 1241 MOLNIJA (munja), na Zapadu nazvan TARANTUL, čiji je razvoj počeo 1970. godine. Prototip ovog čamca bio je izrađen 1978. godine. Pored uništavanja površinskih brodova, ovi raketni čamci mogli su obavljati patrolne zadatke, blokiranje luka i baza, i nanošenje udara po vitalnim obalskim instalacijama.

Prva modifikacija projekta odlikovala se novom dvoosovinskom kombinovanom pogonskom grupom po šemi COGAG, koja se sastoji od 2 gasno-turbinska motora pojedinačne snage po 8832 kW za punu brzinu, i dva gasno-turbinska motora snage po 2944 kW za brzinu krstarenja sa mogućnošću vožnje unazad.

Pogonska grupa, ukupne snage 23552 kW, obezbeđuje čamcu punu brzinu od 43 čvora. Daljina plovidbe ekonomičnom brzinom od 12 do 14 čvoroza iznosi 1600 nm, a autonomija plovidbe je 10 dana. Korito čamca sa ravnom palubom izrađeno je od čelika, a nadgradnja je od lake legure. Pri najvećoj dužini korita od 65,1 m i širini od 10,2 m standardni deplasman je 385 t, a puni 455 t. Srednji gaz pri punom deplasmanu iznosi 2,2 m. Posadu sačinjava 38 članova, od toga 5 oficira.

Osnovno naoružanje je sistem TERMIT, koji se sastoji od 4 protivbrodska raketna projektila P-21 ili P-22

(SS-N-11). Za razliku od čamaca 305M i 206MR, raketni projektili su smešteni u udvojenim lansirnim kontejnerima uz bokove u srednjem delu čamca u nadgradnji, pod uglom od 9° u odnosu na horizont. Za razliku od prethodnih modifikacija sistema, raketni projektili su u stanju da lete na malim visinama, čime se otežava njihovo otkrivanje i presretanje. Na srednjem delu putanje raketu vodi programirani autopilot sa visinomerom, dok na završnom delu putanje stupa u dejstvo aktivna radarska glava za samonavođenje. Domet rakete je 80 km, visina leta — 25 i 50 m, a pri dolasku u rejon cilja visina leta se smanjuje na 2,5 m. Krstareća raketa je dužine 6500 mm, ima poletnu masu od 2500 kg, dok je masa razorne bojne glave 500 kg.

Na pramčanom delu palube postavljen je univerzalni jednocevni automatski brodski top AK-176, kalibra 76,2 mm, kome je, na taj način, omogućen najpovoljniji sektor gađanja po azimutu 360°, a po elevaciji od —10 do +80°. Zahvaljujući velikoj brzini gađanja od 120 do 130 metaka/min, brodski top može da uništi ciljeve velikih brzina u vazдушnom prostoru i neoklopljene površinske ciljeve na daljini do 15,7 km. Borbeni komplet municije je 152 metka sa dve vrste projektila: protivavionski sa radio-upaljačem i parčadno-razorni, mase 5,9 kg. Nišanjeenje topom može se obavljati automatski pomoću pogona za praćenje radara MR-123 VIMPEL (zastavica za obeležavanje), poluautomatski ili ručno.

Za efikasnu samoodbranu od protivbrodskih raketnih projektila, aviona i helikoptera na krmenom delu palube postavljena su dva lafeta AK-630M sa šestocevnom automatskim topom 30 mm AO-18. Brzina gađanja topa je 5000 metaka/min, a upravljanje je daljinskim putem: od radara VIMPEL ili pomoću vizira. Obrtni blok cevi se hladi pomoću tečnosti. Ugao elevacije je

u granicama od  $-12^{\circ}$  do  $+88^{\circ}$ , a ugao azimuta  $180^{\circ}$ . Borbeni komplet municije ima 2000 metaka sa dve vrste projektila: parčadno-razorno-zapaljivi i parčadno-osvetljavajući. Može se upotrebljavati ne samo protiv ciljeva u vazдушnom prostoru već i protiv ciljeva malih dimenzija na površini vode, plovnih mina i žive sile na kopnu.

Radi samoodbrane na čamcima su ugrađeni četvorostruki lanseri projektila brod-vazduh »strela-2M« (SA-N-5) ili STRELA-3M (SA-N-8). Raketni projektili su dvostepeni sa čvrstim gorivom i pasivnim IC glavama za samonavođenje. Raketni projektil 9M36

sistema STRELA-3M, ima veliku zonu dejstva: od 500 do 5000 m po daljini, i 10 do 3500 m po visini, snažniju bojnu glavu, kriogeno hlađenje bojne glave i poboljšanu zaštitu od ometanja. Može da napada ciljeve, kako u prednjoj, tako i u zadnjoj polusferi. Borbeni komplet se sastoji od 16 vođenih raketa.

U elektronsku opremu spadaju radar za otkrivanje površinskih ciljeva i ukazivanje cilja raketnom naoružanju, radar za upravljanje artiljerijskom vatrom, navigacijski radar, sredstva za protivelektronska dejstva i ometanje, sredstva za identifikaciju i vezu.



Sl. 1 — Raketni čamac po projektu 12411 (TARANTUL-III)

Nakon prve modifikacije projekta 1241, za potrebe RM SSSR izrađena su 23 čamca, dok je za izvoz razrađen projekt 1241RE koji se razlikuje po sastavu radarske opreme.

Dalji razvoj raketnih čamaca, po projektu 1241, kretao se u dva pravca: ka modernizaciji naoružanja i usavršavanju pogonske grupe. U jednom od serijskih čamaca u pramčanom motorском odeljenju bila su ugrađena, radi eksperimenta, dva dizel-motora M-510, koji su korišćeni u čamcima iz projekta 205 i 206MR. To su 56-cilindarski četvorotaktni motori snage 3680 kW pri 2000 min<sup>-1</sup>. Kombinovani dizel-turbinski uređaj omogućio je pri jednovremenom radu dizel-motora i turbine brzinu od 41 čvora. Pri tome, daljina plovidbe je iznosila 2400 nm. Ispitivanja su pokazala da se sa takvim rešenjem na ekonomičnoj brzini znatno smanjuje specifična potrošnja goriva.

Isti pogonski uređaj bio je primenjen i na serijskim čamcima nove modifikacije projekta 1241, koja je na Zapadu dobila naziv TARANTUL III (sl. 1). Pored zamene motora, ova varijanta, koja se izrađuje od 1981. godine, dobila je i novo udarno oružje — protivbrodski raketni sistem sa nadzvučnom krstarećom raketom 3M80 (SS-N-22) koja je namenjena za uništavanje površinskih brodova u uslovima savremenih i perspektivnih elektronskih protivdejtava protivnika.

Isto kao i TERMIT, ovaj protivbrodski raketni sistem bio je razrađen u konstruktorskom birou RADUGA (duga) i po mnogim parametrima bitno prevazilazi svoje prethodnike. Protivbrodska raketa ima snažniju bojnu glavu prodornog tipa, čija je masa 300 kg. Masa rakete pri lansiranju je 3950 kg, a domet 120 km. Kombinacija male visine leta (do 20 m, a pri približavanju cilju smanjuje se do 7 m) sa velikom brzinom leta do 2540 km/h krajnje otežava presretanje rakete brodskim sistemima PVO, kako postoje-

ćim, tako i perspektivnim. Velika kinetička energija (krstareća raketa je 6 puta teža i 4 puta brža od francuske EXOCET) omogućuje da se cilj bukvalno preseče.

Dva udvojena lansirna kontejnera postavljena su na bokovima srednjeg dela čamca u nadgradnji. Spolja se razlikuju od prethodnih modifikacija po tome što je protivbrodska raketa 3M-80 veća. Njena dužina je 9,385 m a razmah krila 1,30 m. Pogonska grupa rakete je kombinovana: ima marševski nadzvučni protočni nabojno-mlazni motor i umetnuti startni raketni motor na čvrsto gorivo.

Kombinovani sistem vođenja, u sklopu inercionog navigacijskog sistema i aktivno-pasivne radarske glave za samonavođenje, obezbeđuje visoki stepen verovatnoće pogađanja cilja, čak i u uslovima elektronskog ometanja protivnika. Za ciljeve tipa grupe čamaca ili brodske udarne grupe ta verovatnoća je 0,99, a za konvoje i desantne sastave iznosi 0,94.

Efikasnost korišćenja raketnih sistema meri se brojem raketa koji je potreban za onesposobljavanje cilja. Za protivbrodski raketni sistem 3M-80 taj pokazatelj je 1,2 za cilj tipa razarača, ili 1,5 za transportni brod sa deplasmanom do 20000 t. Drugim rečima, pri naznačenoj verovatnoći pogađanja dovoljne su dve rakete za uništenje broda protivnika, a treba imati u vidu da raketni čamac nosi 4 rakete.

Novi protivbrodski raketni sistem odmah je privukao pažnju zapadnih stručnjaka i specijalnih službi. U SAD ovaj sistem nosi oznaku SS-N-22, a u NATO — SUNBURN (opekotina od sunca).

Usavršavanje raketnih čamaca po projektu 1241 nije zaustavljeno. U poslednje vreme razvijene su 2 nove modifikacije — 12417 i 12418. Kod prve modifikacije ojačano je odbrambeno naoružanje. Umesto brodskih topova

AK-630M, na krmi je ugrađen PVO sistem KAŠTAN (kesten), namenjen za presretanje protivbrodskih raketa, vođenih avionskih bombi i drugih malih ciljeva u vazдушnom prostoru. Na daljinama od 1,5 do 8 km taj zadatak je poveren raketnim projektilima, a na rastojanjima od 0,5 do 1,5 km — artiljerijskim oruđima. U sastav sistema »kaštan« ulaze 4 lansera vođenih raketa brod-vazduh, 2 automatska topa 30 mm, radar i televizijski sistem za praćenje. Vođeni projektil brod-vazduh ima dvostepeni motor na čvrsto gorivo, parčadno-šipkastu bojnu glavu, a unificiran je sa raketama 9M311 sistema TUNGUSKA. Ukupna brzina gađanja oruđa je 10000 metaka/min, ceo sistem postavljen je na jednom lafetu koji se navodi po azimutu i mesnom uglu cilja. Raketa brod-vazduh vodi se preko radio-komandi. Po ovom projektu preuređen je serijski čamac R-71.

Za raketni čamac po projektu 12418 predviđeno je novo udarno naoružanje — taktički protivbrodski ra-

ketni sistem »uran« sa dozvučnom krstarećom raketom X-35, koja je izrađena prema normalnoj aerodinamičkoj šemi i ima sklapajuće krilo i repne površine. Uvodnik vazduha marševskog turbo-mlaznog motora smešten je u donjem delu tela. Krstareća raketa ima startni motor na čvrsto gorivo i krstaste sklapajuće repne površine velike vitkosti. Sistem vođenja je kombinovan — ima inercijalni navigacijski sistem i aktivnu radarsku glavu za samonavođenje u završnom delu putanje leta, koja je otporna na elektronsko ometanje. Domet rakete je 130 km. Velika brzina rakete (300 m/s) i mala visina leta (3 do 5 m) znatno otežavaju njeno presretanje. Dužina rakete je 4400 mm, masa pri lansiranju — 600 kg, a masa parčadno-razorne bojne glave 90 kg. Na čamcu je smešteno 16 krstarećih raketa koje su, u transportno-lansirnim kontejnerima, grupisane po 4. Raketni čamci po projektu 12418 predviđeni su i za izvoz.

P. Marjanović



NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5  
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 23-403  
Telefax: 644-042, žirc-račun: 40823-849-0-2393

## NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za 1995. godinu, i to:

1. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 30,00 dinara, polugodišnja pretplata 15,00 dinara; .....
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ), izlazi dvomesečno, u koloru, sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Godišnja pretplata 60,00 dinara, polugodišnja pretplata 30,00 dinara; .....
3. VOJNO DELO (opštevojni teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 40,00 dinara, polugodišnja pretplata 20,00 dinara. ....

primeraka

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun NIU »VOJSKA«: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopise slati na adresu:

Kupac .....  
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ..... ul. .... br. ....

Dana: ..... 199..... god.

M.P.

.....  
Potpis naručioca



## *Uputstvo saradnicima*

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, organizaciju i stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim porredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicija na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

REDAKCIJA

**LEKTOR**

Dobriła Miletić, prof

**KORICE**

Miojko Milinković

**KOREKTOR**

Bojana Uzelac

Cena: 10,00 dinara

Tiraž: 1500 primeraka

---

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis »Vojnotehnički glasnik« je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.

---

