

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik  
SLAVKO BRSTINA

UREDIVAČKI ODBOR

General-major  
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)General-major  
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika)General-major  
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.General-potpukovnik  
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.General-major  
dr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.General-major  
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.General-major  
MILAN UZELAC, dipl. inž.Profesor  
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.Profesor  
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILAN ŠUNJEVARIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)Pukovnik  
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.Pukovnik  
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

\* \* \*

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik  
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.  
(tel. 646-277)Urednik  
Potpukovnik  
Stevan Josifović, dipl. inž.  
(tel. 646-277)Sekretar redakcije  
Zora Pavličević  
(tel. 642-653)ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.  
Pretpлата: 645-020, žiro-račun: 40818-637-9-  
6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054. Godišnja  
pretplata 210,00 dinara. Rukopisi se ne  
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija – Beograd,  
Generala Ždanova 40b.STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI  
G L A S N I K

6

GODINA XLVII • NOVEMBAR–DECEMBAR 1999.

*Čitaocima  
i saradnicima  
čestitamo*

*Novu godinu*

*Redakcija*

## SADRŽAJ

<b>Dr Nenad Dodić,</b> dipl. inž.	NOVA KONCEPCIJA UPRAVLJANJA VATROM PROTIVAVIONSKOG TOPA .....	5
<b>Profesor dr Momčilo Milinović,</b> dipl. inž.	ODREĐIVANJE OPTIMALNE VARIJANTE UGRAĐENOG MERNOG ELEMENTA U ELEKTRONSKOM SISTEMU .....	15
<b>Mr Dušan Korolija,</b> potpukovnik, dipl. inž.	OBJEDINJENE BEŽIČNE TELEKOMUNIKACIJE – SLEDEĆI KORAK U RAZVOJU GLOBALNE PERSONALNE TELEKOMUNIKACIONE MREŽE .....	33
<b>Dr Branislav M. Todorović,</b> dipl. inž.	MODEL OTKRIVANJA I ANALIZE NAJMANJE POUZDANIH DELOVA VOZILA .....	44
<b>Nenad Kovačević,</b> dipl. inž.	UTICAJ FLEGMATIZATORA NA BRZINU DETONACIJE OKTOGENA .....	54
<b>Mr Ljubiša Brkić,</b> potpukovnik, dipl. inž.	PROJEKTOVANJE ORGANIZACIONIH STRUKTURA UPRAVNIH ORGANA SAOBRAĆAJNE SLUŽBE ....	62
<b>Dr Mirjana Anđelković-Lukić,</b> dipl. inž.	PRIMENA BIMETALNIH MATERIJALA KOD HABAJUĆIH ELEMENATA U INDUSTRIJI .....	72
<b>Mr Boban Đorović,</b> kapetan I klase, dipl. inž.	ŠESTA MEĐUNARODNA NAUČNA KONFERENCIJA ŽELEZNIČKIH STRUČNJAKA JUŽEL'99 – PRIKAZ STRUČNOG SKUPA .....	82
<b>Dr Vlado Radić,</b> potpukovnik, dipl. inž.	PERSONALNI RAČUNARI I POSLOVNA KORESPONDENCIJA – PRIKAZ KNJIGE .....	84
<b>Dr Dragutin Jovanović,</b> pukovnik, dipl. inž.		
<b>Ilija Mandarić,</b> pukovnik, dipl. inž.		

---

### PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

---

TUNGUSKA postaje još efikasnija – M.K. ....	88
Razvoj savremene artiljerijske municije – M.K. ....	91
Novi automati KALAŠNJKOV – AK-107/AK-108 – V.R. .	94
Okončanje isporuke samohodnog artiljerijskog sistema PALADIN – V.R. ....	95
Nove generacije borbenih vozila točkaša – M.K. ....	97
Avion MiG-29SMT za ruske vazduhoplovne snage – M.K. .	98
Avionski radar određuje koncepciju pete generacije lovaca – M.K. ....	100

Ispitivanje modernizovanog helikoptera Mi-24 – V.R. . . . .	102
Potpuno zaštićeno transportno vozilo – V.R. . . . .	104

---

### TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

---

Visokoefektivno oružje AGM-154A JSOW – M.M. . . . .	106
„Meka“ bomba CBU-94/BLU-114/B – M.M. . . . .	106
Nova generacija vođenih avio-bombi – M.M. . . . .	108
Vođena raketa vazduh–zemlja AGM-130A – M.M. . . . .	109
Španska adaptacija automatske puške 5,56 mm – M.K. . . .	110
Borbeno vozilo BMD-3 – M.K. . . . .	110
Ispitivanja modularne kupole – V.R. . . . .	111
Oklopni transporter iz Saudijske Arabije – V.R. . . . .	112
Ispitivanja tenka CHALLENGER 2E u Grčkoj – M.K. . . . .	112
Modernizacija helikoptera Mi-24 – M.K. . . . .	113
Nova generacija borbenog trenaznog aviona JAK-130 – M.K.	114
Uvođenje helikoptera ROOIVALK u upotrebu – V.R. . . .	115
Ubrzavanje nabavke aviona F-22 RAPTOR – V.R. . . . .	116
Brodski školsko-borbeni avion Su-27KUB – M.K. . . . .	116
Patrolni čamac MIRAŽ PK-500 – M.K. . . . .	117

**Dr Nenad Dodić,**  
dipl. inž.

Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

**Prof. dr Momčilo Milinović,**  
dipl. inž.

Mašinski fakultet,  
Beograd

## NOVA KONCEPCIJA UPRAVLJANJA VATROM PROTIVAVIONSKEG TOPA

UDC: 623.418.22:623.55.02

### Rezime:

*Nova koncepcija upravljanja vatrom protivavionskog topa zasnivala bi se na korišćenju senzora koji omogućuju automatsko merenje položaja cilja i servosistema koji omogućuju automatsko pozicioniranje oruda. Za predviđanje položaja cilja u trenutku susreta s projektilom koristi se Tejlorov polinom u kojem figurišu parametri kretanja cilja. Njegov red zavisi od načina kretanja cilja. Parametri kretanja cilja ocenjuju se na osnovu sekvence izmerenih položaja cilja, korišćenjem različitih hipoteza o kretanju cilja i spregnutih paralelnih Kalmanovih filtera. Predloženi postupak ocenjivanja omogućuje određivanje verovatnoća postavljenih hipoteza i reda primenjenog Tejlorovog polinoma. Predložena koncepcija omogućuje autonomnu i žilavu blisku protivvazдушnu odbranu.*

*Ključne reči: upravljanje vatrom, protivavionski top, praćenje cilja, ocenjivanje, protivvazдушna odbrana.*

---

## NEW CONCEPT OF ANTI-AIRCRAFT GUN FIRE CONTROL

### Summary:

*A new concept of anti-aircraft gun fire control, using sensors that provide automatic target position measurement and servosystems that provide automatic positioning of weapon, is proposed. The Taylor polynomial is used to predict target position at the time of impact. Its coefficients are the parameters of target motion. Its order depends on the type of target motion. Parameters of target motion are estimated using the sequence of measured target positions, various hypotheses of target motion and interacted parallel Kalman filters. The proposed estimation procedure provides the determination of hypotheses, probabilities as well as the determination of the applied Taylor polynomial power. The proposed concept enables autonomous and resistant air defense.*

*Key words: fire control, anti-aircraft gun, target tracking, estimation, air defense.*

---

### Uvod

Novija istorija ratova pokazuje da su vazduhoplovne snage i sredstva za napad iz vazdušnog prostora ključni činioци strategijskih i taktičkih borbenih dejstava, čijem razvoju velike sile poklanjaju najveću pažnju. Ova činjenica nameće potrebu da se sredstva i tehnika protivva-

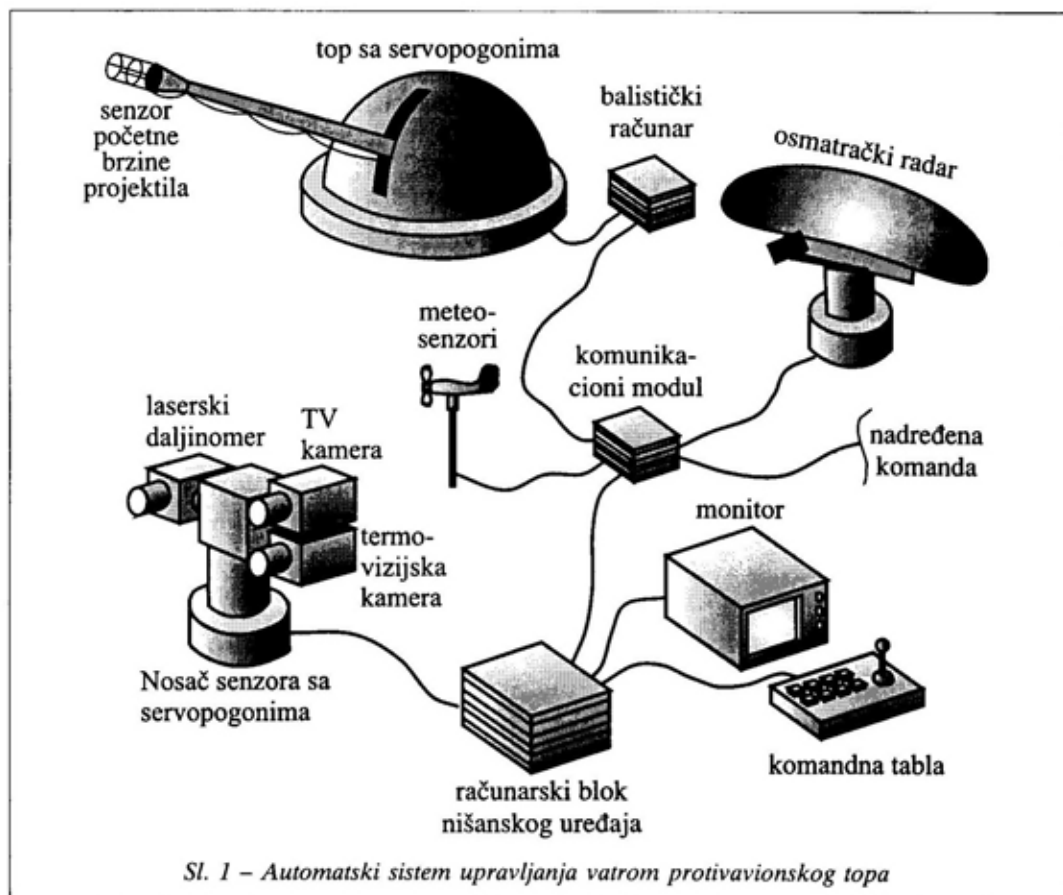
zdušne odbrane neprestano razvijaju i usavršavaju. Zemlje koje nisu pod čvrstim okriljem moćnog vojnog saveza najčešća su meta napada agresora.

Agresija vojnih sila započinje, po pravilu, napadima iz vazdušnog prostora, a često se tim napadima i završava. Za zemlje koje mogu biti izložene ovakvoj agresiji, a koje nisu u stanju da protivniku

adekvatno uzvrate na taktičkom i strate-  
gijskom nivou, vrlo je bitno da poseduju  
savremena sredstva srednje i bliske  
protivzračne odbrane (PVO), sposobna  
da protivničkom vazduhoplovstvu nanose  
gubitke po celoj dubini branjene teritorije  
i da prežive u uslovima intenzivnog elek-  
tronskog izviđanja i ometanja. Jedno od  
takvih sredstava je autonoman i pokretan  
artiljerijski sistem PVO, sposoban da otr-  
krije cilj i dejstvuje po njemu i danju i  
noću, čak i kada mu je odsečena veza sa  
pretpostavljenom komandom. S obzirom  
na to da savremeni vazduhoplovni napad  
odlikuju brzina i iznenađenje, vreme  
reakcije sistema PVO mora biti kratko,  
a preciznost velika. Zbog toga je automa-

tizacija upravljanja vatrom protivavion-  
skog (PA) topa ključni preduslov za nje-  
govu efikasnost.

Savremeni automatski sistemi za  
upravljanje vatrom (SUV) po pravilu su  
modularni. Modularnost pojednostavl-  
juje dodavanje i zamenu komponenti  
SUV, radi osavremenjavanja i povećanja  
borbene efikasnosti, kao odgovor na  
stalni razvoj vazduhoplovne tehnike. Ti-  
pični moduli SUV savremenog PA topa  
prikazani su na slici 1. To su: elektronski  
nišanski uređaj, koji se sastoji od senzora  
položaja cilja (laserski daljinomer, televi-  
zijska i termovizijska kamera i davači  
uglova nišanske linije), nosača sa servo-  
pogonima, računarskog bloka, monitora



i komandne table, zatim, osmatrački radar, komunikacioni modul, balistički računar i opcioni senzori početne brzine projektila i meteoroloških veličina.

Modularnost sistema omogućuje njegove različite varijante i varijacije. Tako se umesto navedenih elektrooptičkih senzora može koristiti nišanski radar. Umesto osmatračkog radara, u uslovima dobre vidljivosti, može se koristiti optički indikator cilja ili se uređaj za navođenje može potpuno izostaviti, kada se za navođenje koristi radar nekog drugog sistema. Senzor početne brzine projektila može se izostaviti i početna brzina računati na osnovu temperature baruta i istrošenosti cevi topa. Sopstveni meteorološki senzori nisu neophodni ako se koristi meteorološki bilten. Na komunikacioni modul može se priključiti više topova (koji ne moraju biti istog tipa) sa zasebnim balističkim računarima, pa čak i dodatni raketni lanseri.

Nišanski uređaj i top mogu se postaviti na istu ili zasebnu vučnu šasiju sa mogućnošću krutog oslanjanja na vozilo sa sopstvenim pogonom, čamac ili brod. U slučaju kada se nišanski uređaj i top ne oslanjaju kruto, za pravilan rad sistema neophodni su senzori kretanja (oscilacija) sistema, kako bi se anulirao uticaj kretanja nosača na praćenje i gađanje cilja.

U ovom radu predlaže se novi postupak automatskog upravljanja vatrom PA topa, koji se može primeniti na bilo koju navedenu varijantu SUV, s namerom da se poveća efikasnost vatrenog dejstva.

### **Problem automatskog upravljanja vatrom**

Zadatak automatskog upravljanja vatrom PA topa je da, bez neposrednog

učešća čoveka, kontinuirano vodi top u položaj koji obezbeđuje zadovoljavajuću verovatnoću susreta projektila i cilja, odnosno zadovoljavajuću verovatnoću pogadjanja cilja. Da bi se ovaj zadatak ostvario, potrebno je odrediti kretanje cilja i projektila, odnosno veličine koje definišu njihovo kretanje. Predviđanje položaja ispaljenog projektila ne predstavlja teorijski problem. Kretanje nevođenog projektila potpuno je određeno početnim uslovima leta (položaj linije gađanja, odnosno cevi topa i početna brzina projektila), masom i aerodinamičkim svojstvima projektila, kao i meteorološkim podacima. Matematičke relacije koje opisuju kretanje projektila potpuno su poznate, kako one tačne, tako i one približne. Najveći problem u upravljanju vatrom je precizno predviđanje položaja cilja za očekivano vreme leta projektila.

Određivanje kretanja cilja je zadatak praćenja cilja, kao aktivnosti u sklopu upravljanja vatrom. Automatsko upravljanje vatrom podrazumeva da se i praćenje cilja obavlja automatski, odnosno bez neposrednog učešća čoveka. Da bi se kretanje cilja odredilo na način koji omogućuje precizno predviđanje tačke susreta, potrebno je da se:

- položaj cilja meri u toku određenog vremena,
- kretanje cilja opiše matematičkim relacijama,
- razradi postupak ocenjivanja parametara kretanja cilja korišćenjem izmerenih podataka.

Kada su poznate relacije i parametri koji određuju kretanja projektila i cilja, onda se vreme leta i tačka susreta projektila i cilja određuju iz uslova jednakosti vektora položaja projektila  $\underline{r}_x$  i cilja  $\underline{r}$  u trenutku susreta  $t_g + t_p$ . Veličina  $t_g$  označava trenutak opaljenja, a  $t_p$  vreme leta.

Najpogodnija matematička relacija za opis kretanja cilja od trenutka opaljenja do trenutka susreta je Tejlorov polinom. To znači da se položaj cilja u trenutku susreta ocenjuje korišćenjem izraza:

$$\hat{\mathbf{r}}(t_g + t_p) = \hat{\mathbf{r}}(t_g) + \sum_{i=1}^n \frac{t_p^i}{i!} \hat{\mathbf{r}}^{(i)}(t_g)$$

Parametri koji figurišu u Tejlorovom polinomu su: red polinoma ( $n$ ), vreme leta ( $t_p$ ) i kinematske veličine cilja, a to su vektor položaja cilja  $\underline{\mathbf{r}} = (x \ y \ z)^T$  i njegovi izvodi po vremenu:

$$\underline{\mathbf{r}}^{(i)} = d^i \underline{\mathbf{r}} / dt^i = (x^{(i)} \ y^{(i)} \ z^{(i)})^T, \\ i = 1, 2, \dots, n.$$

" $\hat{\mathbf{r}}$ " označava ocenu određene veličine, a " $T$ " transpoziciju vektora ili matrice. Red Tejlorovog polinoma, a time i broj potrebnih kinematskih veličina, zavisi od načina kretanja cilja.

Izračunavanje tačke susreta i vremena leta iz uslova:

$$\underline{\mathbf{r}}_x(t_g + t_p) = \hat{\mathbf{r}}(t_g + t_p)$$

predstavlja rekurentan postupak. On je detaljnije razmatran u [1]. Kada se vreme leta i tačka susreta izračunaju, lako se, na osnovu poznatih relacija i parametara leta projektila, određuju osnovni elementi gađanja. To su uglovi preticanja topa po azimutu (pravcu) i elevaciji (visini), odnosno uglovi između ose cevi topa i linije oruđe-cilj u trenutku gađanja.

Precizno i pravovremeno postavljanje cevi topa pod zadatim uglovima preticanja zadatak je koji ostvaruju servosistemi topa. Savremena teorija i praksa servosistema nudi niz efikasnih rešenja upravljanja kretanjem topa, pa se ovaj problem neće razmatrati. Pažnju treba

usredsrediti na praćenje cilja, kao proces koji obezbeđuje parametre kretanja cilja, neophodne za izračunavanje elemenata gađanja. Ti parametri su red Tejlorovog polinoma i kinematske veličine cilja. Novinu u upravljanju vatrom predstavlja uvođenje postupka praćenja cilja, koji uzima u obzir različite načine njegovog kretanja i omogućuje precizno predviđanje tačke susreta u različitim režimima leta cilja.

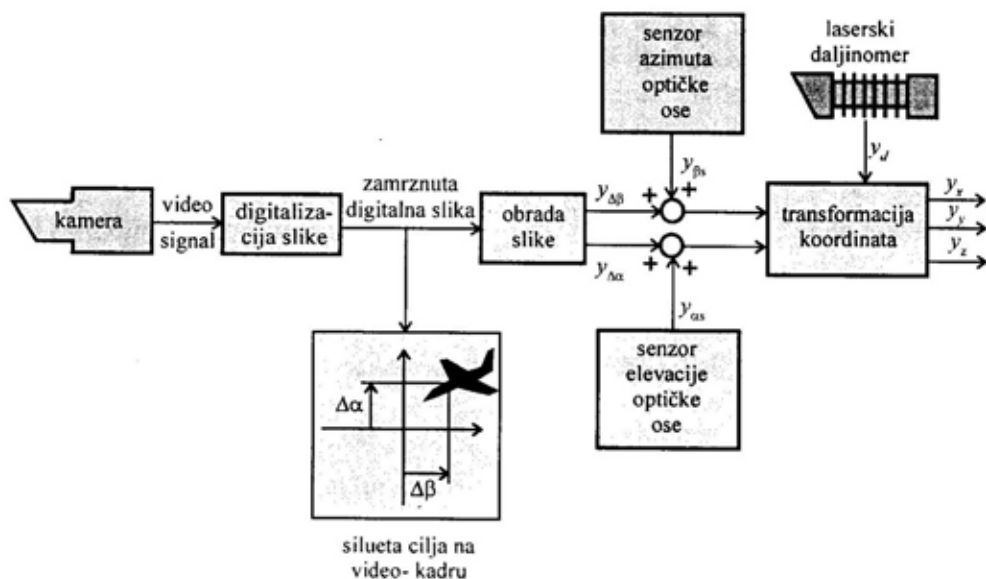
## Merenje položaja cilja

Merenje položaja cilja je polazište za ocenjivanje kinematskih veličina cilja. U automatskom SUV i merenje položaja cilja obavlja se automatski. Slika 2 predstavlja šemu automatskog merenja položaja cilja, korišćenjem elektrooptičkih senzora. Veličine koje se mere su: uglovi cilja u odnosu na nišansku liniju – po azimutu  $\Delta\beta$ , po elevaciji  $\Delta\alpha$ ; uglovi nišanske linije – po azimutu  $\beta_s$ , po elevaciji  $\alpha_s$  i daljina cilja  $d$ .

Veličine  $\Delta\beta$ ,  $\Delta\alpha$  dobijaju se obradom televizijske (termovizijske) slike, a veličine  $\beta_s$ ,  $\alpha_s$  mere senzori uglova ugrađeni u nosač senzora. Daljinu cilja meri laserski daljinomer. Ukoliko se u mernom lancu nalazi nišanski radar, on meri veličine  $\Delta\beta$ ,  $\Delta\alpha$ ,  $d$ . Izmerene vrednosti navedenih veličina označavaju se sa:  $y_{\Delta\beta}$ ,  $y_{\Delta\alpha}$ ,  $y_{\beta_s}$ ,  $y_{\alpha_s}$ ,  $y_d$ , a izmereni uglovi cilja u odnosu na nišanski uređaj  $\beta = \beta_s + \Delta\beta$ ,  $\alpha = \alpha_s + \Delta\alpha$  sa  $y_\beta$ ,  $y_\alpha$ . Izmerene sferne koordinate  $y_\beta$ ,  $y_\alpha$ ,  $y_d$  transformišu se u pravougli koordinatni sistem vezan za nepokretnu podlogu, i dobijaju izmerene pravouglove koordinate:  $y_x$ ,  $y_y$ ,  $y_z$ . One formiraju vektor merenja:

$$\underline{\mathbf{y}} = (y_x \ y_y \ y_z)^T$$





Sl. 2 – Automatsko merenje položaja cilja

Ukoliko se nišanski uređaj nalazi na pokretnom objektu koji nije kruto oslonjen, on može rotirati. Izmerene pravougle koordinate  $y_x$ ,  $y_y$ ,  $y_z$  se, u tom slučaju, iz pokretnog koordinatnog sistema moraju transformisati u inercijalni. Za ovu transformaciju potrebno je meriti uglove prostorne orijentacije nosača senzora. Ukoliko postoji i translatorna komponenta kretanja nosača koja nije uniformna, potrebno je meriti i pomeranje centra uređaja za praćenje u odnosu na tlo, za šta se koriste navigacioni sistemi. S obzirom na to da precizno merenje translacije nosača i žiroskopska stabilizacija pri kretanju po neravnom terenu predstavljaju velike probleme, samohodni PA topovi po pravilu gađaju sa zastanka.

Da bi se položaj cilja mogao meriti, senzore treba kontinuirano usmeravati ka cilju, posredstvom servosistema ugrađenih u nosač senzora. Jedno rešenje

automatskog upravljanja kretanjem senzora predloženo je u [2].

### Matematički opis kretanja cilja

Matematički opis kretanja cilja osnov je za optimalno ocenjivanje njegovih kinematskih veličina. Da bi mogao da se koristi u SUV, mora da omogući ocenjivanje veličina koje određuju kretanje cilja samo na osnovu merenja njegovog položaja. Precizno opisivanje kretanja cilja koje zadovoljava dati uslov, na današnjem nivou razvoja nauke i tehnike, moguće je samo ako se cilj kreće ustaljeno. Ustaljeni režimi kretanja cilja su uniformni let (pravolinijsko kretanje konstantnom brzinom), jednako ubrzano kretanje i koordinisani zaokret.

Koordinisani zaokret cilja je takav manevar u ravni da je razlika sila potiska ( $T$ ) i čeonog otpora vazduha ( $R_{xk}$ ) konstantna, sila uzgona ( $L$ ) konstantna, ugao

valjanja ( $\varphi$ ) konstantan i ugao klizanja ( $\beta_k$ ) konstantan – slika 3. Sve ustaljene režime odlikuje to da je buduće kretanje cilja potpuno definisano trenutnim stanjem cilja. Matematički modeli koji opisuju uniformno i jednako ubrzano kretanje krajnje su jednostavni. Radi veće fleksibilnosti, za opis koordinisanog zaokreta koristi se model približno koordinisanog zaokreta. Približno koordinisani zaokret je takav oblik kretanja pri kojem su matematička očekivanja (srednje vrednosti) veličina  $R_{xk}$ ,  $L$ ,  $\varphi$ ,  $\beta_k$  približno konstantna. Ovaj model kretanja dopušta slučajna odstupanja od ustaljenog zaokreta.

Ustaljenim režimima leta treba dodati i neustaljeni režim. Model koji precizno opisuje neustaljeno kretanje cilja i omogućuje određivanje parametara njegovog kretanja na osnovu merenja položaja nije poznat. Zato se neustaljeno kretanje cilja opisuje približnim modelom, koji podrazumeva da je ubrzanje cilja slučajni proces, sa eksponencijalnom autokorelacionom funkcijom [3]. Diskretni modeli koji opisuju tri ustaljena režima leta, kao i neustaljeni let, imaju jedinstveni opšti oblik:

$$\underline{x}(k) = A_j \underline{x}(k-1) + B_j \underline{J}(k-1) + \underline{w}_j(k-1), \quad j = 1, 2, 3, 4$$

Celobrojna veličina  $k$  predstavlja diskretno vreme:  $t_k = kT$ . Veličina  $T$  pred-

stavlja period odabiranja. Indeks  $j$  označava broj modela:  $j = 1$  – model uniformnog kretanja,  $j = 2$  – model konstantnog ubrzanja,  $j = 3$  – model približno koordinisanog zaokreta,  $j = 4$  – model eksponencijalno korelisanog ubrzanja (neustaljeno kretanje).

$\underline{w}_j$  su vektori belih šumova s Gausovom raspodelom [4]. Jedino modeli 3 i 4 sadrže ulazne šumove, što znači da je  $\underline{w}_1 = \underline{w}_2 \equiv \underline{0}$ . Kovarijansne matrice ovih šumova su:

$$Q_j = E \{ \underline{w}_j \underline{w}_j^T \}, \quad j = 1, 2, 3, 4$$

pri čemu je  $Q_1 = Q_2 \equiv 0$ . Kovarijansne matrice  $Q_3$  i  $Q_4$  definisane su u [5] i [7].  $\underline{x}$  je vektor stanja cilja. On sadrži kinematske veličine cilja:

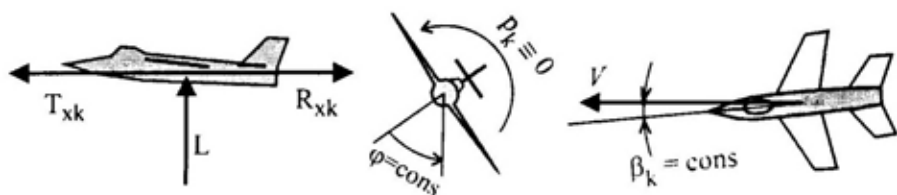
$$\underline{x} = (x \ \dot{x} \ y \ \dot{y} \ z \ \dot{z})^T$$

$\underline{J}$  je vektor koji definiše trzaj (izvod ubrzanja) pri koordinisanom zaokretu. On je, u slučaju koordinisanog zaokreta, u potpunosti određen brzinom i ubrzanjem cilja [5]:

$$\underline{J} = \underline{J}(\dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \ddot{x}, \ddot{y}, \ddot{z})^T$$

Matrice koje se pojavljuju u modelima kretanja su:

$$A_1 = \begin{pmatrix} A^1 & 0 & 0 \\ 0 & A^1 & 0 \\ 0 & 0 & A^1 \end{pmatrix}$$



Sl. 3 – Parametri koji definišu koordinisani zaokret

$$A_2 = A_3 = A_4 = \begin{pmatrix} A^{II} & 0 & 0 \\ 0 & A^{II} & 0 \\ 0 & 0 & A^{II} \end{pmatrix}$$

$$B_3 = \begin{pmatrix} \underline{b} & \underline{0} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{b} & \underline{0} \\ \underline{0} & \underline{0} & \underline{b} \end{pmatrix}$$

$$B_1 = B_2 = B_4 = 0$$

gde su:

$$A^I = \begin{pmatrix} 1 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$A^{II} = \begin{pmatrix} 1 & T & T^2/2 \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\underline{b} = (T^3/6 \ T^2/2 \ T)^T$$

Cilj se u opštem slučaju kreće proizvoljno, menjajući režime leta, pri čemu se u bilo kom trenutku mora nalaziti u jednom od tri ustaljena režima leta ili u neustaljenom režimu. Zato se usvaja pretpostavka da se u proizvoljnom trenutku cilj može kretati u skladu sa jednim (bilo kojim) od četiri data modela, i da u narednom trenutku može da nastavi kretanje po istom modelu ili da pređe na kretanje po bilo kom drugom modelu.

Kretanje cilja se, dakle, opisuje Markovljevim lancem promena modela. Da bi ovaj lanac bio definisan u statističkom smislu, treba usvojiti početne verovatnoće modela  $\mu_j$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$ , ( $j$  – broj modela) i verovatnoće prelaza sa  $i$ -tog na  $j$ -ti model:  $\theta_{ij}$ ,  $i, j = 1, 2, 3, 4$ , koje, s obzirom na usvojenu pretpostavku o kretanju cilja, ne zavise od vremena.

Model kretanja cilja treba povezati sa procesom merenja položaja cilja, odnosno uspostaviti vezu vektora stanja  $\underline{x}$  i vektora merenja  $\underline{y}$ :

$$\underline{y} = C\underline{x} + \underline{v}$$

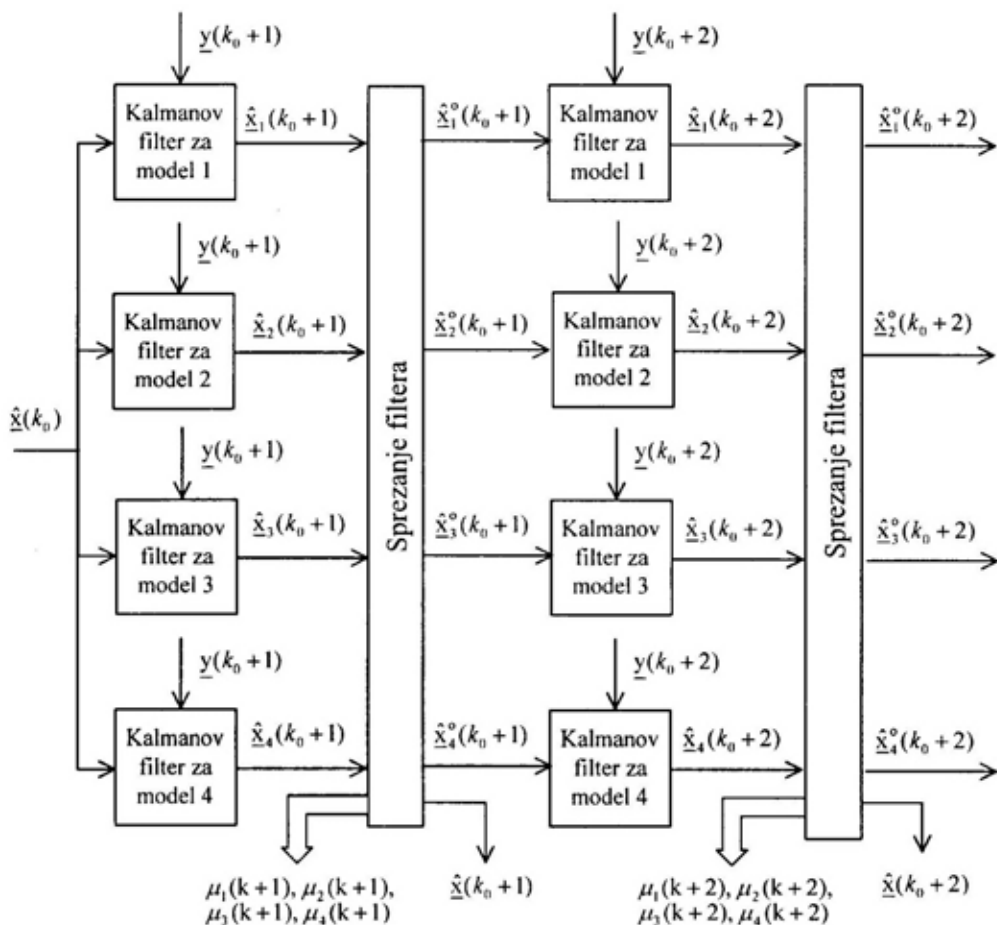
$$C = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Vektor grešaka merenja  $\underline{v}$  može se smatrati vektorom belih Gausovih šumova [6], čija se kovarijansna matrica  $R = E \{ \underline{v} \underline{v}^T \}$  određuje na osnovu tehničkih podataka o korišćenim sensorima ili se utvrđuje eksperimentalno.

### Ocenjivanje parametara kretanja cilja

Koordinate cilja i komponente brzine i ubrzanja cilja, sadržane u vektoru stanja cilja  $\underline{x}$ , potpuno određuju kretanje cilja u svim ustaljenim režimima leta, s obzirom na to da su, u slučaju koordinisanog zaokreta, treći i viši izvodi koordinata cilja potpuno određeni vektorom  $\underline{x}$  [5]. Stoga je potrebno definisati postupak ocenjivanja ovog vektora u realnom vremenu, na osnovu sekvence izmerenih vektora položaja cilja:  $\underline{y}(k_0)$ ,  $\underline{y}(k_0 + 1), \dots, \underline{y}(k)$ , korišćenjem datih diskretnih modela kretanja cilja. Taj postupak treba da obezbedi precizne ocene u svim ustaljenim režimima leta, u uslovima promenljivog kretanja cilja, tj. za slučaj kada cilj manevriše.

Ukoliko cilj stalno koristi isti režim leta, s obzirom na to da su svi režimi leta opisani modelima koji imaju linearnu formu, optimalna ocena vektora stanja cilja može se dobiti primenom dobro poznatog Kalmanovog filtra. To je rekurentni estimator, koji stanje cilja ocenjuje na osnovu prethodno dobijene ocene stanja i tekućeg vektora merenja, koristeći model kretanja cilja kao referencu. Za praćenje cilja koji menja način kretanja, kada nije



Sl. 4 – Ocenjivanje kinematskih veličina cilja spregnutim Kalmanovim filtrima

poznato koji način kretanja cilj trenutno koristi, predlaže se paralelna upotreba četiri Kalmanova filtra, od kojih svaki koristi jedan od četiri data modela kretanja cilja, kao referentni model.

Neka je  $k_0$  inicijalni diskretni trenutak, tj. trenutak u kojem ocenjivanje stanja počinje. U narednom trenutku ( $k_0 + 1$ ) cilj se može naći u četiri različita stanja, u skladu sa četiri moguća modela kretanja cilja. Paralelni Kalmanovi filtri daju ocene ovih stanja:  $\hat{\underline{x}}_j(k_0 + 1)$ ,  $j = 1, 2, 3, 4$  – slika 4. S obzirom na proizvolj-

nost kretanja cilja, u sledećem trenutku ( $k_0 + 2$ ), cilj se može naći u jednom od šesnaest različitih stanja, tj. broj mogućih stanja cilja eksponencijalno raste s vremenom. Optimalni postupak praćenja zahtevao bi primenu po četiri Kalmanova filtra na svako moguće stanje cilja, tj. broj filtera bi eksponencijalno rastao, što je praktično neizvodivo.

Rešenje je u takvom sprezanju filtera, da se ne povećava broj korišćenih Kalmanovih filtera. Osnovni princip sprezanja jeste da se ne koriste neposredno

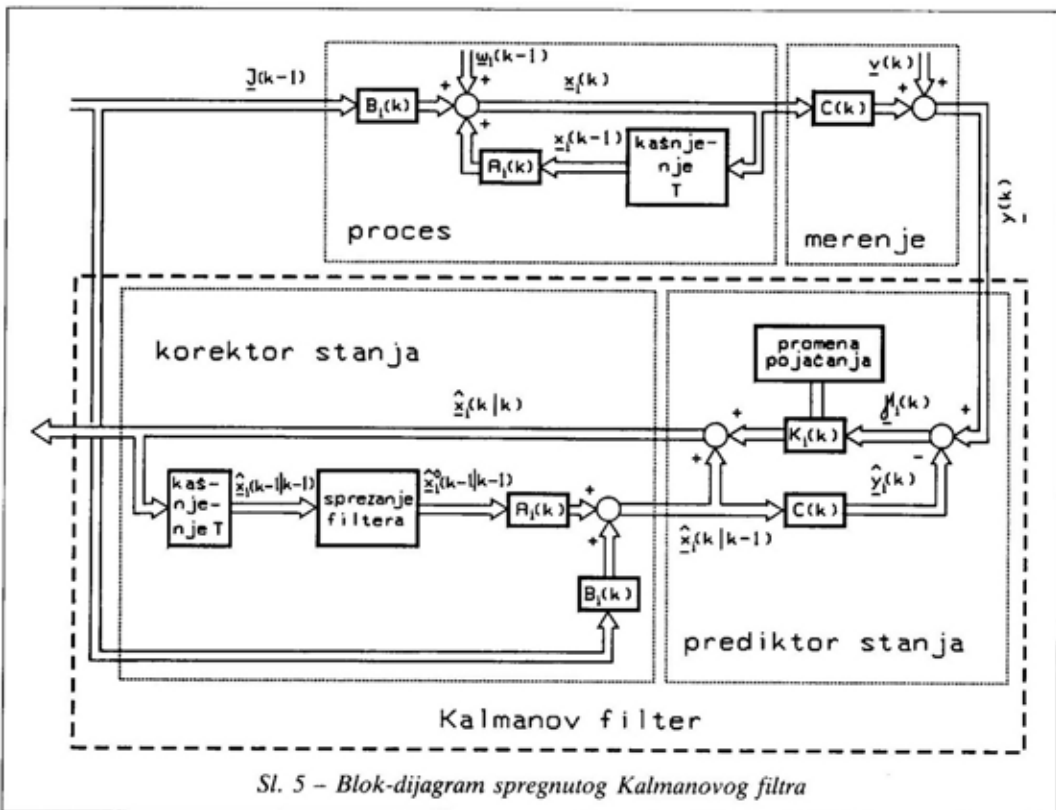
prethodno dobijene ocene  $\hat{x}_j$ , već ocene  $\hat{x}_j^0$ , dobijene mešanjem ocena  $\hat{x}_j$  u skladu sa verovatnoćama  $\mu_j$  pojedinih modela:

$$\hat{x}_j^0 = \sum_{i=1}^4 x_i \mu_{ij}, j = 1, 2, 3, 4$$

$$\mu_{ij} = \frac{\theta_{ij} \mu_i}{\sum_{m=1}^4 \theta_{mj} \mu_m}, i, j = 1, 2, 3, 4$$

$\mu_{ij}$  je verovatnoća da se u prethodnom trenutku cilj kretao u skladu sa i-tim modelom, ako je tačno da se u posmatranom trenutku kreće u skladu sa j-tim modelom. Verovatnoće modela dobijaju se korišćenjem međurezultata Kalmanovih filtera, statističkih podataka R, Qj,

j = 3, 4 i pretpostavke da slučajne promenljive  $v$  i  $w_j$ , j = 3, 4 imaju Gausovu raspodelu. Kao izlazna ocena stanja cilja  $\hat{x}$  usvaja se ocena  $\hat{x}_j$  koja odgovara najverovatnijem modelu, tj.  $\hat{x} = \hat{x}_j$ , gde je  $\mu_j \geq \mu_i$ , i = 1, 2, 3, 4. Ovaj postupak sprežanja Kalmanovih filtera za više referentnih modela naziva se interakcija više modela i detaljno je opisan u [8]. Njegov izlaz su ocena najverovatnijeg stanja cilja i verovatnoće svih korišćenih modela. Grafički je prikazan na slici 4. Slika 5 prikazuje blok-dijagram Kalmanovog filtera sa i-tim referentnim modelom, koji važi za sve date modele kretanja cilja, tj. za i = 1, 2, 3, 4.  $\hat{x}_j(k | k-1)$  označava predviđanje stanja cilja na osnovu ocene stanja dobijene u prethodnom trenutku, a  $\hat{x}_j(k | k)$  korekciju ocene.



Sl. 5 – Blok-dijagram spregnutog Kalmanovog filtera

## Algoritam automatskog upravljanja vatrom

Na osnovu izložene teorije definiše se sledeći algoritam za automatsko upravljanje vatrom protivavionskog topa:

1. Koristeći izmerene vrednosti  $\Delta\beta$ ,  $\Delta\alpha$  kao signale greške, senzori se automatski usmeravaju ka cilju i mere njegov položaj.

2. Na osnovu izmerenog položaja ocenjuju se stanje cilja  $\underline{x}$  i najverovatniji model kretanja cilja.

3. Iz uslova jednakosti vektora položaja projektila i cilja u trenutku susreta određuju se vreme leta i tačka njihovog susreta. Pri tome se položaj cilja predviđa korišćenjem datog Tejlorovog polinoma, čiji je red  $n = 1$ , ako je najverovatniji model broj 1 ( $j = 1$ , model uniformnog kretanja cilja),  $n = 2$ , ako je najverovatniji model 2 (model konstantnog ubrzanja) ili model 4 (definiše neustaljeno kretanje cilja) ili  $n = 5$ , ako je najverovatniji model 3 (približno koordinisani zaokret).

4. Izračunavaju se uglovi preticanja topa i top postavlja pod izračunatim uglovima.

5. Otvara se vatra ukoliko su zadovoljeni sledeći uslovi: daljina cilja je manja od efikasnog dometa topa, najverovatniji model kretanja cilja je model broj 1, 2 ili 3, a prosečna greška ocenjivanja stanja cilja je dovoljno mala. Pri ispitivanju poslednjeg uslova može se koristiti rezidijum Kalmanovog filtra koji odgovara najverovatnijem modelu kretanja cilja (videti npr. [7] ili [8]). Ako je najverovatnije da se cilj nalazi u neustaljenom režimu leta, cilj ne treba gađati, osim ako je on veoma blizu oruđa, s obzirom na to da odgovarajući model kretanja ne opisuje dovoljno precizno kretanje cilja.

## Zaključak

Opisani postupak upravljanja vatrom omogućuje precizno gađanje letećeg manevrišućeg cilja u svim ustaljenim režimima njegovog kretanja, što je novost u teoriji i praksi upravljanja vatrom, koja znatno povećava efikasnost gađanja, povećavajući vremenski raspon u kojem se cilj može precizno gađati. Efikasnost opisanog postupka iscrpno je ispitivana kroz eksperimente računarske simulacije [7]. Dobijeni rezultati su dobri i afirmišu opisani postupak. Implementacija postupka na autonomni artiljerijski sistem, zasnovan na termovizijskom i laserskom senzoru, omogućuje efikasnu protivvazдушnu odbranu u dubini branjene teritorije, žilavu i otpornu na intenzivno protivelektronsko dejstvo agresora, uz znatnu uštedu municije, tim pre što se kroz postupak obrade termovizijske slike može uspešno segmentirati cilj u odnosu na okolinu, uključujući i različite vrste mamaca, koje izbacuje cilj po kojem se dejstvuje.

### Literatura:

- [1] Milinović, M., Dodić, N.: Automatsko upravljanje vatrom protivavionskog topa, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 1, str. 10-13, 1997.
- [2] Dodić, N.: Upravljanje nišanskom spravom u funkciji praćenja cilja u vazduhu, Naučnotehnički pregled, vol. 48, br. 6, str. 33-38, 1998.
- [3] Singer, R.: Estimate Optimal Tracking Filter Performance for Manned Maneuvering Targets, IEEE Trans. on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 6, p. 473-483, No. 4, 1970, July.
- [4] Debeljković D.: Stohastički linearni sistemi automatskog upravljanja, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
- [5] Dodić, N.: Praćenje manevrišućeg cilja u vazduhu na osnovu hipoteze o koordinisanom zaokretu, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 4, str. 9-15, 1997.
- [6] Dodić, N.: Merenje položaja cilja u toku automatskog praćenja, Naučnotehnički pregled, vol. 49, br. 1, str. 3-9, 1999.
- [7] Dodić, N.: Istraživanje novih metoda praćenja manevrišućih ciljeva sa primenom na sisteme upravljanja vatrom - doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1998.
- [8] Dodić, N.: Praćenje sistema interakcijom više modela, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 2, str. 3-9, 1997.

**Mr Dušan Korolija,**  
potpukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## ODREĐIVANJE OPTIMALNE VARIJANTE UGRAĐENOG MERNOG ELEMENTA U ELEKTRONSKOM SISTEMU

UDC: 621.317.7 : 621.38

### Rezime:

*U ovom radu razmatran je problem određivanja optimalne varijante ugrađenog mernog elementa (UME) u elektronskom sistemu, sa aspekta integralnog tehničkog obezbeđenja. Razvijena metodologija zasniva se na: generisanju identifikovanih relevantnih varijanti UME-a, pripremi ulaznih podataka, optimizaciji rezervnih delova za sve varijante UME-a, proračunu identifikovanih kriterijuma i izboru najbolje varijante. Kriterijumi optimizacije su operativna gotovost i deo troškova životnog ciklusa. Na jednom hipotetičkom elektronskom sistemu prikazan je postupak određivanja optimalne varijante UME-a.*

*Ključne reči: elektronski sistem, ugrađeni merni element, korektivno održavanje, operativna gotovost, troškovi životnog ciklusa, optimizacija, optimalna varijanta ugrađenog mernog elementa.*

---

## DETERMINING THE OPTIMAL VARIANT OF BUILT IN TEST EQUIPMENT AT ELECTRONIC SYSTEM

### Summary:

*Problem of determining the optimal variant of built-in test equipment (BITE) in an electronic system, from an integral logistic support aspect, is considered. The developed methodology is based on: the generation of identified relevant variants of BITE, the preparation of input parameters, the optimisation of spare parts for all BITE variants, the calculation of identified criteria and the choice of the best variant. The optimization criteria are operational availability and a part of costs in the life cycle. The procedure of determining the optimal variant of BITE is illustrated through one hypothetical electronic device.*

*Key words: electronic system, built-in test equipment, corrective maintenance, operational availability, life cycle costs, optimization, optimal variant of built-in test equipment.*

---

### Uvod

Pri opravci elektronskog sistema<sup>1)</sup> najveći problem je pronalaženje neispravnog sastavnog dela čiji je otkaz uzrok neispravnosti. Brzim i kontinuiranim povećanjem kompleksnosti elektronskih si-

stema ovaj problem postaje još veći. Postupak pronalaženja neispravnog dela naziva se *defektacija*. Kod savremenih elektronskih sistema primenjuje se modularna konstrukcija, pa se kod njih opravka izvodi zamenom neispravne modularne celine. Otkrivanje neispravne modularne celine lakše je nego otkrivanje neispravne komponente (otpornik, integralno kolo,

1) Termin „elektronski sistem“ podrazumeva i elektronski uređaj.

kondenzator, itd.), ali i kod modularnog sistema defektacija može biti složena i dugotrajna.

Ugradnjom automatskog ugrađenog mernog uređaja – UME (*Built-In Test Equipment – BITE*) u elektronski sistem znatno se smanjuje vreme defektacije sistema i njegovih sastavnih delova, što u velikoj meri može da poveća operativnu gotovost elektronskog sistema. UME se može ugraditi u sistem na više različitih načina – varijanti, s obzirom na funkciju, konstrukciju i dubinu defektacije. Sve ove varijante, uključujući i onu gde sistem nema UME, imaju različit doprinos operativnoj gotovosti sistema, ali i različit doprinos ukupnim troškovima životnog veka sistema. Zbog toga je u toku projektovanja i razvoja sistema neophodno doneti optimalnu odluku o ugradnji UME-a, tj. od svih mogućih varijanti UME-a izabrati optimalnu. Stručnjaci koji u toku razvoja sistema rešavaju integralno tehničko obezbeđenje – ITOB najčešće nemaju adekvatnu metodologiju i programsku podršku za rešavanje ovog problema.

U ovom radu prikazana je originalna metoda izbora optimalne varijante UME-a. Na početku su dati osnovni pojmovi o UME-u i njegovom mestu i funkciji u elektronskom sistemu, na osnovu čega su identifikovane moguće varijante UME-a. Zatim je izvršena analiza uticaja ugradnje na identifikovane kriterijume za izbor optimalne varijante UME-a. Ovaj problem spada, najvećim delom, u domen optimizacije korektivnog održavanja elektronskog sistema, pa je sam postupak izbora optimalne varijante UME-a u osnovi sličan postupcima optimalnog definisanja: pouzdanosti sistema [1], nivoa opravke sistema i njegovih delova [2] i opravci ili odbacivanju delova sistema [3]. Na kraju rada je za jedan hipotetički

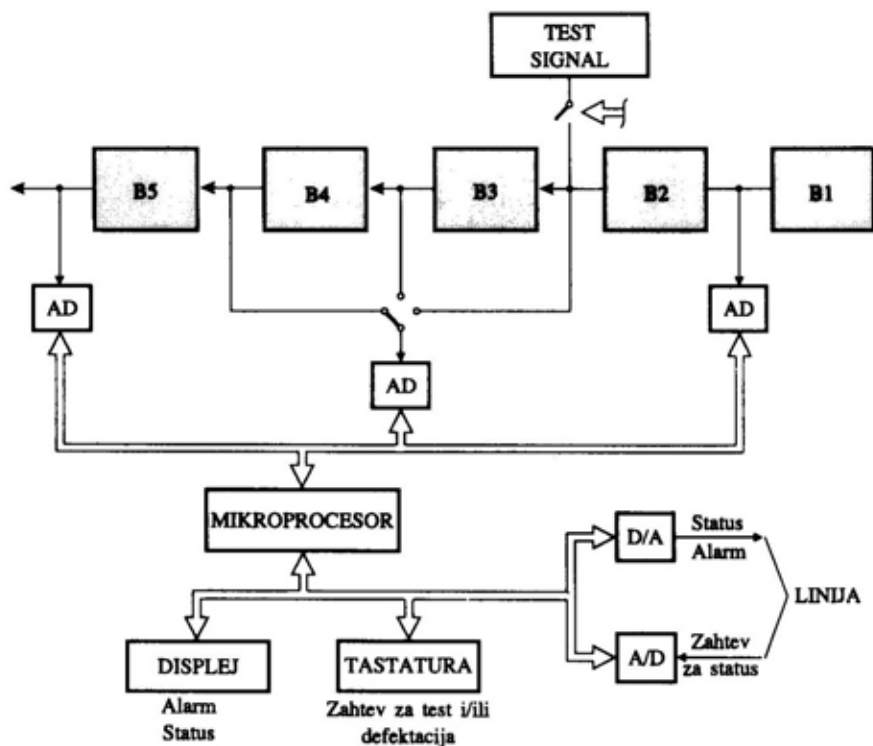
elektronski sistem, kao primer, izvršen postupak donošenja optimalne odluke o ugradnji UME-a.

### **Ugrađeni merni element u elektronskom sistemu**

Bez obzira na nivo pouzdanosti elektronskih sistema na njima se u toku eksploatacije dešavaju otkazi. Razvojem tehnologija elektronskih komponenti velikim delom su eliminisani otkazi zbog postepene degradacije komponentata i njihove fizičke istrošenosti. Na savremenim sistemima se, u većini slučajeva, dešavaju samo potpuni otkazi, koji obično nastaju iznenada, tj. slučajno, pa se nazivaju i slučajni otkazi. Sve akcije ili postupci koji doprinose da se sistem i njegovi popravljivi sastavni delovi vrate u ispravno stanje, nakon otkaza, nazivaju se korektivno održavanje. Važne faze korektivnog održavanja su uočavanje otkaza sistema i opravka sistema i njegovih sastavnih delova.

Otkaz na elektronskom sistemu može nastati dok je sistem u radu ili dok je isključen. Ako za vreme rada sistema nastane otkaz, korisnik u nekim slučajevima može uočiti da je došlo do otkaza i preduzeti potrebne akcije – da sam opravi sistem ili da ga prijavi službi za korektivno održavanje. Zbog sve veće kompleksnosti savremenih elektronskih sistema korisnik teško uočava otkaz koji se desio na sistemu u radu. Isto tako, korisnik sistema teško može uočiti otkaz koji se desio dok je sistem bio isključen pri njegovom uključanju. Ovaj problem efikasno se rešava ugradnjom UME-a, koji obavlja kontrolu osnovnih parametara koji su bitni za realizaciju funkcije sistema (npr. nivo izlaznog signala, odnos signal–šum, greška u prenosu, itd.). Ako





Sl. 1 – Principijelna šema rada UME u elektronskom telekomunikacionom sistemu

parametar izađe van dozvoljenih granica, korisnik sistema dobija alarm (svetlosni i/ili zvučni), kako bi odmah mogao pokrenuti postupak opravke sistema.

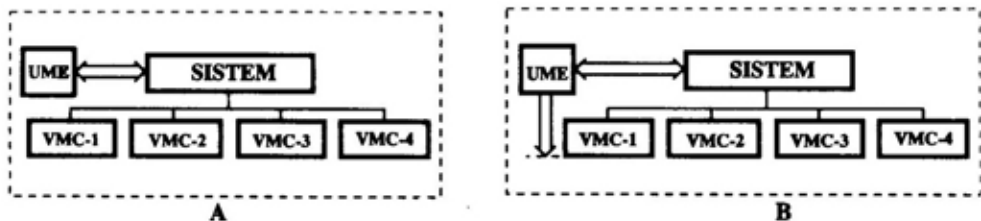
Sadržaj opravke sistema i njegovih sastavnih delova je:

- defektacija,
- rasklapanje,
- zamena neispravnog sastavnog dela,
- sklapanje,
- podešavanje,
- kontrola parametara.

Na početku opravke potrebno je pronaći neispravan sastavni deo sistema koji je izazvao otkaz. Primenom razvijenih metoda defektacije znatno se skraćuje vreme otkrivanja neispravnog dela [4]. Metode defektacije definišu puteve za

određivanje optimalnog programa traženja neispravnog sastavnog dela sistema. Kriterijum optimizacije je najčešće radno vreme, koje mora biti što kraće. Problem optimizacije defektacije može se svesti na određivanje skupa ispitivanja (merjenja, provera, testova) koje treba izvršiti na sistemu, te njihovog redosleda, koji će uz minimum utroška resursa dovesti do neispravnog sastavnog dela. Još veće smanjenje potrebnih resursa korektivnog održavanja (vreme defektacije i znanje ljudstva koje izvodi opravku) postiže se ugradnjom UME-a. Na signal alarma o otkazu kod ovakvog sistema se automatski ili intervencijom poslužioca pokreće postupak automatske defektacije sistema.

Na slici 1 prikazan je primer UME-a u jednom elektronskom, telekomunika-



Sl. 2 – Varijante ugradnje UME-a

cionom sistemu [4]. U momentu uključivanja UME izvrši početno testiranje bitnih parametara (npr.  $P_1$  – napajanje, uključi test-signal na ulaz bloka B3 i proveri parametar  $P_5$  – izlazni nivo). Ako je početni test u redu, o tome se preko displeja obaveštava poslužilac. Ako test nije u redu, daje se signal alarma i poruka o posledici otkaza (npr. „napajanje nije u redu“ ili „nema izlaznog nivoa“). U toku normalnog rada sistema prate se bitni parametri. Test-signal je isključen. Ako dođe do otkaza sistema alarm o tome upozorava poslužioaca, koji preko tastature pokreće poseban program UME-a za defektaciju sistema. UME kontroliše redom parametre  $P_2$ ,  $P_1$ ,  $P_4$  i utvrđuje koji je sastavni deo neispravan i preko displeja saopštava poslužiocu. Kod ovog sistema moguće je spolja dovesti zahtev za određivanje statusa. Na takav zahtev, UME preko pretvarača i linije veze daje status sistema koji kontroliše hijerarhijski višem sistemu. Istim putem šalje i signal alarma u slučaju neispravnosti.

Pri ugradnji UME-a u elektronski sistem projektant sistema ima na raspolaganju više varijanti ove ugradnje. Varijante ugradnje UME-a formiraju se u odnosu na:

- prisustvo UME-a u elektronskom sistemu,

- funkciju UME-a (indikacija neispravnosti, lokalizacija neispravnosti),
- dubinu lokalizacije neispravnosti (do kog nivoa modularne konstrukcije sistema se utvrđuje otkaz).

Pored varijante u kojoj nije primećen UME i varijante u kojoj UME obavlja samo indikaciju neispravnosti, moguće je formirati određen broj varijanti ugradnje UME-a s obzirom na dubinu lokalizacije neispravnosti. Minimalni broj ovih varijanti jednak je broju nivoa modularne konstrukcije.

Kao primer na slici 2 prikazane su dve varijante ugradnje UME-a (A i B) jednog elektronskog sistema.

Kod varijante UME-A UME obavlja indikaciju neispravnosti, a kod varijante UME-B defektaciju do nivoa viših modularnih celina (VMC). Kod sledeće varijante VMC bi mogle imati ugrađen UME koji vrši defektaciju do nivoa nižih modularnih celina, itd.

### **Analiza uticaja ugradnje UME-a na operativnu gotovost i troškove životnog veka sistema**

Ugradnja UME-a u elektronski sistem predstavlja jednu od metoda povećanja pogodnosti korektivnog održavanja sistema. Sama ugradnja izvodi se u toku projektovanja, razvoja i proizvodnje sistema, pri čemu se angažuju određena

novčana sredstva (troškovi projektovanja, razvoja i proizvodnje UME-a). Efekti ove ugradnje vidljivi su tokom eksploatacije sistema, kroz operativnu gotovost i troškove korektivnog održavanja sistema. U skladu sa tim za relevantne kriterijume izbora optimalne varijante UME-a uzeti su:

- operativna gotovost sistema, koja uzima u obzir samo korektivno održavanje (bez preventivnog održavanja),
- deo troškova životnog veka sistema (troškovi projektovanja, razvoja i proizvodnje UME-a i troškovi korektivnog održavanja sistema).

### OPERATIVNA GOTOVOST SISTEMA

Operativna gotovost, koja uzima u obzir samo korektivno održavanje, prikazana je izrazom:

$$A_o = \frac{MTBF_{ef}}{MTBF_{ef} + MDT_c} \quad (1)$$

gde je:

$MTBF_{ef}$  – efektivno srednje vreme između otkaza sistema,

$MDT_c$  – srednje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja, koje je dato izrazom:

$$MDT_c = \sum_{n=1}^N MDT_{cn} q_n \quad (2)$$

gde je:

$q_n$  – verovatnoća korektivnog održavanja sistema na n-tom nivou održavanja,

$N$  – broj nivoa održavanja,

$MDT_{cn}$  – srednje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja na n-tom nivou održavanja, koje je dato izrazom:

$$MDT_{cn} = \bar{T}_{ozn} + \bar{T}_{zrdn} + \bar{T}_{opn} \quad (3)$$

gde je:

$\bar{T}_{ozn}$  – srednje vreme organizacionih zastoja sistema (transport na održavanje i sa održavanja, čekanje na opravku i predaju),

$\bar{T}_{zrdn}$  – srednje vreme zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova,

$\bar{T}_{opn}$  – srednje vreme opravke sistema, koje je u ovoj analizi pogodno prikazati izrazom:

$$\bar{T}_{opn} = \bar{T}_{don} + \bar{T}_{oon} \quad (4)$$

gde je:

$\bar{T}_{don}$  – srednje vreme defektacije sistema,

$\bar{T}_{oon}$  – srednje vreme otklanjanja otkaza sistema.

U nastavku je izvršena analiza uticaja ugradnje UME-a na elemente koji određuju operativnu gotovost (izrazi (1), (2), (3) i (4)) i, na kraju, analiza ovog uticaja na samu operativnu gotovost.

*Efektivno srednje vreme između otkaza sistema –  $MTBF_{ef}$*

Ugradnjom UME-a u elektronski sistem povećava se broj sastavnih delova sistema, što ima za posledicu smanjenje pouzdanosti sistema, odnosno smanjenje efektivnog srednjeg vremena između otkaza. Povećanjem dubine defektacije UME-a ovo smanjenje će biti još veće. Međutim ako se ima u vidu da fizički UME predstavlja procentualno mali deo sistema, jasno je da je promena efektivnog srednjeg vremena između otkaza sistema, uvođenjem UME-a, relativno mala.

*Srednje vreme opravke sistema –  $\bar{T}_{opn}$*

Ugradnjom UME-a bitno se smanjuje vreme defektacije otkaza elektronskog sistema. Bez ugrađenog UME-a ovo

Vremena opravke sistema zamenom VMC

Otkazala VMC	Varijanta UME-A			Varijanta UME-B		
	Vreme defektacije sistema (h)	Vreme otklanjanja otkaza sistema (h)	Vreme opravke sistema (h)	Vreme defektacije sistema (h)	Vreme otklanjanja otkaza sistema (h)	Vreme opravke sistema (h)
VMC-1	1,8	0,1	1,9	0,005	0,1	0,105
VMC-2	1,2	0,1	1,3	0,005	0,1	0,105
VMC-3	1,8	0,1	1,9	0,005	0,1	0,105

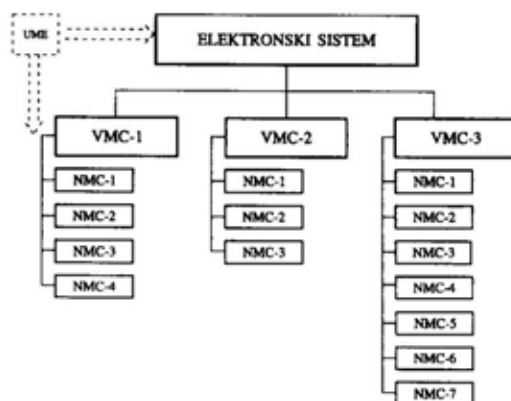
vreme iznosi od nekoliko desetina minuta do nekoliko desetina sati. Sa UME ovo vreme ima minimalni iznos (do jednog minuta). Kako ono predstavlja veći deo srednjeg vremena aktivne opravke sistema kada nije ugrađen UME (u proseku 60% [5]), jasno je da srednje vreme aktivne opravke sistema veoma zavisi od varijanti samotestiranja.

*Primer:* Za elektronski sistem, prikazan na slici 3 u tabeli 1, prikazana su vremena opravke sistema zamenom viših modularnih celina – VMC na n-tom nivou, kada UME sistema obavlja samo indikaciju otkaza (varijanta UME-A) i kada UME izvodi defektaciju do nivoa VMC (varijanta UME-B). Za varijantu UME-A srednje vreme defektacije sistema (otkrivanje neispravne VMC) iznosi  $\bar{T}_{don} = 1,62$  h. Vreme otklanjanja otkaza (zamena neispravne VMC) jeste  $\bar{T}_{oon} = 0,1$  h, pa je srednje vreme opravke sistema  $\bar{T}_{opn} = 1,63$  h. Uvođenjem UME-a koji obavlja defektaciju do nivoa VMC (varijanta UME-B) vreme defektacije se smanjilo na  $\bar{T}_{don} = 0,005$  h, vreme otklanjanja otkaza je kao i u varijanti UME-A, pa je srednje vreme opravke sistema  $\bar{T}_{opn} = 0,105$  h – 15 puta manje nego pri varijanti UME-A.

*Srednje vreme organizacionih zastoja pri korektivnom održavanju –  $\bar{T}_{ozn}$  ne zavisi od varijanti UME-a.*

*Srednje vreme zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova –  $\bar{T}_{zrdn}$*

Za ista uložena sredstva u zalihe rezervnih delova, sa jedne strane, srednje vreme zastoja sistema, zbog nedostatka rezervnih delova, povećaće se uvođenjem UME-a. Razlog tome je povećanje asortimana sastavnih/rezervnih delova. Kako je ovo povećanje asortimana, u većini slučajeva, relativno malo u odnosu na ukupni asortiman sastavnih/rezervnih delova, to će i povećanje srednjeg vremena zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova biti malo. Sa druge strane, ako se u opravljive modularne celine ugradi UME (veća dubina defektacije) vreme njihove defektacije, odnosno opravke, biće osetno manje, te će se i celine, nakon opravke, brže vraćati u komplete



Sl. 3 – Modularno građen elektronski sistem

rezervnih delova ili na sistem. To će imati za posledicu smanjivanje srednjeg vremena zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova.

*Srednje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja –  $MDT_c$*

Srednje vreme organizacionih zastoja pri korektivnom održavanju sistema –  $\bar{T}_{ozn}$  mnogo zavisi od nivoa na kojem se opravljaja sistem. Ako se sistem opravljaja na mestu njegove eksploatacije (I nivo) ovo vreme je minimalno (nekoliko minuta), a ako se sistem opravljaja na višim nivoima ono može biti veoma dugo (od desetak sati do nekoliko dana). Srednje vreme zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova  $\bar{T}_{zrdn}$  zavisi od uloženi novčanih sredstava u zalihe rezervnih delova. Ako su ova sredstva takva da se obezbede sastavni delovi sistema na mestu (nivou) gde se sistem opravljaja, to vreme će biti minimalno (nekoliko minuta). Sa druge strane, za mala uložena sredstva to vreme će biti dugo (od desetak sati do nekoliko dana). Ako se zna da je za opravku sistema bez UME-a potrebno vreme od nekoliko sati, a za opravku sistema sa UME-om vreme od desetak minuta do jednog sata, može se zaključiti da će se uticaj ugradnje UME-a na sred-

nje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja –  $MDT_c$  ispoljiti samo u slučaju da se sistem opravljaja najvećim delom na mestu upotrebe (u izrazu (2)  $q_1 \approx 1$ ) i da je korisnik dovoljno snabdeven potrebnim rezervnim delovima. U suprotnom, ovo vreme će se praktično vrlo malo promeniti ako se u sistem ugradi UME.

*Operativna gotovost*

Iz izraza (1) vidi se da operativnu gotovost određuju efektivno srednje vreme između otkaza sistema –  $MTBF_{ef}$  i srednje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja –  $MDT_c$ . Kako ugradnja UME-a vrlo malo utiče na  $MTBF_{ef}$ , ova ugradnja će uticati na povećanje operativne gotovosti na isti način kao što utiče i na smanjenje vremena  $MDT_c$ .

U tabeli 2 prikazan je relativan uticaj ugradnje UME-a u elektronski sistem na operativnu gotovost i njene elemente.

## TROŠKOVI ŽIVOTNOG VEKA SISTEMA

Deo troškova životnog veka sistema, koji zavise od ugradnje UME-a, prikazan

Tabela 2

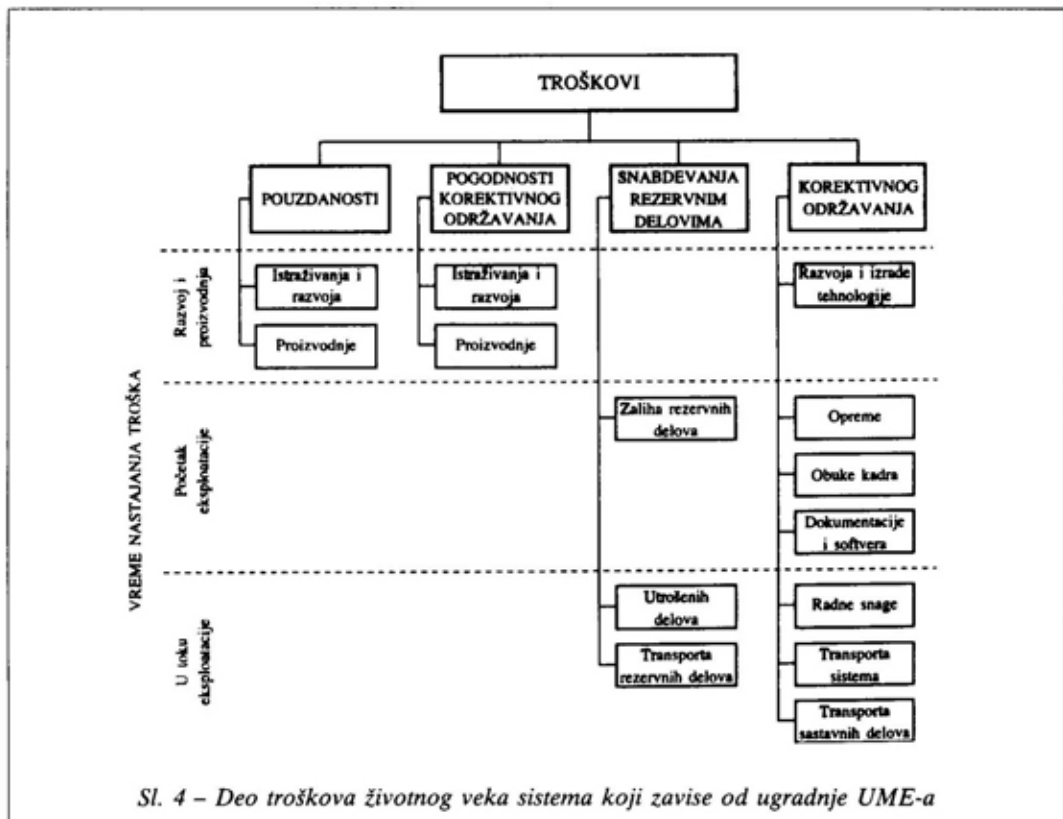
*Uticaj ugradnje UME-a na operativnu gotovost i elemente koji je određuju*

Kriterijum	UME (dubina lokalizacije do jednog nivoa)	UME (dubina lokalizacije do više nivoa)
Srednje vreme između otkaza	* (-)	* (-)
Srednje vreme opravke sistema	* (-) ÷ *** (-)	* (-) ÷ *** (-)
Srednje vreme organizacionih zastoja pri korektivnom održavanju	•	•
Srednje vreme zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova	* (+)	* (-) ÷ * (+)
Srednje vreme zastoja sistema zbog korektivnog održavanja	• ÷ *** (-)	• ÷ *** (-)
Operativna gotovost	* (+) ÷ *** (+)	* (+) ÷ *** (+)

• – nema uticaja  
\* – mali uticaj

\*\* – srednji uticaj  
\*\*\* – veliki uticaj

(+) – raste  
(-) – opada



Sl. 4 – Deo troškova životnog veka sistema koji zavise od ugradnje UME-a

je na slici 4. U nastavku je utvrđen uticaj ugradnje UME-a na ove troškove.

*Troškovi istraživanja, razvoja i proizvodnje pouzdanosti*

Ugradnjom UME-a u elektronski sistem pojavljuje se dodatni broj sastavnih delova za koje je potrebno obezbediti određenu pouzdanost. Zbog toga će troškovi istraživanja, razvoja i proizvodnje pouzdanosti sistema sa UME-om biti veći od ovih troškova kod sistema bez UME-a. Povećanjem dubine defektacije UME-a ovi troškovi biće još veći. Zbog značaja funkcije UME-a u elektronskom sistemu (indikacija otkaza, defektacija otkaza), njegova pouzdanost treba da bude visoka, što se postiže primenom metoda povećanja pouzdanosti (primena kvalitetnijih komponenti, rasterećenje komponenti,

redundansa, itd.), što dodatno povećava troškove istraživanja, razvoja i proizvodnje pouzdanosti.

*Troškovi istraživanja, razvoja i proizvodnje pogodnosti korektivnog održavanja*

Ugradnja UME-a u elektronski sistem predstavlja metodu povećanja pogodnosti korektivnog održavanja koja, u odnosu na ostale metode povećanja pogodnosti korektivnog održavanja, zahteva najviše vremena i materijala u toku istraživanja, razvoja i proizvodnje pogodnosti korektivnog održavanja. To znači da ugradnja UME-a ima veliki uticaj na ove troškove.

*Troškovi zaliha rezervnih delova, troškovi utrošenih rezervnih delova, troškovi transporta rezervnih delova*

Uvođenjem UME-a u sistem povećaće se broj sastavnih delova, a time i potreban asortiman rezervnih delova, što će imati za posledicu povećanje troškova potrebnih zaliha rezervnih delova, utrošenih rezervnih delova i transporta rezervnih delova. Kako UME predstavlja manji deo sistema i kako je njegova pouzdanost visoka, to povećanje će biti relativno malo.

#### *Troškovi razvoja i izrade tehnologije korektivnog održavanja*

Prilikom opravke elektronskog sistema i njegovih sastavnih delova najveći problem je pronalaženje neispravnog sastavnog dela čiji je otkaz uzrok neispravnosti, pa je kod sistema bez UME-a veći deo razvoja i izrade tehnologije korektivnog održavanja posvećen baš postupku defektacije. Ugradnjom UME-a u elektronski sistem i njegove sastavne delove rešava se defektacija elektronskog sistema i njegovih sastavnih delova, tako da to nije potrebno sprovesti u toku razvoja i izrade tehnologije korektivnog održavanja sistema. Zbog toga će troškovi razvoja i izrade tehnologije korektivnog održavanja ugradnjom UME-a biti bitno umanjeni.

#### *Troškovi za specijalnu opremu za korektivno održavanje*

Ako elektronski sistem i njegovi sastavni delovi nemaju ugrađen UME, potrebno je izraditi specijalnu opremu za defektaciju, da bi se mogao pronaći sastavni deo koji je izazvao otkaz. Ugradnjom UME-a nije potrebna ova oprema, jer funkciju defektacije obavlja UME. Zbog toga će ugradnja UME-a znatno uticati na smanjenje ovih troškova.

#### *Troškovi obuke kadra*

Defektacija neispravnosti elektronskog sistema i njegovih sastavnih delova predstavlja najsloženiju aktivnost pri

opravci sistema. Zbog toga se, pri obuci kadra za korektivno održavanje sistema bez UME-a, veliki deo vremena utroši na savladavanje postupka defektacije. Ugradnjom UME-a aktivnost defektacije neispravnosti veoma se pojednostavljuje, pa se pri obuci kadra za korektivno održavanje za sam postupak defektacije utroši vrlo malo vremena. To ima za posledicu smanjenje troškova obuke kadra. Povećanjem dubine samotestiranja pojednostavljuje se defektacija i na manjim celinama, pa troškovi obuke kadra i dalje opadaju.

#### *Troškovi dokumentacije i softvera*

Zbog pojednostavljenja aktivnosti defektacije ugradnjom UME-a, dokumentacija i dodatni softver za korektivno održavanje su, u tom slučaju, manjeg obima, odnosno troškovi za njih su manji.

#### *Troškovi radne snage*

Ugradnjom UME-a u elektronski sistem smanjiće se srednje vreme opravke sistema, zbog čega će se smanjiti troškovi radne snage. Ovi troškovi će dodatno opasti i zbog toga što opravku sistema sa UME-om može da izvodi i kadar manje stručnosti, pa je cena radnog sata niža. Povećanjem dubine samotestiranja ovi troškovi će se zbog istih razloga još smanjiti.

#### *Troškovi transporta sistema*

Ako se opravka sistema u slučaju otkaza UME-a obavlja na mestu eksploatacije sistema, ovi troškovi se ne menjaju ugradnjom UME-a, a ako se sistem transportuje na viši nivo održavanja u slučaju otkaza UME-a ovi troškovi će malo porasti ugradnjom UME-a.

#### *Troškovi transporta sastavnih delova*

Zbog povećanja broja sastavnih delova ugradnjom UME-a doći će do malog povećanja troškova transporta sastavnih delova.

Uticaj ugradnje UME-a na deo troškova životnog veka sistema (u odnosu na sistem bez ugrađenog UME-a)

Troškovi	UME (dubina lokalizacije do jednog nivoa)	UME (dubina lokalizacije do više nivoa)
Istraživanja, razvoja i proizvodnje pouzdanosti	* (+)	* (+)
Istraživanja, razvoja i proizvodnje pogodnosti korektivnog održavanja	*** (+)	*** (+)
Zaliha rezervnih delova	* (+)	* (+)
Utrošenih delova	* (+)	* (+)
Transporta rezervnih delova	* (+)	* (+)
Razvoja i izrade tehnologije korektivnog održavanja	** (-)	*** (-)
Opreme	** (-)	*** (-)
Obuke kadra	** (-)	*** (-)
Dokumentacije i softvera	** (-)	*** (-)
Radne snage	** (-)	*** (-)
Transporta sistema	● ÷ * (+)	● ÷ * (+)
Transporta sastavnih delova	* (+)	* (+)

• - nema uticaja  
\* - mali uticaj

\*\* - srednji uticaj  
\*\*\* - veliki uticaj

(+) - raste  
(-) - opada

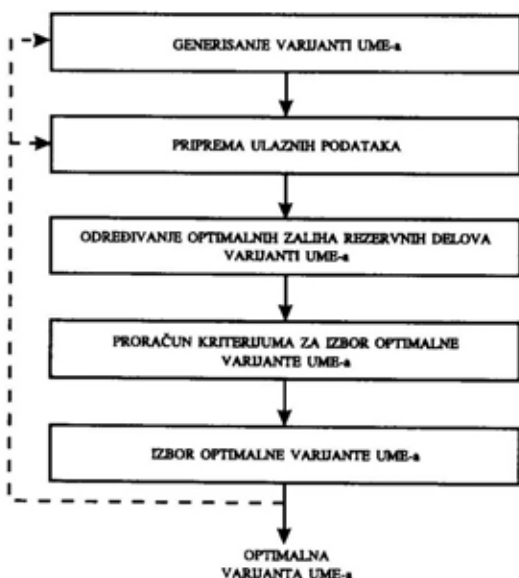
U tabeli 3 prikazan je relativan uticaj ugradnje UME-a u elektronski sistem na troškove životnog veka sistema.

### Postupak izbora optimalne varijante ugradnje UME-a u elektronski sistem

Osnova postupka izbora optimalne varijante ugradnje UME-a jeste generisanje svih relevantnih varijanti ugradnje UME-a, određivanje vrednosti kriterijuma za ocenu ovih varijanti i, na osnovu dobijenih rezultata, određivanje optimalne varijante. Na slici 5 prikazan je algoritam ovog izbora.

Generisanjem varijanti UME-a treba odrediti sve logične načine otkrivanja otkaza i defektacije pomoću UME-a kod sistema i njegovih sastavnih delova. Pri ovom postupku neke varijante će biti eliminisane. Na primer, ako za određeni sastavni deo sistema koji se ugrađuje u

sistem već postoji razrađena tehnologija opravke, oprema, dokumentacija i obučeni kadar za održavanje, eliminisane se



Sl. 5 - Algoritam izbora optimalne varijante UME-a



varijanta UME-a u kojoj se u taj deo ugrađuje UME. Ako se ne eliminiše, u generisanim varijantama je, obavezno, i varijanta sistema bez ugrađenog UME-a.

Za određivanje optimalnih zaliha rezervnih delova varijanti UME-a i proračun kriterijuma za izbor optimalne varijante UME-a potrebno je obezbediti ulazne podatke. Ovi podaci sistematizuju se u sledeće celine:

- podaci vezani za eksploataciju sistema (koeficijent eksploatacije, životni vek, uslovi rada sistema, broj sistema u eksploataciji);

- podaci vezani za ugradnju UME-a (vremena opravke sistema zamenom njegovih sastavnih delova, vremena opravke delova sistema zamenom njihovih sastavnih delova, troškovi istraživanja i razvoja varijanti UME-a, troškovi proizvodnje varijanti UME-a);

- podaci vezani za pouzdanost sistema (intenziteti otkaza sastavnih delova);

- podaci vezani za tehnologiju opravke sistema (cena razvoja i izrade tehnologije korektivnih programa, trajanje obuke za korektivne programe, dnevni troškovi po slušaocu za korektivne programe, cena specijalne opreme za izvođenje korektivnih programa, cena izrade dokumentacije za opravku sistema, cena distribucije dokumentacije za korektivne programe);

- podaci vezani za sistem održavanja (broj radionica na nivoima održavanja, broj sistema oslonjenih na radionice održavanja, vreme transporta sistema do nivoa održavanja, vreme čekanja sistema na opravku na nivoima održavanja, vreme čekanja sistema na predaju nakon opravke na nivoima održavanja, vreme transporta sistema od nivoa održavanja do mesta upotrebe, vreme redovnog tran-

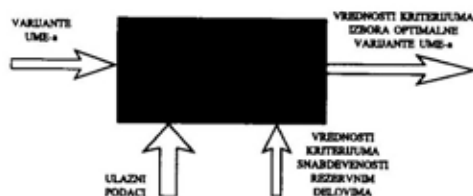
sporta sastavnog dela sistema do nivoa održavanja, vreme vanrednog transporta sastavnog dela sistema do nivoa održavanja, vreme čekanja sastavnog dela u radionici na redovnu opravku, vreme čekanja sastavnog dela u radionici na vanrednu opravku, vreme čekanja sastavnog dela u radionici na predaju nakon redovne opravke, vreme čekanja sastavnog dela u radionici na predaju nakon vanredne opravke, broj slušalaca za obuku sa nivoa održavanja, cena transporta sistema do nivoa održavanja, cena redovnog transporta sastavnog dela sistema do nivoa održavanja, cena vanrednog transporta sastavnog dela sistema do nivoa održavanja, cena radnog sata na nivoima održavanja);

- podaci vezani za sistem snabdevanja (vreme redovnog transporta rezervnog dela od kompleta na  $x + 1$  do kompleta na  $x$ -om nivou, vreme vanrednog transporta rezervnog dela od kompleta na  $x + 1$  do kompleta na  $x$ -om nivou, cena redovnog transporta rezervnog dela od kompleta na  $x + 1$  do kompleta na  $x$ -om nivou, cena vanrednog transporta rezervnog dela od kompleta na  $x + 1$  do kompleta na  $x$ -om nivou).

Zalihe rezervnih delova, za jednu varijantu UME-a, mogu se formirati na više načina. Od svih tih varijanti zaliha rezervnih delova, za naredni proračun kriterijuma za izbor optimalne varijante UME-a, značajne su one koje su optimalne sa aspekta snabdevenosti rezervnim delovima. Jedan od mogućih načina dobijanja ovih varijanti jeste metod približnog dinamičkog programiranja [6, 7]. Kao izlaz optimizacije zaliha rezervnih delova javljaju se vrednosti kriterijuma ove optimizacije: srednje vreme zastoja sistema zbog nedostatka rezervnih delova i cena zaliha rezervnih delova, za svaku

optimalnu varijantu zaliha rezervnih delova svake varijante UME-a, koji se koriste kao ulazni podaci proračuna kriterijuma.

Na slici 6 prikazan je postupak proračuna kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a. Model za proračun ovih kriterijuma čini skup matematičkih izraza i logike izbora ulaznih podataka, koji na osnovu ulaznih podataka izračunava vrednosti kriterijuma [8, 9]. Ovim proračunom dobijaju se vektori operativne gotovosti sistema –  $A_o(v, n)$  i dela troškova životnog veka sistema (korektivnog održavanja i ugradnje UME-a) –  $C'_{zv}(v, n)$ , gde je:  $v$  – redni broj varijante UME-a i  $n$  – redni broj optimalne varijante rezervnih delova.



Sl. 6 – Proračun kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a

Na osnovu dobijenih vrednosti kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a, potrebno je izabrati optimalnu varijantu UME-a. Postupak izbora ove varijante zavisi od cilja optimizacije, koji određuje namena elektronskog sistema. U nastavku će se prikazati postupak ovog izbora za sisteme čija namena je vezana za bezbednost i sigurnost, i kod kojih je na prvom mestu efektivnost, a tek zatim troškovi (npr. vojni sistemi). Kod ovih sistema cilj optimizacije UME-a jeste da se postigne potrebna operativna gotovost uz što manje troškove. Izbor optimalne varijante izvodi se u dve faze.

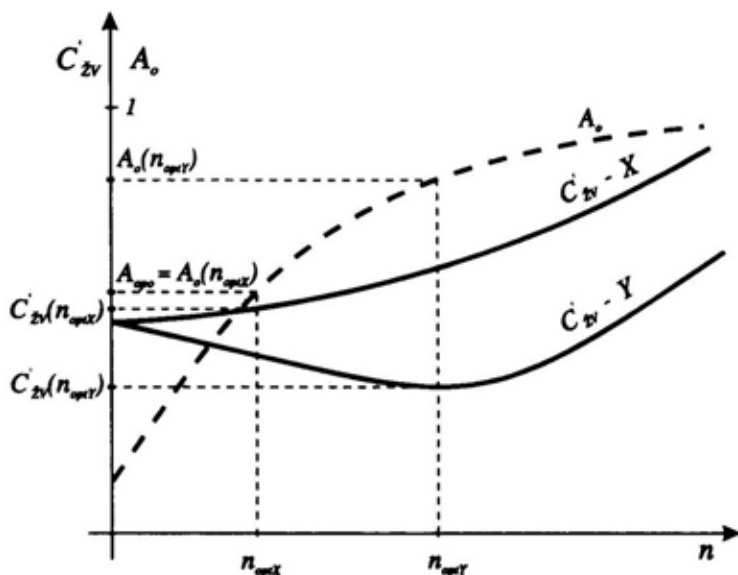
U prvoj fazi se za svaku varijantu UME-a traži optimalna varijanta zaliha rezervnih delova sa aspekta optimizacije ugradnje UME-a, odnosno ona varijanta zaliha rezervnih delova pri kojoj je:

$$A_o(n) \geq A_{opo} \text{ i } C'_{zv}(n)_{\min} \quad (5)$$

gde je:  $A_{opo}$  – potrebna operativna gotovost,  $A_o(n)$  – operativna gotovost sistema pri  $n$ -toj optimalnoj varijanti zaliha rezervnih delova,  $C'_{zv}(n)$  – deo troškova životnog veka sistema pri  $n$ -toj optimalnoj varijanti zaliha rezervnih delova. Na slici 7 prikazan je postupak izbora optimalne varijante zaliha rezervnih delova jedne varijante UME-a. Na ovoj slici prikazana je opšta zavisnost troškova –  $C'_{zv}(v)$  i operativne gotovosti –  $A_o(v)$  elektronskog sistema od varijanti zaliha rezervnih delova za jednu njegovu varijantu UME-a ( $n$  – redni broj varijante zaliha rezervnih delova). Na osnovu rezultata istraživanja [8] funkcija troškova može imati oblik  $X$  ili  $Y$ , zavisno od nivoa uticaja zaliha rezervnih delova na troškove transporta rezervnih delova. U slučaju da funkcija  $C'_{zv}(v)$  ima oblik  $X$ , optimalna varijanta rezervnih delova  $n_{opt}$  određena je iznosom  $A_{opo}$ . Ako funkcija  $C'_{zv}(v)$  ima oblik  $Y$  i ako je rešenje prvog uslova u njenom opadajućem delu, onda je  $n_{opt}$  određeno minimumom funkcije  $C'_{zv}(n)$ .

U drugoj fazi se na osnovu dobijenih vrednosti kriterijuma, pri optimalnoj varijanti zaliha rezervnih delova, svake varijante UME-a:  $A_o(v, n_{opt})$  i  $C'_{zv}(v, n_{opt})$ , određuje optimalna varijanta UME-a. Kako svi elementi vektora  $A_o(v, n_{opt})$  zadovoljavaju uslov (5) ovaj problem se, u principu, svodi na pronalaženje minimalnog elementa vektora  $C'_{zv}(v, n_{opt})$ . Varijanta UME-a sa minimalnim  $C'_{zv}$

Sl. 7 – Određivanje optimalne varijante zaliha rezervnih delova jedne varijante UME-a i vrednosti kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a pri toj varijanti



( $v, n_{opt}$ ) biće optimalna varijanta. Jedino u slučaju da postoje varijante sa približno istim troškovima  $C'_{zv}(v, n_{opt})$ , kao i varijanta sa minimalnim troškovima, za optimalnu varijantu, od ovih varijanti može se odrediti varijanta sa maksimalnim  $A_0(v, n_{opt})$ .

### Primer izbora optimalne varijante UME-a

Pomoću računarskog programa, realizovanog na osnovu matematičkog modela korektivnog održavanja [8, 9] i datog postupka određivanja optimalne varijante UME-a, izvršen je izbor ove varijante kod hipotetičkog elektronskog sistema, čija konstrukcija je prikazana na slici 3. Uzeto je da sistem ima dve logične varijante UME-a, koje su prikazane na slici 2.

UME-A – UME vrši samo indikaciju neispravnosti,

UME-B – UME vrši defektaciju do nivoa VMC.

Tehnologija korektivnog održavanja ovog sistema rešena je preko tri korektivna tehnološka programa [8]:

KO-4 – Oправка sistema zamenom VMC bez podešavanja,

KO-6 – Oправка VMC zamenom NMC bez podešavanja,

KO-8 – Oправка NMC zamenom elementa bez podešavanja.

Analiza uticaja ugradnje UME-a na operativnu gotovost pokazala je da ugradnja UME-a ima uticaj samo u slučaju da se sistem opravljia na mestu upotrebe ili blizu tog mesta. Da bi se to uočilo i u ovom primeru, uzete su dve varijante nivoa opravke (NO) elektronskog sistema, koje su prikazane u tabeli 4.

Kod varijante NO-A sistem se opravljia na II nivou održavanja, a kod varijante NO-B opravku izvodi korisnik na mestu korišćenja sistema. Kako korisnik sistema nema opremu i znanje za opravku sistema bez UME-a, to će se pri izboru varijanti

Tabela 4

## Varijante nivoa opravke elektronskog sistema

Nivo održavanja	KO-4	KO-6	KO-8
Varijanta NO-A			
I			
II	*		
III		*	
IV			*
Varijanta NO-B			
I	*		
II			
III		*	
IV			*

UME-a razmatrati samo kombinacije varijanti:

- I UME-A – NO-A
- II UME-B – NO-A
- III UME-B – NO-B

Ovaj sistem korišćen je kao primer u [2] i [8], gde su dati svi ulazni podaci. U nastavku su dati samo ulazni podaci koji nisu postojali u ovim redovima i oni koji se razlikuju po iznosu.

## 1. Eksploatacija sistema:

- koeficijent eksploatacije sistema 0,6
- životni vek sistema 7 god.
- broj sistema u eksploataciji 100
- broj sistema koji se oslanjaju na radionicu II nivoa održavanja 20

## 2. Ugradnja UME-a:

- troškovi istraživanja i razvoja UME-a (UME-A) 30 000 nj<sup>2)</sup>
- troškovi proizvodnje UME-a (UME-A, po sistemu) 400 nj
- troškovi istraživanja i razvoja UME-a (UME-B) 500 000 nj

2) nj – novčana jedinica.

- troškovi proizvodnje UME-a (UME-B, po sistemu) 5 500 nj

## 3. Tehnologija opravke:

- razvoj i izrada tehnologije za KO-4 10 000 nj
- razvoj i izrada tehnologije za KO-6 80 000 nj
- razvoj i izrada tehnologije za KO-8 450 000 nj
- cena specijalne opreme za izvođenje KO-6 80 000 nj
- cena specijalne opreme za izvođenje TPO-8 900 000 nj

## 4. Sistem održavanja:

- vreme čekanja sistema u radionici II nivoa na opravku 0,1 h
- vreme čekanja sistema u radionici II nivoa na predaju nakon opravke 0,1 h
- vreme redovnog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe sistema do radionice na III nivou održavanja (NO-B) 31 h
- vreme vanrednog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe sistema do radionice na III nivou održavanja (NO-B) 6 h
- vreme redovnog transporta neispravne VMC od radionice II nivoa održavanja do radionice na III nivou održavanja (NO-A) 30,0 h
- vreme vanrednog transporta neispravne VMC od radionice II nivoa održavanja do radionice na III nivou održavanja (NO-A) 5,0 h
- vreme čekanja VMC u radionici III nivoa na redovnu opravku 2,5 h
- vreme čekanja VMC u radionici III nivoa na vanrednu opravku 0,1 h
- vreme čekanja VMC u radionici III nivoa na predaju nakon redovne opravke 1,0 h
- vreme čekanja VMC u radionici III nivoa na predaju nakon vanredne opravke 0,0 h

- vreme redovnog transporta neispravne NMC od radionice na III nivou održavanja do radionice na IV nivou održavanja 70,0 h

- vreme vanrednog transporta neispravne NMC od radionice na III nivou održavanja do radionice na IV nivou održavanja 15,0 h

- vreme čekanja NMC u radionici IV nivoa na redovnu opravku 10,0 h

- vreme čekanja NMC u radionici IV nivoa na vanrednu opravku 0,1 h

- vreme čekanja NMC u radionici IV nivoa na predaju nakon redovne opravke 3,0 h

- vreme čekanja NMC u radionici IV nivoa na predaju nakon vanredne opravke 0,0 h

- cena transporta sistema od mesta upotrebe do radionice II nivoa održavanja (NO-A) 100,0 nj

- cena redovnog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe sistema do radionice na III nivou održavanja (NO-B) 5,0 nj

- cena vanrednog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe sistema do radionice na III nivou održavanja (NO-B) 50,0 nj

- cena redovnog transporta neispravne VMC od radionice II nivoa održavanja do radionice na III nivou održavanja (NO-A) 4,0 nj

- cena vanrednog transporta neispravne VMC od radionice II nivoa održavanja do radionice na III nivou održavanja (NO-A) 45,0 nj

- cena redovnog transporta neispravne NMC od radionice na III nivou održavanja do radionice na IV nivou održavanja 6,0 nj

- cena vanrednog transporta neispravne NMC od radionice na III nivou

održavanja do radionice na IV nivou održavanja 70,0 nj

5. Sistem snabdevanja rezervnim delovima:

- vreme vanrednog transporta VMC od grupnog kompleta-2 (GK-2) do individualnog kompleta (IK) sistema (NO-B) 0,5 h

- vreme redovnog transporta VMC od GK-3 do GK-2 30 h

- vreme vanrednog transporta VMC od GK-3 do GK-2 5,0 h

- vreme redovnog transporta NMC od GK-4 do GK-3 70,0 h

- vreme vanrednog transporta NMC od GK-4 do GK-3 15 h

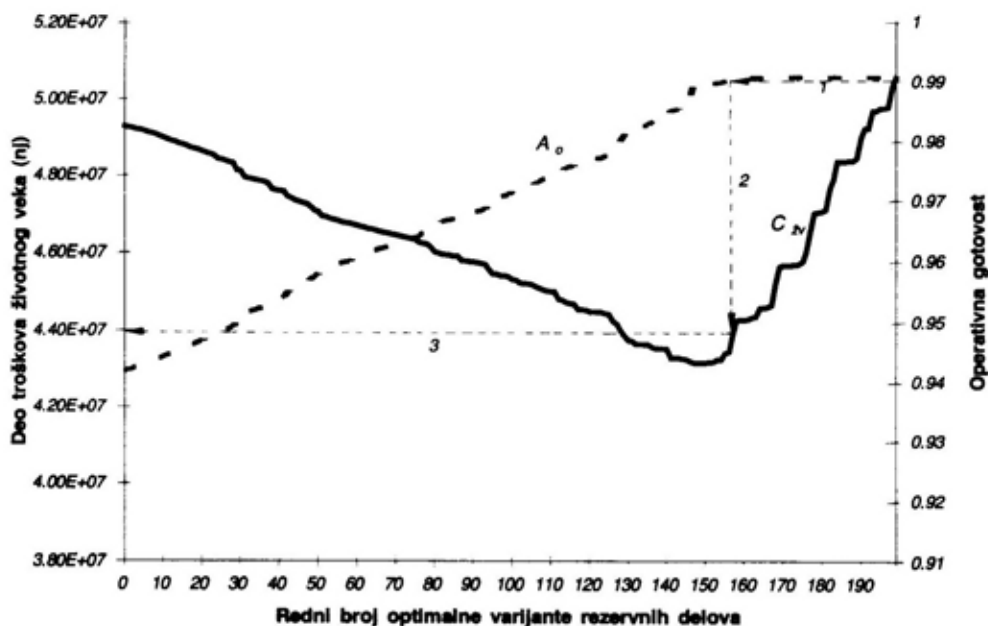
- cena redovnog transporta VMC od GK-3 do GK-2 4,0 nj

- cena vanrednog transporta VMC od GK-3 do GK-2 45,0 nj

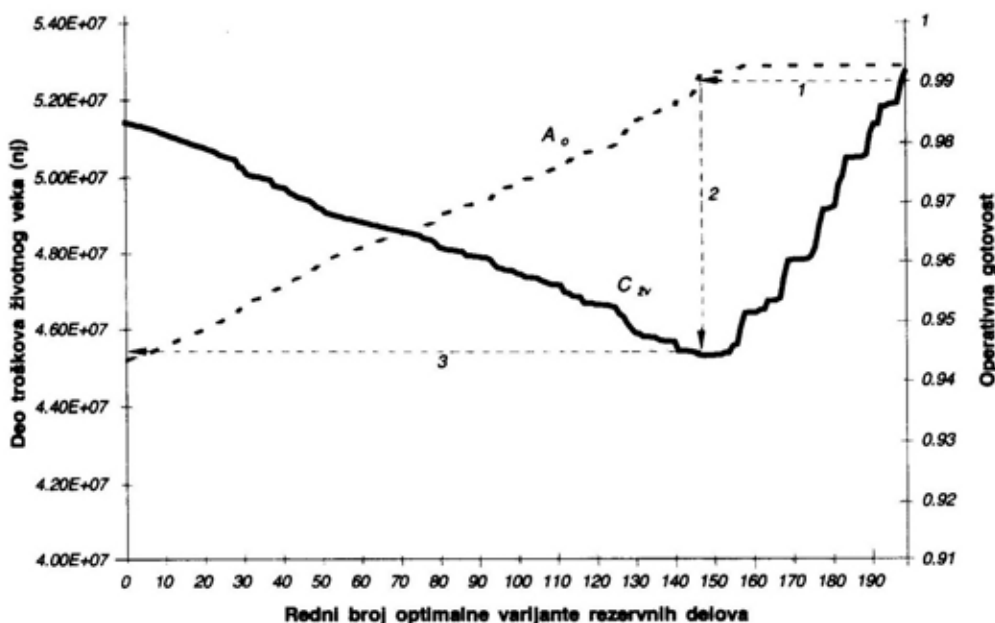
- cena redovnog transporta NMC od GK-4 do GK-3 6,0 nj

- cena vanrednog transporta NMC od GK-4 do GK-3 70,0 nj

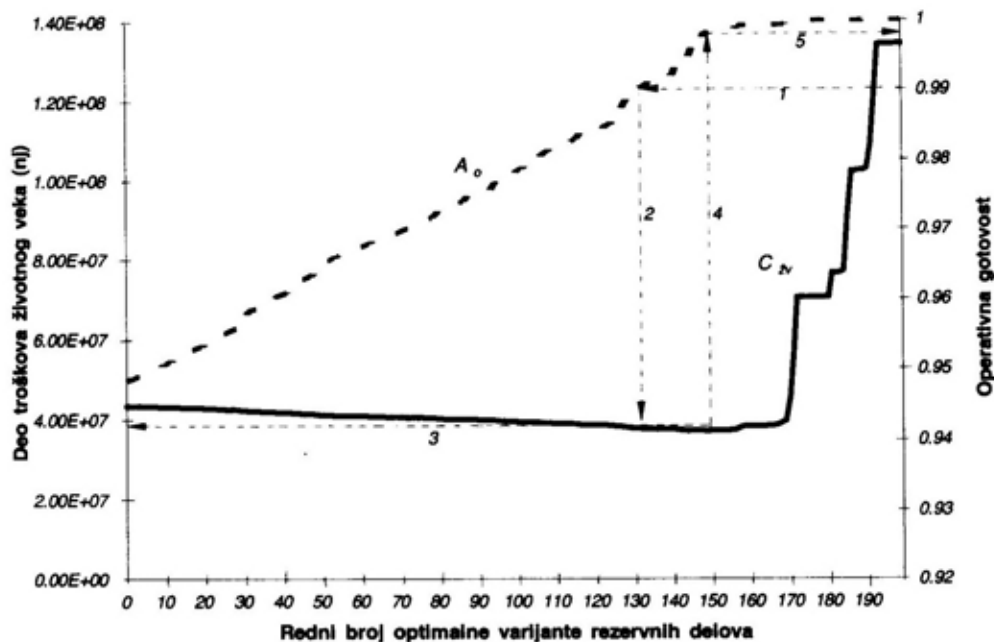
Na slikama 8, 9 i 10 prikazani su rezultati proračuna kriterijuma za izbor optimalne varijante UME-a za kombinacije varijanti UME-a i nivoa opravke - I, II i III, pri koeficijentu eksploatacije sistema 0,6. Na ovim slikama vidi se grafička zavisnost kriterijuma operativne gotovosti -  $A_0$  i dela troškova životnog veka sistema -  $C'_{zv}$  od optimalnih varijanti zaliha rezervnih delova (na apscisi je prikazan redni broj ovih varijanti). Isprekidanim linijama prikazan je postupak prve faze izbora optimalne varijante UME-a. Brojevi pored ovih linija određuju redosled ovog postupka. Izbor je urađen za potrebnu operativnu gotovost -  $A_{opo} = 0,99$ . U tabeli 5 prikazani su rezultati ovog izbora, kao i rezultati za  $A_{opo} = 0,97$  i  $A_{opo} = 0,995$ .



Sl. 8 – Zavisnost kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a od optimalnih varijanti zaliha rezervnih delova, za kombinaciju varijanti I



Sl. 9 – Zavisnost kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a od optimalnih varijanti zaliha rezervnih delova, za kombinaciju varijanti II



Sl. 10 - Zavisnost kriterijuma izbora optimalne varijante UME-a od optimalnih varijanti zaliha rezervnih delova, za kombinaciju varijanti III

Kao što se vidi na slikama 8 i 9 potrebna operativna gotovost  $A_{opo} = 0,995$  ne može se postići kombinacijom varijanti I i II. Analizom dobijenih rezultata u tabeli 5 dobija se da je optimalna kombinacija varijanti III za sve tri vrednosti  $A_{opo}$ .

Promenom koeficijenta eksploatacije sa 0,6 na 0,2 dobijeni su drugačiji

rezultati prve faze izbora optimalne varijante UME-a, koji su prikazani u tabeli 6.

Kao i za  $K_e = 0,6$ , kombinacijom varijanti I i II ne može se postići potrebna operativna gotovost  $A_{opo} = 0,995$ , pa je za tu operativnu gotovost optimalno rešenje, kao jedino moguće, kombinacija varijanti III. Za  $A_{opo} = 0,97$  i  $A_{opo} = 0,99$  optimalna je kombinacija varijanti I.

Tabela 5

Rezultati prve faze izbora optimalne varijante UME-a, za koeficijent eksploatacije  $K_e = 0,6$

Komb. varijanti	$A_{opo} = 0,97$		$A_{opo} = 0,99$		$A_{opo} = 0,995$	
	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$
I	0,989	$4,32 \cdot 10^7$	0,990	$4,34 \cdot 10^7$	-	-
II	0,991	$4,53 \cdot 10^7$	0,991	$4,53 \cdot 10^7$	-	-
III	0,998	$3,71 \cdot 10^7$	0,998	$3,71 \cdot 10^7$	0,998	$3,71 \cdot 10^7$

Rezultati prve faze izbora optimalne varijante UME-a, za koeficijent eksploatacije  $K_e = 0,2$

Komb. varijanti	$A_{opo} = 0,97$		$A_{opo} = 0,99$		$A_{opo} = 0,995$	
	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$	$A_o$	$C'_{zv} (nj)$
I	0,983	$1,64 \cdot 10^7$	0,990	$1,71 \cdot 10^7$	–	–
II	0,985	$2,08 \cdot 10^7$	0,990	$2,12 \cdot 10^7$	–	–
III	0,992	$1,81 \cdot 10^7$	0,992	$1,81 \cdot 10^7$	0,995	$1,83 \cdot 10^7$

## Zaključak

Optimalno doneta odluka o ugradnji UME-a u elektronski sistem je veoma važna aktivnost, od koje u znatnoj meri zavisi ekonomska efektivnost sistema u toku njegovog celokupnog životnog veka. Kod savremenih elektronskih sistema tehnička rešenja, tehnologija izrade, pouzdanost i cena komponenti veoma se brzo menjaju, zbog čega se kod razvijanog sistema ne može primeniti rešenje UME-a od ranije razvijenog sličnog sistema, tj. pri razvoju svakog elektronskog sistema neophodno je sprovesti ovu aktivnost.

Ova odluka zavisi od mnoštva parametara koji su vezani za razvijani sistem, uslove eksploatacije sistema, održavanje sistema i njegovo snabdevanje rezervnim delovima, pa je za njeno donošenje neophodna metodologija i programska podrška. Prikazana metodologija izbora optimalne varijante UME-a predstavlja dobru osnovu za izradu programskog paketa, koji bi se koristio u toku razvoja sistema radi njegove optimalne konstrukcije. Pored ove odluke postoji još niz odluka koje treba doneti u ovoj fazi, a vezane su za integralno tehničko obez-

beđenje (pouzdanost, modularnost, nivo opravke, itd.). Kako su sve ove odluke međusobno zavisne neophodno je da se optimizacija svih ovih odluka izvodi istovremeno i integralno. U primeru ovog rada to je delimično i primenjeno, jer se u njemu istovremeno donose odluke o UME-u, nivou opravke i zalihama rezervnih delova.

## Literatura:

- [1] Korolija, D.: Određivanje optimalne pouzdanosti elektronskog uređaja sa stanovišta korektivnog održavanja, Vojnotehnički glasnik 2/99, str. 18–31, 1998.
- [2] Korolija, D.: Optimizacija korektivnog održavanja elektronskog uređaja nabavljenog na tržištu, Vojnotehnički glasnik 3/98, str. 281–294, 1998.
- [3] Korolija, D.: Donošenje odluke opravi-odbaci kod modularno građenih elektronskih uređaja, Vojnotehnički glasnik 5/98, str. 513–526, 1998.
- [4] Barković, M.: Tehnologija održavanja telekomunikacijskih uređaja – lekcije, VVŠ KoV JNA, Zagreb, 1988.
- [5] Blanchard B., Lowery, E.: Maintainability – Principles and Practices, Mc Graw-Hill, New York, 1969.
- [6] Model snabdevanja modularno građenih elektronskih uređaja rezervnim delovima, Magistarski rad, Zagreb, ETF, 1988.
- [7] Korolija, D.: Optimizacija rezervnih delova za održavanje modularno građenih elektronskih sredstava, Vojnotehnički glasnik 5/96, str. 517–524, 1996.
- [8] Korolija, D.: Model korektivnog održavanja elektronskih uređaja u sistemu održavanja sa više nivoa, Vojnotehnički glasnik 6/97, str. 649–661, 1997.
- [9] Korolija, D.: Optimizacija korektivnog održavanja pri projektovanju i razvoju savremenog elektronskog uređaja, Naučno-tehnički pregled 5/98, str. 94–101, 1998.



Dr Branislav M. Todorović,  
dipl. inž.  
Nenad Kovačević,  
dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## OBJEDINJENE BEŽIČNE TELEKOMUNIKACIJE – SLEDEĆI KORAK U RAZVOJU GLOBALNE PERSONALNE TELEKOMUNIKACIONE MREŽE

UDC: 621.395/.396

### Rezime:

Razmatrane su objedinjene bežične telekomunikacije (engl. tetherless) koje obuhvataju sve vrste mobilnih sistema veza (bežična telefonija, radio-pejdžing, ćelijska mobilna telefonija i radio-sistemi za prenos podataka). Ovaj deo telekomunikacione industrije najbrže se razvija, pri čemu je tendencija razvoja usmerena ka realizaciji globalne personalne telekomunikacione mreže (PCN – Personal Communication Network) koja treba da obezbedi globalni pristup korisnicima. U ovom radu prikazana je koncepcija globalne personalne telekomunikacione mreže realizovane kombinacijom postojeće kablovske infrastrukture i objedinjenih bežičnih telekomunikacija.

*Ključne reči:* telekomunikacije, radio-prenos, mobilni radio-sistemi, radio-mreža.

---

## TETHERLESS COMMUNICATIONS – THE NEXT STEP IN THE DEVELOPMENT OF GLOBAL PERSONAL COMMUNICATION NETWORK

### Summary:

*Tetherless communications which include all kinds of mobile communication systems (wireless telephony, radio paging, cellular mobile and radio data systems) are considered. Tetherless communications represent the fastest growing segment of telecommunications industry. A principal aim is realization of personal communication network (PCN) which ought to provide global access for all users. The concept of global PCN, realized by the combination of existing cable infrastructure and tetherless communications systems, is discussed.*

*Key words:* telecommunications, radio-transmission, mobile radio systems, radio network.

---

### Uvod

Objedinjene bežične telekomunikacije obuhvataju više telekomunikacionih usluga u okviru kojih se mogu izdvojiti:

- bežični (engl. cordless) telefoni,
- radio-pejdžing,
- ćelijski mobilni telefoni,
- radio-sistemi za prenos podataka (RDS – Radio Data System).

Svaka od pomenutih telekomunikacionih usluga ima svoje potencijalno tržište,

prednosti i ograničenja. Sve one zajedno predstavljaju ogromno tržište objedinjenih bežičnih telekomunikacionih sistema male snage.

### Vrste usluga objedinjenih bežičnih telekomunikacionih sistema

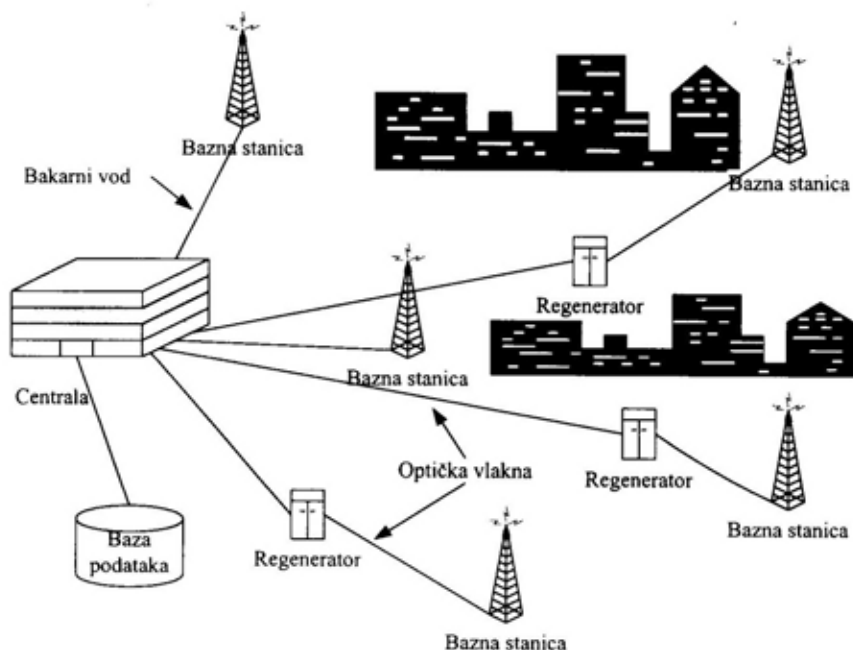
Objedinjeni bežični telekomunikacioni sistemi predstavljaju radio-deo personalne telekomunikacione mreže, a sa-

stoje se od pristupnog radio-sistema i većeg broja mobilnih (prenosnih) uređaja male snage (slika 1). Pristupni radio-sistem čini gusta mreža fiksnih radio-terminala koji su povezani optičkim vlaknima i/ili bakarnim vodovima na fiksnu distributivnu mrežu. Prema tome, radio-terminali (bazne stanice) predstavljaju pristupne tačke distributivne mreže. Radio-deo PCN-a omogućava prenos podataka i govora prenosnim uređajima male snage.

U urbanim sredinama antene baznih stanica postavljaju se na pogodnim tačkama (npr. stubovi ulične rasvete) na visini od 5 do 10 m. Takođe, bazne stanice i njihove antene postavljaju se unutar velikih stambenih, poslovnih i industrijskih kompleksa, na aerodromima, železničkim stanicama i svim drugim mestima gde je velika koncentracija ljudi.

Bazne stanice treba da budu raspoređene tako da obezbede kontinualno radio-pokrivanje čitavog regiona (npr. megapolis sa okolinom). Gustina baznih stanica treba da bude određena tako da zadovolji gustinu telekomunikacionog saobraćaja u oblasti koju one pokrivaju.

Objedinjeni bežični telekomunikacioni sistemi omogućavaju razne tipove prenosa govora i podataka. Oni pružaju mogućnost ostvarivanja veze, bilo u neposrednoj okolini mesta u kojem korisnik živi (bežična telefonija), bilo sa udaljene lokacije (mobilna telefonija), pri čemu se vrše sve potrebne radnje vezane za registraciju korisnika u novoj sredini i tarifiranje. Postoji mogućnost prijema poziva na udaljenoj lokaciji, iako je on stigao na njegovu matičnu lokaciju, kao i automatskog poziva u pomoć pritiskom na dugme i niz drugih mrežnih usluga. Pored toga,



Sl. 1 – Pristupni radio-sistem integrisan u fiksnu distributivnu mrežu

moguće je izvršiti prenos poruka putem radio-pejdžinga ili putem INTERNET-a.

### **Kvalitet pruženih usluga**

Bežična i mobilna telefonija generalno važe za radio-sisteme slabog kvaliteta veze, što je posledica korišćenja jeftinih uređaja koji ne mogu zadovoljiti strože kriterijume kvaliteta. Na primer, kod ćelijskog pokrivanja mobilnom radio-vezom, uzimajući u obzir osetljivost prijemnika, radio-propagaciju, kao i smetnje unutar kanala, treba obezbediti da 90% veza u oblasti pokrivanja ima kvalitet iznad minimalno prihvatljivog u vreme najvećeg opterećenja. Mada je ovaj procenat mnogo veći nego kod ranijih mobilnih sistema, ipak ne omogućuje veliki broj kvalitetnih veza kao kod žičnih sistema. Postoji još jedan kriterijum koji se koristi kao mera kvaliteta, a to je procenat blokiranih poziva. U savremenim mobilnim sistemima on iznosi 1 do 2%. Drugim rečima, na svakih 100 pokušaja, u jednom ili dva pokušaja neće biti moguće ostvariti vezu u času najvećeg opterećenja, pri čemu će na svakih 10 uspešnih poziva jedan imati kvalitet manji od propisanog.

Nasuprot mobilnim sistemima, satelitski i radio-relejni sistemi važe za pouzdane i kvalitetne telekomunikacione sisteme, jer im je kvalitet veze zadovoljavajući u 99,9% ili čak u 99,99% vremena.

Objedinjeni bežični telekomunikacioni sistem koji je razmatran u ovom radu ima zadovoljavajući kvalitet usluga u 99% veza, a može biti projektovan i realizovan da zadovolji i strože uslove koji se mogu smatrati podjednako dobrim kao i u žičnim sistemima.

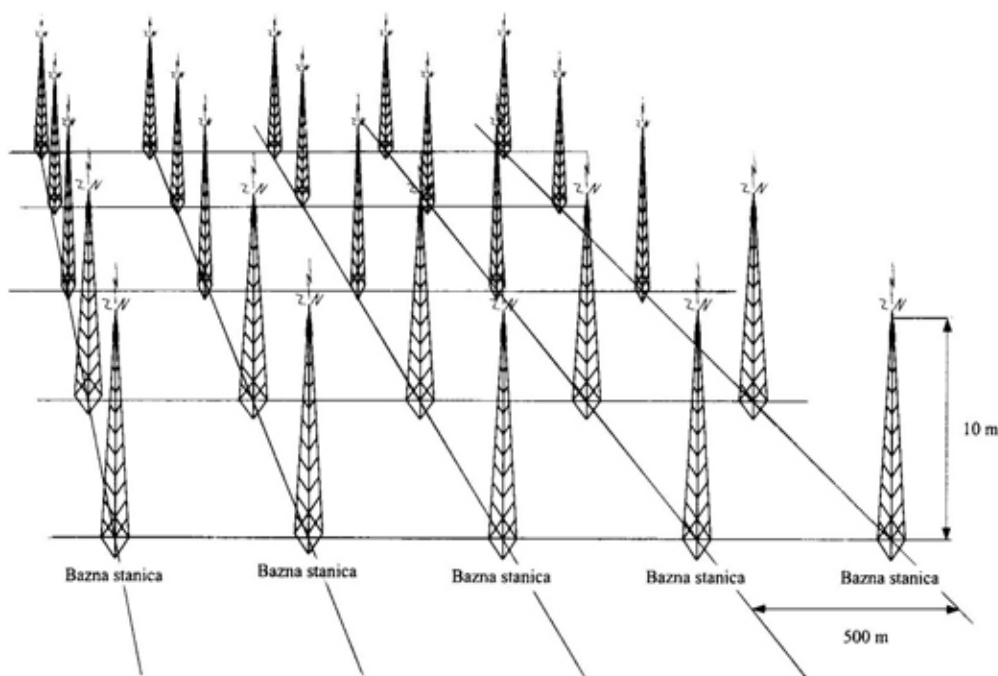
### **Arhitektura i kontrola sistema**

Da bi se ostvario visok kvalitet digitalne radio-veze koriste se metode digitalne obrade signala, realizovane u okviru integrisanih kola posebne namene (ASIC – Application Specific Integrated Circuits). Digitalna obrada signala mora se vršiti tako da se izbegne rasipanje energije koja je dragocena, pogotovo kod mobilnih/prenosnih uređaja. Ako se želi dobar kvalitet uz smanjene troškove, ne mogu se koristiti standardna kola za obradu signala. Arhitektura radio-sistema treba da minimizira potrošnju prenosnog uređaja, tako da bude svedena na maksimalno 100 do 200 mW, što zahteva snagu na predaji reda 10 mW.

### **Raspored baznih stanica**

S obzirom na to da je snaga primopredajnika ograničena veličinom i masom uređaja, domet iznosi od 50 do 1000 m, što zahteva postavljanje guste mreže stanica u naseljenim mestima. Unutar zgrada postavljaju se još gušće trodimenzionalne mreže kako bi se izbeglo slabljenje kroz zidove, i zadovoljio ogroman broj korisnika na malom prostoru. Mreža baznih stanica može biti trougaona, kvadratna, šestougona ili nekog drugog oblika. Zbog velikog broja potrebnih baznih stanica, neophodan frekvencijski opseg mora biti izdvojen na kanale. Isti kanal može da koristi više baznih stanica koje su međusobno dovoljno prostorno razmahnute. Potreban razmak određuje se na osnovu sledećih parametara:

- kvaliteta ostvarene veze u radio-kanalu u prisustvu promenljive istokanalne smetnje sa drugih baznih stanica;
- isplativosti predložene arhitekture u zavisnosti od broja mogućih veza po baznoj stanici;



Sl. 2 – Primer dvodimenzionalnog rasporeda baznih stanica u rezidencijalnoj sredini

– efikasnosti iskorišćenja radio-spektra.

Pošto su ovi parametri međusobno kontradiktorni, potreban je kompromis da bi se odredio razmak dovoljan da više baznih stanica pouzdano koristi isti kanal. Kvalitet radio-kanala može biti poboljšan, bilo smanjivanjem rastojanja između baznih stanica (čime se dobija povećanje margine šuma), bilo povećanjem rastojanja na kome se ponovo može koristiti ista frekvencija (npr. povećava se broj baznih stanica između dve stanice koje koriste istu frekvenciju), čime se smanjuje nivo istokanalne smetnje. Za datu gustinu korisnika ovi činioči višestruko utiču na ekonomičnost i efikasno iskorišćenje spektra. Smanjivanje rastojanja između stanica dovodi do povećavanja njihovog broja, a time i do povećanja cene mreže baznih stanica. Sa druge strane, to bi

dovelo i do smanjenja broja pristupnih veza po jednoj stanici za fiksnu gustinu korisnika, čime je omogućeno povećanje rastojanja ponovnog korišćenja frekvencija bez širenja spektra.

Smanjenje potrebnog frekventijskog opsega, pri čemu gustina korisnika i zahtevi za kvalitetom ostaju isti, zahteva smanjenje kapaciteta svake bazne stanice, usled čega je potrebno smanjiti rastojanje između njih. Smanjivanje rastojanja između stanica dovodi do povećanja njihovog broja, a samim tim i cene mreže. Zbog očigledne složenosti rešenja i problema da se pronade kompromis, za sada ne postoji generalno rešenje, već se problem rešava od slučaja do slučaja.

Analize i simulacije istokanalne smetnje na računaru pokazuju da kvadratni raspored baznih stanica ima najbolje karakteristike, pri čemu nema velikih

razlika u odnosu na ostale rasporede. Kvadratni raspored je lakši i za realizaciju, pa predstavlja često korišćeno rešenje za mrežu baznih stanica. Moguća realizacija prikazana je na slici 2. Za zatvorene prostore projektuju se kockaste trodimenzionalne strukture, pri čemu se pri određivanju rastojanja između stanica javljaju isti problemi kao kod mreže na otvorenom, i u horizontalnoj i u vertikalnoj ravni.

## Modulacija i demodulacija

Pri izboru vrste modulacije treba zadovoljiti određene zahteve. Ukoliko to nije moguće, neophodno je napraviti kompromis. Modulacije sa konstantnom anvelopom signala efikasnije su u pogledu snage i omogućavaju lakšu demodulaciju. Višenivojske modulacije sa promenljivom anvelopom složenije su za realizaciju, ali imaju bolje karakteristike u pogledu efikasnosti iskorišćenja spektra.

Pri izboru vrste modulacije pažnju treba obratiti na efikasno iskorišćenje

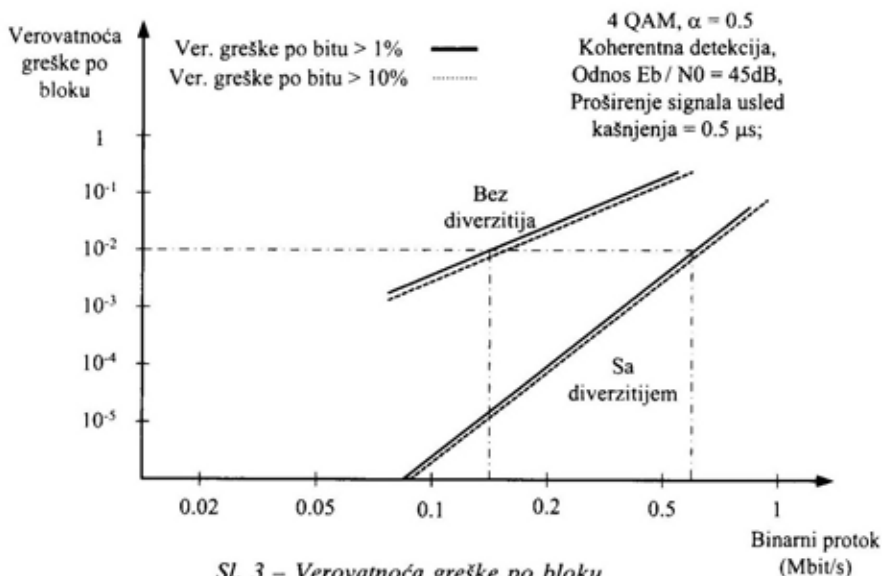
spektra. U tom pogledu najpogodnija je 4-QAM modulacija sa Nikvistovim impulsnim odzivom. Ova četvoronivojska modulacija maksimizira spektralnu efikasnost, a ima dobru otpornost na istokanalnu smetnju.

Pri demodulaciji se koriste koherentni postupci, jer za 2,5 do 3 dB daju bolje rezultate u odnosu na diferencijalne postupke. Koherentni postupci demodulacije pokazali su se boljim i pri suzbijanju efekata širenja signala usled višestruke propagacije.

## Digitalni protok

Digitalni protok ograničen je širenjem signala usled višestruke propagacije, što je posebno izraženo pri prostiranju unutar zgrada. Adaptivna korekcija ove pojave iziskuje složene komponente i dodatnu potrošnju snage. Moguće rešenje je korišćenje diverziteti tehnika.

Na slici 3 prikazana je verovatnoća greške po bloku za slučajeve sa i bez



Sl. 3 – Verovatnoća greške po bloku

diverzitija. Prikazani rezultati dobijeni su simulacijom na računaru i u laboratoriji [11]. U prikazanom primeru odabran je protok od 450 kbit/s, a rezultati pokazuju da za ovu vrednost protoka, u slučaju kada se koristi diverziti, verovatnoća greške po bloku bita iznosi manje od  $10^{-2}$ . Ova vrednost verovatnoće greške dobijena je bez dodatne korekcije zbog širenja spektra signala usled višestruke propagacije. Protok od 450 kbit/s može zadovoljiti više multipleksiranih signala govora i prenos podataka. Korišćenjem digitalnih dekodera, koji su pogodni za primenu u prenosnim uređajima, postiže se subjektivno dobar kvalitet prenosa za verovatnoću greške po bloku 0,01 do 0,04. Pobjoljšanja se postižu i korišćenjem ARC protokola (Automatic Request Control).

### Format radio-veze

U objedinjenim bežičnim telekomunikacijama predviđeno je korišćenje višestrukog pristupa na bazi vremenske raspodele kanala (TDMA – Time Division Multiple Access).

Prednosti TDMA su:

- potreban je manji broj primopredajnika za dati broj korisničkih veza, čime su smanjene cena i složenost;
- mogu se dodeljivati različiti protoci, u zavisnosti od zahteva korisnika;
- neiskorišćeni delovi TDMA rama mogu se koristiti za kontrolu kvaliteta drugih kanala, kao i za merenja potrebna za diverziti;
- duplekser na ulazu u primopredajnik može biti realizovan kao običan prekidač;
- potrebno je sintetisati manji broj frekvencija kanala;
- skakanje između kanala obavlja se znatno brže.

U prijemnicima prethodnih generacija dodavana su velika zaglavlja za sinhronizaciju i rekonstrukciju nosioca. Novija rešenja prijemnika, zasnovana na digitalnoj obradi signala, koriste postupak pododmeravanja (oversampling), čime je izbegnuta rekonstrukcija nosioca. Smanjena je i potrošnja, jer se barata brojevima manje preciznosti, pošto su obrada signala i izračunavanja jednostavniji. Zaglavlje svakog vremenskog slota znatno je skraćeno i iznosi 2 do 3 bita. Na direktnoj deonici (prenosna stanica – bazna stanica) koristi se jedna frekvencija, a na povratnoj (bazna stanica – prenosna stanica) druga, pri čemu su one razdvojene nekoliko desetina MHz.

TDMA sa jednom frekvencijom, u okruženju sa velikim brojem korisnika, zahtevao bi tačnu sinhronizaciju faze takta i relativno veliko zaštitno vreme između predaje na direktnoj i povratnoj vezi, da bi se sprečilo „gušenje“ korisnika snažnijim vezama između stanica. Primeenom dvofrekvencijskog TDMA izbegava se složena sinhronizacija faze takta, koja predstavlja veliki problem, naročito kada su bazne stanice pod nadzorom različitih centrala.

Dužina TDMA rama je 16 ms i sadrži 7200 bita. Izabrana dužina rama predstavlja kompromis između povećanog kašnjenja u prenosu i smanjenja procenta koji u ukupnoj dužini rama čini zaglavlje. Ram dužine 16 ms podeljen je na 40 TDMA vremenskih slotova, od kojih svaki sadrži 180 bita. Od ovog broja 128 bita je predviđeno za prenos informacije, 19 za nadgledanje i kontrolu veze, 14 bita se koristi za detekciju greške i vremensku sinhronizaciju slotova, 16 bita je odvojeno za zaštitno vreme na direktnoj vezi, dok se na povratnoj vezi ovi bitovi koriste kao reper za sinhronizaciju rama.

Dva bita koja se nalaze na početku, predviđena su za diferencijalno kodovanje i dekodovanje, čime se otklanja problem nepoznate vrednosti faze pri rekonstrukciji nosioca. Da bi se dopunio broj simbola u vremenskom slotu do celog broja ostavljen je 1 bit, pri čemu se alternativno može koristiti i kao dodatni bit za detekciju greške.

Funkcija svih 19 bita predviđenih za nadgledanje i kontrolu još nije u potpunosti definisana, mada bi 3 do 4 bita trebalo da obezbede razdvajanje između susednih stanica koje koriste isti kanal. Broj kontrolnih bita može biti smanjen na 8, pri čemu je potrebno koristiti ciklično kodovanje, a kontrolna informacija proširena je na više ramova. Šesnaest bita, predviđenih za zaštitno vreme, tako su organizovani da nivo signala jednog frekvencijskog kanala bude oslabljen u susednom kanalu za više od 60 dB.

Sto dvadeset osam bita, koji nose informaciju, čine informacioni protok od 8 kbit/s po kanalu. Na zahtev korisnika mogu se spojiti dva vremenska slota, čime se protok duplira na 16 kbit/s, odnosno u zavisnosti od potrebe, 4 vremenska slota (protok 32 kbit/s). U zavisnosti od potreba ovo multipliciranje može ići do 320 kbit/s. Takođe, moguće je smanjiti protok uzimanjem informacije iz svakog drugog, trećeg, četvrtog ... rama u zavisnosti od potreba.

Važno je primetiti da ne postoje dodatna zaglavlja u TDMA ramu predviđena za sinhronizaciju simbola i rekonstrukciju nosioca. Ove funkcije integrisane su u novim digitalnim tehnikama obrade signala, koje koriste sve bite u vremenskom slotu i omogućavaju smanjenje vremena obrade sa sadašnjih 0,8 ms na 0,4 ms.

## Antenski diverziti

Korišćenje antenskog diverzitija u prenosnim radio-sistemima male snage, smanjuje varijacije snage signala na prijemu usled višestruke propagacije i neodgovarajuće usmerenosti antena na prenosnom uređaju. Smanjenje varijacije snage signala omogućava korišćenje predajnika manje snage, povećanje broja stanica, kao i smanjenje intervala ponovnog korišćenja frekvencija. Antenski diverziti doprinosi povećanju protoka, jer smanjuje verovatnoću greške za dato proširenje signala usled višestruke propagacije (potrebno je da trajanje perioda simbola bude veće od tog širenja).

Merenjem združenog polja ortogonalno polarisanih signala i njihovim razdvajanjem pokazano je da je diverziti neophodan samo u oblastima velikog slabljenja signala. Tada se problemi mogu prevazići postavljanjem dve antene sa različitim polarizacijama na istu lokaciju.

Diverziti tehnika je u standardnim primenama zahtevala postojanje dva prijemnika, što je usložavalo uređaje. U laboratorijskim uslovima pokazano je da se delovi TDMA rama, koji prethode informaciji, mogu iskoristiti za ocenu kvaliteta veze. Tako se sada, prekidačem u okviru prenosnog uređaja, može birati sa koje će antene prijemnik primati signal, u zavisnosti od kvaliteta. Na taj način nestala je potreba za postojanjem dva prijemnika.

## Upravljanje sistemom

Najveći problem za razumevanje načina na koji se vrši ponovno korišćenje frekvencija kod prenosnih radio-sistema predstavlja način pristupa, odnosno algoritam koji se koristi za odabir kanala i

baznih stanica. Izbor načina pristupa kanalu ima veliki uticaj na osobine sistema i potrebno rastojanje nakon kojeg se može ponovo koristiti ista frekvencija. Način pristupa obuhvata merenje parametara signala, izbor algoritama koji će se primeniti, kao i raspored kanala i vremenskih slotova. Direktno testiranje raznih načina pristupa nije praktično, pa se upoređivanje načina pristupa vrši simulacijama na računaru, zasnovanim na radio-propagacijskim modelima, dobijenim nakon opsežnih merenja na terenu.

Ranije simulacije na računaru i merenja na terenu pokazali su da se diverziti može koristiti za smanjenje varijacija snage signala, nastalih usled refleksija o zidove i neravnine terena. Za ove primene koristi se tehnika makroskopskog diverzitizija [13]. Postoji mogućnost da se radio-veza, ostvarena preko jedne bazne stanice, prebaci na drugu, ako se na taj način može postići bolji kvalitet veze. Prebacivanje se obavlja pre nego što kvalitet već postojeće veze znatno degradirira.

Izražen uticaj smetnji postoji kako na direktnoj, tako i na povratnoj deonici. Na direktnoj deonici on potiče od drugih prenosnih uređaja, pa je samim tim ovaj uticaj složeniji od uticaja smetnji na silaznoj deonici koje potiču od baznih stanica.

Da bi se obezbedilo neprekidno upravljanje sistemom, u okruženju gde snaga signala varira i postoje smetnje, bazne stanice moraju da emituju bar jedan vremenski slot, čak i kada ne opslužuju korisnika. Sinhronizacija vremenskih slotova svih baznih stanica u okviru velikog prenosnog komunikacionog sistema, koji može biti proširen i na regione koje kontroliše neka druga centrala, predstavlja veliki problem.

Zahtevi koje je potrebno ispuniti pri određivanju rastojanja za ponovno korišćenje frekvencija izuzetno su osetljivi na promene uslova propagacije. Pri raspodeli frekvencijskog opsega, mora se voditi računa da određena širina opsega ne bude premala zbog promene uslova propagacije.

Za upravljanje radio-vezom odvojen je po jedan neiskorišćen vremenski slot za svaku radio-vezu, označen kao slot za obaveštenje (engl. paging slot) i sadrži identifikaciju bazne stanice i zonu u kojoj se ona nalazi. Ako su u nekom trenutku na nekoj baznoj stanici svi slotovi zauzeti, nijedan slot za obaveštenje neće biti na raspolaganju, pa će prenosni uređaji morati da potraže slot za obaveštenje susedne stanice. To je sasvim logično, jer radio-veza i ne može biti uspostavljena na drugi način.

Upravljanje radio-veze organizovano je prema prikazanim koracima.

#### 1. Uključivanje prenosnog uređaja:

– prenosni uređaj proverava sve frekvencijske kanale sistema i meri snagu i kvalitet signala. Merenje kvaliteta zasnovano je na merenju otvorenosti dijagrama oka i uključuje degradaciju kvaliteta primljenog signala zbog šuma, smetnje usled širenja signala pri višestrukoj propagaciji, smetnje unutar istog kanala i smetnje iz susednih kanala;

– prenosni uređaj se podešava na frekvencijski kanal sa najvećim odnosom signal/šum+smetnje (SNIR), odnosno na kanal sa najvećom snagom ako je  $SNIR > 20$  dB. Nakon toga počinje pretraga vremenskih slotova da bi se pronašao slot za obaveštenje odabranog kanala. Ako za odabrani kanal ne postoji slobodan slot za obaveštenje, prenosni uređaj se prebacuje na frekvencijski kanal koji je drugi po vrednosti odnosa SNIR.



Ako je odnos SNIR za izabrani kanal ispod definisanog praga, veza neće biti uspostavljena;

– prenosni uređaj identifikuje zone u okviru slota za obaveštenje i upoređuje je sa identifikacijom oblasti u kojoj je poslednji put registrovan. Ako je i dalje u istoj zoni prelazi na korak 3.

2. Registracija prenosnog uređaja u novoj zoni.

Ukoliko prenosni uređaj nije u istoj zoni u kojoj je poslednji put registrovan, potrebno je izvršiti njegovu registraciju koja se vrši na jedan od sledeća dva načina:

– korisnički upravljana registracija vrši se tako što prenosni uređaj (zvonjavom, vibracijama, ...) obaveštava korisnika da nije registrovan u zoni u kojoj se nalazi, a korisnik komandom zadaje da se izvrši registracija;

– automatska registracija odvija se na isti način kao korisnički upravljana, samo u ovom slučaju nije potrebna intervencija korisnika. Prenosni uređaj emituje svoj broj adresiran na baznu stanicu koja je izabrana. Kao odgovor na registraciju prenosnom uređaju trebalo bi da stigne slot za obaveštenje, a ako ne stigne na vreme prenosni uređaj pokušava ponovo 5 do 10 puta. Ukoliko ni nakon određenog broja pokušaja ne dobije odgovor, prenosni uređaj se prebacuje na prvi sledeći (po vrednosti odnosa SNIR) kanal, tj. baznu stanicu, i ponovo pokušava registraciju. Ako se ni nakon 4 do 5 promena kanala ne obavi registracija, na displeju se pojavi „veza nije na raspolaganju“.

3. Čekanje na signal dozvole:

– prenosni uređaj „čvrsto“ drži sinhronizaciju sa primljenim slotom za obaveštenje i očekuje signal dozvole kao odgovor na svoju identifikaciju. Da bi se

uštedela snaga baterija, signal dozvole stiže u tačno određenim trenucima, sinhronizovano sa slotom za obaveštenje, tako da uređaj nije sve vreme uključen. Na taj način baterija se štedi a vreme uspostavljanja veze neznatno produžava;

– prenosni uređaj čeka sve dok kvalitet primljenog signala ne bude dovoljan da omogući pouzdanu detekciju. Ako nivo primljenog signala dozvole padne ispod praga, ceo postupak se ponavlja od početka.

4. Uspostavljanje radio-veze za poziv.

Prenosni uređaj uspostavlja vezu, bilo da korisnik započinje poziv ili odgovara na poziv drugog korisnika na sledeći način:

– prenosni uređaj proverava sve frekvencijske kanale, na način koji je opisan pod tačkom 1, i određuje koji slobodni kanal ima najbolji kvalitet;

– prenosni uređaj šalje poruku baznoj stanici da želi da uspostavi vezu. Poruka obuhvata: identifikacioni broj stanice; identifikacioni broj korisnika; broj potrebnih vremenskih slotova; podatak o tome šta će se prenositi (govor ili podaci) i u kom obliku (način obrade, kodovanje, ...);

– po prijemu poruke, kontroler u baznoj stanici preko izdvojenog kanala dobija podatke o korisniku (profil i ključ za kodovanje) iz baze podataka;

– prenosni uređaj i bazna stanica razmenjuju kratke poruke da bi se potvrdila dodela vremenskih slotova i sinhronizacija;

– prenosni uređaj i bazna stanica razmenjuju poruke o kodovanju i sinhronizaciji i uspostavljaju vezu. U slučaju da ključ za kodovanje nije odgovarajući, veza automatski neće biti uspostavljena. Ključ za kodovanje se nikad ne šalje

radio-vezom, već žičnom mrežom za signalizaciju između stanica. Na taj način ostvaruje se zaštita mreže i usluga od neovlašćenih korisnika.

#### 5. Održavanje radio-veze.

Nakon uspostavljanja radio-veze, neophodno je njeno neprekidno nadgledanje, jer se signali smetnje neprekidno menjaju, jedne prestaju sa radom, druge počinju, neke menjaju lokaciju. Da bi se održao kvalitet jedne radio-veze potrebno je prelaženje sa jednog vremenskog slota na drugi, kao i sa jedne bazne stanice na drugu:

– bazne stanice neprekidno mere odnos SNIR i nivo snage za svaki vremenski slot, na osnovu čega se procenjuje nivo signala i slabljenja. Čim nivo signala padne ispod određene vrednosti, vrši se preraspodela vremenskih slotova. Bazna stanica će poslati poruku o promeni slota u okviru vremenskog slota predviđenog za kontrolu sistema;

– prenosni uređaj menja kanal na taj način što brzo prelazi na novi kanal u trenucima kada ne vrši predaju, prijem ili merenje kvaliteta. Za radio-vezu kapaciteta 32 kbit/s prenosni uređaj može, ako je to potrebno, da promeni 14 frekvencijskih kanala za vreme trajanja jednog rama;

– postoji mogućnost da se radio-veza prebaci na drugu baznu stanicu u slučaju da kanal koji ima znatno bolji odnos SNIR postane raspoloživ. Stara veza se napušta tek kada se nova uspostavi.

#### Potreban frekvencijski opseg

Za ovaj sistem predloženo je korišćenje frekvencija u opsegu od 0,5 do 5 GHz, pri čemu je najpogodniji podopseg od 1 do 3 GHz. Da bi se odredila po-

trebna širina opsega, treba napraviti kompromis između sledećih zahteva:

- kvaliteta radio-kanala u prisustvu istokanalne smetnje,
- ekonomičnosti arhitekture sistema,
- efikasnosti iskorišćenja radio-spektra.

Ukupni frekvencijski opseg za ovakve sisteme male snage treba da bude 60 MHz, prema predlogu ITU-R, i podeljen na dve sredine: rezidencijalnu sredinu (primer okruženja sa malom gustinom korisnika); poslovno-tržni centar (primer sredine sa ekstremno velikom gustinom korisnika).

Rezidencijalna sredina predstavlja nastanjenu oblast sa porodičnim kućama. Tipična gustina korisnika za urbane ili gusto naseljene suburbane sredine je 1500 kuća na km<sup>2</sup>. Ako se usvoji da je razmak između baznih stanica 600 m, gustina korisnika po stanici iznosi oko 550 kuća na stanici. Pretpostavlja se da ni nekoliko godina po puštanju sistema u radu neće sve kuće biti korisnici. Početne procene kreću se oko 25%, što predstavlja oko 140 korisnika na stanici. Broj korisnika po vezi može se odrediti iz verovatnoće blokiranja na osnovu teorije čekanja u telefonskom saobraćaju. Potrebno je da korisnički saobraćaj bude poznat i stabilan, jer se često dešava da male grupe korisnika imaju velike fluktuacije u pogledu saobraćaja. Proračun koji je urađen za verovatnoću blokiranja od 1% i tipičan intenzitet saobraćaja od 0,6 Erlanga po korisniku, pokazuje da je za opsluživanje 140 korisnika potrebno 16 ili 17 veza, odnosno 8 korisnika po vezi. Međutim, u realnim uslovima gustina korisnika treba da bude još manja kako bi se smanjila verovatnoća blokiranja, tako da

stvarna gustina iznosi oko 5 korisnika po vezi (odnosno 28 korisnika po stanici).

U slučaju poslovno-tržnog centra znatno je povećana gustina korisnika. Procenjuje se da je prosečna površina sprata centra  $60 \text{ m} \times 60 \text{ m} = 3600 \text{ m}^2$ , pri čemu svaki korisnik zauzima oko  $9 \text{ m}^2$ , što daje gustinu od 400 korisnika po spratu. Zbog velike gustine i malog prostora u ovom slučaju neće biti moguće ponovno korišćenje frekvencija. Proračuni su pokazali da je za tipičan poslovno-tržni centar potrebno oko 400 veza po zgradi, pri čemu se one ponavljaju na svaka tri sprata (ponovno korišćenje frekvencija organizovano je u vertikalnoj ravni).

### Umesto zaključka

Brzo povećanje broja korisnika bežičnih telekomunikacija i proširenje njihovih zahteva u pogledu kapaciteta i kvaliteta usluge pokazalo je da je potrebno realizovati personalnu telekomunikacionu mrežu koja predstavlja objedinjene bežične telekomunikacije, zasnovane na korišćenju digitalnih radio-sistema male snage. Na taj način omogućiće se kvalitetna telekomunikaciona usluga sa bilo kog mesta koje se nalazi u mreži.

Mogući način za realizaciju ovakve personalne telekomunikacione mreže predstavlja korišćenje TDMA arhitekture

radio-veze, inteligentno upravljanje radio-frekvencijskim kanalom i dodela vremenskih slotova. Primena tehnike digitalne obrade signala omogućava nisku cenu, visok kvalitet veze i efikasno iskorišćenje spektra.

### Literatura:

- [1] Cox, D. C.: Portable Digital Radio Communications – An Approach to Tetherless Access, IEEE Communication Magazine, July 1989, pp. 30-40.
- [2] Cox, D. C.: Universal Digital Portable Radio Communications, Proc. IEEE, Vol. 75, April 1987, pp. 436-477.
- [3] Cox, D. C., Arnold, H. W., Porter, P. T.: Universal Digital Portable Communications: A System Perspective, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-5, June 1987, pp. 764-773.
- [4] Cox, D. C.: Universal Portable Radio Communications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. VT-34, August 1985, pp. 117-121.
- [5] Steele, R.: The Cellular Environment of Lightweight Handheld Portables, IEEE Communications Magazine, July 1989, pp. 20-29.
- [6] Quigley, P.: WLL: Dial – Tone for the Masses, Eastern European Wireless Communications, Vol. 1, No. 2, October–November 1998, pp. 17-22.
- [7] Lomer, G. J.: Telephoning on the Move – Dick Tracy to Captain Kirk, IEE Proc., Vol. 134, Pt. F., February 1987, pp. 1-8.
- [8] Quigley P.: Telling the Truth about Mobile Data, Mobile Europe, vol. 8, No. 9, October 1998, pp. 19-20.
- [9] Anderson, J. B., Aulin, T., Sundberg, C. E.: Digital Phase Modulation, Plenum, New York, 1986.
- [10] Akaiwa, Y., Nagata, Y.: Highly Efficient Digital Mobile Communications with a Linear Modulation Method, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-5, June 1987, pp. 890-895.
- [11] Chuang, J. C.-I., Sollenberger, N. R.: A High Performance Diversity Selection Technique for TDMA Portable Radio Communications, Proc. of IEEE GLOBECOM '89, Dallas, TX, November 1989, pp. 27-30.
- [12] Faoro, F.: Advanced Network Planning, Cellular&Mobile International, Vol. 8, No. 8, September 1998, pp. 30-34.
- [13] Bernhardt, R. C.: User Access in Portable Radio Systems in a Co-channel Interference Environment, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-7, January 1989, pp. 49-58.

*Rezime:*

*Metoda analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza zasniva se na analizi potencijalnih otkaza sa aspekta funkcionisanja vozila kao sistema, i može se razgraničiti na konstrukcionu, proizvodnu i eksploatacionu analizu. U radu je prikazana primena metode analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza za vozilo i neke podsisteme i manje celine u toku eksploatacije. Kvantitativna analiza nije vršena zbog nepoznavanja intenziteta otkaza elemenata vozila. Izvršena je procena kritičnosti elemenata koji su najčešće otkazivali na osnovu podataka iz eksploatacije u periodu od pet godina. Na osnovu tako dobijenih rezultata sačinjena je rang-lista najkritičnijih elemenata vozila i navedene mere koje treba preduzeti radi smanjenja pojava otkaza.*

*Ključne reči: otkaz, kritičnost, posledice, analiza, eksploatacija.*

---

MODEL OF FINDING AND ANALYZING THE LEAST RELIABLE  
PARTS OF VEHICLES

*Summary:*

*The method of failure mode, effect and criticality analysis is based on the potential failure analysis, concerning vehicle functioning as a system, and it could be divided into constructional, productive and exploitational analysis. This work presents application of the method of failure mode, effect and criticality analysis to vehicles and some sub-systems and smaller entities in the period of operational service. The quantitative analysis was not done because the failure intensities of vehicle elements were unknown. The elements which have failed most frequently during the exploitation period of five years, have been critically evaluated. The ranking of the most critical vehicle elements was made and the measures which should be taken are given to decrease failure appearance.*

*Key words: failure, criticality, effects, analysis, exploitation.*

---

**Uvod**

Motorna vozila su, sa aspekta pojave neispravnosti, veoma specifični tehnički sistemi. Posebno su značajne velike razlike u mogućim oblicima neispravnosti i u načinu njihovog otklanjanja, kao i u složenosti konstrukcije i prisustvu velikog broja elemenata, koji su vrlo raz-

ličiti po svojim zadacima, osobinama, principima rada i međusobnim vezama. Sve to usložava istraživanja pouzdanosti i povećava troškove njegove realizacije. Pored toga, sve kraći rokovi razvoja vozila onemogućavaju čekanje rezultata ispitivanja pouzdanosti u toku eksploatacije, jer je za to potrebno mnogo vremena.

Sagledavanje i predviđanje mogućih neispravnosti na motornim vozilima predstavlja veoma značajan i kompleksan zadatak. Primenom savremenih naučnih metoda i korišćenjem iskustava iz prakse moguće je, sa dovoljno tačnosti, predvideti i proceniti vozilo sa aspekta pojave neispravnosti, i preduzimanjem odgovarajućih akcija održavanja preduprediti pojavu otkaza, čime se povećava efektivnost vozila.

Postoji više metoda za analizu vozila sa aspekta pojave neispravnosti, a jedna od metoda je analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza (AOPKO) ili FMECA (Failure Mode, Effect and Criticality analysis) čija je jedna od mogućih varijanti primene prikazana u ovom radu.

### **Primena metode analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza na otkrivanje najmanje pouzdanih delova vozila**

Metoda analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza zasniva se na analizi potencijalnih otkaza sa aspekta funkcionisanja vozila kao sistema, i može se razgraničiti na *konstrukcionu*, koja se primenjuje pri izradi idejnog rešenja, kao i u toku razvoja i projektovanja vozila, *procesnu*, koja se primenjuje pri analizi procesa montaže i kontrole kvaliteta i *eksploatacionu*, koja se primenjuje pri analizi eksploatacije.

Ovom metodom sistematski se analiziraju potencijalni otkazi i prezentiraju posledice na funkcionisanje vozila. Za analizu otkaza koriste se precizno sređeni podaci o elementima i sklopovima vozila, o procesu proizvodnje i montaže, kao i o mogućim otkazima koji mogu biti prouzrokovani brojnim faktorima, kao što su greške u materijalu, greške u konstrukci-

ji, tehnologiji izrade, održavanju i mnoge druge.

Koraci [3] navedene metode su:

1. Predviđanje i opisivanje svih mogućih oblika neispravnosti svakog sastavnog dela vozila.

2. Predviđanje i opisivanje posledica svakog oblika neispravnosti dela na rad i funkcionisanje sklopa, agregata, pod sistema i vozila u celini.

3. Analiza kritičnosti otkaza prema verovatnoći pojavljivanja otkaza, težini uticaja na funkcionisanje vozila kao sistema (ozbiljnosti otkaza) i teškoći otkrivanja otkaza, na osnovu analize oblika i posledica otkaza.

4. Opisivanje uzroka otkaza, metoda i načina na koji se on uočava.

5. Tehnološka rešenja za akcije otklanjanja neispravnosti koja predlažu radnici za održavanje.

6. Klasifikacija svih oblika neispravnosti i njihovih posledica prema uticaju na funkcionisanje vozila, kao:

– katastrofalni otkaz, koji onemogućava funkcionisanje vozila i može izazvati katastrofalne posledice po bezbednost;

– težak otkaz, koji može prouzrokovati oštećenje vozila, prekid funkcionisanja ili opadanje njegovih performansi;

– lakši otkaz, koji može prouzrokovati manja oštećenja, prekid funkcionisanja ili opadanje performansi;

– neznatan otkaz, koji može prouzrokovati manje smetnje u funkcionisanju, ali ne izaziva prekid funkcionisanja vozila.

7. Formiranje rang-liste kritičnih delova, sklopova i pod sistema prema njihovom uticaju na funkcionisanje vozila kao sistema.

Ovom metodom moguće je proceniti pouzdanost vozila u svim fazama njegovog životnog ciklusa. Analizu je moguće

otpočeti na bilo kom nivou raščlanjivanja vozila i usmeriti je ka nižim ili višim strukturnim nivoima vozila.

Analizom kritičnosti procenjuje se stepen kritičnosti sklopova i delova vozila, na osnovu podataka iz eksploatacije inženjerskog rasuđivanja i iskustva lica koja se duže bave eksploatacijom i održavanjem vozila. Pod kritičnošću se podrazumeva relativna mera oblika otkaza, učestalosti njegovog pojavljivanja, posledica na funkcionisanje vozila i teškoće otkrivanja i otklanjanja.

Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza može se obavljati kvalitativno i kvantitativno. Kvalitativna analiza se vrši kada nisu poznati intenziteti otkaza sastavnih delova. Pri tome se procenjuje svaki potencijalno mogući otkaz na osnovu raspoloživih podataka iz eksploatacije i iskustva lica koje vrši procenu. Na osnovu procene dodeljuju se poeni od 1 do 10 za sledeće elemente:

– verovatnoću pojavljivanja otkaza (P), gde 1, 2 i 3 poena znači da se otkaz vrlo retko ili nikada ne pojavljuje, 4, 5 i 6 poena podrazumeva da se otkaz ponekad pojavljuje, 7 i 8 poena da se otkaz češće pojavljuje i 9 i 10 poena znači da se otkaz skoro sigurno pojavljuje;

– ozbiljnost pojavljivanja otkaza za funkcionisanje vozila (C), gde 1, 2 i 3 poena znači neznatan ili zanemarljiv otkaz, 4, 5 i 6 poena znači lakši otkaz koji izaziva zastoj vozila ili pogoršanje njegovih izlaznih parametara, 7 i 8 poena podrazumeva težak otkaz koji izaziva definitivni prekid eksploatacije vozila a 9 i 10 poena znači katastrofalan otkaz koji izaziva nesagledive posledice po sigurnost i bezbednost funkcionisanja vozila;

– teškoću otkrivanja otkaza (D), gde 1, 2 i 3 poena znači da rukovalac vrlo

lako otkriva otkaz, bez ikakve dijagnostičke opreme, 4, 5 i 6 poena podrazumeva da otkaz može otkriti dobro obučeni rukovalac ili stručni radnik iz održavanja bez ikakve dijagnostičke opreme, 7 i 8 poena znači da otkaz vrlo teško otkriva rukovalac i bez stručnog radnika i dijagnostičke opreme iz održavanja i 9 i 10 poena znači da se otkaz ne može otkriti bez stručnog radnika i bez posebne dijagnostičke opreme iz održavanja.

Proizvodom tako dobijenih vrednosti P·C·D dobija se vrednost rizika ili kritičnosti otkaza (R).

Nakon analize usvaja se kriterijum kritičnosti i formira rang-lista najkritičnijih otkaza i najkritičnijih delova i sklopova koji mogu uticati na funkcionisanje vozila. Na osnovu podataka o kritičnosti daju se preporuke za sprovođenje akcija preventivnog održavanja koje bi mogle da eliminišu ili smanje kritičnost.

U toku razvoja i projektovanja vozila daju se preporuke za izmenu tehničkih rešenja najkritičnijih elemenata vozila.

Analiza vozila, kao sistema, vrši se najčešće tabelarno, a tabele se formiraju na osnovu prethodno navedenih koraka koje sadrži ova metoda. Svakom koraku se dodeljuje po jedna kolona dok se u prvu kolonu upisuju sastavni podsistemi, uređaji, mehanizmi, sklopovi i delovi koji se analiziraju. Analiziraju se svi oni podsistemi, uređaji, mehanizmi, sklopovi i delovi koji mogu predstavljati potencijalni uzrok otkaza vozila kao sistema. U ovom radu korišćene su tabele preuzete iz literature [1]. Vozilo kao sistem raščlanjeno je na sastavne podsisteme, a podsistemi na uređaje i mehanizme, uređaji i mehanizmi na sklopove, a sklopovi na delove.

Oblik otkaza, posledice, uzrok otkaza i način otklanjanja preuzet je iz uputstava „Opis, rukovanje, osnovno i

tehničko održavanje“, „Radioničko održavanje“ i TRD za vozilo TAM 110, kao i podaci iz višegodišnje eksploatacije i održavanja navedenog vozila.

Kritičnost otkaza procenjena je na osnovu podataka iz radioničke dokumentacije za održavanje, i iskustvenom (eksperatskom) procenom inženjera koji su godinama radili na održavanju vozila.

Podsistemi, mehanizmi, uređaji, sklopovi i delovi koji su analizirani u tabelama 1, 2, 3, 4, 5 i 6 takođe su dobijeni iz radioničke dokumentacije o održavanju, kao elementi koji su u razmatranom periodu najčešće ili bar jednom otkazali.

Zbog obima ovde nisu mogli biti obuhvaćeni svi razmatrani podsistemi, mehanizmi, uređaji, sklopovi i delovi, što je inače prikazano u literaturi [5]. U ovom radu razmatrani su najkritičniji elementi do kojih se došlo analizom višego-

dišnje radioničke dokumentacije o održavanju vozila. Prikazana je primena jedne od metoda analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza za vozilo, pojedine pod-sisteme i manje celine, bez kvantitativne analize zbog nepoznavanja intenziteta otkaza svih elemenata vozila.

Na osnovu praćenja velikog broja otkaza vozila iste vrste u periodu od pet godina, koja su prešla od 10 000 do 50 000 kilometara, dobijeni su empirijski podaci koji su uzeti iz dokumentacije o održavanju vozila u navedenom periodu. Na osnovu tako dobijenih empirijskih podataka iz eksploatacije i održavanja, za elemente koji su najčešće otkazivali i na osnovu iskustvene procene lica koja su se bavila eksploatacijom i održavanjem tih vozila, dobijeni su rezultati prikazani u tabelama 1, 2, 3, 4, 5 i 6.

Nakon izvršene analize usvojen je kriterijum kritičnosti (R) otkaza za fun-

*Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza vozila metodom AOPKO*

*Tabela 1*

Terenski automobil		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO I nivo		
Naziv podsistema	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Motor	Prestanak rada	Nemogućnost pogona vozila	6	7	4	168	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena
Podsystem za prenos snage	Prestanak prenošenja obrtnog momenta	Nemogućnost kretanja vozila	5	7	4	140	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena
Hodni podsystem vozila	Prestanak kretanja i oslanjanje	Nemogućnost kretanja vozila	7	5	2	70	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena
Podsystem za kočenje	Otkaz sistema za kočenje	Nemogućnost smanjenja brzine i zaustavljanja	6	9	3	162	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena
Podsystem za upravljanje	Otkaz sistema za upravljanje	Nemogućnost održavanja pravca kretanja vozila	5	9	2	90	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena
Podsystem elektroinstalacije	Prekid napajanja električnom energijom	Nemogućnost pokretanja motora, osvetljavanja, signalizacije i kontrole električnih instrumenata	8	5	3	120	Otkaz jednog od uređaja	Opravka ili zamenjena

Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza motora metodom AOPKO

Motor		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO II nivo		
Naziv uređaja – mehanizma	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Motorni mehanizam	Lupanje u motoru, nedovoljna kompresija, prekomerno trošenje ulja	Motor nema snagu i ne može da pokrene vozilo	3	8	2	48	Prevelika istrošenost ležućih i letećih ležaja radilice, čaure ležaja osovinice klipa i klipnih prstenova	Zamena istrošenih delova
Razvodni mehanizam	Izraženo lupanje u motoru čija se frekvencija menja sa promenom broja obrtaja	Motor nema snagu	3	6	3	54	Veliki zazor ventila, prevelika istrošenost bregova, podizača i klackalica	Regulisanje zazora ventila i zamenjena istrošenih delova
Uređaj za podmazivanje	Nagli pad pritiska ulja u motoru	Oštećenje ili zaribavanje ležaja motora	5	6	3	90	Neispravna pumpa za podmazivanje ili ventil za regulisanje pritiska ulja	Opravka ili zamena pumpe ili ventila
Uređaj za napajanje gorivom	Nema ubrizgavanja goriva u jednom ili više cilindara ili ni u jednom cilindru	Smanjena snaga ili potpuni prestanak rada motora	8	5	4	160	Prisustvo vazduha u cevovodu ili začepljenost prljavštinom, otkaz pumpe za dovod ili pumpe za ubrizgavanje ili brižaljki	Ozračivanje, čišćenje, opravka ili zamena neispravnih delova
Uređaj za hlađenje	Prestanak rada ventilatora za hlađenje	Pregrevavanje motora i prestanak rada	4	8	3	96	Otkaz remena za pogon ventilatora ili termostata za uključivanje ventilatora	Zamena otkazanih delova
Uređaj za paljenje	Nemogućnost pokretanja motora	Nemogućnost rada motora	7	7	3	147	Otkaz prekidača za paljenje, elektromagnetnog prekidača ili elektropokretača	Opravka ili zamena neispravnih sklopova

kcionisanje vozila kao sistema. Usvojen je kriterijum da za vrednosti P, C i D od 8 poena i više R iznosi 512 poena, što predstavlja katastrofalan otkaz, 6 do 8 poena R iznosi 216 do 512 poena, što znači težak otkaz, 3 do 6 poena R iznosi 27 do 216 poena, što predstavlja lakši otkaz i 1 do 3 poena R iznosi 1 do 27 poena što predstavlja neznan otkaz.

Svi rezultati do kojih se došlo u ovom radu procenjeni su na osnovu podataka dobijenih iz eksploatacije i na osnovu inženjerskog iskustva, pa su i

usvojeni kriterijumi dobijeni na osnovu procene. Usvojen je kriterijum da su:

– katastrofalni otkazi, koji onemogućavaju funkcionisanje vozila i mogu izazvati nesagledive posledice po bezbednost, svi oni otkazi čija kritičnost (R) prelazi 512 poena;

– teški otkazi, koji mogu prouzrokovati oštećenje vozila, prekid funkcionisanja ili opadanje njegovih performansi, svi oni otkazi čija kritičnost (R) iznosi od 216 do 512 poena;



## Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza uređaja za napajanje gorivom metodom AOPKO

Uređaj za napajanje gorivom		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO III nivo		
Naziv sklopa	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Pumpa visokog pritiska	Neravnomerno ubrizgavanje ili potpuni prekid ubrizgavanja	Neravnomeran rad ili prekid rada motora	5	8	4	160	Prisustvo vazduha ili prljavštine u instalaciji goriva, neispravnost pumpe niskog ili visokog pritiska	Ispuštanje vazduha, čišćenje instalacije ili opravka pumpe niskog ili visokog pritiska
Pumpa niskog pritiska	Prestanak dovođenja goriva	Prestanak ubrizgavanja goriva	4	5	4	80	Otkaz ventila, opruge ili klipa	Opraviti – zameniti neispravne elemente ili pumpu
Regulator pumpe visokog pritiska	Ne vrši regulaciju ubrizgane količine goriva	Neprotivno rad ili nemogućnost rada motora	2	8	3	48	Otkaz opruga ili ležaja regulatora	Zamena otkazalog dela
Brizgaljke	Nedovoljno raspršivanje goriva ili prestanak ubrizgavanja	Motor previše dimi i nepravilno radi ili potpuni prestanak rada	5	6	3	90	Otkaz opruga ili elemenata brizgaljke	Zamena opruge ili elementa brizgaljke

## Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza uređaja za paljenje metodom AOPKO

Uređaj za paljenje		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO III nivo		
Naziv sklopa	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Prekidač za paljenje	Otkaz prekidača za paljenje	Nemogućnost pokretanja motora	4	5	4	80	Otkaz prekidača za paljenje	Zamena prekidača za paljenje
Elektromagnetni prekidač elektropokretača	Otkaz elektromagnetnog prekidača	Nemogućnost uključivanja elektropokretača	7	7	3	147	Otkaz prekidača	Zamena prekidača
Elektropokretač	Otkaz elektropokretača	Nemogućnost pokretanja motora	8	7	3	168	Otkaz četkice, ležaja, opruga, namotaja, zupčanička ili osovina sa ozubljenjem	Zamena otkazalog dela ili sklopa elektropokretača

Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza pumpe visokog pritiska metodom AOPKO

Pumpa visokog pritiska		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO IV nivo		
Naziv podslopa – dela	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Element pumpe	Prestanak ubrizgavanja goriva	Cilindar ne radi	5	6	5	150	Zaribavanje elemenata pumpe	Zamena elemenata
Nazubljena letva	Zaglavljivanje letve	Nemogućnost povećanja i smanjenja snage motora	3	6	4	72	Nečistoća ili korozija	Čišćenje ili zamena
Podizač klipa elementa pumpe	Zaribao podizač	Cilindar ne radi	3	6	4	72	Nečistoća ili korozija	Zamena podizača
Opruga elementa pumpe	Pucanje opruge	Cilindar ne radi	4	5	6	120	Dotrajalost ili zamor	Zamena opruge
Potisni ventil	Nedovoljan pritisak ubrizgavanja	Cilindar ne radi	5	7	4	140	Oslabila ili pukla opruga ventila	Zamena opruge
Ležaj pumpe visokog pritiska	Zaribavanje ležaja	Nemogućnost funkcionisanja	5	6	5	150	Nečistoća ili dotrajalost	Zamena ležaja

Tabela 6

Analiza oblika, posledica i kritičnosti otkaza elektropokretača metodom AOPKO

Elektropokretač		P – verovatnoća otkaza C – ozbiljnost otkaza D – teškoća otkrivanja R = P · C · D – rizik – kritičnost				AOPKO IV nivo		
Naziv podslopa – dela	Oblik otkaza	Posledica	Kritičnost				Uzrok otkaza	Način otklanjanja
			P	C	D	R		
Četkice elektropokretača	Istrošenost četkica	Nemogućnost pokretanja motora	8	6	4	192	Dotrajalost	Zamena četkica
Ležaj elektropokretača	Zaribavanje ležaja	Nemogućnost funkcionisanja elektropokretača	4	6	4	96	Preopterećenje ili nedostatak podmazivanja	Zamena ležaja
Opruga elektropokretača	Oslabile ili popucale	Nemogućnost izubljenja zupčanika elektropokretača	3	7	4	84	Dotrajalost ili zamor	Zamena opruga
Pobudni namotaj	Prekid ili kratak spoj	Nemogućnost funkcionisanja elektropokretača	3	7	3	63	Preopterećenje	Zamena namotaja
Namotaj rotora	Prekid ili kratak spoj	Nemogućnost funkcionisanja elektropokretača	3	7	3	63	Preopterećenje	Zamena namotaja
Zupčanik elektropokretača sa lamelastom spojnicom	Oštećenje zupčanika elektropokretača	Nemogućnost uzubljenja u venac zamajca	6	7	3	126	Otkaz lamelaste spojnice	Zamena lamelaste spojnice sa zupčanikom

– lakši otkazi, koji mogu prouzrokovati manja oštećenja, prekid funkcionisanja ili opadanje performansi, svi oni otkazi čija kritičnost (R) iznosi od 27 do 216 poena;

– neznatni otkazi, koji mogu prouzrokovati manje smetnje u funkcionisanju, ali ne izazivaju prekid funkcionisanja vozila, svi oni otkazi čija kritičnost (R) iznosi od 1 do 27 poena.

Iz podataka navedenih u tabelama može se zaključiti da na razmatranim vozilima ne postoji opasnost od katastrofalnih otkaza koji mogu izazvati nesagledive posledice, kao ni od teških otkaza koji mogu prouzrokovati teža oštećenja vozila.

Takođe, može se videti da postoji opasnost od lakših i neznatnih otkaza. Na osnovu tako dobijenih podataka sačinjena je rang-lista kritičnosti lakših otkaza, zatim rang-lista kritičnosti podsistema, uređaja, sklopova, agregata i delova vozila.

U okviru lakših otkaza usvojen je kriterijum da su kritični oni lakši otkazi čija kritičnost (R) prelazi 125 poena.

Rang-lista kritičnosti otkaza za funkcionisanje vozila:

1. Otkaz kočenja – 162 poena.
2. Otkaz dovoda goriva – 160 poena.
3. Otkaz paljenja – 147 poena.
4. Otkaz prenošenja obrtnog momenta – 140 poena.

Rang-lista kritičnosti otkaza podsistema vozila:

1. Otkaz motora – 168 poena.
2. Otkaz podsistema za kočenje – 162 poena.
3. Otkaz podsistema za prenos obrtnog momenta – 140 poena.

Rang-lista kritičnosti otkaza uređaja:

1. Otkaz uređaja za napajanje gorivom – 160 poena.

2. Otkaz uređaja za paljenje motora – 147 poena.

3. Otkaz uređaja kočnih doboša sa papučama i cilindrima – 144 poena.

Rang-lista kritičnosti otkaza sklopova:

1. Otkaz elektropokretača – 168 poena.
2. Otkaz pumpe visokog pritiska – 160 poena.
3. Otkaz frikcione spojnice – 140 poena.

Rang-lista kritičnosti otkaza podsklopova i delova:

1. Otkaz četkica elektropokretača – 192 poena.
2. Otkaz ležaja pumpe visokog pritiska – 150 poena.
3. Otkaz elementa pumpe visokog pritiska – 150 poena.
4. Otkaz elektromagnetnog prekidača elektropokretača – 147 poena.
5. Otkaz diska frikcione spojnice – 144 poena.
6. Otkaz potisnog ventila pumpe visokog pritiska – 140 poena.
7. Otkaz obloge papuče kočnice – 140 poena.
8. Otkaz zupčanika sa lamelastom spojnicom elektropokretača – 126 poena.

Iz navedenih rang-lista može se zaključiti koji su podsistemi, uređaji, sklopovi i delovi najkritičniji za funkcionisanje vozila. Na osnovu toga moguće je predvideti potrebne mere za smanjenje broja otkaza i time povećanje raspoloživosti i efektivnosti vozila. To se može postići povećanjem otpornosti delova na statičko opterećenje, zamor, habanje, koroziju, otklanjanjem uzroka zbog neodgovarajućeg materijala i neodgovarajuće izrade, poboljšanjem sistema održavanja i slično. Iz dobijenih rang-lista može se videti da nijedan otkaz, podsistem, ure-

daj, sklop, podsklop i deo nije kritičan za katastrofalne otkaze niti za teške otkaze već samo za lakše i neznatne otkaze. To se slaže sa eksperimentalnim podacima dobijenim razmatranjem podataka iz održavanja velikog broja ovih vozila u periodu od nekoliko godina, što je prikazano u literaturi [5]. Takođe, to se slaže sa taktičko-tehničkim zahtevima za razvoj tehničkih materijalnih sredstava SNO 1096/85.

Dobijeni podaci o kritičnosti dobro se slažu sa podacima dobijenim analizom navedenih vozila metodom „stabla otkaza“ prikazanoj u literaturi [5]. U radu [5], na osnovu rezultata dobijenih metodom „analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza“ i metodom analize „stabla otkaza“ za navedeno vozilo, dobijen je podatak o tome koji su podsistemi, uređaji i sklopovi najkritičniji i za te elemente je izvršena optimizacija sistema održavanja.

Iz analize kritičnosti otkaza, pod sistema, uređaja i sklopova može se zaključiti da su najkritičniji sklopovi elektropokretač, pumpa visokog pritiska i frikciona spojnica, i da oni prouzrokuju kritičnost uređaja pod sistema i otkaza vozila.

Kada se analizira rang-lista kritičnosti podsklopova i delova dolazi se do zaključka da je elektropokretač preopterećen i da bi trebalo vršiti konstrukcionu izmenu sa nešto jačim elektropokretačem, jer su njegovi najkritičniji delovi i sklopovi četkice, elektromagnetni prekiđač i zupčanik sa lamelastom spojnicom.

Analizom rang-liste kritičnosti podsklopova i delova pumpe visokog pritiska može se zaključiti da su najkritičniji podsklopovi i delovi ležaj, elemenat i potisni ventil pumpe, i da je najčešći uzrok otkaza prisustvo nečistoća i vode u gorivu.

Iz analize kritičnosti podsklopova i delova frikционе spojnice može se zaklju-

čiti da je uzrok otkaza nedovoljna stručnost i obučenosť u rukovanju.

Na osnovu navedenih rezultata konstruktorima se mogu dati preporuke za izmenu tehničkih rešenja, za pravilnije rukovanje, kao i osnovno i preventivno održavanje, čime se može povećati raspoloživost vozila, a time i njegova ukupna efektivnost.

## Zaključak

U radu je prikazana jedna od metoda primene analize oblika, posledica i kritičnosti otkaza za neke elemente vozila, i izvršena je kvalitativna analiza sa procenom kritičnosti elemenata na osnovu podataka iz eksploatacije. Nije vršena kvantitativna analiza zbog nepoznavanja intenziteta otkaza svih elemenata vozila.

Primenom ove metode za analizu svih sastavnih delova vozila može se dobiti ukupna slika vozila sa svim kritičnim otkazima, pod sistemima, uređajima, sklopovima i delovima.

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da razmatrano vozilo zadovoljava taktičko-tehničke zahteve za razvoj tehničkih materijalnih sredstava SNO 1096/85, jer ima dobru pouzdanost i raspoloživost, pošto nije sklono katastrofalnim niti teškim otkazima.

Dobijeni rezultati mogu poslužiti inženjerima u razvoju, projektovanju i proizvodnji vozila radi izmene pojedinih tehničkih rešenja i povećanja njihove pouzdanosti.

Dobijeni rezultati mogu poslužiti i licima koja se bave eksploatacijom ovih vozila kako bi se obratila pažnja na najkritičnije elemente pri rukovanju i osnovnom održavanju, čime bi se povećala njihova raspoloživost.

Iz dobijenih rezultata mogu se dati preporuke radi preduzimanja preventivnog održavanja za najkritičnije elemente, kako bi se smanjila ukupna vremena u

otkazu i povećala vremena upotrebe, a time i raspoloživost. Na osnovu realizacije tih preporuka može se povećati ukupna efektivnost vozila kao sistema.

*Literatura:*

- [1] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
- [2] Ivanović, G., Stanivuković D.: Pouzdanost, analiza i projektovanje, TU SSNO, 1988.
- [3] Stojović, M.: Istraživanje karakteristika pouzdanosti asinhronih zglobnih prenosnika, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1990.
- [4] Krstić, B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [5] Brkić, Lj.: Optimizacija sistema održavanja motornih vozila specijalne namene, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1998.
- [6] Automobil TAM 110 T7, opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje, SSNO, TU-I, 398, 1986.
- [7] Automobil TAM 110 T7, radioničko održavanje, SSNO, TU-II, 692, 1985.

## UTICAJ FLEGMATIZATORA NA BRZINU DETONACIJE OKTOGENA

UDC: 662.215.4/.5:66.022.3

### Rezime:

Dodavanje određenih flegmatizatora granulisanim eksplozivima u završnoj fazi postupka dobijanja smanjuje njihovu osetljivost na mehaničke uticaje (udar i trenje) i omogućava lakšu dalju preradu. Flegmatizatori mogu biti inertni (prirodni-montan vosak i sintetski-polietilenski) i aktivni (eksplozivi TNT i FEFO). U radu je prikazan uticaj različitih flegmatizatora na fizičke i detonacione karakteristike granulisanog (flegmatizovanog) visokoenerskog eksploziva oktogena. Flegmatizovanost je određena preko stepena prekrivenosti površine kristala oktogena, pomoću skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM). To je mera adhezivnosti flegmatizatora na granulama kristalnog eksploziva i predstavlja značajnu karakteristiku u tehnologiji flegmatizacije.

Ključne reči: granulisani eksploziv, oktogen, flegmatizatori, adhezija, prekrivenost.

## EFFECT OF BINDERS ON OCTOGEN DETONATION VELOCITY

### Summary:

By the addition of different binders to explosives in the last phase of the production technology, octogen decreases sensibility to mechanical influences – impact and friction. They also make further alteration of grained explosives easier. Binders could be inert or active. Inert binders are natural waxes (montan) and synthetic (polyethylene type). Active binders are less sensible explosives (TNT or FEFO) than octogen. The research showed that the applied explosive binders have different effects on the performances of granular coated octogen. Sensibility, density, grain size, compressibility and detonation velocity are determined by considered methods. Wax coating of explosives is determined through the level of octogen crystal surface coverage by scanning electron microscopy (SEM). The degree of wax coverage may be considered as the measure of adhesion of explosive binders applied to explosive grains.

Key words: granular explosive, octogen, binders, adhesion, coating.

### Uvod

Eksplozivi su hemijski stabilna jedinjenja, ali osetljiva na mehaničke uticaje, usled kojih dolazi do stanja burne reakcije sa krajnjim efektom eksplozije. U najopštijem slučaju, kada molekul eksploziva sadrži ugljenik, vodonik, kiseonik i azot, pri eksploziji nastaju reakcije oksidacije

ugljenika, vodonika i azota uz nastajanje produkata koji nisu eksplozivni.

Po usvojenoj definiciji, eksplozivi su hemijska jedinjenja koja u ekstremno kratkom vremenu oslobađaju veliku količinu gasova i, za razliku od ostalih (pneumatskih, električnih, nuklearnih) eksplozija, njihovo razlaganje se svrstava u hemijske eksplozije. Kako, shodno oslo-

bojenoj energiji, oslobođeni gasovi (gasoviti produkti detonacije) imaju visoku temperaturu, Sorrau je [1] definisao eksploziv kao „svako ono jedinjenje (ili smeša jedinjenja) koje je sposobno da se u veoma kratkom vremenu transformiše u vrele gasovite produkte“. Eksplozija je, dakle, proces veoma brzog stvaranja toplotne energije, praćen pojavom velike količine gasova pod pritiskom znatno većim od pritiska sredine u kojoj je nastala eksplozija.

Većina eksploziva, koji se koriste kao konvencionalni, spada u kristalna jedinjenja. Kako je njihova osetljivost na mehaničke uticaje, udar i trenje, velika, u naknadnoj tehnološkoj preradi dodaju im se flegmatizatori koji smanjuju njihovu osetljivost, a ne umanjuju krajnja dejstva. Kao flegmatizatori koriste se inertni materijali, voskovi i polimeri, i aktivni materijali – eksploziv trotil (trinitrotoluen, TNT) i jedinjenja tipa nitroformala u čijoj je strukturi vodonik zamenjen fluorom.

### **Uticaj flegmatizatora na karakteristike eksploziva**

Po svojoj prirodi flegmatizatori mogu da budu inertni i aktivni, mada podela nije stroga, naročito u odnosu na proces detonacije.

Teorijski, inertan flegmatizator je supstanca koja u zoni hemijske reakcije tokom detonacije i u toku pada pritiska koji prati detonaciju ne trpi nikakve promene, odnosno zadržava svoje fizičke karakteristike. Flegmatizator treba da zadrži svoj hemijski identitet, da ne menja stanje niti da apsorbuje energiju u vidu toplote. Takav flegmatizator ne postoji, jer čak i da je hemijski izuzetno stabilan,

neisparljiv i nezapaljiv, on se neizbežno zagreva u zoni hemijske reakcije [2, 3].

Eksplozivima se, zavisno od namene, dodaju i razni oksidansi i metali, najčešće aluminijum [4], koji reaguju sa produktima detonacije, povećavajući unutrašnju energiju eksploziva [5, 6].

U aktivne flegmatizatore spadaju pojedini eksplozivi čija je osetljivost na mehaničke uticaje mnogo manja, te se mogu koristiti kao sredstva za smanjenje osetljivosti na mehanička dejstva, odnosno kao flegmatizatori za glavni eksploziv. Dodatak ovakvih aktivnih flegmatizatora ne umanjuje znatno energetski sadržaj eksploziva kome je dodat, već naprotiv, može da doprinese povećanju unutrašnje energije, kao pri primeni bis (fluoro-2,2,-dinitroetil)formala (FEFO) [7]. Zamena vodonika fluorom u molekulu doprinosi povećanju energetskih svojstava polaznog jedinjenja (eksploziva), dovodi do povećanja gustine i do smanjenja čvrste faze – ugljenika u produktima detonacije, odnosno doprinosi potpunijoj oksidaciji.

Svi materijali koji mogu da se koriste kao flegmatizatori eksploziva, pogodnim tehnološkim postupkom (mikrokapsulacija) raspodeljuju se u vidu filma na kristale osetljivog brizantnog eksploziva [8].

Flegmatizovani eksplozivi koriste se u punjenjima koja su izložena povišenim temperaturama (punjenja za rakete ispod krila supersoničnih aviona, punjenja za duboke naftne bušotine), pa je poželjno da flegmatizator, pored ostalih zahtevanih karakteristika, ima temperaturu topljenja iznad 100°C.

Od aktuelnih flegmatizatora zahteva se da uz minimalan sadržaj obezbede kompaktnost punjenja, poboljšaju mehaničke karakteristike otpreska i smanje

osetljivost na mehaničke uticaje (udar i trenje) eksploziva u kome se primenjuju.

Mehanizam lepljenja flegmatizatora na površinu granula eksploziva zasnovan je na silama adhezije koje su rezultat međusobnog neposrednog kontakta filma flegmatizatora sa čvrstom površinom eksploziva.

Cilj postupka flegmatizacije jeste da se adhezija ostvari na što je moguće većoj površini eksploziva, odnosno da se filmom flegmatizatora obuhvati maksimalan broj granula eksploziva. Pri kontaktu filma sa čvrstom površinom nastaju veze fizičke ili hemijske prirode.

U slučaju kada je adheziv (flegmatizator) nanet na granule supstrata (eksploziv), određivanje adhezije može se izvršiti posredno, merenjem odnosa flegmatizatorom zaposednute površine granula eksploziva prema ukupnoj površini neprekrivenih granula:

$$\theta = St/S_o \cdot 100\%$$

gde je:

$\theta$  – stepen prekrivenosti granula (%),

$St$  – površina zaposednuta flegmatizatorom ( $cm^2$ ),

$S_o$  – ukupna površina neprekrivenih granula eksploziva ( $cm^2$ ).

S obzirom na to da je procenat prekrivenosti eksploziva flegmatizatorom u neposrednoj vezi sa adhezivnošću flegmatizatora, proizilazi da je stepen prekrivenosti kvantitativni pokazatelj adhezije.

### Flegmatizacija oktogena

Visokobrizantni eksplozivi, u koje spada oktogen, flegmatizuju se voskovima ili polimerima čiji je sadržaj ispod 10%. Ovakvi eksplozivi su u granulisa-

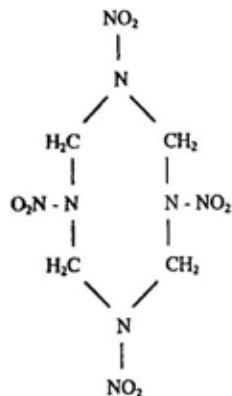
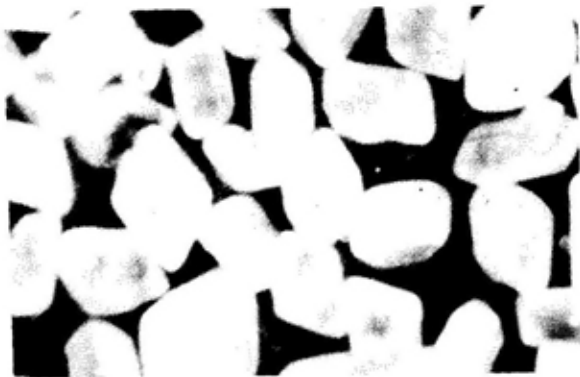
nom obliku i presuju se, bilo direktno u košuljicu bojne glave, bilo u posebno profilisanim alatima iz kojih se montiraju u bojne glave.

Oktogen je ciklični nitramin (ciklotetrametilentetranitramin, 1, 3, 5, 7-tetranitro-1, 3, 5, 7-tetrazaciklooktan, HMX), postoji u četiri kristalne modifikacije, od kojih je samo jedna, beta-modifikacija stabilna (slika 1) [1].

Oktogen je prvi put izdvojen kao primesa eksploziva heksogena, pri sintezi sa anhidridom sirćetne kiseline. Sadržaj oktogena u tako dobijenom heksogenu iznosi oko 10%. Prisustvo oktogena u heksogenu doprinosilo je većoj osetljivosti heksogena, te je kao primesa bio nepoželjan. Kasnije je ovaj uticaj oktogena razjašnjen postojanjem nestabilnih kristalnih modifikacija oktogena.

Izdvajanjem oktogena kao primese iz heksogena, i ispitivanjem njegovih karakteristika, videlo se da je to eksploziv sa veoma dobrim energetskim karakteristikama. Njegova stabilna beta-modifikacija predstavlja termički veoma stabilan eksploziv (do 200°C) i ima veliku gustinu koja mu daje odgovarajuće osobine. Termostabilnost oktogena omogućava primenu ovog eksploziva u punjenjima izloženim visokim temperaturama, u punjenjima kumulativne municije, u bojnim glavama raketa koje nose avioni nadzvučnih brzina, kao i za eksplozivna punjenja namenjena za miniranja u dubokim naftnim bušotinama. Oktogen spada u eksplozive veoma osetljive na mehanička dejstva, pa je neophodna njegova dopunska prerada – flegmatizacija. Kao flegmatizatori koriste se voskovi i polimeri. Polimeri se, s obzirom na visoku temperaturu topljenja, koriste u eksplozivnim sastavima koji su izloženi povišenim radnim temperaturama.





Sl. 1 - Beta-modifikacija kristalnog oktogena

Postupak flegmatizacije oktogena polimerima je [8]:

- polimeri se rastvaraju u rastvaraču koji je, u zavisnosti od prirode polimera, uglavnom nepolaran;
- rastvor se dodaje vodenoj suspenziji eksploziva;
- taloženje polimera na granule eksploziva može se izvesti destilacijom rastvarača pod smanjenim pritiskom i dodavanjem nerastvarača polimera (etilalkohola) usled čega dolazi do izdvajanja polimera iz sistema na granule eksploziva.

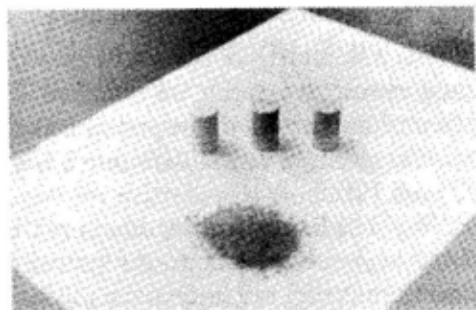
U oba slučaja nastaje granulisan flegmatizovani eksploziv.

Postupak flegmatizacije oktogena voskovima je jednostavniji. Prekrivanje se obavlja u vrućoj vodenoj suspenziji zagrejanom do temperature ključanja vode, uz dodavanje voskova čija je temperatura topljenja niža od temperature ključanja vode. Pogodnim mešanjem i hlađenjem sistema dobija se granulisan proizvod. Najčešće korišćeni voskovi su montan (MV) i specijal (SP) koji se dobijaju rafinacijom mrkog uglja. Ovaj način flegmatizacije primenjuje se za flegmatizaciju oktogena trotilom, s obzirom na to da je temperatura topljenja trotila oko 80°C.

### Karakteristike flegmatizovanog oktogena

Flegmatizovani eksploziv je granulisan proizvod koji se primenjuje za presovana eksplozivna punjenja različitih kalibara municije. Uglavnom se koristi za kumulativnu municiju, zbog visokih energetskih karakteristika i mogućnosti presovanja u tačno definisane dimenzije. Na slici 2 prikazan je izgled flegmatizovanog oktogena u rasutom stanju pre presovanja i u valjkastom obliku posle presovanja.

Pre nego što se primeni u sredstvu, svaki novi sastav flegmatizovanog eksploziva mora da ima sledeće definisane karakteristike: sadržaj flegmatizatora, gra-



Sl. 2 - Flegmatizovani oktogen u rasutom i presovanom stanju

nulometrijski sastav, nasipnu masu, osetljivost na mehaničke uticaje, kompresibilnost i brzinu detonacije. Pored ovih karakteristika, granulisani eksploziv mora da ima dobru pokretljivost granula, kako bi se bez teškoća mogao unositi u alat za presovanje. Takođe, veoma je bitno da tokom flegmatizacije ne dođe do stvaranja velikih granula (prečnik iznad 1000  $\mu\text{m}$ ), aglomerata sitnih granula eksploziva i flegmatizatora. U unutrašnjosti ovakvih granula mogu da postoje šupljine sa zarobljenim vazduhom. Na slici 3 prikazana je granula flegmatizovanog eksploziva u čijoj je unutrašnjosti vidljiva šupljina. U uslovima presovanja ove šupljine se ponašaju kao vruće tačke i mogu da izazovu inicijaciju detonacije eksploziva pri presovanju.



Sl. 3 – Šupljina u granuli flegmatizovanog oktogen

Granulometrijski sastav flegmatizovanog eksploziva treba da obezbedi što veću nasipnu masu i da ne sadrži frakcije prečnika granula ispod 100  $\mu\text{m}$  i iznad 1000  $\mu\text{m}$  [9].

Različiti flegmatizatori imaju različiti učinak koji ne zavisi samo od vrste flegmatizatora već i od njegovog masenog udela. Zbog toga je kontrola sadržaja flegmatizatora u flegmatizovanom eks-

plozivu posle proizvodnje neophodna i veoma stroga.

### Određivanje stepena prekrivenosti metodom elektronske mikroskopije

Ispitivanja su pokazala da sadržaj flegmatizatora u flegmatizovanom eksplozivu, utvrđen hemijskom analizom, nije uvek realan pokazatelj da je flegmatizacija uspešno izvršena [8], pa se u nemogućnosti primene neke druge metode proverava i vizuelno, posmatranjem pod mikroskopom. Ukoliko se konstatuje veće prisustvo neprekrivenih kristala eksploziva, smatra se da tehnološki postupak flegmatizacije nije uspešno izvršen. Međutim, u ovoj kvalitativnoj oceni flegmatizovanosti veliki uticaj ima individualni faktor koji se mora svesti na najmanju meru.

Jedan od načina kvantitativnog određivanja prekrivenosti eksploziva flegmatizatorom zasniva se na različitoj brzini rastvaranja flegmatizatora i eksploziva u odabranom rastvaraču, najčešće acetonu. Metoda se zasniva na propuštanju definisane zapremine rastvarača kroz nasut uzorak flegmatizovanog i kristalnog eksploziva. Upoređivanjem gubitka mase flegmatizovanog i kristalnog eksploziva posle kontakta sa rastvaračem za isti interval vremena i za istu količinu rastvarača, stepen prekrivenosti se izračunava preko izraza [10]:

$$\text{Stepen prekrivenosti} = \frac{G_{nf} - G_f}{G_{nf}}$$

gde je:

$G_{nf}$  – gubitak mase kristalnog eksploziva posle rastvaranja (g);

$G_f$  – gubitak mase flegmatizovanog eksploziva posle rastvaranja u istoj zapremini rastvarača (g).

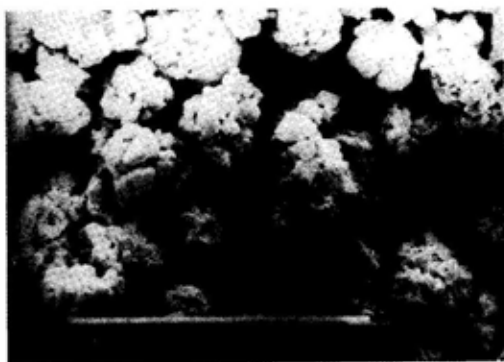
Da bi se odredio stepen prekrivenosti ovom metodom uslov je da vreme kontakta rastvarača sa uzorcima kristalnog i flegmatizovanog eksploziva bude isto.

Prekrivenost se određuje i na drugi način – pomoću metode zasnovane na primeni skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM) [11].

Mikroskopska analiza bilo kog uzorka flegmatizovanog eksploziva svodi se na analizu slike dobijene mikroskopom i vizuelnu konstataciju prekrivenosti. Da bi se dobila tačna informacija sa SEM-a, uzorak eksploziva, kao neprovodnika, mora da se pripremi za ispitivanje tako što se preko njega nanosi tanka elektroprovodna prevlaka koja prati morfologiju uzorka.

Za eksplozive je najbolja prevlaka od legure zlato/molibden, ali može da se koristi i prevlaka od čistog zlata. Naparavanje, odnosno nanošenje prevlaka, vrši se u vakuumu, a materijal od kojeg je izrađena prevlaka zagreva se u posebnim grejačima. Prolaka od čistog zlata je bezbednija za nanošenje na uzorke, jer se ne nanosi termičkim naparavanjem, već uz pomoć jednosmerne struje.

Ova metoda zasnovana je na prethodnom ispitivanju površine neprekrive-



Sl. 5 – Flegmatizovani oktogen (SEM)

nih kristala oktogena (slika 4), a zatim na ispitivanju granula flegmatizovanog oktogena (slika 5).

Uzorak u SEM-u bombarduje se elektronskim mlazom, prečnika 500 nm ili manjim. Mlaz pogađa samo jednu tačku uzorka u odgovarajućem vremenskom intervalu, pa se mlaz mora prevlačiti (skenirati) preko površine uzorka, kako bi se prikupili podaci za što više tačaka. Slika se projektuje na katodnu cev ili TV ekran tako da svaka tačka na ekranu odgovara tački sa uzorka. Intenzitet osvetljenosti tačke zavisi od intenziteta signala sa uzorka, a intenzitet tačke na ekranu od intenziteta signala sa uzorka. Postoje različiti tipovi signala: sekundarno izbijenih i elastično odbijenih elektrona, kao i signal struje uzorka. Za rad su optimalni signali elastično odbijenih elektrona i struje uzorka. Napon primarnog mlaza iznosi do 2 kV.

Stepen prekrivenosti određuje se upoređivanjem odnosa intenziteta signala sa čistog, kristalnog oktogena i flegmatizovanog oktogena. Intenzitet signala sa flegmatizovanog oktogena zavisi od količine flegmatizatora na površini kristala, pa je smanjenje intenziteta signala proporcionalno stepenu prekrivenosti. Re-



Sl. 4 – Kristalni oktogen (SEM)

Tabela 1

Stepen prekrivenosti flegmatizovanog oktogena (95%)

Tip voska, polimera	Poli-tilen-ski	Mon-tan	Spe-cijal	Po-lis-tiren	Poli-karbo-nat
Stepen prekrivenosti, %	70	65	58	60	55
Sadržaj flegmatizatora, %	5	5	5	5	5

zultati stepena prekrivenosti prikazani su za različite uzorke u tabeli 1.

Može se uočiti da je različit stepen prekrivenosti koji ostvaruju različiti flegmatizatori (aditivi). Najbolja prekrivenost postignuta je polietilenskim voskom i montan-voskom sadržaja 5%. Ovaj parametar može se smatrati merom adhezivnosti određenog aditiva na kristale primenjenog eksploziva, odnosno pokazateljem uspešnosti flegmatizacije.

### Određivanje brzine detonacije

Proces detonacije je veoma brz proces. Malo prisustvo flegmatizatora ne remeti proces detonacije, jer flegmatizator usled svoje inertnosti praktično ostaje hemijski nepromenjen u toku procesa detonacije. Proces detonacije je suviše kratkotrajan da bi mogao da inicira termičku reakciju razlaganja flegmatizatora, a sadržaj flegmatizatora od 3 i 5% je mali da bi mogao svojom inertnošću bitno da smanji brzinu detonacije. Brzina detonacije je određivana pomoću elektronskog brojača. Rezultati određivanja prikazani su u tabeli 2.

Rezultati brzine detonacije su različiti za uzorke sa istim masenim sadržajem flegmatizatora. Razlog ovoj pojavi je različita poroznost pojedinih presovanih

uzoraka, bez obzira na istu gustinu punjenja.

S obzirom na to da je brzina detonacije direktna funkcija gustine punjenja, eksplozivi iz tabele 2 trebalo bi da imaju iste brzine detonacije, jer im je ista gustina. Neki uzorci sadrže 5% flegmatizatora, inertne komponente, te bi se očekivalo da im brzine detonacije budu nešto niže od uzoraka sa 3% flegmatizatora. Eksperimentalni rezultati ne potvrđuju ova očekivanja. Uzrok ovoj pojavi je poroznost eksplozivnog punjenja. Presovani uzorci eksploziva sa 3% bilo kog flegmatizatora imaju različite poroznosti za iste gustine, što utiče na brzinu detonacije. Uzorak sa većom poroznošću, FO3PE ima manju brzinu detonacije od uzorka FO5PE čija je poroznost manja. Isti uticaj poroznosti vidi se i kod ostalih uzoraka flegmatizovanog oktogena.

Iz priloženih razmatranja se vidi da se, pored gustine punjenja, kao uslova za postizanje određenih brzina detonacije, i poroznost može smatrati jednim od fak-

Tabela 2

### Brzina detonacije

Red. br.	Oktogen + flegmatizator*	Gustina (kg/m <sup>3</sup> )	Poroznost (%)	Brzina detonacije (m/s)
1.	FO3PC	1750	5,63	8375
2.	FO3PS	1750	5,25	8398
3.	FO3PE	1750	5,55	8395
4.	FO3MV	1750	4,85	8484
5.	FO3SP	1750	4,34	8502
6.	FO5PC	1750	4,70	8437
7.	FO5PS	1750	4,58	8470
8.	FO5PE	1750	3,89	8521
9.	FO5MV	1750	4,64	8479
10.	FO5SP	1750	4,71	8419

\* broj 3. i 5. - % flegmatizatora, PC - polikarbonat, PS - polistiren, PE - polietilen, MV - montan vosak, SP - specijal vosak

tora koji utiču na brzinu detonacije presovanog punjenja eksploziva.

## Zaključak

Flegmatizator mora da bude hemijski inertan u odnosu na eksploziv i da omogućava dobru prekrivenost pri što je moguće manjem sadržaju u eksplozivu. Pored toga, neophodno je da smanji osetljivost eksploziva na mehaničke uticaje, kao i da omogući bezbedno presovanje i postizanje velikih brzina detonacije.

Uspešnost flegmatizacije, odnosno prekrivenosti eksploziva flegmatizatorom, kvantitativno se može odrediti pomoću metode selektivne brzine rastvaranja i pomoću metode skenirajućeg elektronskog mikroskopa (SEM). Rezultati stepena prekrivenosti mogu se smatrati merom adhezivnosti filma flegmatizatora (polimera ili voska) na granuli kristalnog eksploziva oktogena.

Pored osnovne i prvobitno presudne funkcije smanjenja osetljivosti granulisanog eksploziva na mehaničke uticaje, flegmatizator bitno utiče na fizičke karak-

teristike otpreska – gustinu i poroznost, a samim tim i na brzinu detonacije.

## Literatura:

- [1] Calzia, J.: Les Substances Explosives et leurs Nuisances, Dunod, Paris, 1969.
- [2] Urbanski, T.: Chemistry and Technology of Explosives, volume 4, Pergamon Press, Oxford, 1984.
- [3] Walker, F. E.: A New Kinetics and the Simplicity of Detonation Propellants, Explosives, Pyrotechnics, vol. 19 1994, pp. 315-326.
- [4] Langen, P., Barth, P.: Investigation of the Explosive Properties of HMX/AL 70/30 Propellants and Explosives, vol. 4 1979, pp. 129-131.
- [5] Aljtišiler, L. V.: Osobnosti detonacii flegmatizirovanih VV Detonacia, vipusk II, Černogolovka 1981.
- [6] Keicher, T., Happ, A.: Kretschmer A., Influence of Aluminium / Ammonium Perchlorate on the Performance of Underwater Explosives, Propellants, Explosives, Pyrotechnics, vol 24, 1999, br. 3, pp. 140-143.
- [7] Anđelković-Lukić, M.: Tendencije razvoja brizantnih eksploziva/, novembar-decembar 1998, br. 6, str. 681-690.
- [8] Anđelković-Lukić, M.: Flegmatizacija heksogena i oktogena polistirenom i polikarbonatom, magistarski rad, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1983.
- [9] Anđelković-Lukić, M.: Promena gustine presovanog punjenja flegmatizovanog oktogena u funkciji fizičkih osobina kristalnog oktogena, Naučno tehnički pregled vol. XLV, 1995, br. 6-7, str. 3-5.
- [10] Anđelković-Lukić, M., i dr.: Određivanje stepena prekrivenosti flegmatizovanog pentrita metodom početne brzine rastvaranja, Naučno tehnički pregled, vol. XXXV 1985, br. 7-8, str. 36-38.
- [11] Jovanić, P., Anđelković-Lukić, M.: Mogućnosti ispitivanja flegmatizovanih eksploziva skenirajućim elektronskim mikroskopom, JKEM, Lučani, 1988.

**Mr Boban Đorović**  
kapetan I klase, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## **PROJEKTOVANJE ORGANIZACIONIH STRUKTURA UPRAVNIH ORGANA SAOBRAĆAJNE SLUŽBE**

UDC: 356.257.008.2:65.015.14

### *Rezime:*

*U radu je opisan postupak projektovanja organizacione strukture upravnih organa saobraćajne službe, s naglaskom na izradi matrica opterećenja, odnosno utvrđivanju vremena vršenja aktivnosti po kvalifikacijama primenom fazi logike i matematičkom modelu projektovanja organizacionih struktura sa alokacijom resursa.*

*Ključne reči: organizacija, organizaciona struktura, upravni organi, projektovanje.*

---

## **PROJECTING OF ORGANIZATIONAL STRUCTURES OF TRAFFIC SERVICE DIRECTIONAL BODIES**

### *Summary:*

*This paper describes a way of projecting organizational structure of traffic service organizational bodies, putting the emphasis on making freightage matrix, that is, determining the time for executing activities on qualifications using fuzzy logic and the mathematical model of projecting organizational structures with allocation of resources.*

*Key words: organization, organizational structure, directional bodies, projecting.*

---

### **Uvod**

Svakodnevne potrebe jedinica i ustanova Vojske Jugoslavije (VJ) za transportom obavljaju jedinice saobraćajne službe i javni transport. Složenost zadataka sa velikim razlikama u miru i ratu koje izvršavaju jedinice saobraćajne službe, postavlja pred upravne organe zahtev za efikasno funkcionisanje u svim uslovima i ograničenjima. Efikasnost funkcionisanja upravnih organa moguće je sagledati kroz mogućnosti i rad organizacione strukture, organizaciona rešenja rada upravnih organa i organizacijsku regulativu. Jedna od osnovnih pretpostavki efi-

kasnog funkcionisanja organizacionog sistema je mogućnost njegovog razvoja i prilagođavanja zahtevima okruženja. To zahteva veliku ažurnost u usklađivanju organizacione strukture sa dinamikom promena u okruženju i njemu samom. Da bi organizacioni sistem osigurao stabilno stanje, i pored velikog broja poremećaja kojima je permanentno izložen, neophodno je da bude osposobljen za efikasnu obradu velikog broja podataka, njihovu selekciju i distribuciju prema nivoima odlučivanja.

Osavremenjavanje postojećeg empirijskog prilaza formiranja organa upravljanja u saobraćajnoj službi moguće je

primenom odgovarajućih modela organizacionih nauka.

### **Model projektovanja organizacionih struktura sa alokacijom resursa**

U slučaju kada stepen formalizacije organizacione strukture nije zadovoljavajući, moguća su dva osnovna prilaza stvaranju podloge za analizu i projektovanje bolje varijante organizacione strukture. Klasičan prilaz jeste da se detaljno snimi postojeće stanje poznatim metodama studije rada, a da se, zatim, tehnikom pitanja izvrši analiza snimljenog stanja, utvrde slabosti i na osnovu toga traže bolja organizaciona rešenja.

Drugi prilaz je da se, polazeći od postavljenih ciljeva, definišu kompleksi poslova koji se moraju obaviti na različitim nivoima organizacione strukture da bi postavljeni ciljevi bili realizovani. Razradom i analizom tih kompleksa poslova postavlja se potrebna organizaciona struktura.

Postupak se odvija preko sledećih faza:

- podela organizacionog sistema na funkcije, prema kriterijumu uloge tog sistema u širem okruženju;

- podela funkcija na poslove, koji predstavljaju zaokružene celine aktivnosti (zadatke) u okviru pojedinih funkcija;

- dekompozicija poslova na aktivnosti, kao konkretne delatnosti neposrednih izvršilaca, uz procenu obima angažovanih resursa;

- razrada varijanti mogućih organizacionih struktura, prema kriterijumu srodnosti aktivnosti, odnosno stepenu učestalosti međusobnog komuniciranja neposrednih izvršilaca;

- alokacija resursa na punktove organizacione strukture predloženih vari-

jantnih rešenja, sa izborom najpovoljnijeg [1].

Primena pojedinih faza predloženog modela testirana je na komandi automobilskog bataljona (atb).

### **Definisanje funkcija, poslova i aktivnosti organizacione strukture**

Polazeći od definisanog cilja, odnosno mesta i uloge organizacione strukture u sistemu rukovođenja i komandovanja i transportnom sistemu VJ, mogu se definisati osnovne funkcije kao kompleksi poslova koji omogućuju da organizaciona struktura upravnih organa saobraćajne službe realizuje definisane ciljeve.

Pri tome se mora voditi računa da organizaciona struktura bude osposobljena da efikasno funkcioniše u miru i ratu i da se usavršava i prilagođava promenama, s tim da osnovu čini rad u mirnodopskim uslovima. Treba razlikovati posao definisanja i razrade funkcija od grupisanja srodnih aktivnosti po vojnoevidencionim specijalnostima (VES). Definisane funkcije moraju jasno pokazivati pravce delovanja organizacione strukture, što zavisi od namene i ciljeva organizacione strukture upravnih organa.

Prilaz određivanju broja izvršilaca preko izbora funkcija koje upravna organizaciona struktura mora izvršavati i preko definisanja zadataka u okviru pojedinih funkcija, omogućuje da se organizaciona struktura proučava sistemski. Time se obezbeđuje da se rutinska pitanja organizacije izvršenja pojedinih zadataka rešavaju izdvojeno u skladu sa trenutnim mogućnostima organizacione strukture upravnih organa.

Namena, zadaci i cilj upotrebe jedinica saobraćajne službe određuju strukturu funkcija upravnih organa. Tako će

se struktura funkcija organa upravljanja u saobraćajnoj službi razlikovati od strukture funkcija neke druge vojne ili privredne organizacije. Radi ilustracije navodimo moguću strukturu funkcija komande atb: 1) saobraćajno-transportna funkcija, 2) funkcija planiranja, 3) funkcija organizovanja, 4) operativna funkcija, 5) funkcija mobilizacije, 6) funkcija kontrole, 7) kadrovska funkcija, 8) administrativna funkcija, 9) funkcija održavanja sredstava i objekata, 10) funkcija bezbednosti.

Faza podele utvrđenih funkcija komande atb na parcijalne zadatke (poslove) bitna je za određivanje broja izvršilaca, jer se u ovoj fazi determiniše sadržaj funkcija. Svaki posao sastoji se od većeg broja aktivnosti koje se neposrednim izvršiocima dodeljuju radi realizacije. Pripadnost posla određenoj funkciji definisana je njegovim karakterom, odnosno karakterom njegovih aktivnosti. Posao može imati mešoviti karakter sa stanovišta pripadnosti funkciji. U takvom slučaju se pripadnost posla određuje prema tome kojoj funkciji pripada, po svom karakteru, pretežni deo aktivnosti koje ga čine. U stvari, posao se dobija kao rezultat analize, odnosno raščlanjivanja svake funkcije pojedinačno. Istraživanjima [2] ustanovljeno je da komanda atb ima preko pedeset poslova, koji su uneti u bazu podataka. Svaki posao dobija svoju oznaku, koja je tako kodirana da se iz nje može ustanoviti kojoj funkciji pripada posmatrani posao.

Posebno je značajna dekompozicija poslova na parcijalne delatnosti – aktivnosti i definisanje izvršilaca i vremena za realizaciju svake od navedenih aktivnosti. Da bi se predvidele sve relevantne aktivnosti u okviru jednog posla potrebno je dobro poznavati tehnologiju njihovog iz-

vršenja. Bez obzira na to da li se radi o reorganizaciji postojećih ili formiranju novih organizacionih struktura upravnih organa, pretpostavka je da analitičari imaju mogućnost da, sami ili uz pomoć specijalista za pojedina područja, utvrde od kojih se aktivnosti sastoji posmatrani posao. Osim toga, za svaku aktivnost treba da se definiše ko će, odnosno ko može da je izvrši (profili izvršilaca), na kom nivou i sa koliko angažovanih resursa (vreme, broj ljudi i sl.). Stoga se dekompozicija poslova na aktivnosti obavlja tako što se za svaki posao formiraju matrice odgovornosti i opterećenja.

Svrha matrice odgovornosti jeste da se svaki posao raščlani na aktivnosti i da se definiše odgovornost za njihovo izvršenje, prema nivoima upravljanja.

Matrica odgovornosti sadrži sledeće podatke o aktivnostima:

- popis svih aktivnosti,
- nivo na kojem se posmatrana aktivnost izvršava,
- karakter obavljenog posla na različitim nivoima (radi, dogovara se, izveštava, kontroliše).

Matrica odgovornosti za funkciju kontrole i posao kontrole osnovnih jedinica u komandi atb prikazana je na slici 1.

Kada se izradi matrica odgovornosti za analizirani posao pristupa se razradi matrice opterećenja.

Matrica opterećenja sadrži sledeće podatke:

- popis svih aktivnosti određenog posla koje se izvršavaju na istom nivou,
- ukupno vreme za izvršenje aktivnosti, koje se utvrđuje procenom ili na temelju postojećeg iskustva o vršenju date aktivnosti,
- pojedinačna vremena za svaku specijalnost koja učestvuje u izvršenju aktivnosti (VSS – saobraćajna, VSS –



Oznaka aktivnosti	SADRŽAJ AKTIVNOSTI	Vid odgovornosti po nivoima					Vrste dokumenata	Napomena
		1. nivo	2. nivo	3. nivo	4. nivo	5. nivo		
5101	Kontrola i ocenjivanje nivoa borbene gotovosti	R	I					
5102	Kontrola vojno stručne i specijalističke obuke	R						
5103	Kontrola korišćenja motornih vozila	R	I					
5104	Kontrola rada radionice	R	I	D				

Sl. 1 – Matrica odgovornosti za funkciju kontrole i posao kontrole osnovnih jedinica

tehnička, VSS – opšta, SSS – saobraćajna, SSS – tehnička i SSS – opšta).

Matrica opterećenja za funkciju kontrole i posao kontrole osnovnih jedinica u komandi atb prikazana je na slici 2.

Ukupna i pojedinačna vremena po aktivnostima omogućavaju da se preko ove matrice utvrdi ukupna radna snaga i njena struktura.

### Model za utvrđivanje vremena izvršenja aktivnosti

Za utvrđivanje vremena izvršenja aktivnosti organa ne postoji razrađena metodologija, niti se koriste matematičke metode već se to isključivo radi procenom ili iskustvom upravnih organa. Osnovni problem dosadašnjeg načina određivanja

Oznaka aktivnosti	SADRŽAJ AKTIVNOSTI	Operator	Ukupno potrebno vreme	Angažovanje kadrova po specijalnostima					
				VSS saobraćajna	VSS tehnička	VSS opšta	SSS saobraćajna	SSS tehnička	SSS opšta
5101	Kontrola i ocenjivanje nivoa borbene gotovosti	R	16	10	4	2	0	0	0
5102	Kontrola vojno stručne i specijalističke obuke	R	124	100	24	0	0	0	0
5103	Kontrola korišćenja motornih vozila	R	240	120	40	0	40	40	0
5104	Kontrola rada radionice	R	164	42	80	0	0	42	0
UKUPNO			544	272	148	2	40	82	0

Sl. 2 – Matrica opterećenja za funkciju kontrole i posao kontrole osnovnih jedinica

vremena neophodnog za obavljanje određene aktivnosti jeste da su se ta vremena određivala prema subjektivnoj oceni pojedinca, tako da je za realnu ocenu ovog vremena bilo potrebno vršiti anketu ili intervju stručnjaka i poznavalaca aktivnosti.

Za utvrđivanje vremena izvršenja aktivnosti pogodan je model koji omogućava lakše, brže i preciznije određivanje vrednosti vremena aktivnosti. Model se zasniva na fazi logici. Osnovni ulazni parametri (kriterijumi) jesu:

- stručnost izvršioca određene aktivnosti,
- opremljenost radnog mesta neophodnom opremom,
- želja izvršioca aktivnosti za radom,
- iskustvo koje izvršilac poseduje za obavljanje takvih ili sličnih aktivnosti [3].

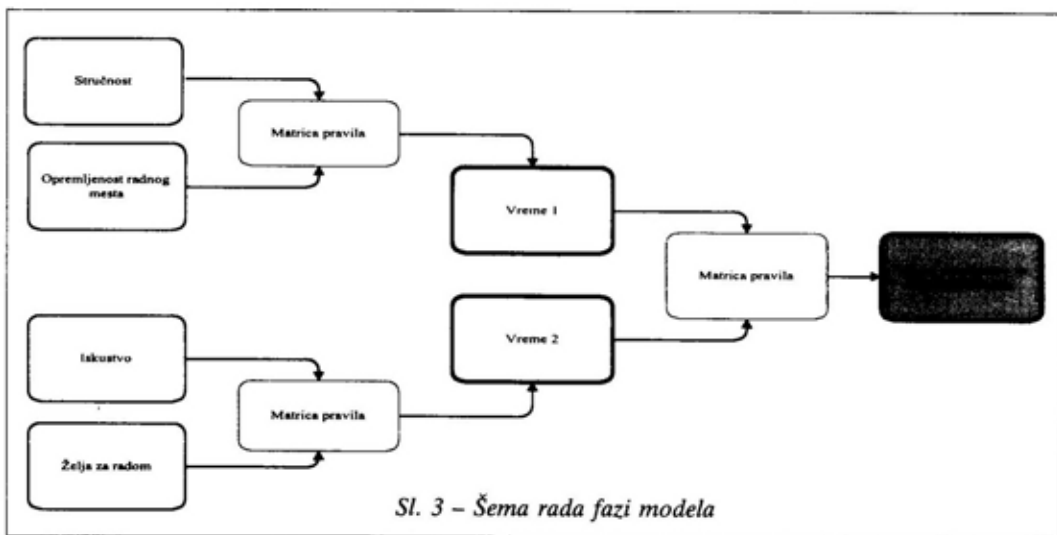
Ova četiri kriterijuma se kroz tri koraka, određenim logičko-matematičkim transformacijama (algoritmima aproksimativnog rezonovanja) dovode u vezu i daju rezultat izražen u časovima neophodnim za izvršenje aktivnosti. Šema rada modela prikazana je na slici 3.

Model se realizuje kroz tri koraka. U prvom koraku uzimaju se u razmatranje vrednosti kriterijuma stručnosti i opremljenost radnog mesta, dok se vrednosti druga dva kriterijuma smatraju srednjim.

*Stručnost* za izvršenje zadatka može se oceniti lingvističkim ocenama: nestručan, dovoljno stručan, srednje stručan i visoko stručan ili, ako je moguće, utvrditi numeričku ocenu od 0 do 10. Ocena stručnosti podrazumeva visinu stručne sprema koju poseduje izvršilac za izvršenje zadatka, s tim da se ta ocena najviše zasniva na pokazanoj stručnosti u praksi (a ne samo formalnoj) i to prvenstveno ako je izvršilac obavljao iste ili slične aktivnosti.

*Opremljenost radnog mesta* se, takođe, ocenjuje kao: vrlo loše, loše, srednje, dobro, vrlo dobro ili ocenama od 0 do 10. Ova ocena se daje ocenjujući opremu koja se nalazi na radnom mestu u odnosu na opremu koja bi se mogla u datim okolnostima nabaviti, sa ciljem da se aktivnost brže i kvalitetnije obavlja.

Izlaz se dobija u obliku vremena za izvršenje aktivnosti, ali to nije krajnji



Sl. 3 - Šema rada fazi modela

rezultat, jer nisu uzeta u obzir druga dva kriterijuma, odnosno predvideli smo njihove srednje vrednosti.

U drugom koraku uzimaju se u obzir kriterijumi želja za radom i iskustvo.

*Želja za radom* (motivisanost) može se oceniti vrednostima: mala, srednja i velika i predstavlja pokazano angažovanje, lično zalaganje pri izvršenju svih obavljenih zadataka, kao i zainteresovanost za obavljanje posmatrane aktivnosti.

*Iskustvo* koje izvršilac poseduje može se oceniti ocenama: malo, srednje i veliko, a uglavnom zavisi od broja godina radnog staža.

Rezultat je, takođe, vreme neophodno za obavljanje aktivnosti.

U trećem koraku kao kriterijum se uzimaju vremena dobijena u prethodna dva koraka, a kao rezultat daje konačnu veličinu vremena neophodnu za obavljanje date aktivnosti.

Koraci su razdvojeni zato što se vremenima iz prvog koraka daje veća važnost, jer to vreme rada u konačnom rešenju ima veću težinu, odnosno jedno od pravila iz algoritma aproksimativnog rezonovanja za korak tri glasi: „ako je vreme iz koraka 1 vrlo veliko i vreme iz koraka 2 veliko tada je vreme vrlo veliko“.

Iz navedenog zaključujemo da ovaj model omogućuje da uočimo na koji parametar treba preventivno delovati u organizacionoj strukturi da bi se vremena „dovela“ na željeni nivo. U konkretnoj situaciji su ljudi koji stoje na raspolaganju često nezamenljivi, tj. nemoguće je raspisati konkurs, pa na taj način dobiti odgovarajućeg izvršioca već je sve promene u organizacionoj strukturi neophodno izvršiti sa najčešće postojećim kadrom. Tu upravo i jeste mesto primene ovog mo-

dela kojim se može oceniti da li je odgovarajući izvršilac na odgovarajućem mestu, i ako nije koji je od mogućih izvršilaca najpogodniji za to mesto, ili da se preduzmu mere na boljoj opremljenosti mesta, podigne nivo morala, dodatna obuka kadra, itd. Isto tako, ako se organizaciona struktura tek formira, moguće je, u zavisnosti od izvršilaca koji su na raspolaganju, optimalno rasporediti aktivnosti po izvršiocima, kako bi se dobila što efikasnija organizaciona struktura.

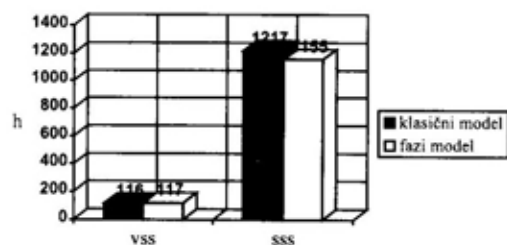
Isto tako, na osnovu ovog modela, u zavisnosti od vremena potrebnog za izvršenje aktivnosti, mogu se uvideti vremenske rezerve i izvršiocu postaviti dodatni poslovi. Model omogućava da manji broj ljudi učestvuje u formiranju ili ispitivanju efikasnosti rada organizacione strukture, realnije rezultate, a pristupačnost i pogodnost za rad su na višem nivou.

Model je testiran samo na saobraćajno-transportnoj funkciji komande atb. Istraživanjima [2] utvrđeno je da ova funkcija ima 24 aktivnosti. Za izvršenje aktivnosti predviđene su dve kategorije izvršilaca, visoka stručna sprema (VSS) saobraćajna i srednja stručna sprema (SSS) saobraćajna. Srednje vreme za izvršenje ove funkcije dobijeno procenom i snimanjem (klasičan model), za period od godinu dana, za VSS iznosi 116 časova, a za SSS 1217 časova.

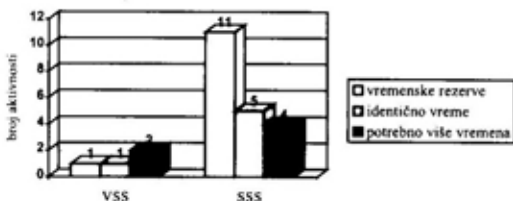
Za testiranje modela predviđeni su izvršioci sa karakteristikama:

– za VSS: kapetan I klase, sa 9 godina radnog staža, odličnom službenom ocenom, velikom željom za radom, dobrom opremljenošću radnog mesta i srednjom stručnošću za te poslove (manje od godinu dana na tom radnom mestu);

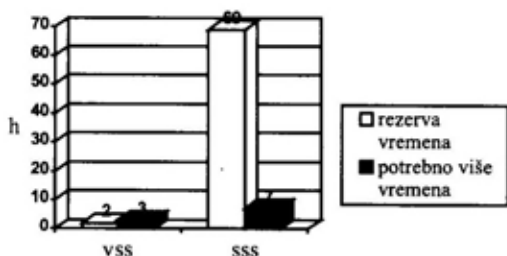
– za SSS: zastavnik I klase, sa 19 godina radnog staža, službenom ocenom 4, visokom stručnošću za te poslove,



Sl. 4 - Prikaz vremena vršenja aktivnosti po klasičnom i fazi modelu



Sl. 5 - Broj aktivnosti sa vremenskim rezervama po kategorijama izvršilaca



Sl. 6 - Vremenske rezerve po kategorijama izvršilaca

malom željom za radom i lošom opremljenošću radnog mesta.

Na osnovu postavljenih kriterijuma i šeme rada, model je realizovan i simuliran na računaru u programskom paketu „Fuzzy Systems Knowledge Builder“.

Testiranjem modela za date uslove i izvršioce dobija se da je vreme za izvršenje aktivnosti izvršilaca SSS kraće u odnosu na klasičan model, dok je za izvršioce VSS to vreme duže (sl. 4).

Ovakav rezultat za VSS dobija se zbog toga što se radi o izvršiocu koji nije dovoljno stručan za taj posao, a kriterijum stručnosti ima veliku težinu.

Realizacijom testiranja došlo se do rezultata da se kod SSS u velikom broju aktivnosti (11 od 24) dobijaju vremenske rezerve, kod 5 aktivnosti vremena su jednaka po oba modela, dok kod 4 aktivnosti fazi model pokazuje duža vremena (sl. 5).

Takođe, na osnovu modela mogu se utvrditi i vremenske rezerve po kategorijama izvršilaca (sl. 6).

### Matematički model projektovanja organizacionih struktura organa upravljanja

Prikazani model je jedna od varijanti matematičke aproksimacije matrica odgovornosti i matrica opterećenja. Model čine sledeći koraci:

1) Organizaciona struktura koja se analizira uz uslov da sistem ima  $m$  funkcija:

$$f_1, f_2, \dots, f_m$$

Istraživanjem [2] utvrđeno je da komanda atb ima deset funkcija, koje su sa svojim oznakama prikazane u tabeli 1. Oznake funkcija uvedene su radi lakše obrade podataka računarnom.

Tabela 1

Funkcije komande automobilskeg bataljona

Red. broj	Oznaka funkcije	Naziv funkcije
1.	0000	Saobraćajno-transportna funkcija
2.	1000	Administrativna funkcija
3.	2000	Funkcija bezbednosti
4.	3000	Funkcija održavanja sredstva i objekata
5.	4000	Kadrovska funkcija
6.	5000	Funkcija kontrole
7.	6000	Funkcija mobilizacije
8.	7000	Operativna funkcija
9.	8000	Funkcija organizovanja
10.	9000	Funkcija planiranja

Red. broj	Oznaka funkcije	Oznaka posla	Naziv posla
1.	0000	0100	Saradnja sa referentom transporta armije
2.		0200	Objedinjavanje i svakodnevna analiza
3.		0300	Izvršenje transportnih zadataka
4.		0400	Aktivnosti u slučaju saobraćajnih nezgoda
5.		0500	Izrada izveštaja
6.		0600	Izdavanje karata za prevoz lica u garnizonu
7.	1000	1100	Snabdevanje komande potrošnim materijalom
8.		1200	Dostavljanje podataka za plan koordinacije
9.		1300	Obračun novčanih i radnih lista
10.		1400	Izrada svakodnevnih dokumenata i akata
11.	2000	1500	Izrada izveštaja
12.		2100	Organizacija mera bezbednosti i samozaštite
13.		2200	Sprečavanje raznih vidova neprijateljske delatnosti
14.		2300	Sprečavanje težih oblika kriminala
15.		2400	Bezbednosna procena lica
16.		2500	Zaštita tajnih podataka
17.		2600	Bezbednosno vaspitanje i obuka
18.		2700	Bezb. priprema jed. pred izvršenje važnijih zadataka
19.	3000	3100	Izrada godišnjeg izveštaja rada radionice
20.		3200	Predlaganje za rashodovanje MTS
21.		3300	Izrada izveštaja o krađama
22.		3400	Regulisanje načina eksploatacije MTS
23.		3500	Prekategorizacija i preimenovanje MTS
24.		3600	Nabavka rezervnih delova i potrošnog materijala
25.		3700	Rešavanje zahteva atb vezane za TOd
26.	4000	4100	Izrada personalnih izveštaja
27.		4200	Održavanje sastanka kadrovskog saveta
28.		4300	Prijem i slanje vojnika u prekomandu
29.		4400	Prijem starešina i vojnika po ugovoru
30.	5000	4500	Izdavanje personalnih potvrda
31.		5100	Kontrola osnovnih jedinica
32.		5200	Kontrola organa komande
33.	6000	5300	Kontrola planskog odvijanja saobraćaja
34.		6100	Formiranje ratnih jedinica
35.		6200	Saradnja sa vojnim odsecima
36.		6300	Izrada dokumenata i akata
37.		6400	Rad na usavršavanju sistema mobilizacije
38.	7000	6500	Provera jedinice po pitanju mobilizacije
39.		7100	Referisanje kod komandanta atb
40.		7200	Dežurstvo
41.	8000	7300	Referisanje PKPo armije
42.		7400	Rad na naređenjima i rešavanje ostalih pitanja
43.		7500	Održavanje sastanaka
44.		8100	Upoznavanje jedinice sa zadatkom na oglas mobilizacije
45.	9000	8200	Upoznavanje sa planom razreza km, mč i goriva
46.		8300	Regulisanje obuke
47.		8400	Sastanci
48.	9000	9100	Izrada planova rada
49.		9200	Izrada planova za TOd i ostalih planova i analiza

2) Definisane poslova koje sistem treba da izvrši, odnosno dekompozicija funkcija na n poslova:

$$P_{m1}, P_{m2}, \dots, P_{mn}$$

Istraživanjem [2] utvrđeno je da u komandi atb postoji 49 poslova, koji su svojom oznakom prikazani u tabeli 2.

3) Dekompozicija poslova na aktivnosti, tako što svaki posao može da ima q aktivnosti

$$a_{mn1}, a_{mn2}, \dots, a_{mnq}$$

U komandi atb postoji, prema istraživanjima [2], 194 aktivnosti koje zbog obima nisu prikazane u radu.

4) Određivanje r nivoa sistema na kojima će se izvršavati aktivnosti:

$$\text{nivo}_1, \text{nivo}_2, \dots, \text{nivo}_r$$

Predviđene aktivnosti komande atb izvršavaće se na dva nivoa:

- 1. nivo - komandant
- 2. nivo - organi komande.

5) Utvrđivanje potrebnog profila izvršilaca poslova u sistemu. Neka u sistemu ima s kvalifikacija:

$$k_1, k_2, \dots, k_s$$

Za utvrđivanje profila izvršilaca osnovu treba da čine kriterijumi za izradu organizacijsko-formacijskih rešenja komandi i jedinica VJ, uz moguće određene promene profila (VES).

Da bi se izvršili svi predviđeni poslovi u komandi atb potrebni su sledeći profili izvršilaca:

- VSS saobraćajna,
- VSS tehnička,
- VSS opšta,

- SSS saobraćajna,
- SSS tehnička,
- SSS opšta.

6) Vršiti se dodeljivanje aktivnosti po nivoima i definiše se vreme za obavljanje određene aktivnosti za svakog izvršioca.

U literaturi [2] data je jedna od mogućih podela aktivnosti po izvršiocima i vremena za obavljanje aktivnosti po nivoima komandovanja. Vremena su data u časovima i to za period od godinu dana. Vrednosti vremena dobijene su procenom analitičara i u saradnji sa organima komande atb.

Ova vremena su srednje vrednosti, pa se mogu uzeti orijentirno, jer su obavljena istraživanja u dve komande atb, a svako konkretno projektovanje zahteva odgovarajuća dopunska snimanja i procene.

7) Sumiranje vremena po kvalifikacijama i određivanje potrebnog broja izvršilaca date kvalifikacije:

$$\sum k_{ts} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^q \sum_{l=1}^r t_{sijkl} \quad \text{i} \quad N_{ks} = \frac{\sum k_{ts}}{T}$$

gde je:

$\sum k_{ts}$  - ukupno vreme koje provede izvršilac s-te kvalifikacije na realizaciji svih aktivnosti koje su za nju predviđene u časovima za godinu,

T - godišnje vreme u časovima koje osoba provede na radnom mestu,

$N_{ks}$  - potreban broj ljudi s-te kvalifikacije za izvršenje svih aktivnosti predviđenih za tu kvalifikaciju.

Utvrđivanje potrebnog broja izvršilaca obavlja se na osnovu pojedinačnog vremena koje određena kvalifikacija provede na realizaciji aktivnosti koje su joj dodeljene. Broj izvršilaca određuje se na osnovu tog vremena i ukupnog godišnjeg vremena koje jedan izvršilac provede na

obavljanju radnih aktivnosti. Ukupno godišnje vreme koje jedan izvršilac provede na obavljanju radnih aktivnosti, određeno je na osnovu četrdesetočasovnog radnog vremena za jednu sedmicu. U određivanju ukupnog godišnjeg radnog vremena za jednog izvršioca pošlo se od ukupnog broja sedmica u godini i taj broj je umanjen za deset sedmica koje su predviđene za godišnje odmore, praznična odsustva, bolovanja i druga odsustva sa radnog mesta. Tako se došlo do podatka da jedan izvršilac godišnje provede na obavljanju radnih aktivnosti 1680 časova.

Ukupan broj izvršilaca ( $N$ ) u jednom sistemu određuje se po obrascu:

$$N = N_{k1} + N_{k2} + \dots + N_{ks}$$

Promenama u dodeli funkcija, poslova i aktivnosti po kvalifikacijama izvršioca dobija se veći broj varijanti organizacionih struktura i varijanti broja izvršilaca. Pri proračunima u ovom modelu može se dobiti decimalni broj izvršilaca. Taj problem može biti rešen na nekoliko načina. Ako je preopterećenje izvršioca do 30% on može biti opremljen savremenijom opremom ili se može izvršiti kadrovski izbor najspremnijih izvršilaca za date poslove. U slučaju veće preopterećenosti izvršilaca za te aktivnosti određuje se sledeći celi broj izvršilaca i njima se dodeljuju poslovi iz drugih funkcija. Ovaj

problem se u praksi rešava empirijski. Model može biti realizovan u nekom od programskih paketa (Access 97, Delphi,...).

## Zaključak

Dati prilaz projektovanju organizacionih struktura obezbeđuje da se ona posmatra sistemski. Obrasci matrica odgovornosti i opterećenja koncipirani su tako da se mogu prilagoditi za automatsko korišćenje podataka, odnosno obradi na računaru.

Prezentirani fazi model omogućuje da se utvrdi na koji parametar se može uticati da bi vremena izvršenja aktivnosti bila u željenim granicama. Matematički model može se realizovati u nekom od programskih paketa i kao izlaz dobiti modifikovana matrica opterećenja i potreban broj izvršilaca po profilima koji su prethodno definisani.

### Literatura:

- [1] Stojiljković, M.: Sistemski pristup projektovanju organizacije, časopis Direktor, 48-52, Beograd, 1989.
- [2] Dorović, B.: Prilazi projektovanju organizacione strukture komande automobilske bataljone, magistarski rad, VTA VJ, Beograd, 1999.
- [3] Dorović, B., Poturica, G.: Model optimizacije projektovanja vojne saobraćajno-transportne organizacije, SYM-OP-IS '98, Beograd, 1998.
- [4] Miladinović, V.: Organizacija rada u saobraćaju i transportu, CVŠ VJ, Beograd, 1997.
- [5] Vešović, V.: Organizacija saobraćaja, Saobraćajni fakultet, 1990.
- [6] Cvijanović, J.: Projektovanje organizacije, Ekonomski institut, 1992.

**Dr Vlado Radić,**  
potpukovnik dipl. inž.  
Vojnotehnički institut VJ,  
Beograd

## **PRIMENA BIMETALNIH MATERIJALA KOD HABAJUĆIH ELEMENATA U INDUSTRIJI**

UDC: 621.791.1

### **Rezime:**

*Razvoj novih materijala i proizvodnih procesa za dobijanje materijala koji koriste nekonvencionalne izvore energije postaje važan trend naučnog i tehničkog progressa. Sa tog aspekta vrlo su značajni proizvodni procesi za dobijanje novih materijala (bimetala i višeslojnih kompozicija) koji koriste izvore kao što su eksplozivi. Proces zavarivanja eksplozijom ostvaruje se kontrolisanom detonacijom eksploziva radi spajanja dva ili više metala pod visokim pritiskom. Ostvareni kompozitni sistem poseduje visoki kvalitet metalurškog spoja. Amplituda i frekvencija talasa formiranog pri zavarivanju eksplozijom mogu se kontrolisati sledećim osnovnim parametrima: brzinom detonacije eksploziva, opterećenjem eksplozijom i međusobnim rastojanjem između ploča koje se zavaruju. Kratko vreme odvijanja procesa zavarivanja eksplozijom i ekstremno visoki pritisci i temperature stvaraju mnoge probleme istraživačima i tehnolozima u kontroli procesa, kao i ostvarenju potpuno drugačijih svojstava materijala.*

*Ključne reči: zavarivanje eksplozijom, talasi, bimetal, industrija, habanje, održavanje.*

## **APPLICATION OF BIMETALS ON WEARING ELEMENTS IN INDUSTRY**

### **Summary:**

*The development of new materials and materials and energy-saving production processes utilizing nontraditional energy sources is an important trend of scientific and technical progress. From this point of view, production processes using rather new energy sources, namely, high explosives, to produce new materials as bimetal and multilayer compositions, are advantageous. Explosive welding is a solid state welding process that uses controlled explosive detonations to force two or more metals together at high pressure. The resultant composite system is joined with a high quality metallurgical bond. The amplitude and periodicity of the wave pattern formed during explosive welding can be controlled by adjusting three major parameters: explosive detonation velocity, explosive load and interface spacing. The short duration of explosive welding process and the extremely high pressures and temperatures create, on the one hand, many problems for investigators and technologists, as it is very difficult to control the process. On the other hand, the short duration of contact between the welded materials allows for the welding of metals having quite different properties, and being able to react and form intermetallic compounds.*

*Key words: explosive welding, waves, bimetal, industry, wear, maintenance.*

### **Uvod**

Savremeni razvoj različitih oblasti industrije zahteva materijale koji mogu

da se primenjuju u uslovima visokih pritiska i temperatura, udarnih opterećenja, agresivnih sredina, itd. U takve materijale spadaju, na primer, višeslojni ma-



terijali, metali povišene čvrstoće, poboljšanih fizičko-mehaničkih i eksploatacionih svojstava. U tom smislu naglašava se potreba dobijanja materijala sa posebnim svojstvima i osvajanje novih tehnoloških procesa njihove proizvodnje. Izrada delova velikih gabarita i složenih oblika, od novih materijala tradicionalnim metodama obrade metala pritiskom i zavarivanjem, praktično je nemoguća, ili zahteva glomaznu i skupu opremu i instalacije.

U poslednje tri decenije u obradi metala se sve više primenjuju eksplozivne materije. Korišćenje energije eksplozije omogućava znatno proširenje dijapazona primene obrade metala pritiskom. Posredstvom eksplozije moguće je generisati pritiske u rasponu od nekoliko bara do Mbara. Visoki pritisci određuju posebne uslove deformacije metala i promenu njihovih svojstava (čvrstoće, strukture, gustine, tvrdoće, itd.), omogućavaju da se deformišu i oni materijali koji nisu obradivi pod pritiskom pri uobičajenim brzinama deformacije, omogućavaju zavarivanje raznorodnih materijala čija je razlika u temperaturama topljenja velika, kao i dobijanje proizvoda sa zadatim mehaničkim svojstvima.

Danas se ojačavanje metala eksplozijom (povećanje eksploatacionih svojstava polufabrikata ili gotovih proizvoda) sa uspehom primenjuje u različitim oblastima industrije. Dalje proširenje primene tog procesa povezano je sa razvojem teoretskih osnova koje omogućavaju razradu različitih tehnoloških metoda, i kvantitativno ocenjivanje stepena ojačanja i karakter njegove raspodele, kao i stepen deformacije nastale pod dejstvom opterećenja generisanog udarnim talasima. Posebno mesto zauzima zavarivanje eksplozijom različitih metala i dobijanje višeslojnih materijala. Mogućnosti zavari-

vanja metala eksplozijom, radi dobijanja bimetalnih i višeslojnih materijala, nisu ograničene. Praktično, moguće je zavariti različite metale bilo kojih gabarita. Čvrstoća zavarenih spojeva, po pravilu, prevazilazi čvrstoću zavarenih metala. Osvojeno je i zavarivanje eksplozijom delova različitih konfiguracija. Danas se, na primer, veoma uspešno primenjuje plakiranje eksplozijom cilindričnih delova (cevi, šipki). U nekim oblastima industrije koristi se energija eksplozije za dobijanje kompozitnih vlaknastih materijala, kada se osnovni materijal armira vlaknima povećane čvrstoće.

U ovom radu prikazan je segment istraživanja primene bimetalnih (dvoslojnih) materijala za tehničke sisteme koji su izloženi habanju.

### **Neki aspekti zavarivanja eksplozijom**

Primena različitih vrsta i oblika sklopova, agregata, uređaja i opreme koja radi u specifičnim sredinama dovodi do realizacije ekonomičnijih postupaka proizvodnje sa aspekta vrste materijala i energije. Kombinacija dobre korozijske otpornosti i zadovoljavajućih mehaničkih svojstava omogućena je proizvodnjom bimetalnih i višeslojnih kompozicija različitih metala. Razvijeno je i više postupaka proizvodnje plakiranih materijala. Najpoznatiji od njih su „sendvič“ valjanje, topla metalizacija, elektroforetičko plakiranje, plakiranje metalnim parama, elektroplakiranje tantalom, plakiranje navarivanjem. Svakako, treba ukazati i na visoke troškove (energije i materijala) koje podrazumeva njihova primena.

Kao alternativa navedenim tehnologijama zavarivanja i plakiranja javlja se

zavarivanje eksplozijom, čija je osnovna prednost vrlo kratko trajanje postupka. Spajanje materijala na površinama u kontaktu pri zavarivanju eksplozijom odvija se brzinom oko 2500 m/s, tj. spoj može da se dobije, u zavisnosti od gabarita ploča koje se plakiraju, za manje od jedne sekunde. Bilo koji drugi postupak, čak i ako se automatizuje, zahteva znatno duže vreme (npr. 4 časa za ploču površine 2 m<sup>2</sup> primenom manuelnog elektrolučnog postupka). Ovako velika razlika u trajanju operacija zavarivanja eksplozijom i drugih uobičajenih postupaka proporcionalno odgovara i znatno većim troškovima rada i energije. Kada se u obzir uzme primena različitih vrsta materijala, prednost ima, takođe, zavarivanje eksplozijom. Što je veća površina koja se plakira, kao i debljina plakiranja prednosti zavarivanja eksplozijom su izraženije.

Postojeći konvencionalni materijali ne obezbeđuju navedene uslove rada, tako da je njihova supstitucija manje skupim i dostupnim materijalima pitanje ekonomske i tehnološke orijentacije. Sve više se primenjuju materijali koji se dobijaju nekonvencionalnim tehnologijama, a njihova svojstva (mehanička, fizička, strukturna, hemijska, optička i dr.) ispunjavaju postavljene zahteve.

Prednosti korišćenja energije eksplozije ogledaju se u mogućnosti dobijanja različitih spojeva dva i više metala, sa zahtevanim mehaničkim i drugim svojstvima, koja obezbeđuju maksimalne performanse delova i sklopova od kojih su izrađeni.

Neke od karakteristika, koje omogućavaju da se zavarivanje eksplozijom primeni umesto tradicionalnog, jesu:

- spojevi velike čvrstoće stvaraju se ne samo pri zavarivanju homogenih metala i metala koji stvaraju rastvore i jedi-

njenja, nego i metala koji se ne spajaju topljenjem i difuzionim zavarivanjem;

- zavarivanjem eksplozijom moguće je spojiti materijale sa različitim temperaturama topljenja, npr. aluminijum ( $T_{top} = 660^{\circ}\text{C}$ ) i tantal ( $T_{top} = 2996^{\circ}\text{C}$ );

- eksplozijom se mogu uspešno zavariti metali sa čvrstim površinskim prevlakama, npr. nerđajući čelici sa hrom-molibdenovim čelicima;

- kratko vreme prisustva visokih temperatura u zoni spoja omogućava da se zavarivanje eksplozijom koristi za spajanje materijala koji stvaraju krte intermetalne međuslojeve, kao npr., čelik-titan, čelik-aluminijum, bakar-aluminijum;

- debljina materijala koji se plakira može da se menja u vrlo širokom dijapazonu (0,03–30 mm);

- zavarivanje eksplozijom može se ostvariti na površinama koje su ograničene samo gabaritima i količinom eksploziva.

Najteži zadatak zavarivanja, ne samo eksplozijom, jeste zavarivanje metala koji obrazuju hemijska jedinjenja pri uzajamnom dejstvu. Nastanak takvih intermetalnih spojeva na granici između materijala dovodi do povećanja krtosti i znatnog snižavanja svojstava čvrstoće dobijenog bimetala.

Uporedo sa zahtevima specifičnih oblasti primene, razvijaju se i metode dobijanja bimetala. Takođe, treba naglasiti izražene ekonomske prednosti i racionalnost primene energije eksplozije u dobijanju pouzdanih i kvalitetnih bimetala različitih kombinacija. Proizvodi tehnologije obrade metala eksplozijom primenjuju se u različitim oblastima:

- mašinskoj industriji (noževi za obradu na alatnim mašinama, cilindri za rad pod visokim pritiscima, rezervoari, lopatice turbina, komponente cevovoda, izmenjivači toplote);

- brodogradnji (bimetali i trimetali za izradu brodova, čamaca, platformi);
- petrohemijskoj industriji (tornjevi, linije za destilaciju, sudovi, rezervoari);
- hemijskoj industriji (cisterne, eks-traktori, apsorberi za skladištenje agresivnih tečnosti i gasova, hemijski reaktori);
- prehrambenoj industriji (posuđe za domaćinstvo, mešači, transporteri);
- građevinarstvu, elektroindustriji, rudarstvu, železnici, itd.

Proizvodni procesi u bilo kojoj grani industrije praćeni su trošenjem materijala, energije i sredstava za rad (opreme, alata i pribora). Utrošak energije i sredstava rada u velikoj meri su izazvani habanjem usled trenja.

Na vek trajanja nekog mašinskog elementa ili sklopa, koji je u tehničkom sistemu izložen habanju, utiče i selekcija materijala, pa ovoj aktivnosti treba posvetiti posebnu pažnju. Poznato je, takođe, da u ukupnim troškovima održavanja opreme troškovi materijala predstavljaju značajnu stavku, što dodatno ukazuje na značaj istraživanja i optimizacije u primeni materijala.

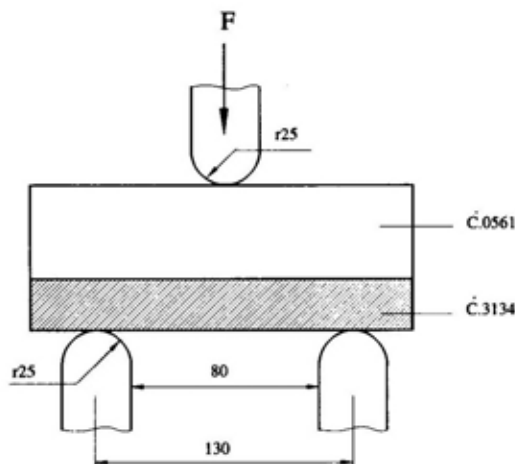
### Materijali i ispitivanja

Materijali na kojima je ispitivano zavarivanje eksplozijom su čelici Č.0561 i Č.3134, čija su mehanička i ostala svojstva poznata (tabela 1). Čelik Č.0561 spada u opšte konstrukcione čelike koji su nelegirani i niskolegirani, sa naglašenim osnovnim karakteristikama - zateznom čvrstoćom i naponom tečenja na sobnoj temperaturi. Primenuje se za izradu zavarenih konstrukcija i cevovoda, konstrukcija spojenih vijcima i zakovicama (mostogradnji, visokogradnji, hidrogradnji i mašinogradnji) ili za dalju

Sastav i svojstva materijala koji se zavaruju eksplozijom

Materijal	Debljina lima (mm)	Hemijski sastav (%)				Zatezna čvrstoća (MPa)
		C	Si	Mn	Cr	
Č.3134	8	0,42	0,24	1,65	0,13	632
Č.0561	4	0,14	0,21	0,43	-	572

preradu hladnim presovanjem, vučenjem, vrućim kovanjem ili valjanjem. Čelik Č.3134 je otporan na habanje. Kod ove kategorije čelika hemijskim sastavom i strukturom postiže se dobra otpornost na habanje po čitavom preseku. Poznato je više vrsta međusobno različitih habanja, tako da ne postoji čelik koji je otporan na sve vrste habanja. Najpoznatiji čelik otporan na habanje je visokolegirani manganski čelik, koji sadrži do 1,2% ugljenika i 12,5% mangana. Njegova otpornost na habanje najveća je u slučaju ojačavanja u hladnom stanju, tj. kada je čelik u eksploataciji izložen većem pritisku. Manganski čelici se upotrebljavaju za izradu transportnih uređaja, šinskih

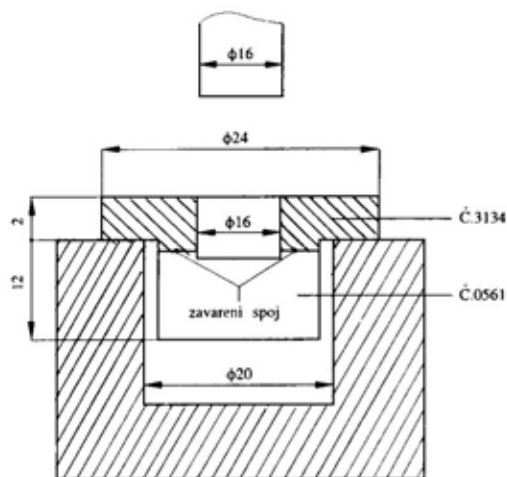


Sl. 1 - Šema ispitivanja bimetalne epruvete na savijanje

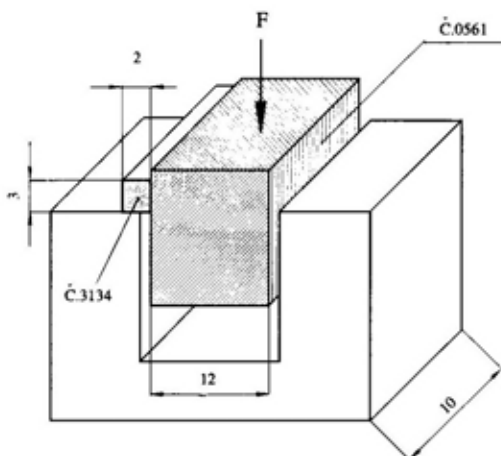
delova, delova bagera i drobilica. Čelik Č.3134 se upotrebljava u slučajevima kada se visokolegirani manganski čelik, zbog loše obradivosti, ne može primeniti ili kada pri upotrebi čelika nema hladnog ojačavanja.

Kombinacijom ova dva materijala ostvaruje se potreban uslov da „noseći“ materijal može izdržati povećano habanje delova koji su izloženi udarima, cikličnim opterećenjima i abraziji.

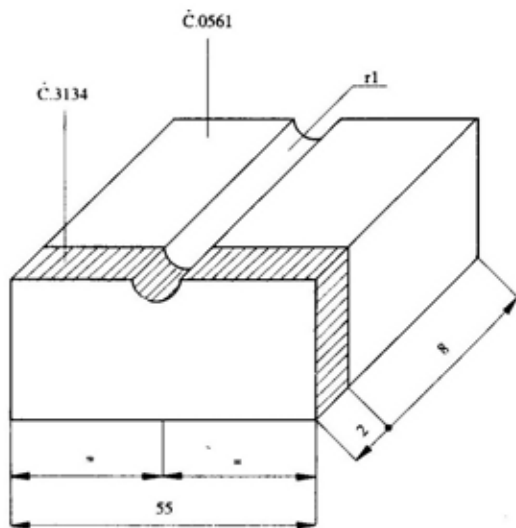
Za eksperimente je korišćena bimetalna ploča zavarena eksplozijom. U za-



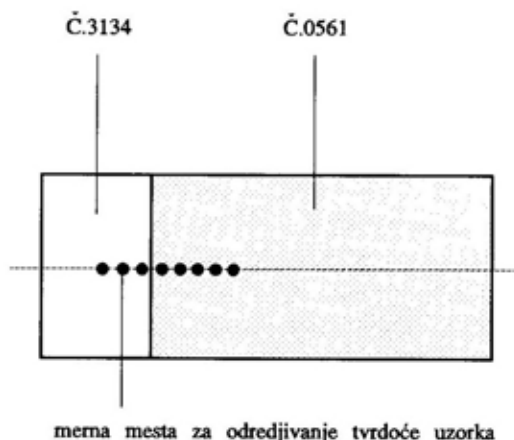
Sl. 2 – Šema ispitivanja na zatezanje



Sl. 3 – Šema ispitivanja na smicanje



Sl. 4 – Šema ispitivanja žilavosti



Sl. 5 – Šema ispitivanja distribucije tvrdoće po uzorku

varenom stanju izvršeno je ispitivanje mikrostrukture u zoni spoja, ispitivanje makroskopskih grešaka bez razaranja, ispitivanje na savijanje (slika 1), zatezanje (slika 2), smicanje (slika 3), žilavost (slika 4), kao i merenje raspodele tvrdoće (slika 5).

Posle mekog žarenja i kaljenja ispitivana je raspodela tvrdoće i mikrostruktura u zoni spoja, kao i homogenost

zavarenog spoja u pogledu makroskopskih grešaka.

Nakon otpuštanja izvršena su ispitivanja mikrostrukture, ispitivanja bez razaranja na savijanje, zatezanje, smicanje, žilavost, kao i merenje distribucije tvrdoće u zoni spoja.

### **Metalografska ispitivanja**

Mikrostruktura u zavarenom stanju u zoni uticaja toplote odgovara termodeformacionim uslovima pri zavarivanju eksplozijom i uslovima hlađenja.

Tipičan oblik linije zavarenog spoja je talasast, sa talasima povijenim u smeru dejstva sile izazvane eksplozijom i sa međusobnim zadiranjem jednog metala u drugi, praćenim visokim stepenom plastične deformacije. U zonama aktiviranja eksplozije i ostvarenja neadekvatnog režima zavarivanja javljaju se neprovari, zaostali oksidi, prsline i zone mešanja oba metala na oko 20% površine spoja.

Jedna od karakteristika zavarivanja eksplozijom jeste generisanje talasaste kontaktne površine, koja doprinosi povećanju čvrstoće spoja i, u izvesnoj meri, služi kao potvrda pouzdanosti zavarivanja. Na površini kontakta stvara se regularni talas određene dužine i amplitude. Ako se zavaruju dva metala jednakih karakteristika čvrstoće, tada su talasi sinusoidalni i relativno simetrični u odnosu na horizontalnu ravan kontakta. Ako se zavaruju dva metala različitih karakteristika čvrstoće, talas je zaoštren u stranu mekšeg metala, nezavisno od toga koji je od metala nepokretan.

U zavisnosti od režima sudara, oblici tečenja materijala su: laminarno, vrtložno i turbulentno. Parametri talasa bitno zavise od parametara sudara. Za izbor kriterijuma za generisanje talasa potrebno

je analizirati režim sudara pri kojem je generisanje talasa nestabilno, tj. pri maloj promeni bilo kojeg parametra sudara ono iščezava. Takvi režimi generisanja talasa nazivaju se kritičnim, a njihovo određivanje izaziva velike teškoće.

Generisanje talasa je, pre svega, proces nepovratne deformacije na površini sudara. Zbog toga je očigledno da pritisak koji se generiše pri sudaru mora prevazići dinamičku granicu čvrstoće materijala koji se sudaraju. Kriterijum generisanja talasa moguće je napisati u obliku  $p > p_{kr}$ , gde je:  $p$  – pritisak koji se generiše sudarom,  $p_{kr}$  – kritičan pritisak koji zavisi od materijala.

Mnogobrojni eksperimenti sa sudarom ploča pokazuju da pojava pritiska, sama po sebi, nije dovoljan uslov za generisanje talasa. Pri ravnom sudaru (brzina tačke kontakta  $U = \infty$ ) ne primećuje se generisanje talasa, čak i pri veoma visokim pritisacima. Proračuni brzine tačke kontakta pokazali su da se generisanje talasa javlja samo u slučajevima kada brzina tačke kontakta ne prelazi brzinu zvuka u pločama ( $U < c$ ). Kudinov je, na primer, ostvario talas u slučaju kada je brzina tačke kontakta prevazišla brzinu zvuka u pločama koje se sudaraju, ali je ugao sudara  $\gamma$  bio veći od  $\gamma_{kr}$ . Konstatovanje generisanja talasa u tim uslovima dosta je složeno, jer se podudara sa korišćenjem režima sa velikim brzinama sudara, a ploče se posle toga, po pravilu, razaraju.

Za kvalitativnu analizu procesa generisanja talasa potrebno je uvesti neke brojčane pokazatelje. Veličinu talasa bitno karakterišu dužina talasa  $\lambda$  i amplituda  $a$ . Da bi se uprostila analiza kvalitativnih karakteristika talasa, izvršena su merenja njihovih amplituda i dužina za različite režime generisanja talasa i razli-

čite materijale. Konstatovano je da se odnos  $a/\lambda$  menja u relativno uskom dijapazonu od 0,15 do 0,3. Mali broj eksperimentalnih tačaka koje se nalaze izvan ovog dijapazona odnose se na kritične režime sudara.

Kriterijumi generisanja i neka svojstva talasa omogućavaju pretpostavku da je generisanje talasa moguće ostvariti prema zakonima hidrodinamike. Dužina talasa je funkcija parametara sudara – brzine ploče koja se ubrzava, brzine tačke kontakta, ugla sudara, debljine i gustine ploče koja se ubrzava i osnovne (bazne) ploče ili svojstava čvrstoće materijala ploča. Kriterijum generisanja talasa omogućava pretpostavku da u prvoj aproksimaciji nije moguće uzeti u obzir kompresibilnost materijala, tako da tečenje u okolini tačke kontakta mora biti subsonično.

Pošto je eksperimentalno i teoretsko objašnjenje procesa generisanja talasa u spoju dva i više metala otežano, postoje mnogobrojne koncepcije kojima se nastoje objasniti uslovi i način generisanja talasa i strujanja. Prva od njih je koncepcija Abrahamsona, koju su sledile koncepcije Bahranija, Bleka i Kroslanda, a kasnije i koncepcija Hanta.

Poseban interes predstavlja određivanje granice generisanja talasa. Maksimalne brzine tačke kontakta, pri kojima se još mogu generisati talasi, određuju se iz graničnih uslova generisanja strujanja. Batoraev, Deribas i Moglijevski precizno su odredili da granice generisanja talasa zavise ne samo od mehaničkih svojstava materijala nego i od njegove strukture.

U zavarenom spoju ploča od čelika mikrokonstituent kod Č.3134 je pretežno globularni perlit, a kod Č.0561 ferit sa malim udelom perlita. Nije zapažena promena oblika, raspodele i udela perlita i karbidne faze čelika Č.3134 izazvana za-

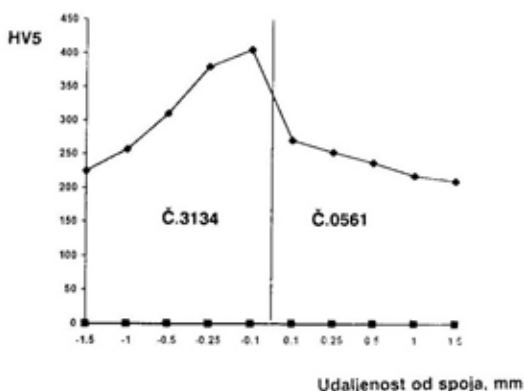
varivanjem eksplozijom, izuzev što se u toj zoni uočavaju linije klizanja izazvane plastičnom deformacijom u oba metala.

Posle mekog žarenja mikrokonstituent kod Č.3134 je zrnasti perlit, a kod Č.0561 ferit sa malim udelom perlita.

Posle kaljenja i otpuštanja čelika Č.0561 u zoni uticaja toplote zapaža se igličasta Vidmanštetenova struktura, dok je kod Č.3134 za ovo stanje termičke obrade karakteristična mikrostruktura i primenjeni režim otpuštanja.

### Distribucija tvrdoće

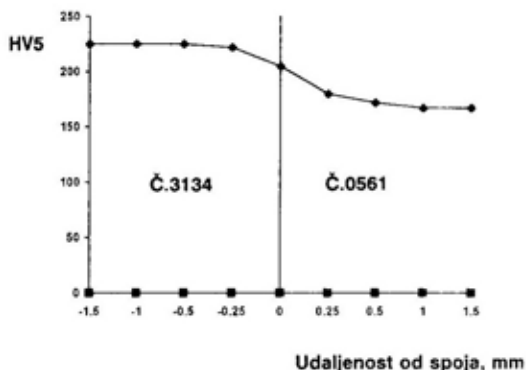
Distribucija tvrdoće u zoni eksplozijom zavarenog spoja čelika Č.3134 i Č.0561 prikazana je na slikama 6 do 9, a u zavarenom stanju na slici 6. Zapaža se relativno mali porast tvrdoće izazvan zavarivanjem eksplozijom u oba metala u blizini zone spoja. Pretpostavlja se da je porast tvrdoće posledica plastične deformacije pri zavarivanju. Posle žarenja po režimu za Č.3134 dobijena je distribucija tvrdoće prikazana na slici 7.



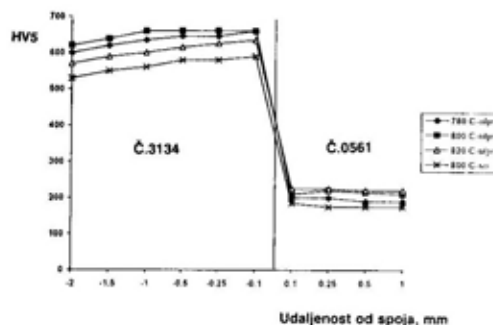
Sl. 6 – Distribucija tvrdoće u zoni eksplozijom zavarenog spoja Č.3134 i Č.0561

Kod uzoraka kaljenih po većini primenjenih režima ostvarena je nešto veća tvrdoća čelika Č.3134 u neposrednoj bli-

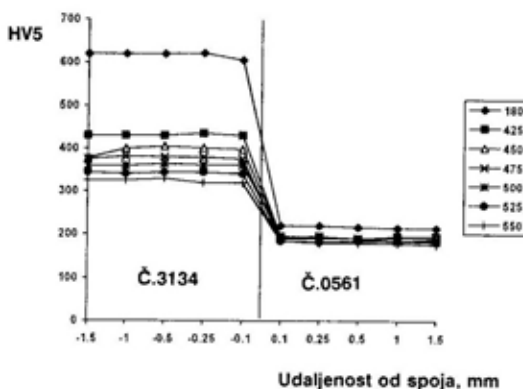
zini zone spoja, što može biti posledica sitnozrnaste mikrostrukture u toj zoni posle žarenja (slika 8).



Sl. 7 – Distribucija tvrdoće u zoni eksplozijom zavarenog spoja – stanje: meko žareno



Sl. 8 – Distribucija tvrdoće u zoni eksplozijom zavarenog spoja – stanje: kaljeno



Sl. 9 – Zavisnost distribucije tvrdoće u zoni eksplozijom zavarenog spoja od temperature otpuštanja: stanje kaljeno na 800°C u ulju i otpušteno

Posle otpuštanja uglavnom je kod oba metala ostvarena ujednačena distribucija tvrdoće po celom preseku. Na slici 9 prikazana je distribucija tvrdoće posle niskog otpuštanja i posle otpuštanja po režimima koji se najčešće zahtevaju u praktičnoj primeni za Č.3134 ( $T = 425-550^{\circ}\text{C}$ ).

Mehanička i tehnološka ispitivanja izvršena su prema šemama i uzorcima – epruvetama prikazanim na slikama 1 do 5, a rezultati su navedeni u tabeli 2.

Tabela 2

Metode i stanja ispitivanja eksplozijom zavarenog bimetalnog spoja

Stanje	Metoda ispitivanja				Udar-na žilavost (J)
	Zate-zanje (kN)	Smi-canje (kN)	Savijanje		
			(kN)	ugao savijanja ( $^{\circ}$ )	
Zavareno	93	15,2	18,3	14	24,6
Žareno	119	12,0	20,0	90° bez prslina	78,0
Kaljeno na 800°C u ulju i otpušteno na 180°C	133	16,8	17,5	16	43,2

Ispitivanjima bez razaranja metoda magnetofluksa, ultrazvuka i penetrirajućih tečnosti u zavarenom spoju, konstatovane su pojedinačne prsline koje su nastale iz neprovara u zonama spoja u kojima je primenjen neadekvatan režim zavarivanja eksplozijom. Utvrđeno je da, u nekim slučajevima, posle kaljenja dolazi do širenja prethodnih prslina kod čelika Č.3134.

## Zaključak

U mnogim granama industrije neprekidno se povećava potreba za materijalima koji objedinjavaju visoka mehanička

svojsstva sa povećanom otpornošću u agresivnim sredinama ili povećanom otpornošću na habanje. Za rad u takvim uslovima najbolji su višeslojni ili kompozitni materijali, kod kojih je osnovni metal od, na primer, jeftinih konstrukcionih čelika, a sloj (ili slojevi) izložen povećanom habanju od visokolegirano čelika.

Za dobijanje bimetalnih i višeslojnih materijala u praksi se već dugo i sve češće primenjuje zavarivanje eksplozijom. To je proces u kojem se eksploziv koristi za generisanje visokog pritiska kratkovremenog dejstva, pri čemu se metalne ploče dovode u direktan kontakt i zavaruju delovanjem međuatomskih sila rešetke. Tako formiran bimetal poseduje izuzetna termomehanička svojsstva i pogodan je za dalje klasične postupke prerade, obrade i zavarivanja.

Nova generacija materijala odgovara naraslim zahtevima novih konstrukcionih rešenja i predstavlja značajnu supstituciju skupih i deficitarnih materijala. Postupak dobijanja bimetala eksplozijom vrlo je ekonomičan i brz, a čvrstoća metalne veze osnovnog i plakiranog metala je veća od čvrstoće manje kvalitetnog metala u spoju. Čvrsti spoj pri zavarivanju eksplozijom stvara se posle niza pojava – plastične deformacije metala (koja obezbeđuje ostvarenje fizičkog kontakta različitih metala), generisanja strujanja, mešanja, toplotnih pojava, itd. Toplota koja se oslobađa pri deformaciji usled velike brzine procesa, uopšte ne izaziva razvoj uzajamne difuzije metala, ili je stepen difuzije neznatan.

U prelaznom sloju javljaju se strukturne promene hemijske heterogenosti, spojevi sa ograničenom ili potpunom rastvorljivošću, međuslojevi hemijskih jedinjenja između metala, smeše koje uzajamno ne deluju sa metalima, difuzija u

čvrstom i tečnom stanju. Osim toga, sve ove pojave ostvaruju se istovremeno.

Promene strukture mogu biti izazvane faznim transformacijama koje se dešavaju pri visokom pritisku, prisustvom impulsnog povećanja temperature i brzog hlađenja. Efekti vezani za strukturne promene pri zavarivanju eksplozijom, u zavisnosti od određenog dela, mogu biti korisni (na primer, ojačavanje) ili štetni (na primer, pojava krte faze).

Dobijanje visokokvalitetnog spoja eksplozijom moguće je pri ispunjenju određenih parametara – pritiska u zoni sudara, dužine njegovog dejstva i brzine detonacije eksploziva. Pritisak u zoni sudara obezbeđuje potrebnu plastičnu deformaciju metala. Njegova veličina mora biti veća od kritičnog minimuma, koji je karakterističan za svaki metal. Pritisak sudara određen je odgovarajućom brzinom sudara, veličinom zazora između ploča koje se zavaruju, gustinom i visinom eksploziva, gustinom i debljinom ploče koja se ubrzava, kao i brzinom detonacije eksploziva.

Povećanjem dužine dejstva pritiska sudara povećava se kvalitet zavarenog spoja, tako da je smanjena verovatnoća njegove destrukcije pod dejstvom reflektovanog talasa. Značaj ovog parametra povećava se sa povećanjem debljine ploče koja se ubrzava. Najvažniji parametar zavarivanja eksplozijom jeste brzina zavarivanja, koja je jednaka brzini detonacije eksploziva. Ona mora biti manja od brzine zvuka u metalu, jer se pri većim brzinama zavarivanja čvrstoća spoja smanjuje.

Analiza mogućnosti zavarivanja odabrane dve vrste čelika imala je za cilj da se pokaže koliki stepen supstitucije može da se ostvari primenom konstrukcionog čelika u delovima koji su izloženi poveća-



nom habanju. Debljina ploče od čelika sa većim udelom mangana sposobna je da podnese udarna opterećenja i da produži vek konkretnog proizvoda. Poznata je tehnologija ojačavanja delova sa visokim sadržajem mangana, primenom energije eksplozije i njeni efekti na delove koji su izloženi habanju, abraziji i eroziji. Istraživanja mogućnosti supstitucije skupih materijala nastavljaju se na konkretnim problemima u rudarstvu, građevinarstvu i saobraćaju (železnici).

#### Literatura:

- [1] Deribas, A. A.: Fizika upročnenija i svarki vzrivom, Nauka, Novosibirsk, 1980.
- [2] Murr, L. E.: Shock Waves for Industrial Applications, Noyes Publications, New Jersey, 1988.
- [3] Blazynski, T. Z.: Materials at High Strain Rate, Elsevier Science Publishing Co., London, 1987.
- [4] Radić, V.: Doktorska disertacija, Beograd, 1995.
- [5] Radić, V.: Svojstva i primena bimetalnih materijala dobijenih eksplozijom, Naučni skup Mehanika, materijali i konstrukcije, SANU, Beograd, 1995.
- [6] Radić, V.: Višeslojni materijali dobijeni eksplozijom, Konferencija Novi materijali, Herceg Novi, 1995.
- [7] Radić, V.: Karakteristike procesa zavarivanja eksplozijom i uslovi kvaliteta, Konferencija Zavarivanje, Beograd, 1996.
- [8] Radić, V.: Održavanje tehničkih sistema i tehnologija zavarivanja eksplozijom, XXIII Jugoslovenski majski skup Održavanje tehničkih sistema, Kragujevac, 757-762.
- [9] Radić, V.: Sistemi i parametri zavarivanja cevi eksplozijom, PROCESING '98, Bečići, Procesna tehnika, 4, 1998, 35-37.
- [10] Radić, V.: Formiranje spoja pri zavarivanju eksplozijom, 27. Međunarodno savetovanje proizvodnog mašinstva, Niš, compact disc.
- [11] Radić, V.: Modeliranje i simulacija odziva materijala na dejstvo eksplozije, Naučnotehnički pregled, 4, 1998, 48-57.
- [12] Radić, V.: Analiza naponskog stanja eksplozijom spojenih cevi primenom MKE, IRMES '98, Beograd, 431-436.
- [13] Radić, V.: Pouzdanost mašinskih elemenata dobijenih zavarivanjem eksplozijom, IRMES '98, Beograd, 425-430.
- [14] Radić, V.: Explosive Consolidation of Aluminium Nitride Powders, IX Round Table of Conference SINTERING, Beograd, 1998, Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, 489-496.
- [15] Radić, V.: Explosive Welding of Multilaminates, I International Conference Chemical Sciences in Industry, Solun, Zbornik apstrakata, 623.
- [16] Radić, V.: Karakteristike delova od kompozitnih materijala dobijenih zavarivanjem eksplozijom, Vojnotehnički glasnik, 5, 1998, 594-599.
- [17] Radić, V.: Uticaj zakrivljenosti cevi na oslobađanje energije u zoni spoja pri zavarivanju eksplozijom, Vojnotehnički glasnik, 6, 1998, 673-680.
- [18] Radić, V.: Parametri procesa oblikovanja eksplozijom i primena u obradi materijala, JUPITER, Beograd, 1999, 3.135-3.140.
- [19] Radić, V.: Izvlačenje eksplozijom danaca velikih gabarita, PROCESING '99, Beograd, 1999, Procesna tehnika, 3, 224-228.
- [20] Radić, V.: Methods of Evaluating the Strengths of Welds Made by an Explosion, The International Autumn Seminar on Propellants, Explosives and Pyrotechnics, 1999, Beijing, China, Zbornik radova.
- [21] Radić, V.: Selekcija parametara zavarivanja eksplozijom u ravanskoj geometriji, Konferencija Zavarivanje '99, Beograd.
- [22] Radić, V.: Applications of Explosive Hardening and Strengthening, III Međunarodna konferencija Teška mašinstvo - TM99, Kraljevo, 1999, Zbornik radova.

**Dr Dragutin Jovanović,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## ŠESTA MEĐUNARODNA NAUČNA KONFERENCIJA ŽELEZNIČKIH STRUČNJAKA JUŽEL '99

– prikaz stručnog skupa –

U organizaciji Saveza inženjera i tehničara Jugoslavije, pod pokroviteljstvom Srpske akademije nauka i umetnosti i Ministarstva za nauku i tehnologiju Srbije, a u saradnji sa železnicom, naučnoistraživačkim institutima, privrednim organizacijama i fakultetima održana je *Šesta međunarodna naučna konferencija železničkih stručnjaka JUŽEL '99* na temu: *Pravci razvoja železničke infrastrukture.*

Konferencija je održana od 6. do 8. oktobra 1999. godine u Vrnjačkoj Banji.

Osnovni cilj konferencije bio je pružanje prilike stručnjacima sa železnice da predstave rezultate svoga rada i iznesu dugoročni program razvoja, a naučnoistraživačkim kadrovima iz industrije, instituta i sa fakulteta da ukažu na pravce razvoja tehničkih rešenja i pomognu razvoj i primenu novih tehnologija na železnici.

U zborniku radova predstavljen je 131 referat, od kojih 19 iz inostranstva. Razvrstani su u 10 tematskih celina, odnosno sekcija, pod nazivima:

- signalno-sigurnosni uređaji i sistemi,
- železničke telekomunikacije,
- električna vuča,
- informatika na železnici,
- železničko mašinstvo,
- železničko građevinarstvo,

- organizacija i eksploatacija železničkog saobraćaja,
- razvoj železnice,
- kadar i
- logistika.

U okviru sekcije *Signalno-sigurnosni uređaji i sistemi* izloženi su osnovni pravci razvoja pojedinih uređaja i sistema, od uređaja za osiguranje skretnica, autostop uređaja, šinskih strujnih kola, uređaja za vezivanje naprsnutih šina i sl. Potom su izloženi i koncepti dijagnostike, održavanja i registrovanja redovnih i vanrednih događaja računarskih sistema koji upravljaju železničkim signalno-sigurnosnim uređajima.

Osnovni pravci perspektivnog razvoja i primene savremenih telekomunikacionih sistema izloženi su u radovima u okviru sekcije *Železničke telekomunikacije*. Posebno interesantnim treba istaći rad koji obrađuje primenu navigacionog GPS sistema u železnici, koji u kombinaciji sa radio-komunikacionim sistemom omogućava praćenje trenutne lokacije voza.

Radovi izloženi u sekciji *Električna vuča* težišno su orijentisani na probleme elektrovučnih sredstava, njihove komponente, ispitivanje i održavanje.

Sekcija *Informatika na železnici* pružila je mogućnost uvida u uvođenje odgovarajućih informacionih sistema u funkciji

rada složenijih saobraćajnih čvorova (službenih mesta), praćenja voznih sredstava i njihovog tehničkog stanja, skladištenja rezervnih delova, upravljanja izradom projekta za investicionu izgradnju na železnici, itd.

Radovi izloženi u sekciji *Železničko građevinarstvo* obuhvataju najvažnije probleme gornjeg i donjeg stroja, od napona i deformacija, održavanja pruga, rekonstrukcije, sanacije i adaptacije pojedinih objekata, pa do problema zaštite građevina od buke na železnici.

Sekcija *Organizacija i eksploatacija železničkog saobraćaja* težišno se bavila problemima organizacije saobraćaja, kako putničkog, tako i teretnog. Posebno područje predstavljala je kontejnerska tehnologija i transport opasnih materija u železničkom saobraćaju.

U sekcijama *Razvoj železnice, kadar i logistika* izloženi su radovi koji tretiraju oblast razvoja i obnove železničke infrastrukture, investicija na železnici, obrazovanja kadra, i logističke postupke u eksploataciji železnice.

Pripadnici VJ, iz Vojnotehničke akademije VJ, za konferenciju su pripremili četiri rada koji su objavljeni u zborniku radova.

Dva rada su iz oblasti informatike, a autori su prof. dr Alempije Veljović, dipl. inž. i mr Dragan Živković, dipl. inž. Jedan rad se bavi problematikom razvoja i uvođenja informacionog sistema u proces planiranja, nabavke i skladištenja rezervnih delova na železnici, radi obezbeđenja kvalitetnijeg funkcionisanja službe održavanja. Radi dobijanja preglednijeg grafičkog prikaza informacionog sistema upotrebljen je softverski paket BP win (CASE) alata.

Drugi rad ovih autora obrađuje problematiku uvođenja novih informacionih tehnologija za upravljanje projektima investicione izgradnje na železnici, što rukovodstvu železnice treba da omogući

blagovremeno raspolaganje svim relevantnim informacijama, neophodnim za donošenje kvalitetnih odluka.

Druga dva rada pripadnika VJ su iz oblasti organizacije i bezbednosti železničkog saobraćaja.

Rad pod nazivom *Mogućnosti uvećanja propusne moći pruge promenom tipa grafikona saobraćaja vozova*, čiji je autor pukovnik, vanredni profesor dr Dragutin Jovanović, dipl. inž., razmatra mogućnost uvećanja propusne moći pruga u uslovima kada postojeća propusna moć ne zadovoljava sve potrebe za prevoženjem, što je posebno interesantno kod masovnijih prevoženja za vojne potrebe. U radu se težišno sagledava mogućnost promene tipa grafikona saobraćaja vozova i uticaj koeficijenta neparnosti na nivo propusne moći. Posebno mesto u radu zauzima razmatranje vrednosti propusne moći u uslovima paketnog grafikona saobraćaja vozova. U konkretnim uslovima propusna moć jednokolosečne pruge može se povećati uz određeno smanjenje komercijalne brzine saobraćaja vozova.

U drugom radu iz ove oblasti, pod nazivom *Mogući pristup definisanju modela za određivanje nivoa bezbednosti železničkog saobraćaja* čiji su autori pukovnik, vanredni profesor dr Dragutin Jovanović, dipl. inž. i kapetan I klase, asistent Bogdan Kaličanin, dipl. inž., daje se jedan od mogućih pristupa u kvantitativnom određivanju nivoa bezbednosti odvijanja železničkog saobraćaja. Predloženi model zasniva se na određivanju nivoa bezbednosti na osnovu količine, odnosno broja kolizionih tačaka. Do kolizije među vozovima dolazi zbog višestrukog korišćenja jednokolosečne pruge, a sama kolizija predstavlja ukrštanje dva voza. Rad je značajan i zbog toga što ne postoje matematički modeli za određivanje bezbednosti odvijanja železničkog saobraćaja.

**Ilija Mandarić,**  
pukovnik, dipl. inž.

## **PERSONALNI RAČUNARI I POSLOVNA KORESPONDENCIJA**

– prikaz knjige –

U izdanju „UNI – PROMET“ iz Beograda objavljena je knjiga „Personalni računar i poslovna korespondencija“, autora profesora Momčila Markovića i dipl. inž. informatike Ante Franjića, istaknutih stručnjaka iz oblasti razvoja, projektovanja i uvođenja automatizovanih sistema za podršku odlučivanju (ASPO) u poslovne sisteme upravljanja. Recenzenti knjige su poznati stručnjaci iz oblasti informatike, računarstva i poslovne korespondencije, profesor dr Slobodan Vučićević, dipl. inž. Dušan Ljubičić i profesor Nebojša Marković.

Kao moto knjige koji rečito objašnjava povod za njen nastanak, autor je citirao Leonarda da Vinčija: „Ko se povede za praksom bez teorije, taj je kao kormilar koji se ukrca na lađu bez kormila i kompasu i nikad nije siguran kuda plovi“.

Osnovna ideja nastanka knjige je potreba da se spoji teorija klasične poslovne korespondencije, odnosno službene prepiske i kancelarijskog poslovanja, zasnovane na teoriji razvoja, projektovanja i uvođenja funkcija ASPO u poslovni sistem, odnosno u sistem odlučivanja, i jedan novi prilaz koji nudi personalni računar (PC) i savremena informaciona tehnologija.

Knjiga predstavlja rezultat autorovog višegodišnjeg bavljenja teorijom informatike opšte i posebne namene, i još većeg iskustva u projektovanju, uvođenju i održavanju poslovnih i operativnih sistema upravljanja. Osnovu knjige čini poslovna korespondencija u čiji sistem je uveden savremeni PC sa svojim operativnim sistemom i neophodnim softverskim alatima (tekst-procesor i ostalo) za adekvatnu obradu, tj. za pisanje, oblikovanje, ispravljanje (modifikaciju) i čuvanje najčešće korišćenih korespondentnih sastava koji se koriste u savremenoj praksi.

Razvojem operativnih sistema upravljanja i savremene informacione tehnologije, poslovna korespondencija postaje sve važniji elemenat informacionog sistema (IS) sa visokim stepenom uticaja na poslovni sistem, sa mogućnostima stvaranja baze podataka koja se formira u savremenom poslovnom IS. Poseban značaj ima funkcija poslovne korespondencije i kancelarijskog poslovanja u uslovima rada mreže elektronskih računara (ER), tj. na njegovu punu iskoristivost, sigurnost funkcionisanja, kao i na ukupne troškove IS. Ovakva višestruka važnost poslovne korespondencije podržavane sa PC nameće potrebu da se projektovanju, uvođenju i održavanju baze podataka u

okviru poslovnog sistema u potpunosti uvažavaju odredbe teorije organizacije rada i informatike.

Poznato je da do danas u informatičkoj literaturi ne postoji rukopis (knjiga ili priručnik) koji je integrisao oblike, forme i principe pisanja i sastavljanja korespondentnih sastava i alata (operativni sistem i programski paket) neophodnog za adekvatno korišćenje personalnog računara za kreiranje i oblikovanje poslovne (službene prepiske) korespondencije. Polazeći od ove konstatacije autori su integralno povezali poslovnu korespondenciju i korišćenje personalnog računara kao sredstva za oblikovanje i pisanje korespondentnih sastava. Želja autora je da se poslovnim sekretarima, referentima, stručnjacima za marketing i svima koji se bave poslovnom korespondencijom omogući adekvatno korišćenje računarske i informacione tehnologije za što efikasnije i racionalnije vođenje poslovne korespondencije.

Knjiga je štampana na 234 strane i obuhvata predgovor, sistemski pregled sadržaja, uvod, četiri poglavlja, apendiks (dodatak sa objašnjenjima slova na tastaturi i tipki za standardne alate), rečnik i 10 naslova stručne literature koju autori preporučuju čitaocu.

Prvo poglavlje posvećeno je opisivanju načela pisanja poslovnim, odnosno službenim stilom, sadržini, formi i stilu pisanja, kao i postupku sastavljanja najčešće korišćenih korespondentnih sastava. Prema tematici koju podrazumeva korespondencija ovo poglavlje podeljeno je u sedam celina, da bi se čitaocu omogućilo što lakše snalaženje. Od prve do šeste celine prezentira se značaj i vrsta korespondencije, oblik poslovne korespondencije, stilovi i forme pisanja, poslovno pismo-saopštenje (koncept, obli-

kovanje, forme, pravila, kreiranje i čitanje poslovnog pisma), prepiska vezana za kupoprodaju robe između poslovnih partnera, korespondenciju koju vode državni organi, organi uprave i druge institucije ovlašćene za službena akta i rešenja. Polazeći od opšteusvojenih postavki teorije sistema i systemske analize, teorije informacija i komunikacija i teorije modelovanja, autori u sedmoj celini ovog poglavlja predlažu ŠIFARNIK KORESPODENTNIH SASTAVA, koji treba da se definiše u procesu projektovanja funkcije vođenja poslovne korespondencije na personalnim računarima tako da se, pored ostalog, olakša pretraživanje određenog korespondentnog sastava u biblioteci (bazi podataka) na hard disku i način na koji će se dodeliti NAZIV (ŠIFRA) DOKUMENTA – korespondentnog spisa koji se želi napisati i čuvati kao datoteka.

U drugom poglavlju autori se zalažu da operativni sistem WINDOWS 95 i 98 kao standard bude namenjen individualnim korisnicima, jer prateći programski paketi (WORD, EXCEL i dr.) rade pod ovim verzijama WINDOWS-a, a njihovo korišćenje je već standardizovano. U ovom poglavlju u 23 logičke celine opisan je osnovni nivo korišćenja personalnog računara pod operativnim sistemom WINDOWS. Namenjeno je, pre svega, korisnicima PC-a za efikasno vođenje korespondencije, kao i onima koji se bave formatiranjem i slaganjem raznih vrsta rukopisa (priručnika, knjiga, publikacija i sl.). U pretposlednjoj, dvadeset i drugoj celini ovog poglavlja opisane su procedure zaštite podataka: izrada rezervnih kopija, vraćanje kopija na disk, prekrivanje podataka na disku, provera ispravnosti diska i zapisa podataka, kao i zaštita od virusa.

Treće poglavlje posvećeno je problematici paketa tekst-procesora MICROSOFT WORD-a, koji je prvenstveno namenjen za obradu teksta, tj: za pisanje, slaganje i formatiranje korespondentnih sastava (dokumenata), kao i ulaganja i konačnog oblikovanja svih vrsta rukopisa (publikacija, knjiga, priručnika i sl.). Takođe, WORD predstavlja adekvatan alat za formatiranje i obradu tabela, grafikona, matematičkih formula, obradu i ugrađivanje slika u tekst i još mnogo drugih pogodnosti. Ovo poglavlje, prema tematici koju obrađuje, podeljeno je na 16 logičkih celina, kako bi se čitaocu obezbedio brz i lak pristup određenom postupku, proceduri ili komandi.

Četvrto poglavlje posvećeno je primerima za pisanje i oblikovanje dokumenata. Pošto je izložio postupke, procedure i komande opisane i objašnjene u tekstu drugog poglavlja, autor kroz sedam primera u ovom poglavlju pokazuje kako se postupa i koje su procedure pri kreiranju stabla foldera (direktorijuma), formatiranju i izradi teksta dokumenta i novog dokumenta na osnovu postojećeg, izradi zaglavlja i logotipa, izradi dokumenta sa tabelom, proceduri vezanoj za proces nabiranja znakova i nabiranja brojeva, izradi maski za pisanje i ostalo.

Dodatak (APENDIX) sadrži, ukratko, tabelarno objašnjenje rasporeda slova na tastaturi, ostvarenih preko prepravljanih fontova, standardne funkcije koje sadrži sistemski softver personalnog računara, a koje se koriste kao „toolbar standard“ i „toolbar formatting“.

U skraćenom rečniku, na kraju knjige, data su objašnjenja najčešće korišćenih engleskih pojmova u poslovnoj korespondenciji, odnosno, kancelarijskom

poslovanju uopšte i kada se koristi personalni računar.

Nema nikakve sumnje da knjiga „Personalni računar i poslovna korespondencija“ predstavlja veoma vredno delo. Svako ko se ozbiljno bavi automatizacijom i uvođenjem ER u IS i poslovnom korespondencijom naći će u toj knjizi veoma dragocene podatke i predloge za rešenja, ali i podsticaje za razmišljanje.

Nema ni jedne oblasti vojske u kojoj se komandovanje ne oslanja na informacije iz korespondentnih dokumenata, odnosno pokazatelja. Pouzdanost i uspešnost komandovanja, u svim oblastima vojske, zavisi od pouzdanosti i preciznosti korespondentnih podataka.

Upravljanje procesima komandovanja i uopšte složenim dinamičkim sistemima u savremenim uslovima uslovljeno je pravovremenim raspolaganjem, upotrebom i distribucijom velikog broja vrsta i obima informacija, najčešće u frekventnom režimu. To važi i za poslovnu korespondenciju. U savremenim uslovima poslovna korespondencija mora da deluje u realnom vremenu (dok se na procese može uticati) i po principu povratne sprege (uzimajući u obzir i sve promene, kako u samom sistemu tako i u faktorima koji na njega deluju iz okruženja. Svakodnevnne poteškoće na najubedljiviji način pokazuju da se sa poslovnom korespondencijom više ne može upravljati tradicionalnim sredstvima i metodama.

U knjizi je ukazano na dalje pravce istraživanja – razvoja sistema poslovne korespondencije, zasnovane na podršci savremenih personalnih računara. To bi podrazumevalo angažovanje većeg broja stručnjaka, uključivanje ostalih podataka iz informacione baze i sl. u već postojeće

modele, što donosi suštinski novi kvalitet i prilaz ranije poznatim konceptima u teoriji i praksi izgradnje ASPO.

Cilj istraživačkog i stvaralačkog napore koji je uložen u realizaciju knjige bio je da se stvori osnova za razvoj savremenog sistema poslovne korespondencije kao podrška odlučivanju. Problematika je izložena koncizno, celovito i

jasno na visokom naučnom i stručnom nivou.

Knjiga se može preporučiti ne samo kao veoma aktuelno štivo, nego i kao udžbenik, priručnik i pretprojektna studija kadru koji se bavi projektovanjem i uvođenjem savremenih automatizovanih sistema za podršku odlučivanju u VJ i društvu.



## prikazi iz inostranih časopisa

### TUNGUSKA POSTAJE JOŠ EFIKASNIJA\*

Savremena sredstva za napad iz vazdušnog prostora poseduju veliku vatrenu moć i mogu dejstvovati na granično malim visinama, ostvarujući iznenadne udare i kratko zadržavanje u zoni protiv-vazdušne odbrane. Opasnost od iznenadnog napada iz vazdušnog prostora naglo je porasla pojavom borbenih helikoptera sposobnih da nanose udare, koristeći se pri tom maskirnim svojstvima zemljišta. Zbog toga je potreba za borbom sa iznenadno pojavljujućim ciljevima postala važan zadatak savremenih trupnih sredstava PVO.

Postavljanje dve vrste naoružanja na jednom vozilu (raketno i topovsko) s jedinstvenom radarsko-računarskom opremom, prvi put je realizovano na raketnom sistemu PVO TUNGUSKA. Sistem je prošao niz modernizacija, od kojih je poslednja (TUNGUSKA-M1) suštinski poboljšala borbene karakteristike u odnosu na prethodne modele.

Sistem TUNGUSKA-M1 sadrži:

- šest borbenih samohodnih oruđa PVO ZSU 2S6M1;
- šest vozila za transport i popunu;
- vozilo za prevoz grupnog kom-

pleta alata i rezervnih delova, proračunatog za šest oruđa PVO;

- vozilo za laki remont i tehničko održavanje elektronske aparature sistema samohodnih oruđa PVO;

- vozilo za tehničko održavanje mehaničkih i hidrauličnih sistema samohodnih oruđa PVO;

- vozilo za laki remont i tehničko održavanje šasija točkaša i guseničara;

- vozilo za tehničko održavanje i proveru raketa.

Samohodno oruđe ZSU 2S6M1 namenjeno je za PVO mehanizovanih i oklopnih jedinica u svim vidovima borbenih dejstava, kao i za PVO objekata. To je efikasno sredstvo za borbu s niskoletjećim ciljevima koji se iznenada pojavljuju, uključujući i helikoptere, a uništava ih pre ulaska u zonu primene njihovog oružja.

ZSU 2S6M1 je lakooklopljeno gusenično vozilo sa ugrađenom obrtnom kupolom. Oklopno telo vozila štiti posadu i uređaje od metaka streljačkog naoružanja i parčadi druge municije. Šasija je izrađena od unificiranih sklopova guseničnih vozila koja, po svojoj težini, spadaju u srednju kategoriju. Hidromehanička transmisija, hidropneumatsko ovesenje i promenljivi klirens omogućavaju dobru prohodnost, manevarske sposobnosti i ravnomernost hoda na različitim

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.



zemljištu. To omogućava gađanje iz pokreta bez smanjenja brzine kretanja.

U oklopnom telu razmešteni su: odeljak vozača, motor, transmisija, elektrouredaji, električno napajanje, žiroskopska aparatura sistema za merenje uglova nagiba i pravca, hidraulični pribor za horizontalno navođenje kupole, sredstva veze, pribori za osmatranje, sredstva za životne potrebe i protivpožarna oprema.

Sa obe spoljne strane kupole razmešteni su ljuljajući delovi s automatima PVO i vodice raketa. Na prednjem delu kupole postavljeno je antensko postolje stanice za praćenje cilja, a na zadnjem delu antensko postolje stanice za otkrivanje i određivanje cilja.

U kupoli su smešteni: tri člana posade (komandir, operator, nišandžija), aparatura radarskog i računarskog sistema, elektronska aparatura sistema za merenje uglova nagiba i pravca, hidraulični uređaj za vertikalno navođenje naoružanja, optički nišan sa sistemom za navođenje i stabilizaciju, aparatura za davanje koordinata rakete i šifратор komandi za upravljanje raketom, uređaji za spoljašnju i unutrašnju vezu, navigaciona oprema, aparatura za radiološko i hemijsko izviđanje, sistem ventilacije i kondicioniranja vazduha, automati za popunu municijom i artiljerijski borbeni komplet.

Radarski sistem sadrži stanicu za otkrivanje i određivanje cilja, zemaljski upitni radar i stanicu za praćenje cilja. Radarski sistem obezbeđuje otkrivanje, identifikaciju i praćenje ciljeva, određivanje parametara cilja i njihovo slanje u računarski sistem radi rešavanja zadataka upravljanja oružjem i gađanja pratećih ciljeva i prenos naredbi za upravljanje letom na raketu.

Računarski sistem namenjen je za rešavanje zadataka upravljanja i stabiliza-

cije oružja, optičkih i radarskih sredstava u borbenim radnjama i za proveru ispravnosti funkcionisanja sistema oruđa. U borbenim radnjama računarski sistem rešava zadatke stabilizacije linije nišanja i gađanja, pripremu naredbi za upravljanje raketom i određivanje momenta susreta projektila s ciljem. U pripremi signala za upravljanje oružjem uzimaju se u obzir meteorološki uslovi i početna brzina projektila. Pri kontroli sistema oruđa računar vrši njihovu proveru, sopstvenu proveru, proveru upravljačkog kola rakete i kompleksnu proveru samohodnog oruđa u celini.

Optički nišan sa sistemom za navođenje i stabilizaciju, i aparaturom za određivanje koordinata služi za otkrivanje i praćenje ciljeva po optičkom kanalu, određivanje parametara kretanja pratećeg cilja i rakete, i njihovo slanje u računarski sistem.

Šifратор je namenjen za pretvaranje određenih naredbi za upravljanje letom rakete u kodne pošiljke i njihovo slanje u radarski sistem radi prenosa putem radio-kanala na raketu.

Sistem za merenje uglova nagiba i pravca obezbeđuje rad samohodnog oruđa u pokretu i stabilizaciju radarskih i optičkih sistema i naoružanja.

Hidraulični uređaji za horizontalno i vertikalno navođenje namenjeni su za navođenje kupole u horizontalnoj ravni, a automata PVO i vodica sa raketama u vertikalnoj ravni.

Navigacioni uređaj neprekidno određuje koordinate samohodnog oruđa na zemljištu i dostavlja ih u računarski sistem.

Sredstva za spoljnu i unutrašnju vezu obezbeđuju sigurnu vezu sa drugim korespondentima i između članova posade,

dok sredstva za osmatranje obezbeđuju osmatranje okoline u bilo koje vreme.

Sistem za ventilaciju i mikroklimu obezbeđuje neophodan toplotni režim rada radio-elektronske aparature i mikroklimu u odeljenju za upravljanje. Protivpožarna oprema namenjena je za gašenje požara u motorno-transmissionom odeljku samohodnog oruđa.

Sredstva za NHBO omogućavaju izvođenje borbenih radnji pri savladavanju kontaminiranih predela zemljišta i povećavaju otpornost od uticaja uništavajućih faktora pri nuklearnoj eksploziji.

Elektronapajanje obezbeđuje jednosmernu struju napona +27 V, kao i trofaznu struju napona 220 V i frekvencije 400 Hz. Automati PVO koriste unificiranu municiju 30 mm smeštenu u redenicima. Dvocevna šema automatike omogućava brzinu gađanja od 5000 metaka u minuti. Isparavajući sistem hlađenja automata tečnošću olakšava održavanje, smanjuje masu i povećava koncentraciju vatre.

Vođena raketa PVO smeštena je u transportno-lansirnom kontejneru. To je dvokalibarska raketa s odvajajućim startnim motorom. Ovakva konstrukcija omogućila je sniženje startne mase rakete za više od dva puta u odnosu na jednostepenu raketu istih karakteristika. Startni motor razvija brzinu leta rakete koja je tri puta veća od brzine zvuka. Marševski stepen malog kalibra održava veliku brzinu na celoj putanji, što omogućava stvaranje neophodnih uslova za optičko vođenje rakete. Bojna glava rakete je parčadna sa jezgrom, veoma izdužena i velike mase.

Sistem upravljanja je poluautomatski, putem radio-komandi, s optičkom linijom veze. Svetlosni zrak od izvora svetlosti, koji je postavljen na raketi, pada u optički pelengator koji je spregnut

s optičkim nišanom samohodnog oruđa, i pretvara se u električni signal proporcionalan odklonu rakete od linije nišanja. Električni signal dolazi na računarski sistem koji priprema komande za upravljanje koje se šifruju i preko stanice za praćenje cilja u vidu kodova prenosi na raketu. Uređaj na raketi dešifruje kodirane pošiljke i priprema komande uređaja za upravljanje raketom.

Raketa se izvodi na liniju nišanja i zadržava se na njoj sa velikom tačnošću. Primena bojne glave s kontaktnim i beskontaktnim upaljačima omogućava uništavanje ciljeva, kako pri direktnom pogotku, tako i pri prolasku na rastojanju do 5 metara od cilja.

U toku borbenih radnji samohodno oruđe ostvaruje:

- kružno osmatranje vazdušnog prostora;
- pretraživanje, otkrivanje i identifikaciju ciljeva u vazdušnom prostoru;
- izbor cilja i njegovo praćenje po radarskom ili optičkom kanalu;
- uništavanje ciljeva, bilo nepokretnih ili letećih brzinama do 500 m/s, raketnim ili topovskim naoružanjem.

Samohodno oruđe TUNGUSKA može da izvršava borbene zadatke samostalno ili u sastavu jedinice, iz pokreta, sa kratkih zastanaka, sa mesta i u bilo koje doba dana, bez obzira na vremenske uslove. Efikasno se koristi za uništavanje pokretnih, nepokretnih kopnenih i nadvodnih ciljeva, i ciljeva koji se izbacuju padobranom.

U sistemu TUNGUSKA-M1 realizovano je niz novih tehničkih rešenja kojima joj se povećavaju ukupne mogućnosti:

1. U sastav samohodnog oruđa uvedena je aparatura za prijem i realizaciju automatizovanog spoljašnjeg određivanja cilja, koji je po radio-kanalu povezan sa

baterijskim komandnim mestom, što je omogućilo automatsku raspodelu ciljeva po oruđima baterije i znatno povećanje efikasnosti pri masovnom napadu protivnika.

2. Uvedene su šeme rasterećenja, što je omogućilo da se znatno olakša rad nišandžije pri praćenju pokretnog cilja optičkim nišanom i svelo ga kao na praćenje nepokretnog cilja, što je mnogo smanjilo greške pri praćenju (veoma važno za gađanje raketom, jer greška ne sme da bude veća od 5 m).

3. Usavršena aparatura za određivanje koordinata zbog primene novog tipa rakete, opremljene, pored neprekidnog izvora svetla, još i impulsnim. Ta novina je suštinski povećala zaštitu od ometanja i omogućila, s velikom verovatnoćom, uništavanje ciljeva opremljenih optičkim ometačima. Primena novog tipa rakete povećala je daljinu zone efikasnog dejstva rakete do 10 000 m.

4. Izmenjen je sistem merenja uglova nagiba i pravca, što je znatno smanjilo uticaj ometanja na žiroskope koji se javljaju pri pokretu, smanjilo greške merenja uglova nagiba i pravca, povećalo stabilnost upravljanja automatima PVO i, na osnovu toga, povećalo verovatnoću uništenja cilja.

5. Produženo je vreme rada rakete, što je povećalo domet sa 8 na 10 km, i uveden je radarski nekontaktni senzor cilja s kružnim dijagramom usmerenosti antene, što je omogućilo uništavanje manjih ciljeva (tipa krilate rakete ALCM).

Može se zaključiti da je nivo borbene efikasnosti sistema TUNGUSKA-M1 u uslovima ometanja 1,3 do 1,5 puta veći u odnosu na sistem TUNGUSKA-M.

M. Krbavac



## RAZVOJ SAVREMENE ARTILJERIJSKE MUNICIJE

Pri značajnim ulaganjima u razvoj i uvođenje novih artiljerijskih oruđa, kao što su nemačko 155 mm PzH 2000 i američko 155 mm CRUSADER (Krstaš), ne treba zaboraviti da je konačni cilj artiljerijskih sistema uputiti zrno precizno i što je moguće brže na cilj, što znatno zavisi od samog projektila.

U prošlosti su glavni tipovi artiljerijske municije bili trenutnofugasna, dimna i osvetljavajuća, mada je u zemljama bivšeg Varšavskog pakta artiljeriji uvek pridavan značaj u protivoklopnoj borbi. Iako će se taj trend nastaviti još dugo, danas se, posebno na Zapadu, uvode novi tipovi artiljerijske municije. Tu spadaju laserski vođeni projektili, kasetni (bomblet) i „pametni“ (smart) projektili. To omogućava artiljeriji da ima značajnu ulogu u protivoklopnoj borbi, jer dobija mogućnost uništenja oklopnih ciljeva na velikim rastojanjima.

Američki vođeni projektil 155 mm COPPERHEAD prvi je precizni artiljerijski projektil uveden u upotrebu osamdesetih godina. Veliki broj tih laserski vođenih projektila proizvedeno je za američku armiju i mornaricu, dok su manje količine izvezene u Australiju, Jordan i Južnu Koreju. Takođe, korišćeni su u manjim količinama u ratu protiv Iraka 1990–1991. protiv iračkih oklopnih snaga. Tada su imali protivtenkovske bojne glave i domet 16 km.

Rusija je razvila kompletnu familiju laserski vođenih projektila, uključujući KRASNOPOL 152 mm i KITOLOV-2M 122 mm, koji koriste isti laserski lokator cilja i trenutnofugasnu parčadnu bojnu

\* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 17. februar 1999.

glavu. Iako domet zavisi od aktuelnog oruđa, projektil KRASNOPOL, ispaljen iz samohodnog artiljerijskog oruđa 152 mm 2S19, ima domet do 20 km i verovatnoću pogađanja 90%.

Za inostrano tržište predviđen je projektil KRASNOPOL-M. Probni projektili ispaljeni su korišćenjem modifikovane verzije projektila 152 mm i francuskog laserskog lokatora cilja CILAS. Glavni nedostatak tih laserski vođenih projektila jeste što laserski lokator mora biti u liniji nišanja kako bi se uspešno uništio cilj.

Od kasetnih (kargo ili bomblet) projektila najjednostavniji je američki M483, koji nosi 64 bombe M42 i 24 bombe M46 dvostruke namene, sa protivoklopnim-protivešadijskim bojnim glavama. Projektil M483/483A1 proizvodi se i u Holandiji, Turskoj i Pakistanu.

Glavni nedostatak projektila M483 i M864 jeste što bombe nisu imale samouništavajuće mehanizme i, pošto je neminovno da neke od njih ne eksplodiraju pri udaru u zemlju, stvarani su problemi vlastitim snagama.

Američke projekte M483 sledio je projektil M864 koji je imao povećan domet i nosio je 72 bombe, od kojih je 48 - M42 i 24 - M46. Prisutni su bili zahtevi za poboljšanje konvencionalne municije kao i da sve bombe imaju samouništavajući mehanizam.

U Nemačkoj je firma Rajnmetal razvila dva kasetna projektila: DM642, koji nosi 63 bombe, i DM652, koji nosi 49 bombi, od kojih svaka ima uništavajući mehanizam. Maksimalni domet projektila DM642, ispaljenog iz artiljerijskog sistema 155 mm/39 kalibara iznosio je 22,4 km, ili 27,1 km kad je ispaljen iz sistema 155 mm/52 kalibra.

Izraelska vojna industrija razvila je kasetnu granatu M85 BANTAM, koja je

opremljena samolikvidatorom. Granate se ne koriste samo za projekte artiljerijskih oruđa 105 mm, 122 mm, 130 mm, 152 mm i 155 mm, već i za bombe minobacača 122 mm, artiljerijske rakete i razno naoružanje za borbu u vazдушnom prostoru. Tipični izraelski projektili su 105 mm M116 (ima 15 bombi M85), 122 mm M335 (24 M85), 130 mm M347 (24 M85), 152 mm M351 (56 M85) i M350 (49 M85) i 155 mm M395 (63 M85), M396 (49 M85) i M397 (49 M85). Neki od ovih projektila imaju dodatak za povećanje dometa i proizvode se kako za zapadne (105 mm i 155 mm) tako i za istočne (122 mm, 130 mm i 152 mm) kalibre.

Traganje za povećanjem dometa dovelo je do artiljerijskih sistema sa dužom cevi, kao što su 155 mm/45 kalibara ili 155 mm/52 kalibra, kao i projektila koji potpomažu povećanje dometa. To kod projektila mogu biti sagorevajući dodaci, pomoćni raketni motori, ili u novije vreme kombinacija jednog i drugog.

U Kanadi je razvijen novi izduženi artiljerijski projektil 155 mm, koji je opremljen sagorevajućim dnom. Kada se ispaljuju iz artiljerijskih oruđa 155 mm/45 kalibara može se postići domet od 39 km. Ovi projektili nikada nisu prilagođeni za NATO, ali se koriste u mnogim zemljama na Srednjem istoku i Aziji.

Firma Denel razvila je vučeno artiljerijsko oruđe 155 mm/45 kalibara G5 i samohodno oruđe 155 mm G6 6 × 6, kao deo kompletnog artiljerijskog sistema. Tu je uključen ne samo top, već i municija, vuča i kompletan sistem za upravljanje vatrom. Nedavno je ova firma razvila artiljerijski projektil povećane brzine (VLAP), koji je opremljen i pomoćnim raketnim motorom i sagorevajućim dnom. To omogućava domet, ako se ispalji iz cevi 155 mm/45 kalibara, do

52,5 km. Projektili VLAP su u završnoj fazi razvoja, i očekuje se početak njihove proizvodnje.

Iako je pretnja od masovnog napada borbenim tenkovima smanjena i dalje se nastavlja proizvodnja „pametnih“ (smart) artiljerijskih projektila. Konzorcijum GIWS specijalno je formiran u Nemačkoj za razvoj „pametnog“ artiljerijskog projektila 155 mm SMARt 155, kojih je do sada naručeno 9000 primeraka a treba da se isporuče do 2002. godine.

Projektil SMARt 155, za nemačku armiju ima oznaku DM702, u poslednoj verziji je pri završnim gađanjima 11 hitaca, postigao pouzdanost od 100%.

Početak prošle godine francusko-švedski artiljerijski projektil BONUS 155, koji razvijaju Giat industria i Bofors, ušao je u završnu fazu ispitivanja. Projektil BONUS nosi dva podmunijska dela koji su opremljeni sa dva asimetrična stabilizatora, koji im omogućavaju let velikom brzinom i uz minimalnu osetljivost na uticaj vetra. Svaki podmunijski deo opremljen je optimalnim višetalasnim IC tragačem, koji se karakteriše visokom otpornošću na protivelektronska dejstva

i omogućava znatno smanjenje cene u odnosu na municiju koja koristi tragače sa dvojnim načinom – IC/mm-talasni. Svaki podmunijski deo ima eksplozivni probijač (EFP) za napad na osetljivu gornju površinu tenka. Tokom godine počće proizvodnja ove municije i to, na jednoj proizvodnoj liniji u Francuskoj, i drugoj u Švedskoj. Svaka država snabdevaće drugu onim komponentama za koje je isključivi nosilac proizvodnje. Na primer, francuska kompanija intertehnika SA isporučuje senzore.

Američki projektil 155 mm M898 SADARM (Sense and Destroy Armor – oseti i uništi oklop) prvi je artiljerijski projektil ove vrste koji je uveden u upotrebu. SADARM sadrži dva podmunijska dela opremljena sa EFP koji probija sve do sada poznate oklopne ciljeve. Uvode se brojna poboljšanja, uz korišćenje odgovarajućih senzora na visinama od 165 m. Sa nagibnim uglom pada od 38° svaki podmunijski deo imaće trostruko povećanje otiska pri udaru.

Najnoviji američki dalekometni artiljerijski projektil 155 mm je XM982 koji se nalazi u završnoj fazi razvoja. To je kompletna familija artiljerijskih projek-

#### *Stanje razvoja savremene artiljerijske municije*

Vrsta municije	Država	Tip	Stanje
122 mm KITOLOV-2M	Rusija	laserski vođena	prototip
152 mm KRASNOPOL	Rusija	„	proizvodnja
155 mm KRASNOPOL-M	Rusija	„	u razvoju
155 mm COPPERHEAD	SAD	„	proizvodnja
155 mm XM982	SAD	GPS vođena	u razvoju
155 mm BONUS	Franc./Švedska	smart	završna ispitivanja
155 mm SADARM	SAD	„	proizvodnja
155 mm SMARt 155	Nemačka	„	proizvodnja
155 mm VLAP	J. Afrika	velikog dometa	završna ispitivanja

tila povećanog dometa ERAP (Extended-Range Artillery Projectile) koja je razvijana u tri verzije: prva predstavlja osnovni projektil XM80 koji nosi poboljšanu konvencionalnu municiju dvostruke namene, druga je protivoklopna koja sadrži dve SADARM granate, a treća je jedinstvena bomba namenjena za rušenje bunkera.

Projektil XM982 vodiće se do cilja pomoću ugrađenog sistema protiv ometanja GPS/IMU koji će mu davati potrebnu preciznost. Modularna izrada XM982 koristi iste sekcije za vođenje i rep za sve tri vrste punjenja. Domet projektila zavisi od oruđa i trebalo bi da bude oko 50 km kada je ispaljen iz oruđa CRUSADER (krstaš), koji je trenutno u fazi razvoja.

Postoje razvojni radovi koji se odnose i na oruđa i artiljerijske projekte 105 mm. Maksimalni domet francuskog projektila 105 mm LG1 je 17,5 km, dok je domet sa klasičnim projektilom 11,5 km.

Vodeći na tržištu još uvek je engleski top 105 mm, koji je izrađen u dve verzije: L118 i L119. Maksimalni domet dosadašnjih standardnih projektila L31HE bio je 17,2 km, a sa najnovijim projektilima ERHE2 domet može biti preko 20 km.

Sve donedavno artiljerijski projektili ispaljivani su iz oruđa korišćenjem sistema punjenja u vrećicama ili klasičnih bronzanih čaura. Punjenje u vrećicama neophodno je za korišćenje u automatskim punjačima kojih ima sve više u artiljerijskim sistemima. To je dovelo do razvoja i proizvodnje tzv. modularnog artiljerijskog sistema punjenja, koji se sastoji najčešće od više identičnih modula. Za postizanje maksimalnog dometa sa oruđem 155 mm/39 kalibara, kao što je M106A6 PALADIN, koristi se 5 modula,

dok oruđe 155 mm/52 kalibra koristi 6 modula.

Nemačka armija prva je u Evropi uvela modularni artiljerijski sistem, koji nosi oznaku DM72, a prvi proizvodni ugovor s Rajnmetalom sklopljen je za 800 000 modula. Prema raspoloživim podacima modularni artiljerijski sistem nudi korisnicima brojne prednosti, kao što su: brže rukovanje, manje trošenje i habanje cevi, veću izdržljivost i malu osetljivost na iznenadna zapaljenja. Drugi član NATO koji je usvojio modularni artiljerijski sistem punjenja je britanska armija koja, za razliku od nemačkog sistema DM72 koristi dva modula XM231 i XM232.

M. Krbavac



## NOVI AUTOMATI KALAŠNJKOV - AK-107/AK-108\*

Poslednje u nizu automata KALAŠNJKOV predstavljaju modeli AK-107/AK-108. Oni koriste municiju kalibra 5,45 mm × 39 mm i 5,56 mm × 45 mm i obuhvataju najznačajnije izmene osnovnog modela.

Modeli AK-107/AK-108 predstavljaju bitno poboljšane verzije eksperimentalnog modela AL-7 (Avtomat Lehkiy - lakog automata) iz sedamdesetih godina. Model AL-7 je delo Jurija Aleksandrova koji je 1969. godine projektovao automat koji će iskoristiti prednosti tada nove municije - 5,45 mm × 39 mm, koristeći model AKM kao polazište. Automat koji je dizajnirao Aleksandrov i koji je bezuspešno upoređivan sa AK-74, po spoljašnjem izgledu sličan je današnjoj seriji

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 7/1999.

automata AK-100, sa izuzetkom povratnika barutnih gasova koji je radikalno promenjen.

Razlog za uvođenje metka 5,45 mm × 39 mm je smanjenje trzanja, povećanje preciznosti i ubojne moći.



Automat KALAŠNJKOV AK-107/AK-108

Razlike u odnosu na model AL-7 odnose se na postojanje izbora vrste paljbe – kod modela AK-107/AK-108 postoje četiri stepena izbora (sigurnosna, poluautomatska, gađanje sa tri metka i automatska), a kod AL-7 poluautomatski i automatski. Brzina gađanja modela AK-107/AK-108 je 850 do 900 metaka u minuti, što je više u odnosu na prethodne verzije (600 metaka u minuti).

#### Karakteristike automata AK-107/AK-108

Kalibar	5,45 mm × 39 mm (AK-107) 5,56 mm × 39 mm (AK-108)
Princip rada	gas, izbor paljbe (poluautomatska, 3 metka, automatska)
Brzina gađanja	850–900 metaka u minuti
Punjenje	zamenjivi kutijasti magacin
Masa praznog oružja	3,6 kg
Ukupna dužina	943 mm (sa ispruženim kundakom) 695 mm (sa sklopljenim kundakom)
Dužina kočnice	415 mm
Ožlebljenje	4 žleba, 1 : 200 mm (AK-107) 1 : 178 mm (AK-108)
Nišani	zadnji, tangentni zarez, prednji
Brzina na ustima cevi	5,45 mm × 39 mm – 900 m/s 5,56 mm × 39 mm – 910 m/s

Sumirajući tehničku pozadinu novih automata navodi se da je serija AK-100 poboljšala čuveni dizajn KALAŠNJKOVA, koji je star gotovo trideset godina. Automati KALAŠNJKOV već su preplavili svetsko tržište. Funkcionalni AKM, na primer, može se kupiti u delovima Afrike za manje od 50 US dolara, dok novi modeli AK-100 koštaju oko 230 US dolara. Iako su serije automata AK-100 modernizovane, preciznost njihovog pogađanja nije znatnije poboljšana kao ni pouzdanost i funkcionisanje u odnosu na prethodne modele. Novi model AN-94 bitno je poboljšan u odnosu na AK, ali je vrlo kompleksan i skup za proizvodnju (više od pet puta nego AK-101).

Automati AK-107/AK-108 pružaju za 1,5 puta veću preciznost gađanja nego modeli serije AK-100, koristeći identičnu municiju. Uprkos urađenim poboljšanjima, ostaje pitanje da li će se novi automati KALAŠNJKOVA prodavati na visoko kompetitivnom svetskom tržištu.

V. Radić



## OKONČANJE ISPORUKE SAMOHODNOG SISTEMA PALADIN\*

Kopnena vojska SAD primila je 950. verovatno i poslednji sistem samohodne haubice 155 mm M109A6 PALADIN, koji predstavlja jedan od najuspešnijih programa modernizacije ove decenije.

M109A6 je šesti osnovni program modernizacije na seriji samohodnih haubica M109. Program modernizacije je obuhvatio: balistički računar i navigacioni sistem; poboljšano topovsko i mitraljesko naoružanje; automatsko pozicioniranje

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 7/1999.

mitraljeza, poboljšanje karakteristika pokretljivosti; sigurnu radio-komunikaciju; poboljšanu balističku i nuklearno-hemijско-biološku zaštitu; obezbeđenje dobre vidljivosti za vozača i u uslovima ograničene vidljivosti i mogućnost testiranja opreme.

Samohodna haubica M109A6 PALADIN ima povećanu elastičnost, mogućnosti preživljavanja, veću ubojnu moć i pouzdanost u poređenju sa ranijim modelom M109. Osim toga, poboljšane digitalne mogućnosti ističu razliku između prvih sistema i onih koji su namenjeni „digitalnom bojištu“

Program modernizacije M109A6 započeo je 1985. godine, kada se radilo na poboljšanju osnovnih karakteristika zastarelih samohodnih haubica M109A2/A3. Inicijalni ugovor odnosio se na malu seriju od 164 sistema PALADIN, koji su uvedeni u naoružanje 1991. godine, a uvođenje ostalih započeto je 1994. godine.

Modernizacija haubice obuhvatala je prepravke, modifikaciju i poboljšanja šasije, ugradnju novog motora snage 440 kW, novu kupolnu strukturu M109A6, novu 39-kalibarsku cev 155 mm M284 koja je ugrađena u novu kupolu a usledila je njena naknadna integracija na šasiju. PALADIN je tada ispitivan u putnim uslovima i na testovima gađanja (sedam granata) pre nego što je doneta odluka o prihvatanju.

U aprilu 1993. godine višegodišnji ugovor obuhvatao je modernizaciju 639 haubica M109A6. Varijante su kasnije ispitane na 83 sistema i sledili su dodatni ugovori za 73 haubice (sada ukupno 950). Prvo vozilo proizvedeno je oktobra 1994. godine, a finalna (konačna) verzija prihvaćena je maja 1999. godine.

Broj od 950 haubica PALADIN znatno je manji u odnosu na 1700 prvobitno planiranih sistema. To je ukazivalo na smanjenje snaga u toku poslednje decenije, ali su finansijski razlozi imali odlučujući uticaj. Radi toga je vojska SAD modernizovala kontingent preostalih samohodnih haubica M109 i konfiguracija M109A5, koje su imale određena poboljšanja u pogledu NHB zaštite posade, top M284 i postolje mitraljeza M182.

Bitan doprinos daljoj modernizaciji haubice M109 predstavlja vozilo za snabdevanje artiljerijskom municijom (FAASV), zasnovano na samohodnoj šasiji M109, koje je razvijeno osamdesetih godina kako bi se artiljerijskim jedinicama obezbedilo balistički zaštićeno vozilo. Sposobno da obavi funkcije dotura (popune) i podrške, vozilo je imalo veliku pokretljivost i mogućnosti preživljavanja na bojištu.

Vozilo FAASV M992A0 počelo je da se proizvodi 1983. godine, i imalo je dve važne modernizacije – M992A1 i M992A2. Model M992A1 odlikovao je motor sa smanjenom emisijom toplote, modifikovana konfiguracija pogona i poboljšanje konstrukcije zadnjih vrata, dok je model M992A2 pretrpeo znatne izmene u materijalu. To je podrazumevalo korišćenje aluminijumskih legura, poboljšane grejače, ojačane stranice vrata, premeštanje grejača za posadu i poboljšanje pomoćne pogonske jedinice (pouzdanost, raspoloživost i kriterijumi održavanja).

Finalnom isporukom sistema PALADIN okončana je najveća investicija u kopnenoj vojsci SAD, koja je pokrila ogroman deo zahtevanih potencijala u periodu kada je strategijski angažman bio sasvim drugačiji i kada su komandanti artiljerijskih sastava više brinuli o brojnosti nego o kvalitativnim razlikama modela



kojima su raspolagali. Strategijska komponenta je raspadom SSSR-a bitno promenila mnogobrojne aspekte primene artiljerije na prostoru Evrope, tako da zahtevani broj od 1700 sistema PALADIN u odnosu na 950 isporučenih ne predstavlja smanjenje potencijala i borbene gotovosti.

Kroz ovaj program ostvarene su mnogobrojne izmene u sistemima, posebno za upravljanje vatrom, detekciju i osmatranje, što je veoma bitno područje ne samo za artiljeriju već i za ostale konvencionalne snage.

V. Radić



## NOVE GENERACIJE BORBENIH VOZILA TOČKAŠA\*

U razvoju savremenih borbenih vozila točkaša nastoji se da se postigne visok stepen unifikacije sa drugim vozilima iz serijske proizvodnje, kao i standardizacija i modularna konstrukcija. Osim toga, ova vozila moraju da imaju visoku pokretljivost, da mogu savladavati velika rastojanja sa velikim brzinama po lošim putevima ili van njih, da su stabilna, lako upravljiva i pogodna za upotrebu u raznim klimatskim uslovima i u uslovima ograničene vidljivosti.

Borbena vozila točkaši treba da budu lako prenosiva i prilagodljiva za sve vidove transporta (železnica, brod, avion). Moraju da poseduju visok nivo autonomnosti i izdržljivosti, uključujući i otpornost na uticaj oružja za masovno uništenje i raznog konvencionalnog naoružanja. Posada treba da ima adekvatnu zaštitu od prodiruće radijacije, radioaktivne pra-

šine, hemijskih i bioloških agensa, svetlosnih efekata, udarnog talasa, parčadi granata i zrna streljačkog oružja.

Danas su borbena vozila točkaši neophodna za jedinice, i predstavljaju najrašireniju vrstu vojne opreme. Koriste se u svim rodovima i vidovima OS, ali su najčešće specijalno namenjena u jedinicama KoV gde je potrebno obezbediti veliku pokretljivost, široki manevar snaga i sredstava, i prevoz različitih vrsta tereta. Pored sve veće zastupljenosti u formacijama ratnih jedinica, savremena vozila točkaši se sve više koriste kao platforme za razno naoružanje radi sprečavanja lokalnih sukoba, u mirovnim operacijama i kontroli državnih granica. Osamdesetih i devedesetih godina praktično sve značajnije zemlje učinile su veliki napredak u razvoju i proizvodnji borbenih vozila točkaša.

Prednosti borbenih vozila točkaša proističu iz činjenice da su ona razvijena od sklopova i delova koji se koriste za civilna vozila, što je posebno važno za postizanje visokog pokazatelja odnosa efikasnost/cena.



Vozilo GAZ-3937

Nova borbena vozila točkaše u Rusiji razvijaju firme GAZ i KamAZ. Već su pripremljeni ogledni primerci, kao što su višenamenska oklopna vozila visoke pokretljivosti GAZ-3937 i BPM-97.

Konfiguracija vozila GAZ-3937 omogućava upotrebu 26 zamenljivih modula, što obezbeđuje raznovrsnu upo-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, jul-avgust, 1999.

Tabela 1

## Osnovne karakteristike vozila GAZ-3937

	GAZ-3937		GAZ-39371 oklo- pni
	bez oklopa	oklo- pni	
Konfiguracija vozila	4 × 4	4 × 4	4 × 4
Ukupna masa (kg)	6600	6600	7500
Masa modula šasije (kg)	4200	4200	4300
Masa zaštićenog modula (kg)	4500	4900	5100
Korisni kapacitet (kg)	2100	1700	2400
Posada i ukrcani vojnici	10	10	11
Masa vučenog tereta (kg)	2500	2500	2500
Snaga motora (kW)	130	130	130
Maksimalna brzina (km/h)	112	112	112
Radius okretanja (min) (m)	10	10	10
Savladivanje uspona (°)	30	30	30
Savladivanje nagiba (°)	45	45	45
Dubina gaza (m)	1,2	1,2	1,2

trebu u korišćenju oružja. Osnovne karakteristike vozila GAZ-3937 prikazane su u tabeli 1.

Šasija tog amfibijskog terenskog vozila može da se koristi za transport vojnika, ugradnju naoružanja, montažu modula za spasavanje, pretraživanje i druge potrebe pri vanrednim situacijama.

Višenamensko oklopljeno vozilo BPM-97 namenjeno je za granične jedinice, a proizvodi ga firma KamAZ. Ono je izrađeno od sklopova i delova KamAZ-ovog dvoosovinskog vozila sa pogonom na sve točkove, a može se koristiti za montažu raznih modula, kao sanitetsko, patrolno, komandno ili protivpožarno vozilo. Osnovne karakteristike vozila BPM-97 prikazane su u tabeli 2.

M. Krbavac

Tabela 2

## Osnovne karakteristike vozila BPM-97

Konfiguracija vozila	4 × 4
Ukupna masa (kg)	10500
Posada i ukrcani vojnici	10
Osnovna šasija	serijska KamAZ 4326
Motor	KamAZ-740, 10-20, V8
Maksimalna snaga motora (kW)	161
Maksimalna brzina (km/h)	90
Savladivanje uspona (°)	30
Dubina gaza (m)	1,75
Naoružanje:	
- mitraljez	12,7 mm Utios
- bacač granata	40 mm automatski PLAMEN
- PT vodene rakete	FAGOT, KORNET, METIS
- dimne granate	TUCHA
Oklopna zaštita:	
- gornji delovi	protiv metka 12,7 mm
- niži i zadnji delovi	protiv metka 7,62 mm



## AVION MiG-29SMT ZA RUSKE VAZDUHOPLOVNE SNAGE\*

Početkom 1999. godine MiG-29SMT, kao modernizovani lovac MiG-29, prihvatile su ruske vazduhoplovne snage i najavile serijsku proizvodnju.

Delegacije mnogih zemalja koje koriste avion Mig-29 i drugi zainteresovani već su se upoznali sa novim avionom. Nekoliko inostranih pilota iz tih delegacija izvršilo je probne letove na avionu MiG-29SMT i dalo mu visoke ocene.

Programom modernizacije obezbeđeni su:

- veći dolet zbog povećanog kapaciteta goriva i ugradnje sistema za popunu gorivom u toku leta i odbacujućih rezervoara pod krilom;

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.

– principijelno nova informatika pilotske kabine i komandne table koje čine dva široka višenamenska, kolor displeja sa tečnim kristalima i višenamenska komandna tabla sa svojim displejom. Uvođenje displeja zahtevalo je preuređenje instrument-table i konzole na desnoj strani. U takvoj konfiguraciji pilotska kabina potpuno odgovara konceptu HOTAS (hands on throttle and stick) – „ruke na gasu i ručici“;

– nova otvorena arhitektura kompleksa avioopreme sa multipleksnim kanalima (što odgovara standardu MIL-1553B) i centralni procesor s PC kompatibilnim softverom;

– duži vek upotrebe i uslovno održavanje;

– višenamenski radar;

– pojačane stealth mogućnosti u radarskom frekventnom pojasu;

– novi sistem naoružanja;

– novi IFF sistem veze i navigacije koji zadovoljavaju ICAO i/ili NATO standarde;

– efikasniji ECM sistemi;

– novi magnetofonski zapisi podataka o letu i međuavionskim vezama.

Avion se može opremiti optoelektroničkim nišanskim kontejnerom, stanicom za ometanje i GPS/GLONASS navigacionim sistemom. Dodatno se može isporučiti zemaljska stanica za planiranje leta i pripremu podataka.

Drugi projekti iz programa modifikacija, koji zahtevaju duže vreme primene, sadrže:

– modifikovani motor sa povećanim potiskom, upravljivim potisnim vektorom i boljom efikasnošću popune gorivom (modifikovani motor može se zamenjivati ranije proizvedenim);

– nove konzole za krila sa četiri čvrsta oslonca na svakom povećale su

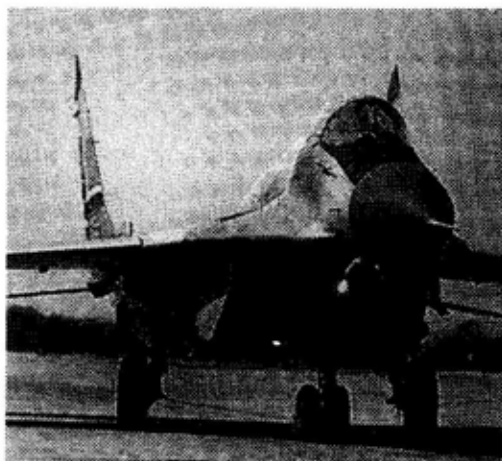
unutrašnji kapacitet goriva i površinu;

– još moćniji i pouzdaniji integrisani sistem za automatsko upravljanje letom.

Svi projekti zasnovani su na adekvatnim tehničkim ekspertizama, a modifikovani motor i sistem upravljanja testirani su u ispitnim stanicama.

Uz primenu najsavremenijih dostignuća omogućen je razvoj nekoliko verzija MiG-29SMT;

– MiG-29UBT – borbena-trenažni avion sa povećanim kapacitetom goriva, sistemom za popunu gorivom u vazdušnom prostoru, pilotskom kabinom sličnom kao kod MiG-29SMT, optimalnim višenamenskim radarom sposobnim da upravlja vođenim raketama srednjeg dometa i drugim vođenim oružjem. Dva člana posade mogu efikasno da izvršavaju grupne zadatke i odrede ciljeve na zemlji i brodovima, kao i da obezbede efikasnu primenu TV-vođenih raketa;



*Avion MiG-29SMT*

– MiG-29SMT – može se koristiti i kao noseća izviđačka platforma za različite specijalne izviđačke kontejnere. Pored toga, veliki unutrašnji kapacitet, dva odbacujuća rezervoara i jedinstveni kontejner za dopunu goriva UPAZ, dobri su

preduslovi za tankersku verziju MiG-29. Tehnologija korišćena na lovcu MiG-29K pomoći će razvoju palubne verzije lovca.

Navedene varijante već su prikazane na glavnim svetskim izložbama. Po pokazateljima borbenih mogućnosti MiG-29SMT po nekim parametrima čak i nadmašuje evropsku četiri plus generaciju lovca (EUROFIGHTER, RAFALE, GRIPEN). Treba naglasiti da modernizovani avion MiG-29SMT koristi postojeće tehničke kapacitete za održavanje na zemlji.

M. Krbavac



## AVIONSKI RADAR ODREĐUJE KONCEPCIJU PETE GENERACIJE LOVACA\*

U 21. veku nastupiće peta generacija turbo mlaznih lovaca. Naziv prvog američkog lovca u toj kategoriji već je poznat: F-22 RAPTOR. Kandidati za njegove ruske partnere mogli bi da budu razrađene verzije višenamenskog lovca MiG MFI, SUHOJ S-37, ili neki drugi avion.

Pojedini konstruktori i proizvođači veruju da koncepciju pete generacije lovca treba da izražava formula „tri-S“: superbrzi + stealth + supermanevarski. Trebalo bi tome dodati i takva suštinska obeležja kao što su sposobnost dejstva po svakom vremenu, danju i noću, mogućnosti uočavanja ciljeva na zemlji i njihovog uništavanja, itd. Sva ta obeležja već su tipična za starije generacije lovaca, prvenstveno zbog napretka u radarskoj tehnologiji.

Ipak, radi prikladnijeg definisanja pete generacije lovaca i njihovih glavnih

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.

obeležja, navedena formula trebalo bi da ima oblik „pet-S“: superbrzina + stealth + supersposobnost + samoodbrana + sistemska konstrukcija.

*Superbrzinu* čine integrisane letne sposobnosti lovca: brzina leta, brzina penjanja i sposobnost manevra. Smatra se da je izraz hitrost pogodniji za karakteristike performansi pete generacije nego „brzina“.

*Stealth* obeležje ne znači samo da je avion slabo uočljiv cilj za protivničke radare, već da ga teško uočavaju i elektronski obaveštajni sistemi namenjeni tražanju za avionima pomoću njihovih radio i radarskih zračenja.

*Supersposobnost* znači da će peta generacija lovaca biti sposobna da izvršava različite zadatke: postizanje superiornosti u vazдушnom prostoru, napad na zemaljske i pomorske ciljeve, izvršavanje izviđačkih zadataka, itd.

*Samoodbrana* ukazuje na sposobnost: otkrivanja zračenja protivničkih radara i aktivnih raketnih glava za samonavođenje, i aktiviranje moćnih protiv elektronskih sredstava; otkrivanje napada protivničkih aviona i raketa (uključujući i one iza sebe); zaštite pomoću protivraketnih manevra, „seckanja“ i zaslepljivanja, kao i odbrane raspoloživim naoružanjem.

*Sistemska konstrukcija* ukazuje na to da se svi ugrađeni sistemi kontrolišu glavnim kompjuterom sa sposobnošću veštačke inteligencije, koji će davati ulazne podatke, sistematizovati ih i prikazivati pilotu radi donošenja odluke.

Specifična uloga pripadaće popuni podataka pomoću osmatračkog – pretražnog radara velikog dometa, sa mogućnošću rada po svim vremenskim uslovima, danju i noću.

Glavni ugrađeni digitalni kompjuter obrađivaće stotine podataka na prvom nivou, šaljući samo najvažnije podatke do pilota. Zbog toga glavni kompjuter treba da bude vitalni deo radarskog sistema na avionu.

Superbrzina (hitrost) potpuno je određena tehničkom konstrukcijom aviona i motorima.

Stealth obeležje direktno je povezano sa radarom i sadrži:

- sposobnost da minimizira radarsku sliku (što zavisi od konstrukcije aviona i oblika, materijala od kojih je izgrađen i premaza);

- sposobnost upravljanja izlaznim efektima i parametrima emitovanih radarskih signala radi smanjenja verovatnoće njihovog otkrivanja i sprečavanja protivnika da koristi sisteme za protiv-elektronsku borbu.

Supersposobnost je gotovo potpuno određena ugrađenim radarskim sistemima, posebno višefunkcionalnim radarom velikog dometa, svojstvom „stealth“ tehnologije i specifičnim obeležjem kao što je kartografisanje terena, niski letovi s automatskim izbegavanjem prepreka, identifikacija ciljeva u vazдушnom prostoru, istovremeno uništenje nekoliko ciljeva, itd.

Samoodbrana je određena samoodbrambenim radarskim sistemom, prednjim osmatračko-pretražnim radarom, repnim radarom, sistemom za protiv-elektronsku borbu i naoružanjem.

Radar i radarsko-elektronski sistem u celini ne samo da obezbeđuju samoodbranu u taktičkim situacijama, već i opštu zaštitu aviona u rizičnim uslovima leta, kao što su nulta vidljivost izazvana vremenskim uslovima i dimom, letovi u planinskim predelima i pri malim visina-

ma, prevencija od sudara sa drugim avionom ili letećim objektom.

Radarski i radarsko-elektronski sistemi nisu samo upravljački sistemi namenjeni za izvršenje borbenih zadataka. Oni su od vitalnog značaja za upravljanje letom u složenim uslovima, radikalno smanjujući verovatnoću udesa i neborbenih gubitaka. Prema tome, za vreme veka trajanja pete generacije lovaca treba očekivati još intenzivnije korišćenje radara i radarsko-elektronskog sistema što zahteva povećanje njihove pouzdanosti i neprekidnog operativnog vremena.

Sistemska konstrukcija podrazumeva da svi ugrađeni sistemi pripremaju informacije (let, navigacija, izviđački podaci) za glavni sistemski radar, koji će da koristi glavni digitalni kompjuter za čuvanje brojnih podataka, sistematizovanje informacionih tokova (identifikacija cilja, određivanje prioriteta, izbor naoružanja) i njihovo prikazivanje pilotu u najsazetijem obliku radi donošenja odluke. Zbog toga će obeležja pete generacije lovaca u najvećoj meri biti određena radarskom tehnologijom i primenjenim radarsko-elektronskim sistemom.

Ruska firma Fazotron razvijala je radarske sisteme za sve generacije sovjetskih i ruskih lovaca do sada.

Prva generacija: nišanski radar IZUMRUD za lovce MiG-15 i MiG-17.

Druga generacija: nišanski radar IZUMRUD-2 i radarski sistem K-5 za lovac Jak-25, nišanski radar ORIOL Jak-28 i Su-11; radar SMERČ za Tu-128, SAFIR za MiG-21; nišanski radari ORIOL-D i TAJFUN za lovce Su-15.

Treća generacija: nišanski radari SMERČ i SAFIR-25 za lovac MiG-25; SAFIR-23ML-A i radio-upravljački sistem N-003 za MiG-23ML; SAFIR-23PA

i sistem N-006 za MiG-23ML; SAFIR-23M1-A2 i sistem N-008 za MiG-23ML.

Četvrta generacija: nišanski radar/radar N-019 za lovce MiG-29; N-001 za Su-27; radar/nišanski radar ZASLON za MiG-31.

Četvrta + generacija: radar/nišanski radar N-010 ŽUK za MiG-29M; radari KOPIO, MOSKIT i dr., namenjeni za modernizaciju ranije proizvedenih radarskih sistema.

Peta generacija: radar/radar-elektronski kompleks SOKOL i FARAON koji su u fazi razvoja.

Lovački radari prešli su dug put razvoja pre nego što su postali jednostavni nišanski radari za savremene radarske sisteme, sposobne da dostignu udaljene višestruke ciljeve, danju i noću, i po svim vremenskim uslovima, da primaju informacije o letu i navigaciji od drugih avionskih sistema i obezbeđuju selektivan izbor naoružanja za uništenje prioriternih ugrožavajućih ciljeva. Po tim sposobnostima razlikuju se inteligentni radarski sistemi od drugih avio-sistema, i zato se može tvrditi da će se peta generacija lovaca sastojati od sledećih osnovnih komponenata:

- planera (tela) i motora,
- inteligentnog radarskog sistema za zahvat i uništenje cilja i samoodbranu, integrisanog sa ugrađenim naoružanjem,
- kompleksa za let i navigaciju.

Sve ove komponente jednako su važne i čine lovce pete generacije prvoklasnim sistemom naoružanja. Nije slučajno da su ruski raketni sistemi Buk i S-300 zadobili svetsko priznanje. Poznata je činjenica da su glavni projektanti tih sistema bili i projektanti radarskih sistema. Zbog toga u razvoju pete generacije lovaca treba ravnopravno da učestvuju avio-projektni biro, odgovoran za telo

aviona i ukupnu konfiguraciju avionike, i projektantski biro radarskih sistema, odgovoran za radarski i radarsko-elektronski sistem.

M. Krbavac



## ISPITIVANJA MODERNIZOVANOG HELIKOPTERA Mi-24\*

Radovi u kompaniji Mil na dva prototipa modernizovanog helikoptera Mi-24 HIND, odvijaju se planiranim intenzitetom. Testovi letenja na modernizovanoj varijanti borbenog helikoptera Mi-24VM započeti su u martu 1999. godine. Prvi prototip Mi-24VM izvešće testove letenja, dok će drugi helikopter biti iskorišćen za ispitivanje novog sistema za upravljanje vatrom u toku 2000. godine.

Modernizovane helikoptere proizvođače fabrika Rosvertol u Rostovu na Donu. Ruska armija dobiće helikoptere Mi-24VM i Mi-24PM tokom 2000. godine, a izvozna varijanta imaće oznaku Mi-35M.

Potpuna modernizacija helikoptera Mi-24 obuhvataće program za povećanje veka za 10 do 15 godina, program za smanjenje mase, program za poboljšanje rotorskog dinamičkog sistema, instaliranje nove opreme i instaliranje sistema za upravljanje vatrom i noćno letenje. Ruske oružane snage će, verovatno, modernizovati svoje helikoptere na različitim nivoima, a samo mali broj će biti potpuno modernizovan po navedenim programima.

Tokom tridesetogodišnjeg razvoja helikoptera Mi-24 njegova masa se stalno povećavala, dok su se performanse i upravljanje letom pogoršavali. Prvi cilj

\* Prema podacima iz časopisa Jane's International Defence Review, 8/1999.

ukupnog programa modernizacije je smanjenje strukturne mase i efikasniji rotorski sistem.

Kratko krilo je smanjeno tako da se može ugraditi osmocevni lanser protivtenkovskih raketa (nosi više raketa na 4 pajlona nego na ranijih 6).

Stajni trap je fiksiran, što je smanjilo masu za 85–90 kg (takođe, povećana je i sigurnost letenja na malim visinama). Originalni osnovni i pomoćni rotor zamenjeni su novim od kompozitnih materijala, preuzetim sa helikoptera Mi-28N HA-VOC. Zbog tih izmena, masa helikoptera je smanjena za 300 kg a povećan je potisak rotora za 2,9 kN. Ukupna masa Mi-24VM smanjena je za gotovo 600 kg kada se uporedi sa verzijom Mi-24V (8040 kg u odnosu na 8622 kg). Takođe, postoje mogućnosti zamene motora snažnijim motorima TV3–117VMA-SB3 ili TV7–117VM.

Mi-24VM ima regularnu masu pri poletanju od 10 900 kg (300 kg manja u odnosu na Mi-24V) i maksimalnu masu od 12 000 kg (200 kg veću od Mi-24V). Njegov plafon letenja iznosi 3100 m (za 1000 m veći u odnosu na prethodnika), brzina penjanja 750 m/min (pre modernizacije 570 m/min), maksimalna brzina 300 km/h, krstareća brzina 260 km/h i dolet 500 km.

Sledeći prioritet predstavlja uvođenje novog naoružanja. Savremeni protivtenkovski raketni sistem ATAK-V kompatibilan je sa sadašnjim raketnim sistemom 9M114 (AT-6 SPIRAL) ŠTURM-V na helikopteru Mi-24V. Osim toga, starije rakete su postavljene u dvocevne lansere, tako da se može poneti samo 8 raketa. ATAKA-V koristi osmocevni lanser APU-8/4-U i može da nosi 16 raketa. Raketa 9M120 (AT-12 SWINGER) ima domet 6000 m i vodi se polu-

automatski radio-komandama. Pretpostavlja se da je borbena efikasnost rakete ATAKA-V veća za 1,7 do 2 puta nego rakete 9M114 ŠTURM.

Helikopter Mi-24M može, takođe, da nosi nove protivavionske rakete 9M39 (SA-18 GROUSE) IGLA-V, umesto ranijih raketa 9M36 (AT-14 GREMLIN) STRELA. Raketa 9M39 sistema IGLA-V ima pasivno IC vođenje, opremljena je penetrirajućom bojnomo glavom a domet joj je 5200 m.

Pomoćna oprema i sredstva takođe su renovirani. Novi radarski sistem za uzbuđivanje PASTEL zamenjuje postojeći sistem BERIOZA, a ugrađuje se i novi komandni radio-uređaj male mase i radio za komunikaciju R-999.

Najteži i najozbiljniji zadatak modernizacije jeste prilagođavanje helikoptera za upotrebu Mi-24 u noćnim i nepovoljnim vremenskim uslovima. Naočari za noćno letenje, kao i instrumenti u kokpitu, veoma su važni za noćno letenje helikoptera. Sofisticirani FLIR uređaj, koji radi u širokom ili uskom vidnom polju, ili radar, potrebni su za izvršavanje noćnih borbenih zadataka.

Izbor opreme koja se nudi za modernizaciju Mi-24N zavisi od finansiranja. Najkompletnija i najskuplja varijanta je transfer većine sistema iz nove generacije helikoptera Mi-28N u Mi-24N. To uključuje letno-navigacioni sistem PNK-24 i elektro-optički sistem za upravljanje vatrom Tor-24. Sistem Tor-24 se koristi za dnevno i noćno osmatranje, identifikaciju i automatsko pretraživanje ciljeva. On sadrži televizijske i IC kanale za opservaciju i praćenje ciljeva, kao i laserski daljinomer i označivač ciljeva.

U ponudi je, takođe, fazni radar u milimetarskom talasnom području i automatski sistem za korekciju leta zbog te-

rena. Kompanija Mil ugradila je rusku jedinicu za upravljanje vatrom GOES-342, koja sadrži televizijsku kameru i uređaj FLIR (svaki ima širi i užu vidni ugao), laserski daljinomer i laserski detektor. Uređaj FLIR izrađen je u kooperaciji sa firmom Agema iz Švedske i verovatno je jedna od varijanti jedinice koja se koristi na helikopterima Ka-50Sh i Ka-52 HOKUM. GOES-342 može da preuzme detekciju cilja i funkciju upravljanja vatrom (na isti način kao i jedinica Tor-24), dok će se jedinica za dnevni rad RADUGA zameniti. Sva ta oprema na helikopteru može se koristiti za izviđanje i identifikaciju ciljeva na ostalim helikopterima.

V. Radić



## POTPUNO ZAŠTIĆENO TRANSPORTNO VOZILO\*

Nemačka kompanija Krauss-Maffei Wegman je razvila i ispituje potpuno zaštićeno oklopljeno transportno vozilo (APCV) točkaš, sa velikim stepenom zaštite, velikom pokretljivošću i niskim troškovima održavanja.

Projektovano da obezbedi visok nivo pokretljivosti u terenskim uslovima, vozilo će štiti članove posade ne samo od nuklearnog, biološkog i hemijskog oružja, malokalibarskog oružja i fragmenata granata nego i od protivtenkovskih i protivpešadijskih mina. Očekuje se da će se vozilo koristiti u snagama za brza dejstva.

Vozilo APCV je zasnovano na šasiji Mercedes-Benz 4 × 4, koja omogućava brzinu kretanja po putevima od preko 100 km/h i autonomiju kretanja po putevima 700 km. Ova šasija je odabrana

zbog dokazane pokretljivosti u terenskim uslovima i velike raspoloživosti sa velikim vremenom između otkaza i malim vremenom potrebnim za opravke.

Vozilo APCV-1 koristi šasiju U-100L 4 × 4, sa razmakom između točkova od 3,225 m, dok verzija APCV-2 koristi šasiju U-1550L, sa razmakom između točkova od 3,25 m ili 3,7 m.

Vozilo APCV-1 pokreće dizel motor EURO II snage 90 kW sa manuelnom transmisijom, dok verzija APCV-2 ima na raspolaganju motor EURO II/EURO III snage 155 kW ili 177 kW sa manuelnom ili automatskom transmisijom.

Pneumatici ravnog profila standardni su na svim modelima. Na vozilu postoji centralni sistem za regulaciju pritiska u pneumaticima, kako bi vozač mogao da prilagodi pritisak prema uslovima terena po kome se kreće.

Deo vozila za posadu je u središnjem delu, motor je ugrađen napred, a deo za transport je pozadi. Deo za posadu ima po dvojna vrata sa svake strane, sa prozorima otpornim na dejstvo metaka, i

### Osnovne karakteristike vozila

	APCV-1	APCV-2 (kraći)	APCV-2 (duži)
dužina (m)	4,90	5,10	5,23
širina (m)	1,92	2,15	2,15
visina (m)	2,110	2,835	2,385
klirens (m)	0,40	0,42	0,42
razmak između točkova (m)	3,225	3,25	3,70
masa vozila (kg)	4400	6300	6600
masa zaštite (kg)	800	1000	1000
koristan teret (kg)	1000	1500	1200
borbena masa (kg)	6200	8800	8800
prostor za posadu (m <sup>3</sup> )	4,5	6,2	7,5
skladišni prostor (m <sup>3</sup> )	1,4	2	2
snaga motora (kW)	90	155 ili 177	155 ili 177
maksimalna brzina po putu (km/h)	100	110	110
autonomija kretanja	700	700	700

\* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 23. jun 1999.



krovni otvor sa poklopcem. Zavarena konstrukcija od dela za posadu čini kapsulu u koju je ugrađen dodatni sloj oklopa.

Posada je opremljena sedištima sa pojasevima koji omogućavaju apsorpciju udara koji se može desiti prilikom nailaska vozila na mine. Minski deflektor ugrađen je ispod dela vozila za posadu, i štiti vozilo od dejstva mina.

Očekuje se da vozilo APCV bude korišćeno u operacijama za brza dejstva širom sveta, pa je potrebno da bude prenosivo vazduhoplovima. Američki transportni avion C-130 Hercules može da prevozi 3 vozila APCV-1 ili 2 APCV-2, dok avion C-160 može da nosi 2 APCV-1 ili 1 APCV-2. Transportni helikopter

CH-53 može da nosi jedno vozilo APCV-1 ovešeno sa spoljašnje strane.

Mada osnovno vozilo nije naoružano, na krovu vozila mogu da se ugrade mitraljez 7,62 mm ili 12,7 mm, automatski bacač granata 40 mm ili top 20 mm. Takođe, mogu se ugraditi automatski top 30 mm RMK, električno pokretani lanseri dimnih granata i različite protivtenkovske rakete.

Familiju vozila APCV mogu činiti vozilo za vezu, izviđačko vozilo, ambulantlyno vozilo, vozilo za održavanje, za nošenje naoružanja, kao i transportno vozilo. Vozilo APCV-1 može da prevozi maksimalno 6 vojnika, dok vozilo APCV-2 može da prevozi 7 do 10 vojnika.

V. Radić



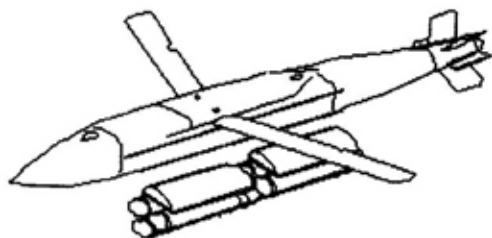


# tehničke novosti i zanimljivosti

## VISOKOEFEKTIVNO ORUŽJE AGM-154A JSOW\*

AGM-154A JSOW je visokoefektivno oružje namenjeno za gađanje ciljeva sa daljine. Domet ovih bombi je 15 milja, dok su lansirane sa male visine, i oko 40 milja kada su lansirane sa velike visine. Koristi se za napade po kopnenim ciljevima i ciljevima na moru, i to izvan delokruga efektivnog dejstva protivničke PVO. AGM-154A JSOW karakteriše niska cena, mogućnost nošenja različite submunicije (razorne i „meke“), kao i drugog „tereta“. JSOW je „jedreće“ oružje koje koristi GPS/INS inercijalno satelitsko vođenje, a sposobno je da dejstvuje u svim meteorološkim uslovima danju i noću. JSOW se može koristiti na različitim platformama poput F/A-18 A/B, C/D; AV-8B; F-14A/B, D; F-16C/D; F-15E; F-117; B-1B i B-52. U naoružanje mornarice i mornaričke pešadije SAD uvedeno je sredinom 1998. godine. Bombarderi B-2 osposobljeni su za nošenje ovog oružja početkom 1999. godine, a B-52 će biti sposobni za njegovo nošenje 2000. godine. Block E poboljšanja (nadogradnje) za B-1B planiran je za 2002. godinu. AGM-154C (Unitary Variant) nosi jedinstvenu penetrirajuću bojnu glavu BLU-111/B mase 215 kg. Bojna glava

AGM-154A (osnovna JSOW) sastoji se od 145 komada submunicije BLU-97/B. Bojna glava za AGM-154B (protivoklopna) sastoji se od 6 komada submunicije BLU-108/B iz vazduhoplovnog programa



*Protivoklopna varijanta bombe AGM-154B*

SFW. Moguće je da će se precizniji disperzioni sistem BLU-114/B pojaviti uskoro, a sastojace se od usavršene varijante oružja AGM-145D.

M. M.



## „MEKA“ BOMBA CBU-94/ BLU-114/B\*

Specijalna municija BLU-114/B namenjena je za uništavanje električne infrastrukture. Ovo visokospecijalizovano oružje funkcioniše tako što rasipa brojnu submuniciju koja kružno rasipa veliki

\* Prema podacima sa INTERNET-a.

\* Prema podacima sa INTERNET-a.

broj specijalno hemijski tretiranih ugljenično-grafitnih vlakana (carbon-fiber vlakna), koja izazivaju kratke spojeve električnih postrojenja, kao što su transformatori i druge elektrostanice. Oružje se naziva i „meka“ bomba, pošto su njeni efekti ograničeni na električne instalacije sa minimalnim rizikom od kolateralnog oštećenja.

Ovo oružje, do skoro nepoznato, koje nosi avion F-117A, korišćeno je prvi put 2. maja 1999. tokom operacije „Ujedinjena snaga“, a usmereno je protiv ciljeva u Srbiji. U ovom napadu 70% potrošača u SRJ ostalo je bez struje. Oružje je ponovo upotrebljeno 7. maja 1999, kako bi se sprečili pokušaji da se poprave štete nastale od prethodnog bombardovanja.

Slično oružje po konceptu, „KIT-2“, koje se koristilo kao bojna glava na krstarećoj raketi BGM-109 TOMAHAWK koja je lansirana sa mora, korišćeno je u prvim danima operacije „Pustinska oluja“. Projektili, punjeni bombama sa malim kalemovima ugljeničnih vlakana, lišili su Irak 85% električne energije. Tokom Zalivskog rata Irak je na korišćenje ove bombe reagovao tako što je isključivao delove svoje električne mreže.

BLU-114/B detonira iznad cilja, pri čemu se rasipa veliki broj finih ugljeničnih vlakana, izuzetno niske otpornosti, koja su znatno manja od grubih žičanih kalemova upotrebljenih u Zalivskom ratu. Vlakna su debljine nekoliko stotih delova centimetra i mogu lebdeti u vazduhu kao gust oblak. Kada ugljenična vlakna dosepu u dodir sa transformatorima ili nekim drugim visokonaponskim prenosnicima (dalekovodima) javljaju se kratki spojevi i električni luk koji nastaje proticanjem struje kroz vlakna koja isparavaju usled visokog napona. Grafit, koji je

provodnik električne struje, najverovatnije je tretiran hemijskim materijalima koji još više pojačavaju efekat provodljivosti. Na mestima gde je električno polje najjače nastaje električno pražnjenje, dolazi do nagle pojave elektrona i jonizujućeg kanala koji provodi struju. U tom trenutku formira se električni (Voltin) luk, koji prouzrokuje momentalno otapanje određene količine materijala na površini dva provodnika. Ukoliko je struja dovoljne jačine, ovi električni lukovi mogu da izazovu i požare. Do pojave požara može doći i zbog pregrevavanja provodnika ili postrojenja. Ekstremno jaki električni lukovi mogu izazvati i eksploziju koja razbacuje delove metala u svim pravcima.

Pentagon je odbio da objavi više detalja o ovoj vrsti bombe, a verovatno je da je njena cena približna ceni JSOW (Joint Standoff Attack Weapon – združeni oružani sistem za izvođenje udara sa distance) ili oružja sa senzorskim upaljačem CBU-97/CBU-105, čija cena iznosi nekoliko stotina hiljada dolara. Relativno jednostavan koncept i mogućnost upotrebe različitih nosača (bombi) dopuštaju relativno niske troškove razvoja ovog oružja.

Sigurno je da BLU-114/B predstavlja municiju sa specijalnom namenom, više nego oružje za uništavanje, pa otuda i naziv „meko“. Materijal ove bombe do objekta dejstva doprema se rasprskavajućim sistemom koji se koristi kod nekih konvencionalnih oružja.

Bombe nosači ove municije bačene su sa aviona F-117A, a rasturanje je obavljeno sa „taktičkog dispenzera municije“ SUU-66/B koji se najčešće koristi za nošenje vođene submunicije BLU-108/B, koja se nalazi u senzorskoj bombi

CBU-97/CBU-105. Nevođeni delovi korišćeni u ovom sistemu razbacuju se sa greškom do sto metara.

M. M.



## NOVA GENERACIJA VOĐENIH AVIO-BOMBI\*

Bombe tipa JDAM (Joint Direct Attack Munitions) GBU-29, GBU-30, GBU-31, GBU-32 predstavljaju novu generaciju vođenih avio-bombi kod kojih je najveća novina uvođenje GPS i inercijalnog sistema za vođenje. Agresija na SRJ je i prvi ratni sukob u kojem su ove bombe primenjene. Njihova osnovna namena je izvođenje preciznih napada u svim meteorološkim uslovima danju i noću. Inercijalna navigacija i GPS omogućavaju napade bez ikakve vidljivosti. Kombinacija inercijalne navigacije i GPS omogućava da rasturanje (CEP) ovih bombi bude svega 10–15 m.

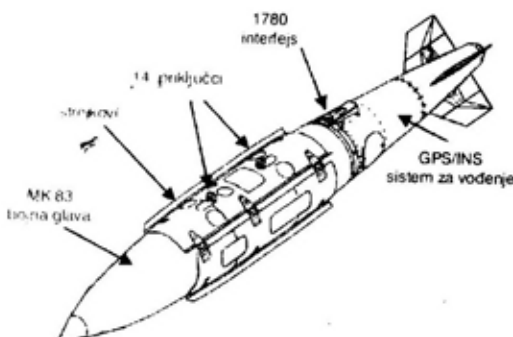
Proizvođač bombi Boeing, po zahtevu američkog vazduhoplovstva je razvio novi oblik vođene bombe, a na bazi nevođenih bombi serije Mk 82 (GBU-29), 83 (GBU-31), 84 (GBU-32) i probojnoj BLU-109/B. Prema podacima proizvođača, bomba JDAM može se odbaciti na rastojanju 15 milja od cilja.

Pri razvoju ovih bombi težilo se iskorišćenju već postojećih nevođenih bombi i poboljšanju preciznosti, kako bi se omogućila dejstva u svim meteorološkim uslovima danju i noću. Pokazalo se da napadi ovim bombama prouzrokuju male štete na okolnim objektima, a da se postiže velika preciznost, bez obzira na lokalne meteorološke uslove, kada je smanjeno dejstvo protivničke cevne PVO.

\* Prema podacima sa INTERNET-a.

Bomba JDAM sastoji se od bojne glave smeštene u prednjem delu, strejkova, 14" priključaka, 1760 interfejsa i GPS/INS sistema za vođenje koji se nalazi u zadnjem delu, odmah ispred repnih stabilizatora.

Bombe ovog tipa prilagođene su upotrebi na različitim avionima poput B-52, B-1B, B-2, F-15E, F-117A, F/A-18, itd.



Vođena avio-bomba JDAM GBU-32

Potencijalni razvoj bombe ide u pravcu povećanja preciznosti, tako što bi se rasturanje smanjilo na 3 m, kao i unapređenje otpornosti na ometanje. U novu bombu trebalo bi da bude ugrađen i tragač. Modernizacija obuhvata i novu penetrirajuću bojnu glavu koja bi zamenila BLU-109 B. Ovaj koncept uključuje i ugradnju tzv. „pametnog upaljača“, akcelometra, baziranog na elektronskom upaljaču koji omogućava kontrolisanu detonaciju u zavisnosti od daljine, vremena ili debljine sloja materijala. Akcelometar je osetljiv na ubrzanje, tako da u momentu kada glava penetrira kroz materijal dolazi do smanjenja njenog ubrzanja i aktiviranja. Ukupna masa celog sistema bila bi oko 1000 kg, tako da ga mogu nositi i taktički avioni. Predviđen je i razvoj novih eksploziva koji bi poja-

čali razornu moć bombe, a smanjili masu, kao i integracija radara sa sintetičkom antenom (Synthetic Aperture Radar).

M. M.



## VOĐENA RAKETA VAZDUH- -ZEMLJA AGM-130A\*

Vođena raketa vazduh-zemlja AGM-130A specijalno je projektovana za napade po različitim ciljevima sa različitim visina. Ova raketa omogućila je američkom vazduhoplovstvu vrlo precizne napade na tzv. „visokovredne“ nepokretne ciljeve kao što su avioni na stajankama, mostovi, komandna mesta, lanseri raketa i sl., kao i na ciljeve koji se sporo kreću sa daljina 15–40 nautičkih milja, izvan delokruga dejstva PVO protivnika.

Razvoj rakete počeo je 1984. godine u kompaniji Rockwell, kao unapređena nadgradnja za „jedreće“ laserski vođene bombe GBU-15. Tokom 1994. godine prvi primerci su počeli da stižu u jedinice. To je jedna od najčešće korišćenih raketa u američkom vazduhoplovstvu tokom agresije na SRJ.

### Karakteristike rakete AGM-130A

Dužina	3,90 m
Širina	457,2 mm ako se koristi Mk 84; 370 mm za BLU-109; 220,5 mm raketni motor
Raspon krila	149,86 cm
Domet	Veći od 20 km
Sistem za vođenje	TV; IC
Bojna glava	BLU-109/Mk 84
Eksploziv	428 kg brizantnog eksploziva tritonal ili X 6 (Mk 84); 242 kg tritonal (BLU-109)

\* Prema podacima sa INTERNET-a.

Raketa AGM-130A zasniva se na konceptu laserski vođene bombe GBU-15 sa dodatkom raketnog motora, koji omogućava povećanje dometa i altimetra za kontrolu visine. Raketa je modularne konstrukcije, a sastoji se od TV ili fokalnog IC tragača, adaptera (ugrađenog u radarski visinomer), krila, strejkova, bojne glave Mk 84 ili BLU-109, sekcije za upravljanje, raketnog motora i sistema za prenos podataka. Tragači omogućavaju posadi aviona sa kojeg se lansira raketa, vizuelno praćenje cilja. Tokom slobodnog leta prenos se obavlja preko sistema za prenos podataka AXQ-14, do monitora u kokpitu. Kako je ova raketa prilagođena za upotrebu na avionima F-15E, na monitoru operatera sistema vidi se slika cilja. Tragač se može „fiksirati“ na cilj pre ili posle lansiranja, ili ga operater unosi ručno, preko dvokanalnog linka.

U primarnom modu izvođenja operacije avion dolazi u zonu lansiranja uz pomoć satelitskog navigacionog sistema GPS, zadržava se izvan zone dejstva PVO i lansira raketu sa male visine kako bi se izbegla detekcija od protivničkih sistema za osmatranje. Nakon lansiranja raketa AGM-130 se vodi do zone dejstva pomoću GPS i inercijalnog sistema. Po dolasku u zonu dejstva operater na sistemima preuzima vođenje i to ručno ili „fiksiranjem“ cilja pomoću sistema za prenos podataka. U svakom trenutku, radi preciznijeg pogotka, operater može sa automatskog preći na manuelno vođenje. Za one avione koji nemaju podvesne kontejnere sa direktnim prenosom podataka cilj se „fiksira“ u direktnom modu.

Američko vazduhoplovstvo radi i na poboljšanim verzijama ove rakete, a u razvoju je AGM-130C koja bi trebalo da uključi i penetrirajuću bojnu glavu od 905 kg.

M. M.



## ŠPANSKA ADAPTACIJA AUTOMATSKE PUŠKE 5,56 mm\*

Špansko ministarstvo odbrane potvrdilo je da će automatskom puškom HACKLER & KOCH 5,56 mm G36 zameniti pušku 5,56 mm MODEL L, koja je do sada bila standardna automatska puška španskih oružanih snaga. Zahtev ministarstva ispostavljen je za 115 000 pušaka (102 miliona dolara), a prvi modeli trebalo bi da budu isporučeni ove godine. MODEL L, koji su razvile firme CETME, sada uključene u kompaniju Empresa Nacional Santa Barbara, koristi se od 1986. godine. Međutim, španska armija imala je primedbe na neispravnosti mehanizma za donošenje metaka i umanjenu preciznost. MODEL G36, koji je uveden u nemačku armiju 1996. godine dobio je najbolje ocene posle sprovedenih uporednih testova.

Konačna odluka o usvajanju ovog modela za standardnu pušku zadržavana je do okončanja pregovora o proizvodnji puške po licenci. Odlučeno je da se puška proizvodi po licenci Santa Barbara u novoj, za tu namenu izgrađenoj fabrici. Jedan od glavnih ciljeva proizvodnje puške G36 u toj fabrici jeste i promocija buduće proizvodnje pušaka i ostalog streljačkog naoružanja za izvoz. To bi trebalo da predstavlja i konsolidaciju bazne industrije za lako naoružanje u Španiji.

M. K.



## BORBENO VOZILO BMD-3\*\*

Vozilo BMD-3 namenjeno je za izvođenje borbenih dejstava vazdušnodesantnih i pomorskodesantnih snaga. To je

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 2/1999.

\*\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, jul-avgust, 1999.

oklopno, gusenično, amfibijsko, avioprenosno borbeno vozilo, koje po svemu nadmašuje svoje prethodnike. Sposobno je da se kreće bez priprema nakon desantiranja, otvara vatru iz pokreta i da plovi pri stanju mora 3 stepena po Boforovoj skali, što ga čini pogodnim za upotrebu u mornaričkoj pešadiji.

Borbeno odeljenje i kupola opremljeni su automatskim topom 30 mm, stabilizovanim u dve ravni, spregnutim mitraljezom PKT i protivtenkovskim vodenim raketnim sistemom KONKURS. Na prednjem delu vozila montiran je automatski bacač granata 30 mm AGS-17 i laki mitraljez 5,45 mm RPKS-74, koji se može premeštati kao i sistem KONKURS, i koristiti iz izvan vozila. Na bočnim stranama oklopa i na zadnjim vratima nalaze se puškarnice za automate AKS-74. Za stvaranje dimnih zavesa na kupoli ugrađeno je šest bacača dimnih granata 902V.

Uslovi u borbenom odeljenju omogućavaju posadi dejstvo protiv žive sile, oklopnih sredstava, kao i niskoletućih aviona i helikoptera.

Na osnovu visokog stepena unifikacije sa vozilom BMD-3 izrađen je samohodni top 2S25. Ovo protivtenkovsko borbeno vozilo izaziva ogroman interes, jer je po snazi oružja ravan osnovnom tenku, a po prohodnosti i manevarskim sposobnostima vozilu točkašu. Ovakve karakteristike odredile su mu upotrebu u KoV i mornaričkoj pešadiji umesto plivajućeg tenka PT-76.

Samohodni PT top može:

- da se prevozi svim vidovima transporta;
- da se desantira sa posadom u vozilu;
- da plovi pri stanju mora 3 stepena, uz upotrebu topa;
- da izvodi borbeno dejstva u različitim klimatskim i visinskim uslovima;

– da menja klirens do 400 mm za 6 do 7 sekundi.

Prostor u vozilu omogućava modernizaciju samohodnog PT topa ugradnjom dnevno-noćnog nišana, opreme za termovizijsko i automatsko upravljanje kao i povećanje oklopne zaštite.

M. K.

<<<◇>>>

## ISPITIVANJA MODULARNE KUPOLE\*

Kompanija Euromissile nedavno je izvršila instaliranje poboljšane modularne kupole ATM (Advanced Turret Modular) na šasiju austrijskog oklopnog transportera 6 × 6 PANDUR, što je usledilo nakon ispitivanja ATM instaliranog na šasiju lakog oklopnog vozila WIESEL, koje se koristi u armiji Nemačke.

ATM je projektovan kao višenamenski kupolni sistem koji se može koristiti za dnevno i noćno osmatranje – izviđanje, akviziciju cilja i upotrebu oružja, a može da se instalira na veliki broj guseničnih i točkaških oklopnih vozila. Kompanija Thomson-CSF Optronique obezbedila je TV kameru i senzorsku platformu.

Poslednja ispitivanja demonstrirala su sposobnosti protivtenkovske vođene rakete HOT, dometa 4000 m, protiv širokog spektra tipičnih ciljeva na bojištu. Takođe, ispitivano je na koji se način prenose informacije od ATM/PANDUR do sledećeg nivoa komandovanja u realnom vremenu.

To je prvi put da se kompletan sistem ATM demonstrira uz naglašavanje aspekata C<sup>4</sup> (command, control, communications, computer and intelligence). Prvi cilj

\* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 21. jul 1999.

bio je stacionaran tenk T-72, koji je pogadan sa protivtenkovskom vođenom raketom HOT 3 na daljini 3800 m. Drugi cilj bio je ekran koji je predstavljao ofanzivni helikopter na daljini 3800 m. Inertna raketa HOT 3 pogodila je cilj ispod glave rotora. Oba cilja gađana su korišćenjem IC nišanskog sistema. Treći cilj, kontejner koji se koristi kao reprezent zaklona, gađan je i uništen raketom HOT 3 na daljini 2200 m, korišćenjem televizijskog nišanskog sistema. Četvrti cilj bio je bunker, debljine zida 1,2 m betona, koji je zaštićen dodavanjem vreća sa peskom do sloja debljine 1 m. Korišćenjem rakete HOT 3 na daljini 2200 m, sa televizijskim nišanskim sistemom, cilj je pogoden i uništen.

ATM naoružan raketom HOT imaće po četiri rakete u poziciji za gađanje i dva senzorska oslonca sa svake strane, koji mogu da se podižu radi ostvarivanja izviđačke funkcije.

Operator rakete ima ravan panel-displej koji pokazuje sliku dobijenu od nišana i sa senzorskog oslonca, a koju kasnije kontroliše pomoću džojstika. Sekcija komandira, takođe, ima ravan panel-displej sa kartom. Informacije i slika mogu se poslati u realnom vremenu sledećem nivou komandovanja. Kada se koristi mod osmatranja prikazuje se pozicija na platformi sa panoramskim pogledom terena.

Mada su sva gađanja izvršena korišćenjem protivoklopne vođene rakete HOT (Euromissile) konstrukcija ATM je modularna, tako da se može koristiti bilo koja druga protivtenkovska vođena raketa (na primer TOW ili TRIGAT-MR).

V. R.

<<<◇>>>

## OKLOPNI TRANSPORTER IZ SAUDIJSKE ARABIJE\*

Saudijska Arabija razvila je moderniju varijantu oklopnog transportera 8 x 8 AL FAHD. Očekuje se da će u prvoj fazi proizvodnje, do početka 2000. godine biti kompletirano 25 vozila, ali bez naoružanja koje tek treba da se izabere u ponudama. Većina transportera biće namenjena mornaričkih snagama koje su sada opremljene španskim amfibijskim oklopnim transporterom 6 x 6 BMR-600, od kojih su neki već modernizovani.

Osnovni model oklopnog transportera AL FAHD, označen kao AF-40-8-1, može se naoružati mitraljezom 12,7 mm ugrađenim na kupolu ili različitim vrstama oružanih sistema koji će omogućiti izvršenje širokog spektra borbenih zadataka. Oni uključuju protivtenkovski bestrzajni top 106 mm M40, minobacač 120 mm firme Delco Defence Systems i kupolni sistem LAV-25 sa optički vođenom raketom TOW.

Kupola LAV-25/TOW naoružana je stabilisanim mitraljezom 25 mm M242 BOEING i spregnutim (koaksijalnim) mitraljezom 7,62 mm. Sa strane su ugrađeni lanseri raketa TOW (firme Raytheon) sa ukupno šest raketa.

Takođe, završen je i rad na šasiji AF-40-8-2, koja će imati pogon pozadi. To je drugačiji koncept oklopnog transportera sa pogonskim agregatom smeštenim u zadnjem delu, direktno iza vozača i komandira. Ta varijanta biće opremljena oružanom platformom velikog dometa i ugrađenim malotrzajućim topom 105 mm.

Svi oklopni transporteri AL FAHD imaju 8 točkova i potpuno su prilagođeni



*Oklopni transporter 8 x 8 AL FAHD*

hidropneumatskom elastičnom ovešenju, što omogućava savladavanje prepreka visine 450 mm. Inače, oklopni transporter je potpuno amfibijsko vozilo: dve turbine postavljene su sa svake strane u zadnjem delu vozila.

V. R.



## ISPITIVANJA TENKA ČELINDŽER 2E U GRČKOJ\*

Decembra 1998. godine za potrebe grčke armije, završena su terenska ispitivanja engleskog tenka ČELINDŽER 2E (Challenger 2E) koji se pogoni dizel motorom od 1103 kW (1500 KS) MTU 883, uporedo sa francuskim tenkom LEKLERK, nemačkim LEOPARD 2A5, ruskim T-80U, ukrajinskim T-84 i američkim M1A2. Grčka armija ima zahtev za oko 200 tenkova, a konačna kvota biće određena sa dobavljačem koji uđe u uži izbor.

U međuvremenu, četa od 12 standardnih tenkova ČELINDŽER 2 iz britanskog kraljevskog puka, sa dizel motorima Rols-Rojs CV12 od 883 kW (1200 KS), uspešno je izvršila četvoromesečna ispitivanja pouzdanosti ISRĐ (in-service relia-

\* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 7. april 1999.

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 3/1999.



bility demonstration) na poligonima za istraživanje i razvoj u Engleskoj.

Reklamirani kao „najrigorozniji testovi u svetu“ ova ispitivanja obuhvatila su ispaljenje 2850 granata iz topa 120 mm, 84000 zrna iz mitraljeza i prelaženje puta od 5040 km. Svaki tenk imao je ukupno 84 borbena dana u toku četiri meseca. Svaki simulirani borbeni dan sadržao je 33 km kretanja po terenu i 27 km po putevima, opaljenje 34 granate iz topa i 1000 zrna iz spregnutog mitraljeza.

Prototip tenkova, koji su obavili 285 borbenih dana ispitivanja pouzdanosti, pre usvajanja prve produkcije u julu 1994. godine, imao je prosečni nivo pouzdanosti 94% i resurs između otkaza 963 km (poželjnim pragom smatra se 85% i 334 km respektivno).

Prema mišljenju stručnjaka firme Vickers svih 12 tenkova ispunilo je stroge zahteve ispitivanja pouzdanosti. U toku ispitivanja tenka ČELINDŽER 2 pređen je put od oko 20 400 km na poligonu Bovington i ispaljeno je 11 600 topovskih projektila. Smatra se da je to do sada najispitaniji osnovni borbeni tenk.

Tenk ČELINDŽER 2 u upotrebi je u Kraljevskoj armiji Omana, a eksportna verzija tenka 2E trenutno se razmatra za isporuku u Katar, Južnu Afriku i Grčku.

Ponude za nove runde ispitivanja ovih tenkova dostavili su timovi iz Švedske i Engleske. Cilj oba tima je razvoj novog projektila koji će po karakteristikama nadmašiti sadašnji projektil 120 mm DS-T i CHARM 3 APFSDS sa uranijumskim probojnim jezgrom, koji se lansira iz topa L-30 120 mm pod visokim pritiskom. Njegova putanja trebalo bi da bude prilagođena za tipične borbene domete (sa postojećim opitnim zrnima postiže se preko 2 km) koji se smatraju poželjnim i bezbednim i iznose do 6,5 km.

Švedski tim predlaže da se razmotre i eksploatišu principi primenjeni za projekte DS-T švedskog topa 105 mm. U Švedskoj se trenutno pune i sklapanju projektili za glatkocevni top 120 mm tenka LEOPARD 2, za potrebe švedske armije.

M. K.



## MODERNIZACIJA HELIKOPTERA Mi-24\*

Pre 30 godina prvi put je poleteo helikopter Mi-24, koji je od tada prolazio kroz mnoga iskušenja. Pošto je to dug period za borbene helikoptere, početkom marta ove godine prikazan je potpuno modernizovani proizvod pod oznakom Mi-24VM (Mi-35M). Vidno obeležje modernizacije sastoji se u modularnom osavremenjavanju helikoptera Mi-24, koji se do sada pokazao izvrsnim u složenim borbenim uslovima.

U ovom slučaju, svaki modul može da se pojedinačno modernizuje u zavisnosti od postavljenih zahteva. Ugradnja novog glavnog rotora sa krilcima, izrađenim od vlakana stakloplastike, glavčine sa elastičnim ležištem, i repa rotora oblika X, koji je napravljen za helikopter Mi-28N, omogućili su smanjenje mase, povećanje visine letenja i brzine uzdizanja, i povećanje ukupnih borbenih karakteristika i izdržljivosti.

Uz modernizaciju tela helikoptera, sistema naoružanja i uređaja veze, moguća je i ugradnja skraćenog krila i neuvlačće opreme za prizemljenje, kao i odgovarajuće hidraulike. Kupci mogu zahtevati zamenu mnogih delova opreme,

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.

kao i ugradnju novih nosača bombi, lansirera za rakete i radio-uređaja.

Primarni zadatak jeste da se modernizacijom istakne efekat dejstva pojačanog naoružanja. Vođena raketa „vazduh-



*Helikopter Mi-24VM*

zemlja“ ATAKA, uvedena je kao sistem naoružanja helikoptera u koji može da se smesti 16 komada. Ove rakete mogu se koristiti i protiv ciljeva u vazдушnom prostoru, sličnih vođenim raketama IGLA-V. Mitraljez 12,7 mm zamenjen je avionskim topom 23 mm. Najsavremeniji kompjuter BVK-24 i laserski vizir takođe su sastavni deo opreme helikoptera. Program modernizacije omogućava povećanje tačnosti gađanja pojedinačnih ciljeva 1,5 puta, dok je zona opasnosti pri dejstvu topovske vatre povećana 2 do 2,5 puta. Borbena efikasnost vođenih raketa povećava se u proseku dvostruko. Modernizacijom se obezbeđuje i ukupna pouzdanost helikoptera. Upotreba naočara za noćno osmatranje i prikaz informacija o letu u vidnom polju, opremanje helikoptera optoelektronskim sistemom za upravljanje vatrom, koji uključuje termovizijske kanale, kanal upravljanja, laserski vizir i sistem ekrana, omogućiće posadi da uoči i prepozna ciljeve i upotrebi naoružanje helikoptera efikasno, kako danju tako i noću.

Ovaj program modernizacije treba da produži vek upotrebe helikoptera Mi-24 i njegovih uređaja sve do 2020. godine.

M. K.



## **NOVA GENERACIJA BORBENOG TRENAŽNOG AVIONA JAK-130\***

Obučavanje posade aviona oduvek je bilo značajno, jer ono neposredno utiče na efikasnost izvođenja borbenih zadataka. Stalno narastanje raskoraka između brzina trenajnih i borbenih aviona uticalo je da vazduhoplovne snage pređu na korišćenje mlaznih trenajnih aviona. Početkom 1991. godine Ruske vazduhoplovne snage imale su ponudu za razvoj jednosednog trenajnog aviona nove generacije. Avion je trebalo da ima dva motora, brzinu prizemljenja ne veću od 170 km/h, da zahteva poletno-sletnu stazu dužine do 500 m, ograničenje opterećenja +8/-3 g, dolet od 2500 km i mogućnost korišćenja nepripremljenih zemljanih aerodroma.

Usavršeni avion JAK-130 namenjen je za rutinske i napredne trenaje u navigaciji i akrobatici, taktičkom i operativnom manevrisanju i upotrebi naoružanja. Visoke performanse i taktičke mogućnosti obezbeđuju mu superiornost u odnosu na druge avione takve namene po pitanju efikasnosti trenaja pilota.

Kako JAK-130 obezbeđuje manevar tipičan za četvrtu i petu generaciju lovaca, izabran je oblik krila koji obezbeđuje let s uglom napada preko 35°. Potpuno pokretni rep aviona i visokopodižući delovi krila omogućavaju let s velikim napadnim uglom. Odlična aerodinamička konfigu-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.

racija kombinovana je sa potpuno autoritativnim trokanalnim četverokratnim redundantnim sistemom za upravljanje letom (fly-by-wire), s restriktivnim mogućnostima u slučaju opasnosti.

JAK-130 opremljen je sa dva turbo motora RD-35, svaki potiska 2200 kgs, koji obezbeđuju dobre poletno-sletne karakteristike i imaju bolju iskoristivost goriva. Uz to, visok pokazatelj potisak/masa obezbeđuje, pri manevru, velike napadne uglove sa brzinama nikad manjim od minimalno dozvoljenih. Motor je razvijen prema međudržavnom ugovoru Rusije i Slovačke.

Prvi prototip aviona JAK-130D poleteo je maja 1995. godine. Posle toga prikazivan je na aeromitinzima u Buržeu i MAKŠ-u.

Preko 200 probnih letova urađeno je do sada da bi se obezbedile visoke performanse leta i tehničke karakteristike prema projektnim uslovima, npr. mogućnost kontrolisanja leta pod napadnim uglom od 42°, kao i jedinstveni izgled za tu klasu aviona.

Osnovni projekat JAK-130 može se koristiti za razvoj mnogih drugih verzija, prvenstveno trenažera za borbene avione, lake jurišne avione, trenažera za pilote civilnih i vojnih transportnih aviona. Prema zahtevima oprema i izbor kontejnera mogu se menjati.

Jedan od važnih momenata je i zaključivanje kooperativnog ugovora između Projektnog biroa Jakovljeva i italijanske kompanije AerMacchi, jedne od najstarijih italijanskih aviokompanija za razvoj, proizvodnju, prodaju i servisiranje trenažnih aviona MB-326 i MB-339, koji su u upotrebi u 14 zemalja.

Kooperacija s ovim partnerom omogućila je Projektnom birou da formuliše generalnu tehničku konfiguraciju aviona,

koji će nesumnjivo biti konkurentan na tržištu borbenih trenažnih aviona i do 2040. godine. Projektni biro Jakovljeva, kompanija AerMacchi i firma Sokol iz Njižnjeg Novgoroda, trenutno rade na razvoju familije aviona JAK-130, uključujući kompletan dizajn, izradu prototipa, ispitivanja i pripremu za serijsku proizvodnju, pri čemu je svako odgovoran za određeni sektor. Prvi probni letovi očekuju se 2000. godine.

M. K.



## UVOĐENJE HELIKOPTERA ROOIVALK U UPOTREBU\*

Prvi napadački helikopter AH-2A ROOIVALK, firme Atlas Aviation, uveden je u naoružanje južnoafričkih oružanih snaga. Helikopter je opremljen reprezentativnim naoružanjem, kao što su 8 protivoklopnih raketa MOKOPA firme Kentron, dva 19-cevna raketna lansera i par potkrilnih dvocevni lansera raketa vazduh-zemlja MISTRAL, firme Matra BAe Dynamics, uz već poznati top kalibra 20 mm (sa ukupno 450 metaka u kompletu).

Pilot i nišandžija opremljeni su sistemom nišanjenja i displejom montiranim na šlemu, koji podrazumeva termalni nišan, kameru za mali nivo osvetljenja (sa tri vidna polja), laserski daljinomer, laserski označivač cilja i automatski „traagač“.

Testovi lansiranja rakete MOKOPA sa zemlje započeti su u februaru, a testovi vođenja u maju 1999. godine, zajedno sa testovima u vazдушnom prostoru koji su započeti 1998. godine. Inicijalna varijanta

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 7/1999.

rakete MOKOPA koristi poluaktivno lasersko vođenje sa iluminacijom cilja sa aviona ili neke druge platforme. Ako je potrebno ova verzija može se opremiti radarom koji radi u milimetarskom talasnom području i ima IC glavu za navođenje. Modularni pristup konstrukciji omogućava prilagođavanje različitih tereta, kao što su fragmentacione ili penetracione bojne glave, kao alternativa postojećoj tandem kumulativnoj bojnoj glavi (sposobna da probije valjani homogeni oklop, koji pokriva eksplozivni reaktivni oklop, debljine veće od 1,35 m). Raketa MOKOPA ima prečnik 178 mm i domet veći od 8500 metara.

V. R.

<<<◇>>>

## UBRZAVANJE NABAVKE AVIONA F-22 RAPTOR\*

Ratno vazduhoplovstvo SAD zatražilo je od kompanije Lockheed Martin da revidira plan proizvodnje „stealth“ lovca sledeće generacije F-22 RAPTOR, što se reflektuje na nabavku dodatnih 200 aviona na već odobrenih 339 lovaca.

Avioni treba da budu opremljeni za specijalne zadatke, kao što su precizni napadi iz vazdušnog prostora po ciljevima na zemlji i sprečavanje dejstva protivničke PVO.

Procene su da će se cena po jedinici letelice F-22, koja trenutno iznosi 84 miliona dolara, smanjiti na oko 50 miliona dolara.

Sadašnje planirane konfiguracije aviona F-22 namenjene su prvenstveno za obavljanje zadataka vazduh-vazduh. Smatra se da će se uloga F-22 povećati sposobnošću delovanja i po ciljevima na

zemlji bez osnovnih poteškoća u vezi s cenom ili modifikacijama koje se mogu uraditi u okviru modernizacije. Rad na dodavanju osnova za delovanje po ciljevima na zemlji i sprečavanju dejstva PVO može početi 2002. ili 2003. godine, između kraja faze inženjeringa i proizvodnje i početka serijske proizvodnje. Jedan blok modernizacije već je planiran dodavanjem rakete vazduh-vazduh AIM-9X firme Raytheon.

Jedan ispitani avion je proizveden i na njemu se ispituju naprezanja krila i trupa, dok drugi ispitani avion treba uskoro da se kompletira. Analize pokazuju da će avion moći da izdrži velika opterećenja pri manevrisanju. Materijali koji se koriste za povezivanje krila biće ojačani u proizvodnom programu, a te modifikacije neće uticati na plan i cenu aviona.

V. R.

<<<◇>>>

## BRODSKI ŠKOLSKO-BORBENI AVION Su-27KUB\*

Brodski školsko-borbeni lovac Su-27KUB, za nosače aviona koji je razvio Suhojev eksperimentalni projektantski biro, započeo je probna ispitivanja. Promotivni let izvršen je aprila 1999. na aerodromu Žukovski pored Moskve. Moguće je da će novi avion poslužiti kao osnovni model za familiju brodskih aviona, i da će na početku novog veka nastati nove jurišne i izviđačke verzije. Novi lovački avion je radikalno modifikovani avion Su-33 (Su-27K), koji ima poletnu masu i dužinu kao i Su-33, raspon krila mu je veći, a krila su adaptivna i pove-

\* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 30. jun 1999.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj-jun, 1999.

čavaju silu podizanja zbog promene zakrivljenosti.

Horizontalni front, krilna i repna površina znatno su proširene (površina krila je povećana za 8 m<sup>2</sup>). Široka primena kompozitnih materijala omogućila je projektantima da ne dozvole prekomerno povećanje mase.

Avion Su-27KUB imaće novu kabinu za posadu sa uporednim sedištima. Ovakav koncept ranije se koristio za lovac-bombarder Su-34 i njegovu eksportnu verziju Su-32FN. Novi avion opremljen je standardnim motorima Al-31F, koji će ubuduće biti zamenjeni motorima Al-31FP sa promenljivim vektorom potiska. Na avionu je ugrađen radar N-014 koji je razvio Institut Fazotron. Finansiranje, razvoj i proizvodnju aviona Su-27KUB obezbedila je ruska mornarica kao kupac, dok su ranije za razvoj i proizvodnju svih tipova borbenih aviona bile nadležne ruske vazduhoplovne snage.

M. K.



## PATROLNI ČAMAC MIRAŽ PK-500\*

PK-500 je prvi patrolni čamac iz serije MIRAŽ (Projekat 14310) koji je po mnogim osobinama unikatan. Novi patrolni čamac karakterišu kombinovane karakteristike koje su protivrečne. To su velika brzina i dobre plovne sposobnosti, snažno naoružanje i različita oprema za izviđanje i detekciju. Čamac je, takođe, sposoban da ostane na moru nekoliko dana, pružajući komforne uslove članovima posade i obezbeđujući utvrđeni deplasman.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, jul-avgust, 1999.

Najznačajnija karakteristika broda MIRAŽ jeste što može da razvije brzinu od 50 čvorova. To omogućava sistem automatski upravljanih interceptora. Kada su rašireni, pramčani i krmeni interceptori stvaraju ispred sebe džepove visokih pritisa, koji doslovno podižu brod iznad površine vode. Osim toga, iza pramčanih interceptora formiraju se prostori sa atmosferskim vazduhom. Kao posledica toga, površina broda pod vodom znatno je manja, a vazduh ispod broskog dna smanjuje otpor pri plovljenju. Interceptori omogućavaju postizanje velikih brzina, a istovremeno smanjuju ljuljanje broda za dva i više puta.

Na primer, kada se čamac nađe na moru pod jakim vetrom i snažnim talasima, pri kretanju ekonomičnom brzinom od 8 čvorova, posada se zbog ljuljanja mora držati za ograde i držače. Međutim, pri aktiviranju interceptora i povećanju brzine stabilnost broda se menja. Kroz 30 sekundi dostiže se brzina od 30,8 čvorova, ljuljanje prestaje, a palubu više ne zapljuskuje voda.

Brodsko naoružanje se kompletira prema ispostavljenim zahtevima. Osnovna varijanta sadrži šestocevni automatski top 30 mm AK-306, koji ima brzinu gađanja 600 do 1000 metaka u minuti, i dva mitraljeza 14,5 mm postavljena na postoljima. Za uništavanje ciljeva u vazдушnom prostoru MIRAŽ je naoružan raketama PVO IGLA, koje su postavljene na krmenom delu broda. Za uništavanje površinskih i obalskih ciljeva patrolni čamci se mogu naoružati raketnim sistemom ŠTURM, koji sadrži dva lansera sa tri cevi za lansiranje raketa ATAKA. Maksimalni domet ovih raketa, upravljanih po radio-kanalu, iznosi 5600 metara.

M. K.



## VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

11002 Beograd, Balkanska 53

Telefoni: (011) 645-020 i 36-04-190, lok.: 33-190

Telefaks: (011) 645-020

## NARUDŽBENICA

Pretplaćujemo se na časopise za 2000. godinu:

primeraka

### 1. Vojnotehnički glasnik

(stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno.

Godišnja pretplata 210,00 dinara.

Prilikom uplate pozvati se na broj: 054/963

.....

### 2. Novi glasnik

(vojnostručni intervidovski časopis) izlazi dvomesečno.

Godišnja pretplata 330,00 dinara.

Prilikom uplate pozvati se na broj: 053/963

.....

### 3. Vojno delo

(opštevojni teorijski časopis) izlazi dvomesečno.

Godišnja pretplata 250,00 dinara.

Prilikom uplate pozvati se na broj: 051/963

.....

Broj primeraka izdanja koje se naručuje upisati u narudžbenu i poslati na adresu:  
VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD, Balkanska 53, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioći uplaćuju iznos pretplate  
na žiro-račun broj **40818-637-9-6319 RC Topčider - za VIZ (sa pozivom na broj za  
svaki časopis)** i šalju primerak uplatnice uz narudžbenu.

Kupac ..... tel.: .....

Mesto ..... Ulica ..... br. ....

Dana .....

Potpis naručioca

M.P.

.....

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem integralnog tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, tehnologiju, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, kao i 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, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, 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 dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. 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, ili u pogodnoj računarskoj grafici. 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.

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, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopise slati na adresu: Redakcija „Vojnotehničkog glasnika“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

*Tehničko uređenje*  
Branko Marković

*Lektor*  
Dobriła Miletić, profesor

*Korice*  
Milojko Milinković

*Korektor*  
Bojana Uzelac

Cena: 20,00 dinara

Tiraž 1300 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.

---

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)