

General-major  
DORDE ĐUKIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Saveta)

General-potpukovnik  
dr MILORAD DRAGOJEVIĆ, dipl. inž.

General-major  
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik  
RATOMIR MILOVANOVIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika)

Pukovnik  
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor  
dr ZORAN STOILJKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr JUGOSLAV KODŽOPELIJĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr ZAHARIJE VLASKALIN, dipl. inž.

Pukovnik  
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Saveta)

Pukovnik  
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
ASIM HADŽIEFENDIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik  
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Major  
RADOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

**GLAVNI I ODGOVORNI  
UREDNIK**

Pukovnik  
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.

**LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK**  
SLOBODAN MIHAILOVIĆ

**LEKTOR**

DOBRILO MILETIĆ, prof.

**KOREKTOR**

JOVAN ĐUKIĆ, dipl. inž.

**SEKRETAR REDAKCIJE**

BRANKA STOJKOV

**ADRESA REDAKCIJE:** VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK — BEOGRAD, Bircaninova 5,  
VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokal:  
odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-156,  
pretplata 32-937, žiro-račun: Vojnotehnički  
glasnik) 60623-649-2393 Beograd. Godišnja  
pretplata: za pojedince — 600 dinara, a  
za ustanove, preduzeća i druge organiza-  
cije — 1800 dinara. Rukopisi se ne vra-  
ćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beo-  
grad, Generala Ždanova 40 b.

**IZDAJE**

GENERALŠTAB VOJSKE JUGOSLAVIJE

**STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJE**

**VOJNOTEHNIČKI  
glasnik**



**5**



## SADRŽAJ

|                                                                                 |     |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Dikić Goran,</b><br>kapetan I klase, dipl. inž.                              | 477 | Poboljšanje kvaliteta praćenja pokretnih ciljeva primenom Kalmanovog filtra |
| <b>Dr Dušan Rajić,</b><br>kapetan I klase, dipl. inž.                           | 488 | Označavanje hemijske municije stranog porekla                               |
| <b>Dragan Trifunović,</b><br>potpukovnik                                        | 499 | Snabdevanje r/d jedinica u borbenim uslovima                                |
| <b>Dr Dušan Rajić,</b><br>kapetan I klase, dipl. inž.                           | 503 | Razmeri opasnosti od eventualne hemijske ekološke katastrofe u Tuzli        |
| <b>Nenad Trifunović,</b><br>dipl. inž.,<br><b>Mr Zoran Babić,</b><br>dipl. inž. | 509 | Informacioni sistem održavanja objekata i opreme VMA                        |
| <b>Mr Radomir Đukić,</b><br>kapetan I klase, dipl. inž.                         | 523 | Osetljivost rang-liste varijanti na promenu broja kriterijuma i varijanti   |
| <b>Mr Dragan Đorđević,</b><br>major, dipl. inž.                                 | 537 | Računar kao izvor zračenja                                                  |

## NOVE KNJIGE

|                                              |     |                    |
|----------------------------------------------|-----|--------------------|
| <b>Prof. dr Jovan Zatkall,</b><br>dipl. inž. | 547 | Radio-goniometrija |
|----------------------------------------------|-----|--------------------|

## PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

|     |                                                                         |
|-----|-------------------------------------------------------------------------|
| 550 | Avionsko kasetno naoružanje u oružanim snagama zapadnih zemalja — P. M. |
| 555 | Interkontinentalne balističke rakete — T. Š.                            |
| 560 | Nova generacija američkih trupnih radio-stanica UKT opsega — Š. T.      |
| 565 | Organizacija periodičnog pregleda vozila — L. B.                        |

## TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

|     |                                                                             |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------|
| 569 | Automatski top MF 30 mm američke firme SWC namenjen pešadijskim jedinicama  |
| 569 | Argentinski višecrevni bacač raketa SAPBA                                   |
| 570 | Kineski minobacač WW 90                                                     |
| 570 | Dnevna TV kamera sa vidikonskom cevi francuske firme THOMSON-CSF            |
| 571 | Francuski višenamenski sistem za upravljanje vatrom tenkovskih topova FA 11 |
| 572 | Protivradarske vođene rakete klase vazduh — zemlja zemalja NATO             |

- 574 Američka protivoklopna raketa HELLFIRE
- 574 Francuska raketa vazduh — zemlja AS 30 LASER
- 575 Ponovni razvoj francuskog kasetnog artiljerijskog projektila 155 mm ACED
- 575 Švedski upaljači TIP 15 i TIP 16 za protivoklopne mine
- 576 Danski patrolni brod THETIS
- 576 Nova dostignuća u NBH detekciji
- 577 Južnoafričko borbeno vozilo RATEL sa protivoklopnim raketnim sistemom ZT 3 SWIFT
- 579 Francusko oklopno pešadijsko vozilo VCA za transport letilicom
- 579 Familija lakih vojnih vozila FAV američke firme CHENOWETH
- 580 Prenosni radio-terminal za prenos podataka FuH 600 nemačke firme ALCATEL SEL
- 580 Uređaj za kriptozastitu podataka CIDES-VHS američke firme CYLINK
- 581 Programski paket za analizu i projektovanje konstrukcija PAK Zavoda CRVENA ZASTAVA
- 581 Jezici za indeksiranje i matematičke teorije
- 581 Britanski artiljerijski trenažer AMFCTS



## Poboljšanje kvaliteta praćenja pokretnih ciljeva primenom Kalmanovog filtra

U članku su dati opis i uporedna analiza algoritama linearnog i proširenog Kalmanovog filtra. Ilustracija mogućnosti poboljšanja kvaliteta praćenja pokretnih ciljeva ostvarena je korišćenjem rezultata dobijenih simulacijom odgovarajućih procesa na personalnom računaru.

### Uvod

Pri gađanju pokretnih ciljeva neophodno je stalno praćenje njihovih koordinata. Podaci o trenutnom položaju cilja dobijaju se primenom raznovrsnih senzora. Njihov rad najčešće se zasniva na prijemu elektromagnetne energije reflektovane od cilja, kao što je slučaj kod radara. U novije vreme, sve više se, umesto elektromagnetne energije, koristi termičko zračenje samog cilja, kako bi se smanjila mogućnost otkrivanja sopstvenog položaja.

Za potrebe preciznijeg praćenja pokretnih ciljeva razvijeni su specifični filtri u vidu numeričkih algoritama koji se realizuju uz primenu odgovarajuće računarske opreme. Neki od ovih algoritama su vrlo jednostavni, kao, na primer, »Metod ekstrapolacije kroz dve tačke«, ali obezbeđuju manju tačnost. Veća tačnost postiže se složenijim algoritmima koji zahtevaju upotrebu brzih računara da bi se mogli primeniti u realnim sistemima [1]. Literatura [1] sadrži interesantnu uporednu analizu svojstava pojedinih filtara, kao što su: metod ekstrapolacije kroz dve tačke,  $\alpha$ - $\beta$ , Winerov, Kalmanov i pojednostavljeni Kalmanov filter. U ovom članku opisuje se Kalmanov filter s obzirom na kva-

litet i tačnost koja se postiže njegovom primenom u praksi. Za ilustraciju njegovog rada na personalnom računaru razvijeni su odgovarajući programi koji obuhvataju sledeće procese:

- generisanje šumova za potrebe simulacije merenja koordinata cilja;
- generisanje koordinata referentne trajektorije leta;
- simulaciju merenja koordinata cilja, i
- modeliranje samog Kalmanovog filtra.

Svi programi realizovani su u okviru programskog paketa »MATLAB«, koji je namenjen upravo za rešavanje složenih računskih problema. Pri generisanju koordinata referentne trajektorije leta odabran je cilj koji se kreće pravolinijski konstantnom brzinom na konstantnoj visini, a u trenutku  $t_0$  vrši manevar u horizontalnoj ravni menjajući kurs leta za 180 stepeni.

U konkretnom slučaju simuliran je cilj koji leti brzinom  $v_t = 300$  m/s, a praćenje počinje kada su njegove koordinate  $x_0 = 18\,000$  m,  $y_0 = 9\,000$  m i  $z_0 = 2\,000$  m. Manevar nastaje 10 sekundi nakon što je otpočeto sa praćenjem, i to u horizontalnoj ravni, uz opterećenje od  $a_n = 3g$  ( $g = 9,81$  m/s<sup>2</sup>).

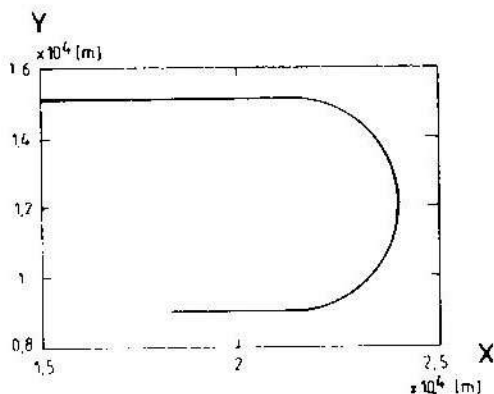
Zamišljeno je da se merenje udaljenosti cilja  $p$  u odnosu na osmatračku stanicu, azimuta  $v$  i elevacije  $\varphi$ , vrši u intervalima od jedne sekunde. Pri tome se pretpostavljaju sledeće karakteristike osmatračke stanice:

— standardno odstupanje izmerenih vrednosti daljine cilja  $\sigma_R = 180$  m;

— standardno odstupanje izmerenih vrednosti uglova elevacije i azimuta  $\sigma_\varphi = \sigma_v = 8/1000$  rad.

### Matematički model kretanja cilja

Kvalitetno modeliranje kretanja cilja, pored zadane trajektorije, podrazumeva i simulaciju iznenadnih mane-



SL 1 — Prikaz modelirane referentne trajektorije leta

vara i ubrzanja usled vazдушnih turbulencija. Polazeći od činjenice da je manevar vremenski korelisana pojava, može se pretpostaviti da, ukoliko postoji ubrzanje u trenutku  $t$ , ono postoji i u trenutku  $t+\tau$ , za dovoljno malo  $\tau$ . Na osnovu toga [2] ubrzanje se predstavlja kao slučajan proces sa eksponencijalnom autokorelacionom funkcijom:

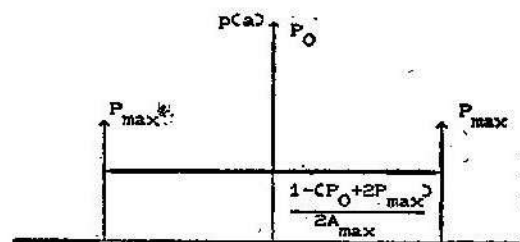
$$r(\tau) = E[a(t) a(t+\tau)] = \sigma_m^2 \exp(-\alpha|\tau|), \quad \alpha > 0 \quad (1)$$

gde je:

$\sigma_m$  — varijansa ubrzanja cilja,

$\alpha$  — recipročna vrednost vremenske konstante manevra.

Vremenska konstanta u slučaju blagog manevra iznosi 1 minut, za ošte manevre 10—30 s, a u slučaju delovanja vazдушnih turbulencija (iznenadni manevri) njena vrednost je reda 1 s. Varijansa ubrzanja prema Singeru [2] izračunava se koristeći model prikazan na sl. 2.



SL 2 — Model gustine verovatnoće ubrzanja cilja

Na osnovu prikazanog modela jasno je da se cilj može kretati uz ubrzanje od  $A_{max}$  ( $-A_{max}$ ) sa verovatnoćom  $P_{max}$ . Verovatnoća da se cilj kreće konstantnom brzinom iznosi  $P_0$ . Ostala ubrzanja moguća su u skladu sa uniformnom raspodelom na intervalu  $[-A_{max}, A_{max}]$ . Na osnovu prikazanog modela varijansa ubrzanja  $\sigma_m^2$  izračunava se prema izrazu

$$\sigma_m^2 = \frac{A_{max}^2}{3} [1 + 4P_{max} - P_0] \quad (2)$$

Koristeći standardan način za modeliranje procesa sa autokorelacionom funkcijom, datom izrazom (1) (Winer-Kolmogorov procedura), ubrzanje cilja se može izraziti kao:

$$\frac{da(t)}{dt} = -\alpha a(t) + w(t) \quad (3)$$

gde je:

$$w(t) \text{ — beli Gausov šum varijanse } \sigma_w^2 = 2\alpha\sigma_m^2 \quad (4)$$

Za jednu fizičku dimenziju jednačina kretanja cilja može se napisati u vidu izraza

$$\frac{ds'(t)}{dt} = \Phi s'(t) + \Gamma' a(t) \quad (5)$$

gde je:

$$s'(t) = \begin{bmatrix} \text{pozicija cilja u trenutku } t \\ \text{brzina cilja u trenutku } t \end{bmatrix}$$

$a(t)$  — ubrzanje cilja u trenutku  $t$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad \Gamma' = [0 \ 1]^T$$

Na osnovu (3) i (5) jednačine kretanje cilja (za jednu fizičku dimenziju), mogu se izraziti kao

$$\frac{ds(t)}{dt} = \Phi s(t) + \Gamma w(t) \quad (6)$$

gde su:

$$s(t) = \begin{bmatrix} \text{pozicija cilja u trenutku } t \\ \text{brzina cilja u trenutku } t \\ \text{ubrzanje cilja u trenutku } t \end{bmatrix}$$

$$\Phi = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -\alpha \end{bmatrix}, \quad \Gamma = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Prethodni izraz nakon prevođenja u diskretni domen i uvođenja odgovarajućih aproksimacija dobija formu

$$s(k+1) = Fs(k) + Gw(k) \quad (8)$$

gde su:

$$s(k) = [s(k) \ \dot{s}(k) \ \ddot{s}(k)]^T$$

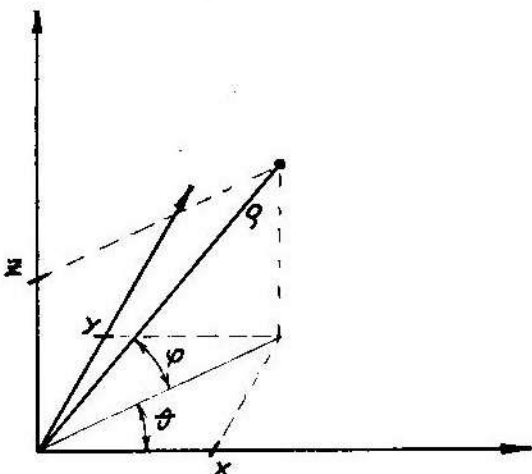
$$F = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 \\ 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G = \begin{bmatrix} T^2/4 \\ T/2 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

$w(k)$  — sekvenca belog Gausovog šuma sa karakteristikama

$$E[w(k)] = 0, \quad E[w(k)^2] = 2\alpha T \sigma_m^2$$

Da bi model bio kompletan, neophodno je definisati i jednačinu merenja

koordinata cilja. S obzirom na postojanje različitih koordinatnih sistema, jednačina merenja može se definisati na više načina.



Sl. 3 — Prikaz koordinata u pravouglom i sfernom koordinatnom sistemu

Ukoliko se koordinate izražavaju u pravouglom koordinatnom sistemu (PKS), jednačina merenja data je kao:

$$m(k) = Hs(k) + v(k), \quad k = 1, 2, \dots \quad (10)$$

gde su:

$$m(k) = [x_m(k) \ y_m(k) \ z_m(k)]^T$$

$$x_m = \rho \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\vartheta),$$

$$y_m = \rho \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\vartheta),$$

$$z_m = \rho \cdot \sin(\varphi),$$

$v(k)$  — sekvenca belog Gausovog šuma koji predstavlja ekvivalentni šum merenja u PKS-u

$$v(k) \simeq N(0, R_v(k))$$

Ukoliko se položaj cilja izražava u sfernom koordinatnom sistemu (SKS), jednačina merenja postaje nelinearna i data je u obliku:

$$m(k) = h(s(k)) + v(k) \quad (11)$$

$$m(k) = [\rho \ \vartheta \ \varphi]^T$$

$\rho, \vartheta, \varphi$  koordinate u SKS-u

$h$  — nelinearna vektorska funkcija

$$\rho = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$$

$$\vartheta = \arctan(y/x)$$

$$\varphi = \arcsin(z/\rho)$$

$x, y, z$  koordinate u PKS-u

$$v(k) \simeq N(0, R_s(k))$$

$v(k)$  — sekvenca belog Gausovog šuma koji predstavlja ekvivalentni šum merenja u SKS-u.

### Jednačine Kalmanovog filtra

U prethodnom tekstu model sistema opisan je jednačinama

$$s(k+1) = Fs(k) + Gw(k),$$

$$m(k) = Hs(k) + v(k), \quad k = 1, 2, \dots$$

Problem filtracije podrazumeva iznalaženje procene  $\hat{s}(k)$  na bazi skupa izmerenih vrednosti  $M_k = [m(1), m(2), \dots, m(k)]$ . Kao indeks performanse uzima se varijansa  $E[v^T v]$ , gde je  $v = s(k) - \hat{s}(k)$  greška procene. Procena koja mi-

nimizira dati kriterijum definiše se kao uslovna srednja vrednost:

$$s_{opt}(k) = E[s(k)/M_k]$$

Za razliku od klasičnih filtera kod kojih se obavlja izdvajanje određenog spektra iz raspoloživog signala, postupak filtracije u ovom slučaju obuhvata tri procesa:

— procenu, odnosno predikciju stanja  $\hat{s}(k+1)$ , znači jedan korak u napred;

— procenu stvarnih koordinata cilja na bazi izmerenih podataka, kako bi se postigla veća tačnost, i

— procenu veličina koje, praktično, ne merimo, kao što su brzine i ubrzanja cilja.

U engleskom jeziku pojam procena označava reč estimation. Stoga se u literaturi, umesto naziva filter, često koristi naziv estimator, kako bi se istakla razlika u odnosu na klasične filtre.

U slučaju jedne fizičke dimenzije (jedne koordinate), na primer  $x$ , rešenje problema dato je u rekurzivnom obliku izrazima:

$$\hat{s}(k+1/k) = F\hat{s}(k/k) \quad (12)$$

$$\hat{s}(k+1/k+1) = \hat{s}(k+1/k) + K(k+1)[m(k+1) - H\hat{s}(k+1/k)] \quad (13)$$

$$P(k+1/k) = FP(k/k)F^T + GQ(k)G^T \quad (14)$$

$$K(k+1) = P(k+1/k)H^T[HP(k+1/k)H^T + \sigma_x^2]^{-1} \quad (15)$$

$$P(k+1/k+1) = (I - K(k+1)H)P(k+1/k) \quad (16)$$

gde su:

$K$  — Kalmanovo pojačanje

$$Q = \sigma_m^2$$

$\sigma_x^2$  — varijansa šuma merenja za koordinatu  $x$

$$\hat{s}(k+1/k) = E[s(k+1)/M_k]$$

$$\hat{s}(k+1/k+1) = E[s(k+1)/M_{k+1}]$$

$$P(k+1/k) = E[(s(k+1) - \hat{s}(k+1/k))(s(k+1) - \hat{s}(k+1/k))^T / M_k]$$

$$P(k+1/k+1) = E[(s(k+1) - \hat{s}(k+1/k+1))(s(k+1) - \hat{s}(k+1/k+1))^T / M_{k+1}]$$

$$H = [1 \ 0 \ 0] \text{ u slučaju koordinate } x$$

S obzirom na to da se merene sferne koordinate  $(\rho, \vartheta, \varphi)$ , pre dovođenja u filter, transformišu u pravougle Dekartove koordinate  $(x_m, y_m, z_m)$ , greške merenja u PKS-u biće uzajamno korelisane, mada su u SKS-u nekorelisane. Ovo nastaje kao posledica nelinearne transformacije koja povezuje koordinate u jednom i drugom sistemu.

Matrica kovarijanse šuma merenja u SKS-u data je u obliku matrice

$$R_s = \text{diag} [\sigma_R^2, \sigma_\vartheta^2, \sigma_\varphi^2].$$

Kako je vektor merenja u PKS-u definisan kao:

$$x_m = \rho \cdot \cos(\varphi) \cdot \cos(\vartheta),$$

$$y_m = \rho \cdot \cos(\varphi) \cdot \sin(\vartheta),$$

$$z_m = \rho \cdot \sin(\varphi),$$

Jakobijan transformacije iz sfernih u pravougle koordinate definisan je kao:

$$J_{si} = \begin{bmatrix} \cos(\vartheta)\cos(\varphi) & -\rho\sin(\vartheta)\cos(\varphi) & -\rho\cos(\vartheta)\sin(\varphi) \\ \sin(\vartheta)\cos(\varphi) & \rho\cos(\vartheta)\cos(\varphi) & -\rho\sin(\vartheta)\sin(\varphi) \\ \sin(\varphi) & 0 & \rho\cos(\varphi) \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$p_{11}(1/1) = \sigma_x^2,$$

$$p_{12}(1/1) = p_{21}(1/1) = \sigma_x^2/T,$$

$$p_{13}(1/1) = p_{31}(1/1) = 0,$$

$$p_{22}(1/1) = 2\sigma_x^2/T^2 + \frac{\sigma_M^2}{\alpha^4 T^2} \left[ 2 - \alpha^2 T^2 + \frac{2\alpha^3 T^3}{3} - 2e^{-\alpha T} - 2\alpha T e^{-\alpha T} \right],$$

$$p_{23}(1/1) = p_{32}(1/1) = \frac{\sigma_M^2}{\alpha^2 T} \left[ e^{-\alpha T} + \alpha T - 1 \right],$$

$$p_{33}(1/1) = \sigma_M^2. \quad (19)$$

Usled toga, matrica kovarijanse šuma merenja u PKS-u može se aproksimativno izračunati kao:

$$R_i = J_{si} \cdot R_s \cdot J_{si}^T \quad (18)$$

Iz poslednje relacije jasno je da su vandijagonalni elementi matrice  $R_i$  različiti od nule, što dokazuje tvrdnju o uzajamnoj korelisanosti grešaka merenja u PKS-u. Usled toga, neophodno je generisati matricu  $R_s$  pri estimaciji svake naredne koordinate.

Posmatrajući jednu fizičku dimenziju (na primer  $x$ ) pod pretpostavkom da je akvizicija podataka počela pre nego što se manevar desio, početni uslovi su definisani kao:

$$x(1/1) = m(1),$$

$$\dot{x}(1/1) = (M(1) - m(0))/T,$$

$$\ddot{x}(1/1) = 0.$$

Pri tome matrica  $P(1/1)$  ima oblik:

gde je:

$\sigma_x$  — varijansa šuma merenja u slučaju koordinate x,

T — perioda odabiranja.

Zanemarujući pojedine članove, matrica P(1/1) postaje jednostavnija

$$P = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x^2 T & 0 \\ \sigma_x^2 T & 2\sigma_x^2 T^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Čime se olakšava njeno izračunavanje.

U slučaju da se primenjuje vektor merenja definisan jednačinom (11)

$$m(k) = h(s(k)) + v(k)$$

za estimaciju koordinata mora se primeniti prošireni Kalmanov filter [3]. Za razliku od linearnog filtra, jednačina (13) je u ovom slučaju zamenjena izrazom:

$$\begin{aligned} \hat{s}(k+1/k+1) &= \hat{s}(k+1/k) + K(k+1) \\ &[m(k+1) - h(\hat{s}(k+1/k))], \end{aligned} \quad (21)$$

a u jednačinama (15) i (16) umesto matrice H koristi se Jakobijan

$$H_x(\hat{s}(k+1/k)) = \left. \frac{\partial h(s)}{\partial s} \right|_{s=\hat{s}(k+1/k)}$$

odnosno

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\partial p}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial p}{\partial y} & 0 & 0 & \frac{\partial p}{\partial z} & 0 & 0 \\ \frac{\partial \theta}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial \theta}{\partial y} & 0 & 0 & \frac{\partial \theta}{\partial z} & 0 & 0 \\ \frac{\partial \varphi}{\partial x} & 0 & 0 & \frac{\partial \varphi}{\partial y} & 0 & 0 & \frac{\partial \varphi}{\partial z} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$x = \hat{x}(k+1/k)$$

$$y = \hat{y}(k+1/k)$$

$$z = \hat{z}(k+1/k)$$

S obzirom na to da se u izraz (21) mora uvesti član  $h(\hat{s}(k+1/k))$ , neophodno je istovremeno generisati procene sve tri koordinate (x, y i z). Usled toga matrice F, G i P(1/1) postaju

$$F = \begin{bmatrix} 1 & T & T^2/2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & T & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & T & T^2/2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$G = \begin{bmatrix} T^2/4 \\ T/2 \\ 1 \\ T^2/4 \\ T/2 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$P = \begin{bmatrix} \sigma_x^2 & \sigma_x^2 T & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sigma_x^2 T & 2\sigma_x^2 T^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_y^2 & \sigma_y^2 T & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_y^2 T & 2\sigma_y^2 T^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_z^2 & \sigma_z^2 T \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sigma_z^2 T & 2\sigma_z^2 T^2 \end{bmatrix}$$

pri čemu je 0 nula matrica dimenzije (3×3).

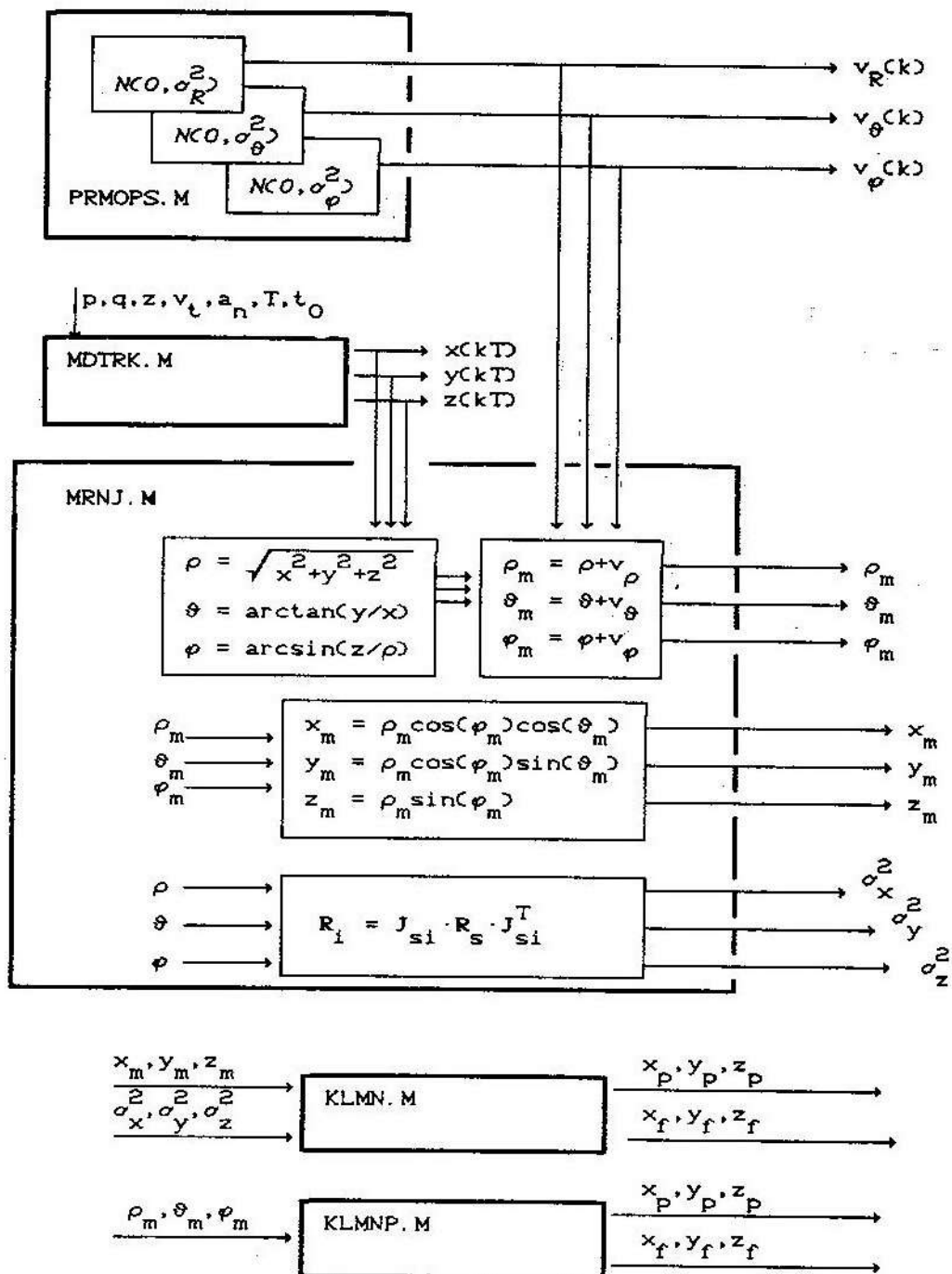
Pored toga, u izrazu (15), umesto varijanse šuma merenja koordinate x, uvodi se matrica kovarijanse šuma merenja u SKS-u.

### Programska realizacija postavljeneog problema

Ceo problem je raščlanjen u pet posebnih programa. Na slici 5 prika-

|                                                                                                                              |  |                                                                                                                  |                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| Inicijalizacija: $T, g, a_n, v_t, x_0, y_0, z, t_0$<br>N - broj iteracija                                                    |  |                                                                                                                  |                                                |
| $r = v_t^2 / a_n$ ; radijus zaokreta pri zadanim $a_n$ i $v_t$<br>$q = y_0 + r$ ; y koordinata centra zakrivljenosti putanje |  |                                                                                                                  |                                                |
| FOR k = 1                                                                                                                    |  |                                                                                                                  |                                                |
| t = k * T                                                                                                                    |  |                                                                                                                  |                                                |
| IF t ≤ t <sub>0</sub>                                                                                                        |  | ELSE:                                                                                                            |                                                |
| $x(t) = x_0 + v_t * t$<br>$y(t) = y_0$                                                                                       |  | $\beta = (t - t_0) * a_n / v_t$<br>$\alpha = \beta - \frac{\pi}{2}$                                              |                                                |
|                                                                                                                              |  | IF $\alpha \leq \frac{\pi}{2}$                                                                                   | ELSE:                                          |
|                                                                                                                              |  | $x(t) = x(t_0) + r * \cos(\alpha)$<br>$y(t) = q + r * \sin(\alpha)$<br>$y_k = y(t)$<br>$x_k = x(t)$<br>$t_k = t$ | $x(t) = x_k - v_t * (t - t_k)$<br>$y(t) = y_k$ |
| TO N                                                                                                                         |  |                                                                                                                  |                                                |
| SAVE x, y                                                                                                                    |  |                                                                                                                  |                                                |

Sl. 4 — Prikaz programa kojim se generišu koordinate referentne trajektorije



Sl. 5 — Ilustracija realizovanih programskih rešenja



zано је шта су улази, а шта излази појединих програма, као и њихова међусобна повезаност. Први програм, под називом »PRMOPS.M«, генерише секвенце шума мерења:

- $v_R$  — за удаљеност циља,
- $v_\vartheta$  — за угao azimuta  $\vartheta$ , i
- $v_\varphi$  — за угao elevacije  $\varphi$ ,

у складу са претпостављеним карактеристикама осматрачке станице. У програму »MDTRK.M« генеришу се координате референтне трајекторије лета (идеални математички модел). У овом програму иницијално се задају почетне координате:  $x_0 = p$ ,  $y_0 = q$ ,  $z_0 = z$ , као и подаци о brzini лета —  $v_t$ , opterećenju при маневру —  $a_n$ , perioda odabiranja —  $T$  i trenutak otpočinjanja manevra  $t_0$ .

С обзиром на једноставност референтне трајекторије за генерисање координата циља, кориштене су једначине аналитичке геометрије. Опис референтне трајекторије преко варијабли стања био би бољи јер је универзалан и важи за било који облик трајекторије лета.

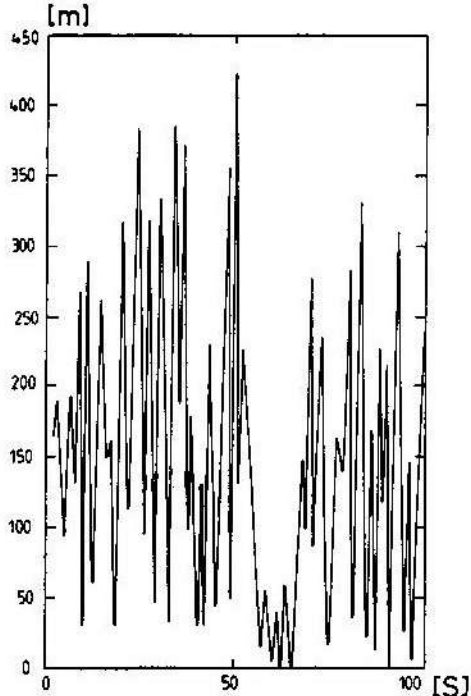
Измерене координате у сферном координатном систему,  $(\rho_m, \vartheta_m, \varphi_m)$ , за моделiranu трајекторију лета, добијају се у програму »MRNJ.M« на основу координата добијених у програму »MDTRK.M« као и секвенци шума мерења добијених у програму »PRMOPS.M«. Пored toga, у истом програму истовремено се израчунава матрица коваријансе шума  $R_i$ , из разлога који су описани у претходној таčki овог текста, као и координате  $(x_m, \vartheta_m, z_m)$  за правougli — Dekartov координатни систем. Програм »KLMN.M« омогућава тестирање квалитета рада Linearnog Kalmanovog филтра.

У програму »KLMNP.M« тестиран је квалитет рада проширеног Kalmanovog филтра који се примењује уколико је једначина opservacije nelinearna (израз 11).

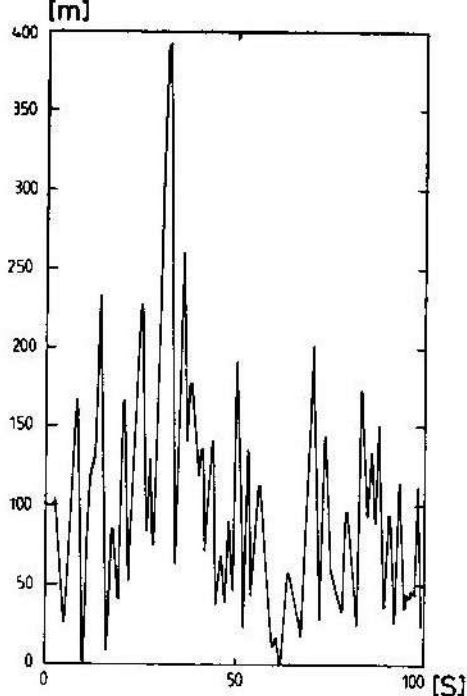
## Анализа добијених резултата

Анализа квалитета рада реализованог филтра остварена је поређењем резултата насталих проценом координата циља уз помоћ филтра, измерених координата и координата које су добијене из математичког модела претпостављене референтне трајекторије лета. Поредећи апсолутне грешке за измерене вредности координате  $y$  (слика 6) и вредности апсолутних грешака за податке добијене након филтрирања истих координата (слика 7), помоћу Kalmanovog филтра може се извести закључак да подаци добијени коришћењем филтра мање одступају од стварних вредности посматране координате. Слични резултати добијају се и у случају преостале две координате ( $x$  и  $z$ ).

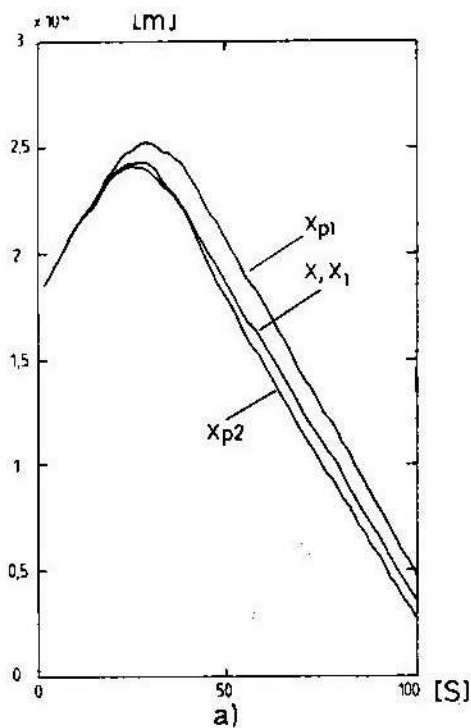
Упоређујући вредности координата добијених како linearnim тако и проширеним Kalmanovim филтром са координатама референтне трајекторије, може се рећи да су резултати настали применом linearnog филтра у већини случајева бољи (слика 8). С обзиром на крупну разлику postojećeg мерила, на приказаној слици се не виде значајније разлике у вредностима координата добијених применом linearnog филтра —  $x_1$  и вредности референтне трајекторије —  $x$  (слика 8a). У случају координате  $y$ , одступања наведених вредности су нешто већа, па се могу јасније уочити. Међутим, овом илустрацијом се приоритетно указује на осетљивост проширеног Kalmanovog филтра када су у питању почетни услови. Координате  $x_{p1}$  и  $y_{p1}$  добијене су користећи матрицу  $P(1/1)$  чији су почетни елементи дефинисани изразом (20). Пошто су уочена знатно већа одступања у односу на она која се јављају код linearnog филтра, почетне вредности елемената матрице  $P(1/1)$  дефинисане су у складу са изразом (19). Preciznijim задаванјем наведених почетних вредности одступања добијених координата  $x_{p2}$  и  $y_{p2}$  постала су мања.



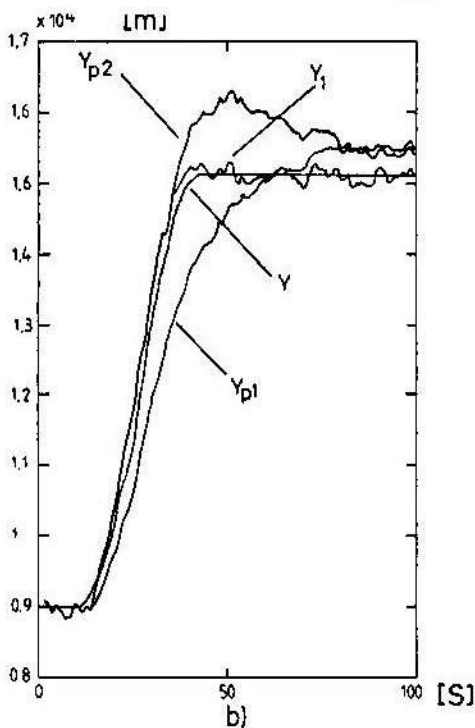
Sl. 6 — Apsolutna greška pri merenju koordinate  $y$



Sl. 7 — Apsolutna greška koordinata dobijene obradom izmerenih vrednosti koordinate  $y$  pomoću linearnog Kalmanovog filtra



a)



b)

Sl. — 8a) Vrednosti koordinata —  $x$  dobijene primenom različitih postupaka obrade, b) vrednosti koordinata —  $y$  dobijene primenom različitih postupaka obrade, (komentar je dat u tekstu)

## Zaključak

Na osnovu analize rezultata, dobijenih u procesu simulacije, može se zaključiti:

1. Linearni Kalmanov filter je jednostavniji za realizaciju, jer se izračunavanje sve tri koordinate može obaviti sukcesivno koristeći jedan filter nakon svakog izvršenog merenja. Time se izbegava operacija inverzije matrice u jednačini (15), a proces se svodi na nalaženje recipročne vrednosti skalara. Pored toga, izračunavanja su manja po obimu i lakša, jer matrica  $P$  ima jednostavnije članove zbog uvedenih zanamerenja.

2. Odstupanja od stvarnih vrednosti koordinata u slučaju linearnog filtera u proseku su manja nego u slučaju proširenog filtera. Jedan od razloga kojim se ovo objašnjava je svesno uvo-

đenje greške pri formiranju matrice  $H_x$ . Navedena matrica nastaje kao rezultata linearizacije nelinearne vektorske funkcije  $h$ . Pri tome su odbačeni svi članovi sa izvodima višeg reda, osim Jakobijana koji sadrži izvode prvog reda.

3. Zadavanje početnih uslova u slučaju proširenog filtera zahteva veću preciznost, kako bi se dobili prihvatljivi rezultati (ne smeju se uvesti zanemarenja pojedinih članova u matrici  $P$ ).

4. Linearni filter radi stabilnije. Prošireni filter u pojedinim trenucima generiše veće odstupanje od stvarnih koordinata i sporo im se približava, što se vidi iz priloženih rezultata.

Navedeni zaključci daju prednost linearnom filteru kada je u pitanju praktična realizacija poboljšanja kvaliteta praćenja pokretnih ciljeva primenom Kalmanovog filtera.

## Literatura:

- [1] Robert A. Singer, Kenneth W. Behnke: Real - Time Tracking Filter Evaluation and Selection for Tactical Applications, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-7, No. 1, January 1971.
- [2] Robert A. Singer: Estimating Optimal Tracking Filter Performance for Manned Maneuvering

Targets, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. AES-7, No. 1, January 1971.

- [3] Mischa Schwartz, Leonard Shan: Signal Processing (Discrete Spectral Analyses, Detection and Estimation), International Student Edition, Kogakusha, McGraw Hill Book, 1975.

## **Označavanje hemijske municije stranog porekla**

Primena hemijskog oružja na teritoriji naše zemlje od strane potencijalnog agresora nije isključena. U takvoj situaciji događalo bi se da izvesne zalihe hemijske municije stranog porekla postanu naš ratni plen. Pravilna identifikacija zaplenjene hemijske municije stranog porekla otklanja mogućnost donošenja pogrešnih odluka u vezi s njom i izbegavanje posledica koje bi iz toga proistekle.

### **Uvod**

Označavanje municije i minsko-eksplozivnih sredstava vrši se s ciljem da se korisnicima pruži minimum neophodnih podataka o njihovim karakteristikama, kako bi se omogućio pravilan tretman i postupak prema tim sredstvima u raznim fazama, počev od proizvodnje, transporta, održavanja, skladištenja, eksploatacije, remonta, do svih ostalih mogućih vidova aktivnosti. Postoji široki spektar različitih vrsta municije, pri čemu, u nekim slučajevima, postoje vizuelne sličnosti koje mogu dovesti do dilema i zabuna. Svakako, pa i najmanja greška u identifikaciji ovih sredstava može dovesti do pogrešnih odluka, što, u krajnjem, može izazvati nastanak katastrofalnih posledica. Pravilna identifikacija označene municije svodi eventualne pogreške u radu s njom na minimum i time omogućuje bezbedan rad na njenom održavanju, remontu, eksploataciji i čuvanju.

Označavanje hemijske municije dobija na značaju kada se zna da ta vrsta municije pripada sistemu oružja za tzv. masovno uništavanje žive sile, pa bi i moguće posledice, usled grešaka pri identifikaciji i na bazi toga donetih neadekvatnih odluka u vezi s tom vrstom municije, mogle biti drastičnije nego što je to slučaj sa klasičnom.

Poznato je da se naša zemlja dosledno pridržava svih međunarodnih konvencija kojima se zabranjuje proizvodnja i upotreba hemijskog oružja. Međutim, to ne isključuje mogućnost da eventualni protivnik protiv nas upotrebi tu vrstu oružja. U vreme kada se na delovima teritorije bivše Jugoslavije vodi građanski rat i kada je jedna strana podržana vojnom materijalnom pomoći iz inostranstva, nije isključena mogućnost podrške i hemijskom municijom. Uostalom, u nekoliko navrata tokom rata na teritoriji Krajine hrvatske snage su koristile privremeno onespособljavajuće bojne otrove (BOT) koje su isporučile strane sile.

Cilj ovog rada jeste da na sistematičan način predstavi način obeležavanja hemijske municije stranog porekla, počev od trofejne iz II svetskog rata, pa sve do najsavremenije, s obzirom na to da se ta municija u eventualnom ratu protiv naše zemlje može naći kao ratni plen.

### **Sistem označavanja municije**

Premda postoje specifičnosti u obeležavanju municije stranih proizvođača, njihov sistem obeležavanja suštinski se ne razlikuje. Podaci se na municiju nanose žigovima, bojom, dopunskim bojama u vidu pojaseva i indeksacijom [1].

Žigisanje predstavlja utiskivanje propisanih slovni i numeričkih oznaka, kao i drugih ustaljenih znakova na metalne delove metka. Ove oznake odnose se samo na elemenat na koji su utisnute i najčešće daju informacije o šarži upotrebljenog materijala za metalne delove, o modelu, prepravci, seriji, godini izrade i oznaci proizvođača. Izuzetno, na telima upaljača, zavisno od tipa, označavaju se i drugi podaci: vrsta, pozicije regulatora dejstva, veličina usporenja, vrednost tempiranja, vrsta samolikvidatora, i sl. Na košuljicama projektila američke proizvodnje žigisanjem se označavaju i podaci o kalibru, modelu, seriji, godini izrade, proizvođaču, tehničkoj i vojnoj kontroli, koji služe za identifikaciju projektila u slučaju da se navedeni podaci nanese bojom izbrišu. Na dancetu čaura, pored već nanesenih osnovnih, žigošu se i podaci o kalibru i modelu oruđa, modelu i tipu čaure, a ponekad i podaci o vrsti materijala od kojeg je čaura izrađena.

Bojenje obuhvata spoljne površine samo košuljica projektila, mina, bombi i ambalaže. Nanese sloj boje ima prvenstveno ulogu konzervansa, a različitim kolorisanjem i nijansiranjem omogućuje i grubo identifikovanje pojedinih vrsta projektila, s obzirom na namenu. Ova boja se zbog toga često naziva uniformnom. Projektili se boje po čitavoj površini, izuzev vodećeg prstena, a ponekad i centrirajućeg ojačanja koje se samo lakira specijalnim lakom. U ratnim uslovima ruska armija ne boji projekte, već ih konzervira odgovarajućim mastima.

Dopunsko bojenje sastoji se u nanošenju pojaseva odgovarajućih boja na pojedine delove metka, raketnog projektila, mine i sl., kako bi se pomoću njih označile bliže karakteristike, u prvom redu projektila. Tako, npr. ukoliko se više vrsta projektila bojadiše jednom istom bojom, na projekte se različitim bojama nanose pojasevi koji, osim na osnovnu, npr. razornu karakteristiku, ukazuju i na sledeća bliža svojstva: za-

paljivo, obeležavajuće, otrovno, i sl. Pojas jedne boje može imati više značenja. U tom slučaju kombinuje se sa lokacijom pojasa, tako da npr. pojas jedne iste boje ispod gornjeg centrirajućeg ojačanja ima jedno, a iznad vodećeg prstena drugo značenje.

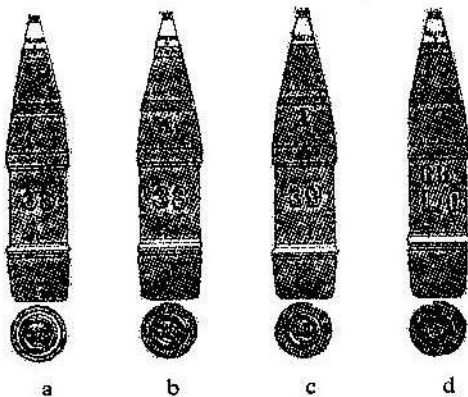
Indeksacija predstavlja otiskivanje propisanih slovni i numeričkih oznaka, kao i drugih ustaljenih znakova na odgovarajuće elemente municije i minsko-eksplozivnih sredstava pomoću specijalno podešenih štambilja, odnosno šablona i štamparske, odnosno obične boje. Zavisno od raspoloživog prostora, podaci se ispisuju punim rečima, skraćenicama, indeksima ili kombinovano, ali tako da omogućavaju saznanje o dotičnoj vrsti metka, mine, rakete, odnosno minsko-eksplozivnog sredstva. Ton i nijansa boje za označavanje propisuju se tako da u odnosu na uniformnu boju obezbeđuju pun kontrast, kako bi se omogućilo lako očitavanje podataka na municiji i minsko-eksplozivnim sredstvima.

### **Prepoznavanje trofejne hemijske municije**

U toku II svetskog rata Nemci su bili potpuno spremni za vođenje hemijskog rata, ali su od njega odustali uglavnom zbog straha od istovrsne odmazde saveznika [2]. Međutim, na teritorijama na kojima su boravili tokom okupacije, uključujući i bivšu Jugoslaviju, ostale su sakrivene izvesne količine hemijske municije, pa nije isključena mogućnost da se pojedini komadi slučajno pronađu. Da bi se izbegle moguće nesreće sa takvim primercima trofejne hemijske municije, u ovom radu tom problemu biće posvećena adekvatna pažnja.

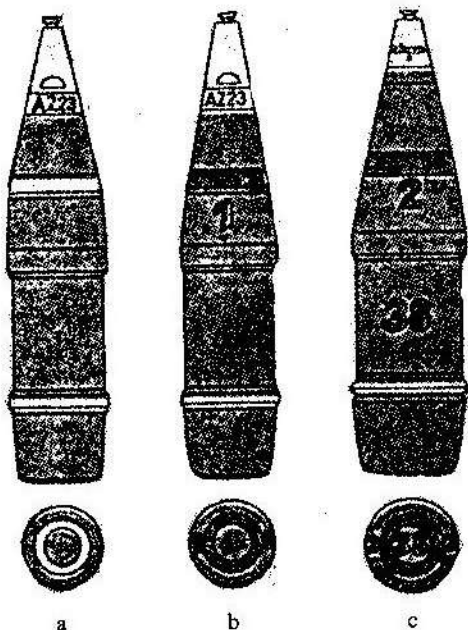
Na sl. 1. prikazane su nemačke hemijske granate povećanog eksplozivnog dejstva, napunjene zagušljivim i dugotrajnim BOt [3].





Sl. 1 — Nemačka hemijska municija povećanog eksplozivnog dejstva

a) — Granata sa zeleno-žutim prstenom (zeleni prsten sa žutim obodom) i brojem 38 na telu i dnu, laborisana zagušljivcem čiji miris podseća na miris belog luka; b) — Granata sa zelenim prstenom i brojevima 1 i 38 na telu i dnu, laborisana zagušljivcem čiji miris se jedva oseća; c) — Granata sa zelenim prstenom i brojevima 2 i 39 na telu i dnu, laborisana zagušljivcem; d) — Granata sa zelenim prstenom, pečatom na telu i prstenu na dnu, laborisana zagušljivcem čiji miris podseća na miris belog luka.



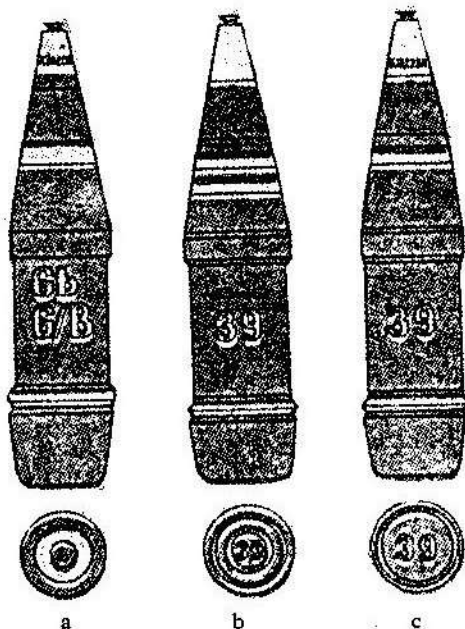
Sl. 2 — Hemijska municija sa povećanim eksplozivnim delovanjem

a) — Granata sa belim prstenom na telu i dnu, laborisana sa BOT nadražujućeg dejstva

koji ima miris badema; b) — Granata sa plavim prstenom i brojem 1 na telu i dnu, laborisana sa BOT koji nadražuje organe za dišanje, izaziva povraćanje i ima miris buđi; c) — Granata sa plavim prstenom i brojevima 2 i 38 na telu i dnu, laborisana sa BOT nadražujućeg dejstva koji ima miris mastila

Na sl. 2. prikazane su hemijske granate sa povećanim eksplozivnim delovanjem, napunjene nadražujućim BOT [3].

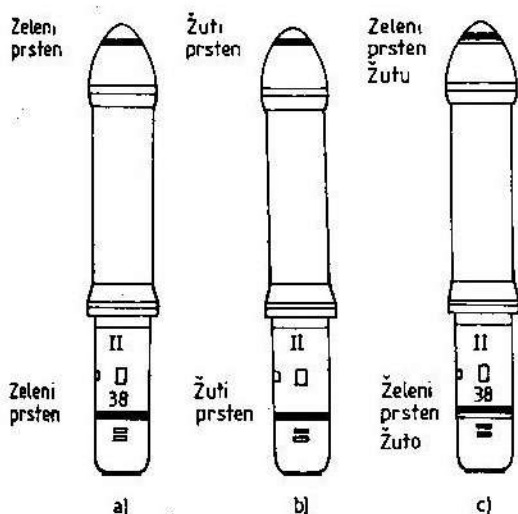
Na sl. 3. prikazane su hemijske granate sa slabim eksplozivnim dejstvom napunjene dugotrajnim BOT [3].



Sl. 3 — Hemijska municija sa slabim eksplozivnim punjenjem i dugotrajnim BOT

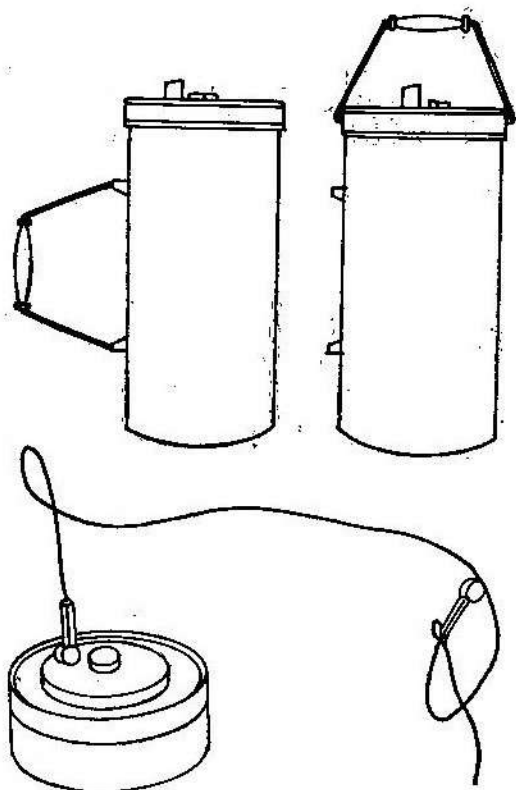
a) — Granata sa žutim prstenom, pečatom na telu i prstenom na dnu, laborisana dugotrajnim BOT mirisa belog luka; b) — Granata sa duplim žutim prstenom i brojem 39 na telu i dnu, laborisana dugotrajnim BOT; c) — Granata sa žutim prstenom i brojem 39 na telu i dnu, laborisana dugotrajnim BOT

Na sl. 4. prikazane su hemijske mine za minobacač koje su napunjene raznim BOT i imaju svoju boju i oznaku, sličnu onoj za artiljerijske hemijske granate [3].



Sl. 4 — Hemijske mine za minobacač

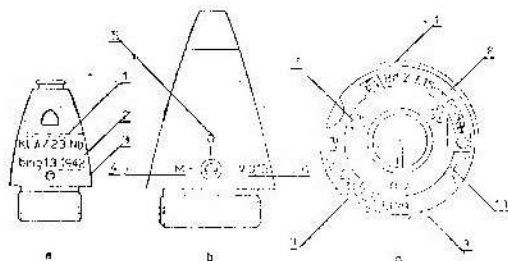
a) — Hemijska mina sa zelenim prstenom;  
b) — Hemijska mina sa žutim prstenom; c)  
— Hemijska mina sa zeleno-žutim prstenom



Sl. 5. — Hemijska fугаса M 1937

U naoružanju Nemačke nalazile su se i hemijske fугase. One su prikazane na sl. 5. [3].

Označavanje gornjih upaljača bivše nemačke armije vršeno je žigosanjem tela, a donjih žigosanjem dance-ta. Prikaz označavanja upaljača i projektila bivše nemačke armije vidi se na sl. 6, a detaljniji može se naći u literaturi [1].



Sl. 6 — Žigovi na upaljačima bivše nemačke armije

1 — oznaka vrste upaljača; 2 — znak da je upaljač predviđen za dimni projektil; 3 — oznaka proizvođača, serija i godina izrade upaljača; 4 — pozicija za usporeno dejstvo upaljača; 5 — pozicija za trenutno dejstvo upaljača; 6 — vreme usporenja (u s); 7 — pozicija za kratko usporenje upaljača; 8 — oznaka kalibra i vrste projektila kojem upaljač pripada; 9 — pozicija za trenutno dejstvo upaljača; 10 — pozicija za dugo usporenje upaljača.

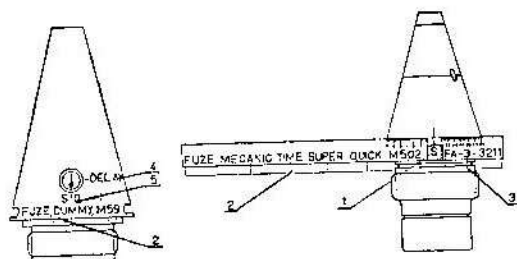
## Američki sistem označavanja municije

### Označavanje upaljača

Označavanje upaljača normalno se vrši žigosanjem na telu upaljača ili kod donjih žigosanjem na dnu. Izuzetno, može da bude dopunjeno bojom. Žigovima se označavaju sledeći podaci:

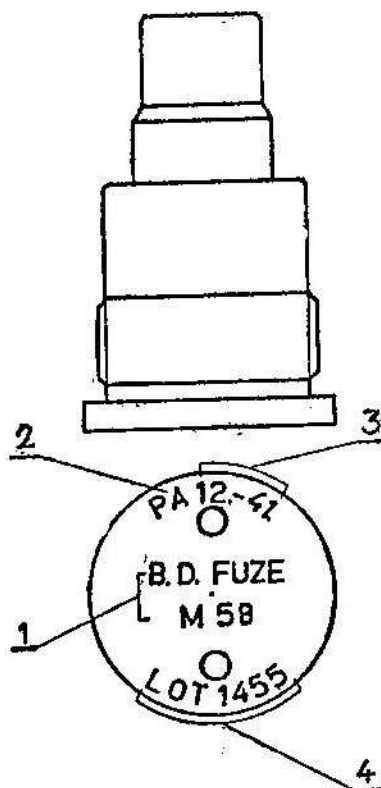
- vrsta i model upaljača;
- oznaka proizvođača;
- serija i godina proizvodnje upaljača;
- oznaka pozicije regulatora upaljača za trenutno SQ i usporeno DELAY dejstvo.

Na sl. 7. i 8. prikazan je način označavanja upaljača žigosanjem.



Sl. 7 — Žigovi na upaljaču američke municije

1 — pozicija za udarno dejstvo (duplodejstvujući upaljač); 2 — oznaka vrste i modela upaljača; 3 — proizvođač — međubroj — serijski broj; 4 — pozicija za usporeno dejstvo upaljača; 5 — pozicija za trenutno dejstvo upaljača



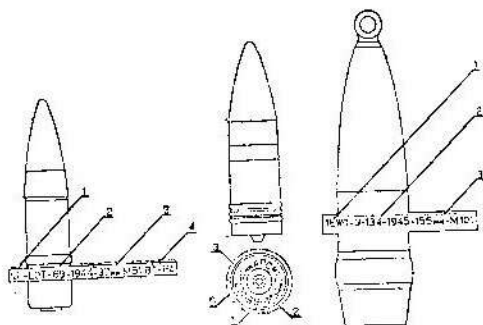
Sl. 8 — Žigovi na upaljaču američke municije

1 — oznaka vrste i modela upaljača; 2 — oznaka proizvođača; 3 — godina i mesec izrade upaljača; 4 — serijski broj

Više detalja o označavanju upaljača može se pronaći u literaturi [1].

### Označavanje košuljica artiljerijskih projektila i mina žigosanjem

Košuljice projektila označavaju se žigosanjem, bojenjem, dopunskim bojenjem i indeksacijom. Na košuljice američke proizvodnje žigovima se na-



Sl. 9 — Žigovi na košuljicama projektila američke proizvodnje

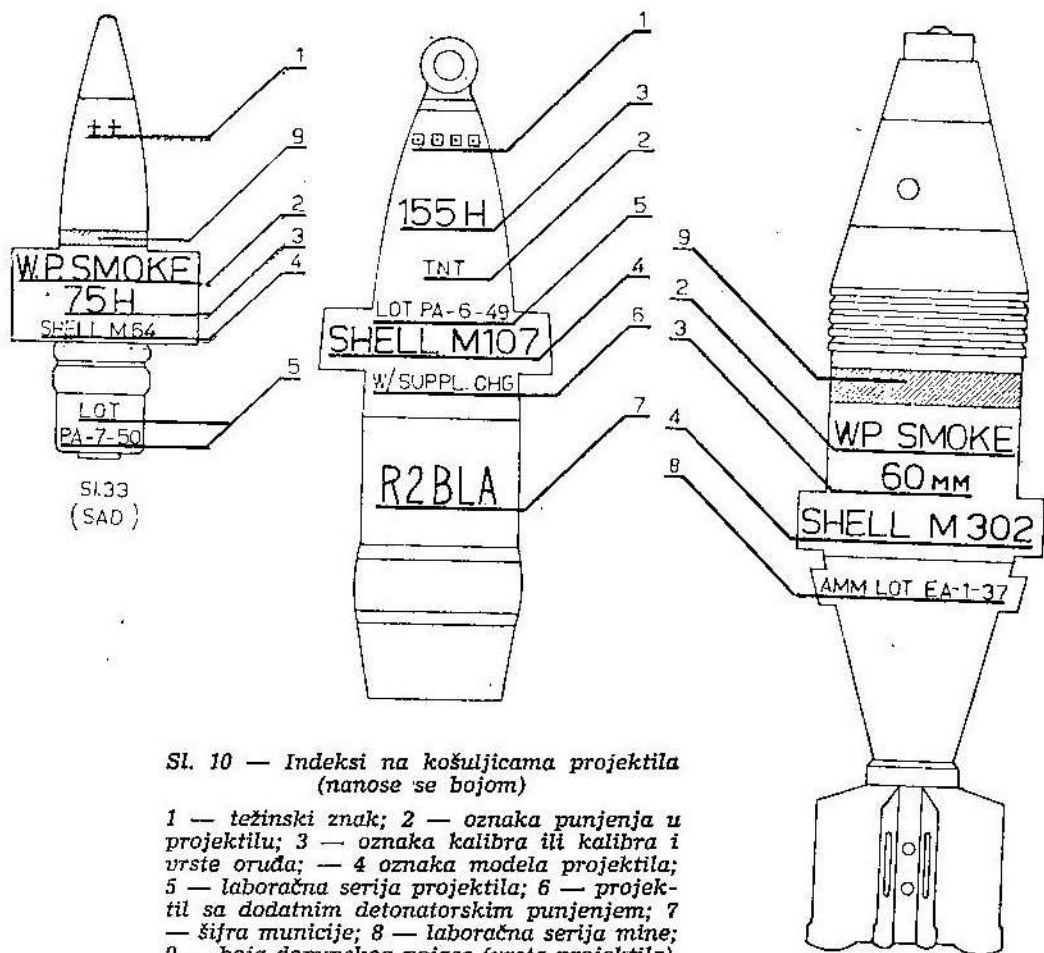
1 — oznaka proizvođača; 2 — serijski broj i godina izrade košuljice; 3 — oznaka kalibra, modela ili indeksa vrste i modela projektila; 4 — oznaka modifikacije projektila; 5 — serija.

nose sledeći podaci: oznaka proizvođača, serija i godina proizvodnje, kalibar, skraćena oznaka vrste i modela ili samo oznaka modela projektila i, eventualno, modifikacija projektila (sl. 9).

### Indeksacija košuljica

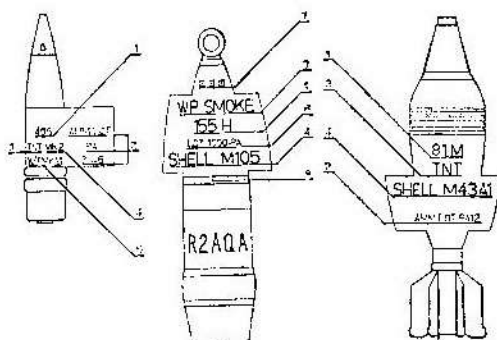
Na košuljice laborisanih projektila (mina) američke proizvodnje nanose se sledeći podaci: težinski znak, oznaka kalibra i vrste oruđa za koje je projektil namenjen, oznaka vrste i modela projektila, oznaka vrste punjenja u projektilu, oznaka laboračne serije projektila (sl. 10—12). Više detalja o tome može se naći u literaturi [1].





Sl. 10 — Indeksi na košuljicama projektila (nanose se bojom)

1 — težinski znak; 2 — oznaka punjenja u projektilu; 3 — oznaka kalibra ili kalibra i vrste oruđa; — 4 oznaka modela projektila; 5 — laboračna serija projektila; 6 — projektil sa dodatnim detonatorskim punjenjem; 7 — šifra municije; 8 — laboračna serija mine; 9 — boja dopunskog pojasa (vrsta projektila).



Sl. 11 — Indeksi na košuljicama projektila američke proizvodnje (nanose se bojom)

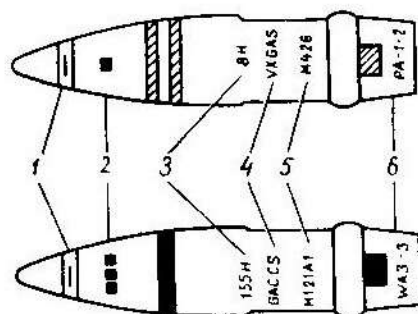
1 — oznaka kalibra i vrste oruđa; 2 — laboračna serija municije; 3 — oznaka punjenja u projektilu; 4 — oznaka modela projektila; 5 — sa traserom model 11; 6 — laboračna serija projektila; — 7 težinski znak; 8 — boja dopunskog pojasa (određuje vrstu projektila).

## Dopunsko bojenje košuljica u vidu pojaseva

Nijansa osnovne uniformne boje upozorava na opšta svojstva projektila (razorno, pancirno, i sl.). Međutim, dopunske boje u vidu pojaseva otkrivaju i neka bliža svojstva projektila, npr. hemijsko. Tako, na američkom projektilu, prema starom sistemu označavanja, dopunske oznake u vidu pojaseva imaju sledeće značenje [4]: crvena dopunska boja, naneta ispod gornjeg centrirajućeg ojačanja (kod kratkih ispod, kod dugih mina na cilindričnom delu), oznaka je za hemijski projektil sa nepostojanim BOT nadražujućeg ili psiho-genog dejstva (CS, CN, DM), dok dva crvena pojasa označavaju postojani BOT razdražujućeg dejstva.

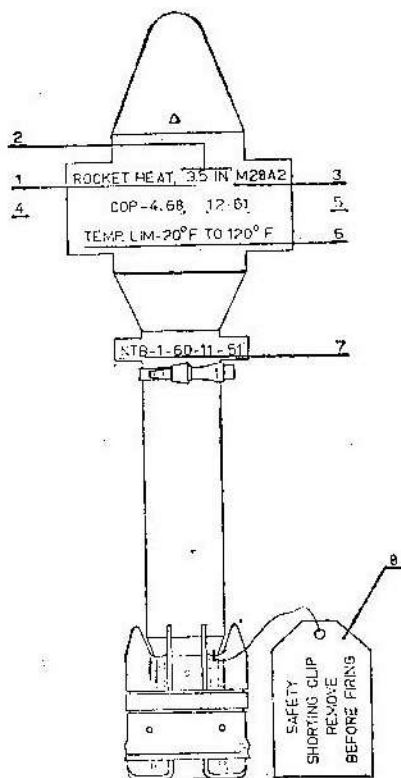
Zelena boja, naneta ispod gornjeg centrirajućeg ojačanja (kod mina ispod, odnosno na cilindričnom delu), odnosi se na hemijski projektil, pri čemu jedan pojas označava kratkotrajni BOT nervoparalitičkog, opšteotrovnog i za-gušljivog dejstva (sarin, soman, fosgen, hlorcijan), a dva dugotrajna BOT nervoparalitičkog ili kožnog dejstva (VX, iperit).

Na sl. 13. i 14. prikazani su načini obeležavanja hemijskih granata i mina [4].



Sl. 13 — Označavanje hemijskih granata

1 — tip, indeks i vrsta dejstva upaljača; 2 — oznaka za masu; 3 — kalibar i tip oruđa za koje je predviđena granata (G — top, H — haubica, M — minobacač); 4 — tip granate; 5 — indeks granate; 6 — broj partije napunjene granate.

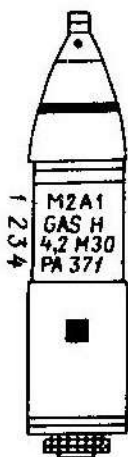


Sl. 12 — Indeksi na nevođenom raketnom projektilu

1 — oznaka vrste projektila; 2 — oznaka kalibra projektila u inčima; 3 — oznaka modela i modifikacije projektila; 4 i 5 — oznaka proizvođača, laboračne serije, meseca i godine proizvodnje glave projektila; 6 — temperaturna granica upotrebe projektila; 7 — isto kao pod 3, ali za raketni motor; 8 — upozorenje da je strujni krug pripale kratko spojen i da osigurač treba odstraniti pre upotrebe.

## Bojenje košuljice

Košuljice laborisanih artiljerijskih projektila i mina za bacače američke proizvodnje boje se po čitavoj spoljnoj površini, izuzev vodećih prstenova artiljerijskih projektila. Košuljice hemijskih projektila imaju svetlosivu boju kao uniformnu i napisanu reč GAS. Oznake se ispisuju bojom dopanskog pojasa.



Sl. 14 — Označavanje hemijskih mina

1 — indeks mine; 2 — indeks BOT i uslovna oznaka punjenja; 3 — kalibar i tip minobacača; 4 — broj partije municije.

Kod novog sistema označavanja uniformna boja je siva, a dopunskim bojenjem američke hemijske municije oznake imaju sledeće značenje [4]:

— jedan zeleni pojas — nepostojani BOT;

— dva zelena pojasa — postojani BOT;

— tri zelena pojasa — nervnopalitički BOT;

— jedan crveni pojas — nepostojani BOT razdražujućeg dejstva;

— dva crvena pojasa — postojani BOT razdražujućeg i psihogenog dejstva.

Natpis na telu granate sa zelenim pojasevima je GAS sa tipom BOT, a sa crvenim pojasevima RIOT.

Hemijska municija zastupljena je u sva tri vida američke vojske [5]. Tako, recimo, u vazduhoplovstvu postoji arsenal raznih hemijskih aviobombi od kojih su najpoznatija Bigeye (binarna aviobomba) i razne vrste avionskih kasetnih hemijskih bombi. U artiljeriji su najpoznatiji hemijski projektili sa oruđa kalibra od 105 mm, 155 mm, 175 mm i 203,2 mm. Od raketnih hemijskih

projektila čuveni su Little John, Honest John, Lacrosse, Capral, Sergeant. Takođe je razvijeno i usvojeno u naoružanje više modela hemijskih fугasa, granata, ručnih bombi, itd.

U tab. 1. prikazane su skraćene oznake kojima se može identifikovati BOT kojim je laborisana hemijska municija američke vojske. Najčešće se američka hemijska municija laboriše sarinom, iperitom, VX, CS, BZ i herbicidima [5].

Tabela 1.

Oznake za BOT laborisan u projektilu [1, 6]

| Vrsta punjenja                                                       | Američka oznaka |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Smeša hlorosulfonske kiseline, pušljive sumporne i sumporne kiseline | FS              |
| Smeša heksahlorstana i cinka                                         | HC              |
| Tabun (N, N-dimetilamido O-etilcijanofosfat)                         | GA              |
| Sarin (O-izopropil metilfluorofosfonat)                              | GB              |
| Soman (sek-O-naheksimetilfluorofosfonat)                             | GD              |
| Fosforidoholin                                                       | VX              |
| 3-klorokloridni benzilat                                             | BZ              |
| O-hlorbenziliden malondinitril                                       | CS              |
| Iperit (dihloroditiosulfid), destilisani iperit                      | H, HD           |
| Bromacetoni                                                          | BA              |
| Klark I (difenil hlorarsin)                                          | DA              |
| Klark II (difencilijansarin)                                         | DC              |
| Iperit T - mešavina destilovanog i kiseonikovog                      | HT              |
| Lulzie (2-hlorovindihlorarsin)                                       | L               |
| Hlorpikrin (trihlornitrometan)                                       | PS              |
| Hlor                                                                 | C               |
| Fosgen (dihlorid karbonatne kiseline)                                | CG              |
| Difosgen (trihlormetil-ester hlorokarbonatne kiseline)               | DP              |
| Hloracetofenon                                                       | CN              |
| Hloracetofenon i hlorpikrin rastvoreni u hloroformu                  | CNS             |
| Brombenzilcijanid                                                    | CA              |
| Adamsit                                                              | DM              |
| Etildihlorarsin                                                      | DM              |
| Cijanovodonična kiselina                                             | AC              |
| Hlorcijan                                                            | CK              |

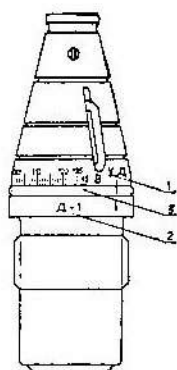
## Ruski sistem označavanja municije

### Označavanje upaljača

Na upaljače ruske proizvodnje žigovima se nanose sledeći podaci [1]:

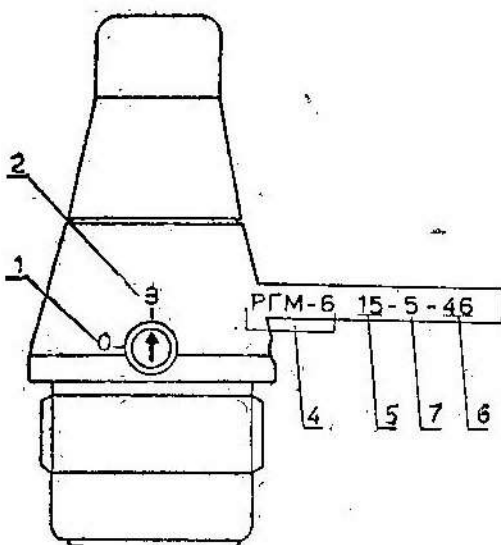
- oznaka vrste upaljača ;
- broj (šifra) proizvođača;
- broj partije i godina izrade upaljača.

U nekim slučajevima označavanje upaljača žigovima može biti dopunjeno i bojenjem. Na sl. 15. i 16. prikazan je način označavanja ruskih upaljača.



Sl. 15 — Žigovi na upaljačima ruske proizvodnje

1 — pozicija za udarno dejstvo (duplodejstvujući upaljači); 2 — oznaka vrste i modela upaljača; 3 — broj partije upresovane temperirne smeše



Sl. 16 — Žigovi na upaljačima ruske municije

1 — pozicija za trenutno dejstvo upaljača; 2 — pozicija za usporeno dejstvo upaljača; 3 — znak tehničke kontrole; 4 — oznaka vrste i modela upaljača; 5 — oznaka proizvođača; 6 — godina izrade upaljača; 7 — serijski broj.

Označavanje košuljica artiljerijskih projektila i mina za bacače

Na košuljice projektila ruske proizvodnje žigovima se nanose sledeći podaci:

— na cilindrični deo košuljice projektila sjedinjenih metaka: broj šarže materijala, šifra punjenja projektila, broj — šifra proizvođača, serija i godina izrade;

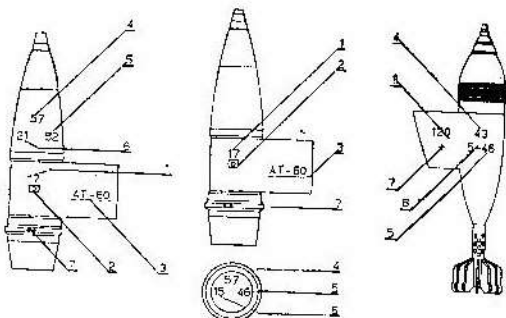
— na košuljice projektila dvodelnih metaka nanose se isti podaci kao u prethodnom slučaju, s tim što se oznake šifre proizvođača, serije i godine izrade utiskuju na dance;

— težinski znak utiskuje se na vodeći prsten projektila;

— na košuljice projektila sa zavojnim dancetom, osim propisanih žigova na cilindričnom delu i vodećem prstenu, utiskuju se odgovarajući žigovi i na zavojno dance;

— na mine za minobacače, ispod centrirajućeg ojačanja, žigošu se sledeći podaci: kalibar, težinski znak, šifrovaná oznaka proizvođača, serija i godina izrade.

Na sl. 17. prikazan je način nanošenja žigova na košuljicu projektila ruske proizvodnje [1].

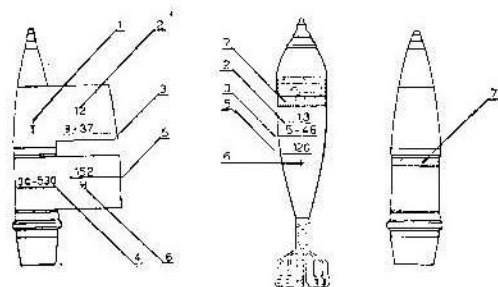


Sl. 17 — Žigovi na košuljicama projektila

1 — broj šarže materijala košuljice; 2 — proba tvrdoće materijala; 3 — oznaka punjenja u projektilu; 4 — oznaka proizvođača; 5 — godina izrade košuljice; 6 — serijski broj; 7 — težinski znak; 8 — oznaka kalibra.

## Indeksi na košuljicama projektila

Na sl. 18. prikazan je način nanošenja indeksa na košuljicama projektila ruske proizvodnje.



Sl. 18 — Indeksi na košuljicama projektila (nanose se bojom)

1 — oznaka punjenja u projektilu; 2 — oznaka zavoda koji je izvršio laboraciju projektila; 3 — serija i godina laboracije projektila; 4 — oznaka vrste projektila i nomenklature broj oruđa; 5 — oznaka kalibra; 6 — težinski znak; 7 — boja pojasa (označava vrstu projektila).

## Bojenje košuljica

Košuljice laborisanih artiljerijskih projektila ruske proizvodnje boje se po čitavoj spoljnoj površini samo zaštitnom sivom bojom, izuzev vodećeg prstena, centrirajućeg ojačanja i donjeg dela artiljerijskog projektila za sjedinjene metke. Centrirajuća ojačanja i vodeći prstenovi pokrivaju se tankim slojem bezbojnog laka, a donji deo projektila za sjedinjene metke specijalnim crnim lakom.

## Dopunsko bojenje košuljica u vidu pojaseva

Hemijski projektil označava se žutom bojom ispod gornjeg centrirajućeg ojačanja, a kod mina ispod cilindričnog dela.

Poznato je da se u ruskoj armiji nalazi široki spektar hemijske municije: CS ručna granata, artiljerijski pro-

|      |                |
|------|----------------|
| R-5  | Iperit         |
| R-10 | Fosgen         |
| R-12 | Difenilhlorsir |
| R-15 | Adamsit        |
| RS   | Luizit         |
| RA?  | Fosgen?        |

|       |                 |
|-------|-----------------|
| R-5   | Kombinacija BOf |
| 3D102 | Fabrička oznaka |

**L16**    Laboračna serija  
**1944**    Godina proizvodnje

**500**  
**TM-24A**  
**TL**  
**DV**

| Vrsta bombe                         | Nanesena oznaka |              |                                                                    |
|-------------------------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                     | Nos             | Čelo         | Centar                                                             |
| Fragmentaciona hemijska bomba       | Žuto            | Žuto i plavo | 2 zelena pojasa (20 mm)                                            |
| Hemijska bomba sa dugotrajnim BOf   | Crveno          |              | 1 zeleni pojas (20 mm)                                             |
| Hemijska bomba sa kratkotrajnim BOf | Zeleno          |              | 1 žuti i 1 zeleni pojas (20 mm) sa međusobnim rastojanjem od 20 mm |
| Otrovna dimna bomba                 |                 |              |                                                                    |

Kalibar ili težina  
 Vrsta upaljača  
 Vrsta eksploziva  
 Instalisan detonator

Sl. 19 — Ruska hemijska bomba

jektili kalibra 122 mm, 152 mm, 130 mm, rakete 122 mm, 140 mm, 240 mm, 540 mm, 884 mm [6]. U ruskom arsenalu postoje i nove generacije hemijske municije, od kojih su najvažnije kasetne bombe malog kalibra dostupne artiljeriji, raketama, avionima i helikopterima [7]. Od BOt ova sredstva su, uglavnom, napunjena sarinom, viskoz-nim luizitom, VX-om, CS-om, somanom, hloracetofenonom, itd.

Na sl. 19. prikazan je način obeležavanja ruske hemijske bombe [8].

### Zaključak

U slučaju oružane agresije protiv naše zemlje moguće je da protivnik

upotrebi hemijsko oružje. Pri tome bi se događalo da određene zalihe hemijske municije protivnika postanu naš ratni plen. Donošenje pravilne odluke o upotrebi takve vrste municije moguće je jedino ukoliko se prethodno izvrši njena nepogrešiva identifikacija.

Sistem označavanja hemijske municije američkog i ruskog porekla, čija je verovatnoća da se pojavi na našoj teritoriji najveća, u suštini se ne razlikuje, jer se u oba slučaja vrši žigosanje, indeksacija i bojenje elemenata municije. U radu je detaljno ukazano na specifičnosti označavanja hemijske municije u zavisnosti od proizvođača.

### Literatura:

- [1] Radojčić, V. (1971). Označavanje municije i minsko-eksplozivnih sredstava, Tehnički školski centar (TSC) KoV JNA, Zagreb.
- [2] Harris, R., Paxman, J. (1982). A higher form of killing — the secret story of gas and germ warfare, Chatto and Windus, London.
- [3] Anonimus (1946). Sredstva hemiskog naoružanja fašističke Nemačke, Vojno izdavački zavod M.N.O.
- [4] Anonimus (1983). Cvetovoe kodirovanie himičeskih snarjadov i min, No 3, str. 38.
- [5] Robinson, J. P. (1975). The United States Binary Nerve — Gas Programme: National and International Implications, ISIO monographs, No 10, University of Sussex.
- [6] Skare, D. (1982). Kemija bojnih otrova, TSC Zagreb.
- [7] Anonimus (1988). Chemical weapons: new information analysed, Jage's Defence Weekly, No 8, Vol , str. 370—371.
- [8] Anonimus (1988). A new generation of CB munitions, Jane's Defence Weekly, No 17, Vol 9, str. 852.
- [9] Bermudez, J. S. (1989). Early Soviet Chemical Bombs, Jane's Soviet Intelligence Review, Nov., str. 502—507.

**Dragan Trifunović,**  
potpukovnik

## **Snabdevanje r/d jedinica u borbenim dejstvima**

U članku se razmatra funkcionisanje sistema snabdevanja r/d u uslovima izvođenja borbenih dejstava i uticaj na ispravnost i sanaciju oštećenja i neispravnosti na TMS. Posebno se razmatraju neke karakteristične pojave, problemi i iskustva u toku izvođenja b/d i načini razrešavanja.

### **Uvod**

U svim oružanim sukobima, primena tehničkog faktora kao elementa oružane borbe (o/b) ima svoju širinu, intenzitet, učestalost i složenost. Njegov značaj i obuhvatnost posebno je došao do izražaja u oružanom sukobu na našem prostoru koji je bio specifičan po načinu vođenja i trajanju (van propisanog i regulisanog sistema za obezbeđenje r/d).

Razvoj tehničkog faktora u svetskim razmerama ima mnogo revolucionarnog u sebi, kako u tehničkim rešenjima, tako i u taktici upotrebe. U odnosu na ostale elemente o/b, tehnički faktor ima posebnu ulogu u obezbeđivanju tehničke i funkcionalne ispravnosti osnovnih borbenih sistema.

Da bi bila obezbeđena tehnička i funkcionalna ispravnost kroz faktor popune obezbeđenja r/d, a tehnika bila u funkciji o/b, potrebno je obezbediti: dovoljne zalihe i količine r/d po asortimanu, vrsti i količini za sva sredstva, a posebno za borbena i to za domaće i inostrane proizvode.

U našim uslovima poseban značaj imaju r/d za sredstvima inostranih proizvođača, jer i u mirnodopskim uslovima proces obezbeđenja je dug, a u ratnim uslovima, uslovima blokade i sličnim situacijama popuna je skoro neizvodljiva.

Stoga u mirnodopskoj situaciji treba ozbiljno razmišljati o načinima za obezbeđenje r/d (od mogućnosti regeneracije do usvajanja proizvodnje i izrade novih delova).

U članku su obrađeni uočeni problemi u toku funkcionisanja sistema snabdevanja r/d i izneta neka karakteristična rešenja uslovljena praktičnom situacijom, a bila su prisutna u periodu pre i u toku borbenih dejstava.

### **Zahtevano stanje r/d pred angažovanje jedinica na kriznom području**

Radi obezbeđenja potrebne ispravnosti TMS, popuna RMR r/d treba da bude usklađena sa normativima r/d i iskustvenim normama u skladu sa važećim sistemskim rešenjem.

Sve jedinice, a posebno novoformirane, ovaj zadatak treba da realizuju kao zadatak od posebnog značaja. Neke to ne čine zbog neodgovornosti lica koja treba da realizuju ovaj zadatak, a neke iz objektivnih razloga (vremenske nemogućnosti da se ovaj zadatak reši ili kada SkRD ne poseduju r/d, i slično.

Pretpostavljene komande treba da ovu problematiku regulišu svojim aktima i smatraju je trajnim zadatkom.



U odnosu na brojne zadatke i trajanje realizacije (stvaranje baze podataka za izradu specifikacija, izrada specifikacije r/d, popuna r/d, nedostatak istih u SkRD, neusklađenost sa nomenklaturnim brojevima JNA, neažurnost normativa i imenika u odnosu na nastale promene u označavanju r/d, i sl.) stepen popune ešaloniranih r/d je u granicama oko 50% i manje u odnosu na potrebe.

Nedovoljna popunjenost RMR r/d na I i II stepenu (IK i trupni nivo) imala je veoma bitan uticaj na nedovoljnu realizaciju opravke neispravnih, a posebno oštećenih TMS.

Razlozi za to bili su mirnodopski način razmišljanja, rada i narušen stepen rezervi r/d na višim nivoima, te nedovoljno regulativno rešeno pitanje popune i raspolaganje r/d u ratu.

### **Uticaj popune r/d na ispravnost u toku angažovanja jedinica na kriznom području**

U toku angažovanja jedinica na kriznom području raspoložive količine r/d ešalonirane u trupnim skladištima po asortimanu i količinama trebalo je da obezbede potrebe jedinica u r/d.

Zatečeno stanje u jedinicama nije omogućilo očekivanu popunu sa r/d, a popuna iz SkRD/PoB realizovana je otežano, sa dugim vremenskim intervalima od zahteva do popune.

Zbog gubitaka nekih skladišta umanjena je mogućnost da najviši nivo snabdevačkog dela vrhovne komande interveniše u sistemu.

Zbog toga što su r/d jednog sredstva čuvana u više SkRD na teritoriji naših oružanih snaga, potpuna popuna iz jednog SkRD nije bilo moguća.

Radi ubrzanja popune sa r/d bilo je potrebno pojednostaviti informacione tokove od zahteva jedinica do realizacije. Zbog toga su formirana istureni odeljci SkRD/PoB bliže mestu ugradnje r/d.

I pored toga, popuna sa r/d za sredstva koja nisu realno planirana i pokrivena asortimanom i količinom r/d (borbena vozila, vozila iz popisa, i sl.) bila je složena i otežana.

### **Rešavanje problema u snabdevanju r/d**

Sa početkom angažovanja jedinica nametnuti su zahtevi za popunu sa većim asortimanom i količinama r/d za određenu vrstu TMS, te pored IsSt SkRD/PoB za snabdevanje r/d prema jedinicama i IStSR, učinjeno je i sledeće:

— za bolje snalaženje na tržištu i SkRD tražena je pomoć od pretpostavljene komande i sastava za ispomoc u snabdevanju r/d u formi angažovanja nabavljača iz TRZ, koji se profesionalno time bave;

— radi bržeg remonta deo r/d za borbena m/v (za karakteristična oštećenja) izuzet je iz SkRD radi ojačanja priručnih skladišta brp/PoB;

— maksimalno je korišten formirani transportni sistem višeg stepena radi transporta sklopova, motora i agregata i brže isporuke do SkRD/PoB;

— kad god je bilo moguće, korištena je mogućnost opravke TMS na principu povećanog broja ispravnih na račun zamene sklopova sa oštećenih TMS, a prikupljene r/d, sklopove, motore i agregate predavali na remont i regeneraciju;

— organizovana je kupovina sklopova i r/d kritičnih za funkciju borbinih sredstava na nivo SkRD/PoB koji su korišteni kao remontna rezerva i time uvećali mogućnost agregatnog principa remonta;

— rešavanje r/d za m/v iz popisa zahtevalo je popunu nabavkom na tržištu i veliku upornost i snalažljivost nabavljača, angažovanje društvenog preduzeća vlasnika m/v, konsignacionih skladišta ili drugih da vrši opravku



m/v, a kod pojedinih slučajeva vršena je zamena neispravnih m/v ili otpuštanje ako se nije mogao obezbediti zahtevano stanje funkcionalnosti;

— nabavka telefaksa za sve korisnike r/d ubrzala je protok informacija, a time i popunu sa r/d. Realizacija dobijenih trebovanja u odnosu na tražene r/d bila je do 10% na nivou armije, a za nedostajuće količine dostavljen je zahtev višoj instanci koja je vršila pretragu svih skladišta r/d, pronalazila izvore i davala odobrenje za izuzimanje—slanje r/d i podizala realizaciju do 80%.

R/d su izuzimani iz svih SkRD i vršen je raspored po pravcima do pozadinskih rejonu jedinica i isturenih stanica za snabdevanje. Svaki dan je u kretanju bilo prosečno 8—10 m/v u doturu r/d.

Prosečno je mesečno trebovano 2.050 stavki sa oko 32.800 komada različitih delova. Mesečno je iz SkRD izdavano 2.320 stavki sa 41.750 različitih pozicija.

Trebovanje r/d za b/v rešavana su u prvoj fazi do 100% u ciklusu od 1 do 6 dana. U odmakloj fazi jedinice počinju da stvaraju rezerve, što znatno uvećava zahteve i količine u trebovanjima, uz problem smanjenja zaliha koje nisu obnovljane.

Ukupna realizacija trebovanja bila je do 75% izuzev za r/d mototehničkih sredstava, gde je popuna bila ispod 40%. Jedan od razloga je i nepotpuna i nepravilna nomenklatura obrada podataka u jedinicama (što je vrlo značajna i bitna aktivnost u sistemu obezbeđenja r/d).

## Zaključak

U članku je iznet samo manji deo bogatog i sistematizovanog iskustva u snabdevanju r/d po nivoima. Ona mogu da posluže kao polazna iskustva, ali je, pored toga, potrebno imati u vidu i sledeće:

a) ozbiljno su narušeni raspoloživi resersi svih za borbu značajnih TMS, a prvenstveno borbenih vozila (tenkovi, OT, i sl.), artiljerijskih oruđa za podršku, neborbenih m/v i sistema pešačkog naoružanja (što je umanjilo njihov vek upotrebe, a zahteva povećan i širok asortiman r/d za potrebe obezbeđenja ispravnosti i remonta);

b) smanjene su sve rezerve TMS, a neke rezerve naoružanja i drugih osnovnih TMS nisu ni postojale, što znači da su sve količine NVO stavljene u funkciju i na upotrebu, a to je zahtevalo uvećanje količine r/d;

c) objektivne okolnosti uslovile su zastoju u snabdevanju rezervnim delovima zbog povećanog utroška, nemogućnosti nabavke sa stranog i domaćeg tržišta, potpunog gubitka dela skladišta, kao i nastalim organizacionim problemima izazvanim brzim iseljavanjem r/d iz skladišta sa prostora koje smo napuštali;

d) otežan remont složenih borbenih sistema i elektronskih sredstava zbog gubitka nekih TRZ i maksimalnog korištenja proizvodnih kapaciteta drugih organizacija, kao zamena za izgubljene kapacitete;

e) stalno prisutna slaba ili nedovoljna obučenost i zainteresovanost jednog dela vojničkog, rezervnog i stareškog sastava, uz veoma loš odnos po svim pitanjima u korišćenju, upotrebi i održavanju tehnike.

Polazeći od činjenice da je TEHNIČKI FAKTOR jedan od najbitnijih za snagu i moć svake vojske, obavezni smo da mu u budućoj Vojsci Jugoslavije damo stvarno mesto i da ga u potpunosti vrednujemo na način kako to čine i ostale savremene armije sveta. Uočene slabosti mogu se delimično prevazići uz potpunu finansijsku podršku na sledećim zadacima:

— pojednostaviti informativne tokove (jedinica — SkRD) i učiniti SkRD obaveznim za praćenje zahteva do potpune realizacije;

— grupisati r/d po sredstvima u SkRD (r/d jedne grupe TMS smeštati u jednom magacinu), tako da se zahtev rešava na jednom mestu;

— definisati nivoe ešaloniranja I do III (IK, trupa i armija kako za mir tako i za rat);

— učiniti sistem racionalnijim po pitanju dotura (razviti specijalna m/v za sistem održavanja, centralizovati ih i tako učiniti racionalnijim ceo sistem);

— definisati sredstva koja se mogu proizvoditi u domaćoj industriji, kao i njihove zamenitelje, i omogućiti osvajanje proizvodnje r/d za sredstva koja će duže ostati u naoružanju;

— u organizaciji sistema snabdevanja r/d obezbediti agregatni sistem u održavanju TMS, tj. materijalno obezbediti nivo TOd i LR sa agregatima i sklopovima iz remonte rezerve, vršiti dotur do jedinica i odmah preuzimati zamenjene delove radi regeneracije ili opravke na višim stepenima. Kao izvore popune koristiti sledeće:

a) rezerve r/d u trupnim skladištima;

b) r/d koji nisu još knjiženi ili nomenklaturno obrađeni;

c) regenerisane sklopove;

d) ispravne r/d, sklopove i agregate sa oštećenih TMS;

e) raspoložive zalihe u trgovinskoj mreži i društvenim preduzećima, konsignacionim skladištima, i sl.;

f) kapacitete male privrede;

g) r/d iz proizvodnje (ako postoji);

h) r/d sredstava koja se rashoduju.

— organizovati saradnju i korišćenje kapaciteta i stručne radne snage u preduzećima koja su ostala van prostora SRJ, a nalaze se na prostorima srpskih zemalja. Čim se za to stvore uslovi angažovati stručno ljudstvo u proizvodnji i alternativnim namenskim kapacitetima na regeneraciji i usvajanju proizvodnje r/d, sklopova;

— u razvojnim vojnim programima, pored stručnih službi MO, obavezno uključivati i stručne organe iz trupe i armija, koji imaju iskustva iz upotrebe tehnike u borbi, a radi definisanja zahteva za proizvodnju;

— ažurirati i izvršiti popunu r/d na nivou trupe i SkRD u skladu sa novim kriterijumima i normativima, uz uvažavanje iskustva i prakse;

— na međunarodnom planu (po ukazanoj mogućnosti) uspostaviti saradnju i obezbediti snabdevanje sa potrebnim količinama svih vrsta borbenih potreba i nedostajućih količina r/d.

U celini, sistem je i pored nedostataka i zastoja u finansiranju izdržao zahteve prakse u proteklom borbenim dejstvima. Realizacijom predloženih promena i obezbeđenjem sigurnih i dovoljnih sredstava za finansiranje, sistem obezbeđenja r/d postaće još efikasniji i obezbediće zahteve funkcionalne ispravnosti TMS u borbenim dejstvima i mirnodopskoj upotrebi.

## **Razmeri opasnosti od eventualne hemijske ekološke katastrofe u Tuzli**

Ratovi koji su poslednjih godina vođeni u svetu uključivali su, pored ostalog, rizik od uništavanja hemijskih fabrika i skladišta hemijskih materija radi ostvarenja ratnih ciljeva. U tom slučaju može doći do kontaminacije širokih zona toksičnim materijama. Metodom matematičkog modelovanja meteorološke distribucije toksičnih gasova i aerosola izračunata su sigurnosna rastojanja od centra udesa za hemijske materije koje se u najvećim količinama nalaze uskladištene u Tuzli, u ratom zahvaćenoj Bosni i Hercegovini. Utvrđeno je da bi se, pod povoljnim meteorološkim uslovima, zona kontaminacije u slučaju akcidenta sa hlorom mogla proširiti čak do radijusa od 76,2 km od centra udesa, dok bi u slučaju akcidenta sa amonijakom ta zona imala radijus od 28,6 km.

### **Uvod**

Danas se smatra da je hemijsko oružje, zbog svoje široke rasprostranjenosti i visoke efikasnosti, atomska bomba u rukama siromašnih. Međutim, i pored relativno jednostavne tehnologije koja je potrebna za njegovu proizvodnju, mnoge zemlje ga ne poseduju zbog pridržavanja preuzetih obaveza iz Ženevske konvencije. S druge strane, one zemlje koje imaju hemijsko oružje, u slučaju rata, vrlo teško se odlučuju da ga upotrebe, zbog straha od istovrsne ili nuklearne odmazde protivničke strane, a i zbog izbegavanja očekivane osude međunarodne javnosti. Moglo bi se, dakle, zaključiti da hemijsko oružje treba respektovati, ali da realna opasnost od njegove upotrebe u savremenim ratovima nije velika. Međutim, to ne znači da je time eliminisan faktor ugroženosti čoveka od štetnog delovanja toksičnih hemijskih materija u savremenim ratovima. Analizom poslednjih ratova vođenih u svetu, a naročito onog koji još uvek traje na prostoru bivše Jugoslavije, sve više dolazi do izražaja opasnost od ekoloških hemijskih bombi, tj. uništenja hemijskih fabrika ili skladišta sa hemijskim materijama, pri čemu posledice mogu biti drastičnije nego u slučaju upotrebe hemijskog oružja. Upravo to je na najtragičniji mogući način već viđeno u Bhopalu, kada je zbog nekontrolisanog oslobađanja

metil-izocijanata poginulo 2500 ljudi, dok je oko 150 000 ozleđeno. Uginulo je 1087 raznih životinja, a vegetacija u kontaminiranoj zoni uništena [1].

Paljenje izvora nafte u Kuvajtu, koje su izazvali Iranci, predstavlja pokušaj da se ekološkom katastrofom ostvare vojni ciljevi u ratu. Delimično uspeo pokušaj nedavnog miniranja i dizanja u vazduh brane deponije jalovine, fabrike glinice u Biraču u Bosni i Hercegovini, dovelo je do isticanja natrijum-hidroksida i aluminijumskog mulja u reku Sapnu u koncentraciji od 0,3 do 1,5 g m<sup>-3</sup>, što je ovu reku učinilo mrtvom. Niz drugih sličnih, ali osujećenih pokušaja ekoloških diverzija na prostoru ratom zahvaćene bivše Jugoslavije, pokazuje da se u savremenim lokalnim ratovima mora više računati na pokušaje izazivanja ekoloških hemijskih katastrofa radi ostvarenja raznih političkih ili vojnih ciljeva, nego na upotrebu klasičnog hemijskog oružja.

Značajna razgranatost hemijske industrije na teritoriji Bosne i Hercegovine, kao i njena koncentrisanost po velikim gradovima u kojima se trenutno vode najžešće borbe, pokazuje da je opasnost od nastanka hemijskog akcidenta, čije bi posledice bile od međunarodnog značaja, izuzetno velika. Cilj ovog rada je da utvrdi razmere jedne takve eventualno izazvane hemijske ekološke katastrofe na primeru fabrike

»Soda — So« u Tuzli, na prostoru Bosne i Hercegovine, na osnovu poznatih činjenica o vrstama i količinama usklađenih hemijskih materija.

### **Faktori koji utiču na proračun sigurnosnih rastojanja**

Za procenu rasprostiranja kontaminacionog oblaka, nastalog nakon hemijskog akcidenta, koriste se različiti matematički modeli pomoću kojih se može samo približno proceniti domet toksičnih gasova, jer se radi o vrlo složenom procesu koji se odvija u atmosferi, a postojeći modeli karakterišu se brojnim ograničenjima i nedostacima [2]. Oni, ipak, omogućavaju da se na osnovu podataka o kontaminantu, njegovoj vrsti, količini, fizičko-hemijskim i toksičnim svojstvima, vrsti emisije, meteorološkim parametrima, topografskim elementima, podacima o stanovništvu, itd., mogu dobiti brze prognoze radi preduzimanja adekvatnih preventivnih mera kako bi se ublažile posledice kontaminacije [3]. U ovom radu je za proračune procena rasprostiranja kontaminacionog oblaka korišten sopstveni model na osnovu modifikovane jednačine Sladea, koji se pokazao relativno pouzdanim u odnosu na modele koji se u tu svrhu koriste u svetu [4].

U zoni akcidenta, u zavisnosti od fizičko-hemijskih karakteristika toksične materije, primarni oblak kontaminacije nastaje oslobađanjem gasova ili isparavanjem lakoisparljivih tečnosti i sitnijih aerosola, nakon čega se, pod uticajem meteoroloških faktora, rasprostire na daljinu. Krupniji aerosoli prvenstveno kontaminiraju zemljište i objekte na njemu, ali i oni, postepeno, isparavanjem mogu da formiraju sekundarni toksični oblak. Formirani toksični oblaci mogu pokriti široki rejon i time ugroziti stanovništvo daleko od centra akcidenta.

Na teritoriji Bosne i Hercegovine, gde se trenutno vodi građanski rat, hemijska industrija izrazito je razvijena

u Tuzli (neorganska bazna hemija), Zenici (metalurški kombinat), Bosanskom Brodu (rafinerija nafte), Sarajevu (farmaceutska industrija), Banjaluci (organska hemijska industrija), dok se značajne količine hemijskih materija, pored navedenih mesta, nalaze još u Gorazdu, Modriči i Lukavcu.

U procesu proizvodnje u baznoj hemiji koristi se niz hemijskih materija od kojih pretili velika opasnost po život i zdravlje ljudi u slučaju akcidenta. Najzastupljeniji su hlor, hlorovodonična kiselina, amonijak, azotna kiselina, azotni oksidi, sumporna kiselina, sumporni oksidi, fluorovodonik, živina i sumporna jedinjenja.

Pri proizvodnji naftinih derivata koriste se velike količine benzola, toluola, oksilola i fenola.

Pri proizvodnji i primeni herbicida i insekticida velika opasnost pretili od visokotoksičnih organofosforinih jedinjenja.

Neka od hemijskih jedinjenja, poput fosgena i cijanovodonične kiseline, koriste se kao intermedijeri ili polazne sirovine u mnogim proizvodnim procesima, a po toksičnosti mogu se smatrati bojniim otrovima.

Posebnu opasnost u slučaju diverzija predstavljaju ogromne količine navedenih materija koje se čuvaju u skladištima ili rezervoarima.

U ovom radu za proračun su odabrani tipični predstavnici određenih grupa hemijskih jedinjenja koja su uskladištena u Tuzli i od kojih pretili najveća opasnost s obzirom na to da su ove materije, najrasprostranjenije u Bosni i Hercegovini, veoma toksične.

Za proračun je uzimana maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) hemijskih materija, koja se definiše kao doza toksične materije koju čovek može primiti u toku 1 minuta bez štetnih posledica. Ova doza je različita za pojedine zemlje, tj. standarde. U drugim slučajevima korištena je doza opasna po život i zdravlje ljudi IDLH

Tabela 1

Proračun sigurnosnih rastojanja za hemijski akcident sa 1300 t hlora

| Brzina vetra (ms <sup>-1</sup> ) | Karakter atmosfere |            |          |
|----------------------------------|--------------------|------------|----------|
|                                  | Neutralno          | Nestabilno | Stabilno |
|                                  | Udaljenost (km)    |            |          |
| 1                                | 1,1 <sup>a)</sup>  | 0,7        | 1,5      |
|                                  | 58,8 <sup>b)</sup> | 34,9       | 76,2     |
|                                  | 72,1 <sup>c)</sup> | 42,8       | 93,3     |
|                                  | 11,9 <sup>d)</sup> | 7,1        | 15,4     |
| 2                                | 0,8                | 0,5        | 1,0      |
|                                  | 41,6               | 24,7       | 53,9     |
|                                  | 51,0               | 30,3       | 66,0     |
|                                  | 8,4                | 5,0        | 10,4     |
| 3                                | 0,7                | 0,4        | 0,9      |
|                                  | 34,0               | 20,2       | 44,0     |
|                                  | 41,6               | 24,7       | 53,9     |
|                                  | 6,9                | 4,1        | 8,9      |
| 4                                | 0,6                | 0,3        | 0,7      |
|                                  | 29,4               | 17,5       | 38,1     |
|                                  | 36,0               | 21,4       | 46,6     |
|                                  | 6,0                | 3,5        | 7,7      |
| 5                                | 0,5                | 0,3        | 0,7      |
|                                  | 26,3               | 15,6       | 34,1     |
|                                  | 32,2               | 19,1       | 41,7     |
|                                  | 5,3                | 3,2        | 6,9      |
| 6                                | 0,5                | 0,3        | 0,6      |
|                                  | 24,0               | 14,3       | 31,1     |
|                                  | 29,4               | 17,5       | 38,1     |
|                                  | 4,9                | 2,9        | 6,3      |
| 7                                | 0,4                | 0,3        | 0,6      |
|                                  | 22,2               | 13,2       | 28,8     |
|                                  | 27,2               | 16,2       | 35,3     |
|                                  | 4,5                | 2,7        | 5,8      |
| 8                                | 0,4                | 0,2        | 0,5      |
|                                  | 20,8               | 12,4       | 26,9     |
|                                  | 4,2                | 15,1       | 33,0     |
|                                  | 25,5               | 2,5        | 5,5      |
| 9                                | 0,4                | 0,2        | 0,5      |
|                                  | 19,6               | 11,6       | 25,4     |
|                                  | 24,0               | 14,3       | 31,1     |
|                                  | 4,0                | 2,4        | 5,1      |
| 10                               | 0,4                | 0,2        | 0,5      |
|                                  | 18,6               | 11,0       | 24,1     |
|                                  | 22,8               | 13,5       | 29,5     |
|                                  | 3,8                | 2,2        | 4,9      |

- a) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun dobijen korištenjem  $LD_{50}=8 \text{ g min}^{-1} \text{ m}^{-3}$ ;
- b) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun dobijen korištenjem MDK u  $SAD=0,003 \text{ g m}^{-3}$ ;
- c) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun dobijen korištenjem MDK u  $SRJ=0,002 \text{ g m}^{-3}$ ;
- d) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun dobijen korištenjem  $IDLH=0,073 \text{ g m}^{-3}$ ;

(immediately dangerous to life and health value), koja se, obično, daje za period od 30 minuta. I, konačno, u proračunu je korištena i srednja smrtna doza  $LD_{50}$ , a to je ona koja izaziva smrt kod 50% posmatranih jedinki.

O efektima inhalacione toksičnosti hlora na ljudima postoje brojni radovi [5—7], iz kojih se uočava izuzetna štetnost po ljudsko zdravlje. Za fozgen se zna da na organizam deluje slično hlору, ali u još manjim koncentracijama [8].

U radu Pedersena i Seliga [9] analiziran je kvalitativni i kvantitativni efekat toksičnosti gasovitog amonijaka visoke koncentracije na čoveka, nakon kratkotrajne ekspozicije.

Toksičnost i fenomen kontaminacije životne sredine u slučaju hemijskog akcidenta sa pušljivom sumpornom kiselinom proučavao je Singh sa saradnicima [10].

## Rezultati i diskusija

U tab. 1—4. prikazani su rezultati proračuna sigurnosnih rastojanja u slučaju akcidenata sa raznim hemijskim materijama.

Tabela 2.

Proračun sigurnosnih rastojanja za hemijski akcident sa 60 t pušljive sumporne kiseline kod koje je vrednost  $IDLH=0,08 \text{ g m}^{-3}$

| Brzina vetra (ms <sup>-1</sup> ) | Karakter atmosfere |            |          |
|----------------------------------|--------------------|------------|----------|
|                                  | Neutralno          | Nestabilno | Stabilno |
|                                  | Udaljenost (km)    |            |          |
| 1                                | 2,4                | 1,5        | 3,2      |
| 2                                | 1,7                | 1,0        | 2,2      |
| 3                                | 1,4                | 0,8        | 1,8      |
| 4                                | 1,2                | 0,7        | 1,6      |
| 5                                | 1,1                | 0,6        | 1,4      |
| 6                                | 1,0                | 0,6        | 1,3      |
| 7                                | 0,9                | 0,5        | 1,2      |
| 8                                | 0,9                | 0,5        | 1,1      |
| 9                                | 0,8                | 0,5        | 1,1      |
| 10                               | 0,8                | 0,5        | 1,0      |



Iz tab. 1. uočava se da bi pod povoljnim meteorološkim uslovima toksični oblak hlora mogao da dospe i do 76 km od centra hemijskog udesa, što znači da bi se morale preduzeti opsežne preventivne mere za zaštitu stanovništva.

U slučaju udesa sa pušljivom sumornom kiselinom razmeri opasnosti bili bi u zoni gradskog područja Tuzle.

Tabela 3.

Proračun sigurnosnih rastojanja za 3 t fosfena

| Brzina vetra (ms <sup>-1</sup> ) | Karakter atmosfere                     |            |             |
|----------------------------------|----------------------------------------|------------|-------------|
|                                  | Neutralno                              | Nestabilno | Stabilno    |
|                                  | Udaljenost (km)                        |            |             |
| 1                                | 0,1 <sup>a)</sup><br>7,7 <sup>b)</sup> | 0,1<br>4,6 | 0,1<br>10,0 |
| 2                                | 0,1<br>5,5                             | 0,0<br>3,2 | 0,1<br>7,1  |
| 3                                | 0,0<br>4,5                             | 0,0<br>2,7 | 0,1<br>5,8  |
| 4                                | 0,0<br>3,9                             | 0,0<br>2,3 | 0,1<br>5,0  |
| 5                                | 0,0<br>3,5                             | 0,0<br>2,1 | 0,1<br>4,5  |
| 6                                | 0,0<br>3,2                             | 0,0<br>1,9 | 0,0<br>4,1  |
| 7                                | 0,0<br>2,9                             | 0,0<br>1,7 | 0,0<br>3,8  |
| 8                                | 0,0<br>2,7                             | 0,0<br>1,6 | 0,0<br>3,5  |
| 9                                | 0,0<br>2,6                             | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>3,3  |
| 10                               | 0,0<br>2,4                             | 0,0<br>1,5 | 0,0<br>3,2  |

a) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun u kome je korišten  $LD_{50}=3,2 \text{ g min}^{-1} \text{ m}^{-3}$ .

b) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na MDK u SAD i  $SRJ=0,0004 \text{ g m}^{-3}$ .

Tabela 4.

Proračun sigurnosnih rastojanja za 1100 t amonijaka

| Brzina vetra (ms <sup>-1</sup> ) | Karakter atmosfere                                            |                    |                     |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------|
|                                  | Neutralno                                                     | Nestabilno         | Stabilno            |
|                                  | Udaljenost (km)                                               |                    |                     |
| 1                                | 0,7 <sup>a)</sup><br>22,1 <sup>b)</sup><br>15,8 <sup>c)</sup> | 0,4<br>13,1<br>9,4 | 0,9<br>28,6<br>20,5 |
| 2                                | 0,5<br>15,6<br>11,2                                           | 0,3<br>9,3<br>6,7  | 0,6<br>20,2<br>14,5 |
| 3                                | 0,4<br>12,8<br>9,1                                            | 0,2<br>7,6<br>5,4  | 0,5<br>16,5<br>11,8 |
| 4                                | 0,3<br>11,0<br>7,9                                            | 0,2<br>6,6<br>4,7  | 0,4<br>14,3<br>10,3 |
| 5                                | 0,3<br>9,9<br>7,1                                             | 0,2<br>5,9<br>4,2  | 0,4<br>12,8<br>9,2  |
| 6                                | 0,3<br>9,0<br>6,5                                             | 0,2<br>5,4<br>3,8  | 0,4<br>11,7<br>8,4  |
| 7                                | 0,3<br>8,4<br>6,0                                             | 0,2<br>5,0<br>3,6  | 0,3<br>10,8<br>7,8  |
| 8                                | 0,2<br>7,8<br>5,6                                             | 0,1<br>4,6<br>3,3  | 0,3<br>10,1<br>7,3  |
| 9                                | 0,2<br>7,4<br>5,3                                             | 0,1<br>4,4<br>3,1  | 0,3<br>9,5<br>6,8   |
| 10                               | 0,2<br>7,0<br>5,0                                             | 0,1<br>4,1<br>3,0  | 0,3<br>9,0<br>6,5   |

a) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun u kome je korišten  $LD_{50}=19 \text{ g min}^{-1} \text{ m}^{-3}$ ;

b) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun u kome je korišten MDK u SAD  $=0,018 \text{ g m}^{-3}$ ;

c) sve vrednosti u tabeli koje se nalaze na ovom mestu odnose se na proračun u kome je korištena MDK u SRJ  $=0,035 \text{ g m}^{-3}$ .

U slučaju akcidenta sa fozgenom tragični razmeri pogodili bi stanovništvo u užoj gradskoj zoni Tuzle, sa malim mogućnostima preživljavanja.

Pri uslovima stabilnog vremena, male brzine strujanja vazduha, slabe turbulencije, malih intenziteta vertikalnog strujanja vazduha, u prizemnom sloju atmosfere mogu se ostvariti visoke koncentracije. Međutim, iz tab. 1—4. evidentna je vremenska i prostorna promenljivost kontaminacionog oblaka.

Ukoliko bi vazдушna strujanja usmerila kontaminacioni oblak na naselja, dogodili bi se tragični razmeri akcidenta.

Usled velikog broja prirodnih i veštačkih prepreka, poput parkova, zgrada, planina, često bi se stvarala opasna žarišta — džepovi u kojima bi bila vrlo visoka koncentracija kontaminanta.

Posledice hemijskih udesa većih razmera u naseljenim industrijskim zonama verovatno bi bile katastrofalne: stotine i hiljade mrtvih, desetine hiljada teže i lakše zatrovanih ljudi, veliki broj zatrovanih životinja i riba, neprocenjive štete od zatrovanih biljnih kultura, zemljišta i vodotokova.

Posebno složena situacija bi se pojavila ukoliko bi hemijski udesi bili prouzrokovani eksplozijama i požarima, što je u ratnim operacijama najčešće. Tada bi se u atmosferu istovremeno oslobodile velike količine različitih toksičnih jedinjenja: sumporni oksidi, oksidi azota i ugljenika, produkti nepotpunog sagorevanja — ugljovodoci, aldehidi i ketoni, i sl. Vatra bi prouzrokovala nastanak novih nusprodukata sagorevanja. Najveći rizik preti od organohlorovanih hemikalija (polihalogeni aromati, polihlor — dibenzo — p — dioksin, i sl.) kojima je životna sredina inače prezasićena. Naročito opasnost preti od delovanja dioksina, jer je zaštita od njega izuzetno komplikovana, a kao kontaminant dugo se zadržava na raznim površinama [11—13].

U hemijskim udesima međunarodnih razmera, poput analiziranog, prioritetni značaj imaju složeni sistemi osmatranja i javljanja o kretanju kontaminacije. Pravovremenom evakuacijom stanovništva i stoke uz preduzimanje niza preventivnih mera moguće je, u značajnoj meri, umanjiti eventualne posledice.

## Zaključak

U savremenim ratovima mora se računati na mogućnost izazivanja hemijskih ekoloških katastrofa radi ostvarenja određenih ciljeva. Na praktičnom primeru fabrike »Soda — So« u Tuzli, izračunati su razmeri jedne takve eventualne hemijske ekološke katastrofe. Dobijeni rezultati pokazuju da bi došlo do katastrofalnih posledica po ljude, stoku i biljni svet usled delovanja hlora u radijusu do maksimalno 1,5 km od centra udesa, dok bi pod meteorološkim i topografskim uslovima, povoljnim za širenje kontaminacionog oblaka, zona ugroženosti mogla da se proširi do radijusa od 76,2 km. U slučaju delovanja amonijaka, katastrofalne posledice bile bi u zoni kontaminacije, čiji je radijus ispod 1 km, dok bi kontaminacioni oblak pod idealnim uslovima mogao da dospe do 28,6 km od centra udesa. Delovanje fozgena i pušljive sumporne kiseline bilo bi dominantno na samom mestu udesa, sa kobnim posledicama, a šira opasnost po zdravlje ljudi bila bi samo u gradskom području Tuzle.

S obzirom na to da kod ekoloških hemijskih katastrofa nema selektivnosti u nanošenju posledica po stanovništvo, može se zaključiti da bi, bez obzira na to o kojem udesu je reč, posledice bile kobne po većinu onih koji nisu na vreme evakuisani iz uskog pojasa hemijskog udesa, a postojao bi i određen stepen ugroženosti zdravlja stanovništva usled akutne toksičnosti u zoni rasprostiranja kontaminacionog oblaka.



# Literatura:

- [1] Singh, M. P. (1980). Vulnerability Analysis for Airborne Release of Extremely Hazardous Substances, *Atmospheric Environment*, Vol 24A, No 4, pp 769-781.
- [2] Benarie, M. M. (1987). The Limits of Air Pollution Modelling, *Atmospheric Environment*, Vol. 21, No 1, pp 1-5.
- [3] Singh, M. P., Ghosh, S. (1987). Bhopal Gas Tragedy: Model Simulation of the Disperzion Scenaulo, *Journal of Hazardous Materials*, 17, 1-22.
- [4] Rajić, D., Bočvarov, N., Delić, V. (1992). Određivanje sigurnosnih rastojanja pri hemijskim akcidentima, *Naučno-tehnički pregled*, u štampi.
- [5] Withers, R. M. J., Lees, F. P. (1985). The Assessment of Major Hazards: The Lethal Toxicity of Chlorine, Part 1, *Journal of Hazardous Materials*, 12, 231-282.
- [6] Zwart, A., Woutersen, R. A. (1988). Acute Inhalation Toxicity of Chlorine in Rats and Mice: Time - Concentration - Mortality Relationships and Effects on Respiration, *Journal of Hazardous Materials*, 19, 195-208.
- [7] Marshall, V. C. (1988). The Predictions of Human Mortality from Chemical Accidents with Especial Reference to the Lethal Toxicity of Chlorine, *Journal of Hazardous Materials*, 22, 13-56.
- [8] Uhlík, B. (1991). Požarno opasne, toksične i reaktivne tvari, *Kem. ind.*, 40 (10), A 245-248.
- [9] Pedersen, F., Selig, R. S. (1989). Predicting the Consequences of Short - Term Exposure to High Concentrations of Gaseous Ammonia, *Journal of Hazardous Materials*, 21, 143-159.
- [10] Singh, M. P., Manju Kumari, Ghosh, S. (1990). A Mathematical Model for the Recent Oleum Leakage in Delhi, *Atmospheric Environment*, 24A, 4, 735-741.
- [11] Beyer, K. H. (1976). TCDD - das aktuelle Gift. *Deutsche Apotheker - Zeitung* 116. Jahrg., No 37, 1345-1347.
- [12] Limasset, M. J. C., Morel, M. C., Gendre, M. (1980). Chlorophends et dioxines, *Cahiers de notes documentaires*, No 99, 243-252.
- [13] Jovanović, D. (1982). p - dioksin kao visoko toksični kontaminant životne sredine, *Arh. hig. rada toksikol.*, 33, 343-351.

Nenad Trifunović,  
dipl. inž.,  
Mr Zoran Babić,  
dipl. inž.

## Informacioni sistem održavanja objekata i opreme VMA

U radu je prikazana arhitektura, model podataka i model procesa Informacionog sistema održavanja objekata i opreme, kao i efekti koji se mogu očekivati nakon implementacije ovog sistema. Rezultati su opšteg karaktera i primenljivi su za razvoj IS-a službe održavanja jedinica i ustanova VJ, kao i RO i ustanova u građanstvu.

### Uvod

Vojnomedicinska akademija u tehničkom pogledu predstavlja skup velikog broja složenih tehničkih i tehnoloških sistema, instalacija, postrojenja i opreme smeštenih u jednom vrlo kompleksnom građevinskom objektu. Ovi sistemi moraju nezavisno i neprekidno raditi, ali delovati i kao jedinstvena celina, što zahteva integralni pristup u pogledu njihovog održavanja.

Cilj dobrog upravljanja i dobre organizacije službe održavanja u savremenim zdravstvenim ustanovama je u funkciji ostvarivanja ciljeva vezanih za:

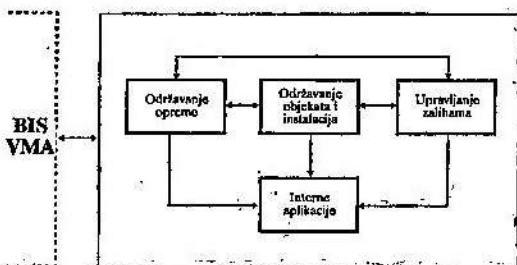
- povećanje efikasnosti i kvaliteta medicinskog rada i usluga,
- ekonomičnijeg poslovanja, i
- planiranja i ostvarivanja optimalnog razvoja zdravstvene ustanove.

Sa tehničkog aspekta, cilj službe održavanja je:

- da ovlada opremom i objektima i njihovom raspoloživošću, tako da održavanje postane predvidivo, i
- da postigne željenu raspoloživost, uz smanjenje troškova održavanja u životnom veku.

Radi ostvarivanja navedenih ciljeva, stručni organi VMA su razvili i

stalno usavršavaju IS za održavanje objekata i opreme u okviru Bolničkog informacionog sistema VMA.



Sl. 1 — Osnovna informaciona struktura — moduli IS-a

### Ciljevi informacionog sistema održavanja opreme i objekata

Usavršavanje IS održavanja je u funkciji ostvarivanja navedenih ciljeva iz kojih proizilaze sledeći posebni ciljevi koje treba ostvariti:

- pratiti stanje objekata, instalacija, postrojenja i opreme u procesu eksploatacije, održavanja i remonta;
- pratiti i optimalno planirati potrebne resurse za izvršenje preventivnog i korektivnog održavanja opreme i nepokretnosti;
- planirati, pratiti potrošnju i upravljati energijom i fluidima;
- povezati održavanje i lečenje;

— poboljšati korektivno održavanje;

— povećati preventivno održavanje;

— povećati vreme korišćenja i pouzdanost sredstava;

— povećati produktivnost službe održavanja;

— sprovoditi kontrolu i upravljanje tehničkim sistemima i postrojenjima;

— optimalno upravljati zalihama rezervnih delova i tehničkih potrošnih materijala — težiti skladištu »nula«;

— pratiti održavanje po definisanim mestima troškova, kako bi svako postao svestan svojih troškova, i

— kontinualno pratiti parametre za ocenu sistema održavanja i rada službe održavanja.

### **Arhitektura IS-a održavanja objekata i opreme**

Za izradu idejnog projekta informacionog sistema korišćena je BSP metodologija koja je, kao rezultat, dala arhitekturu IS-a.

U sistem-analizi funkcija službe održavanja, identifikovani su:

#### **glavni resursi:**

- akcija održavanja opreme,
- akcija održavanja objekata i instalacija,
- snabdevanje energijom i fluidima,
- konsalting i inženjering-usluge, i
- proizvod;

#### **pomoćni resursi:**

- kadrovi,
- rukovođenje,
- radionička oprema,
- alat i HTZ sredstva,
- dokumentacija,
- rezervni delovi,

- tehnički potrošni materijal i repromaterijal,
- informacija,
- radni i skladišni prostor,
- novčana sredstva, i
- poslovni partner.

Prateći navedene glavne i pomoćne resurse, identifikovano je 66 procesa i registrovano oko 120 klasa podataka.

### *Osnovna informaciona struktura — moduli IS-a*

Krajnji rezultat prethodnih aktivnosti predstavlja matrica procesi — klase podataka u kojoj se za svaki proces navodi da li se klasa podataka kreira ili koristi.

Postupak za određivanje arhitekture IS-a polazi od navedene matrice, koja se na određeni način preuređuje, tako da se mogu identifikovati informacione celine, kao i njihovi odnosi. Osnovna informaciona struktura službe održavanja, do koje se došlo prethodnim postupkom, prikazana je na slici 1.

IS službe održavanja predstavlja podsistem u okviru IS savremenih zdravstvenih objekata, u našem slučaju BIS VMA. Veza sa drugim podsistemima se ostvaruje preko preuzimanja dela identifikacionih podataka, omogućavanja uvida u stanje opreme i objekata, kao i izveštavanja po liniji rukovođenja.

Moduli Održavanja opreme i Održavanje objekata i snabdevanja energijom i fluidima direktno su vezani sa osnovnim zadacima službe održavanja, a modul Upravljanje zalihama može da bude zajednički modul za sve delove savremenih zdravstvenih objekata koji posluju sa zalihama.

Modul Interne aplikacije sadrži skup aplikacija koje treba da podrže identifikovane resurse i procese koji nisu obuhvaćeni prethodnim modulima, kao i da razvija aplikacije za inženjerska izračunavanja i modeliranja.

Veze između identifikovanih modula su vrlo jake, tako da se može za-

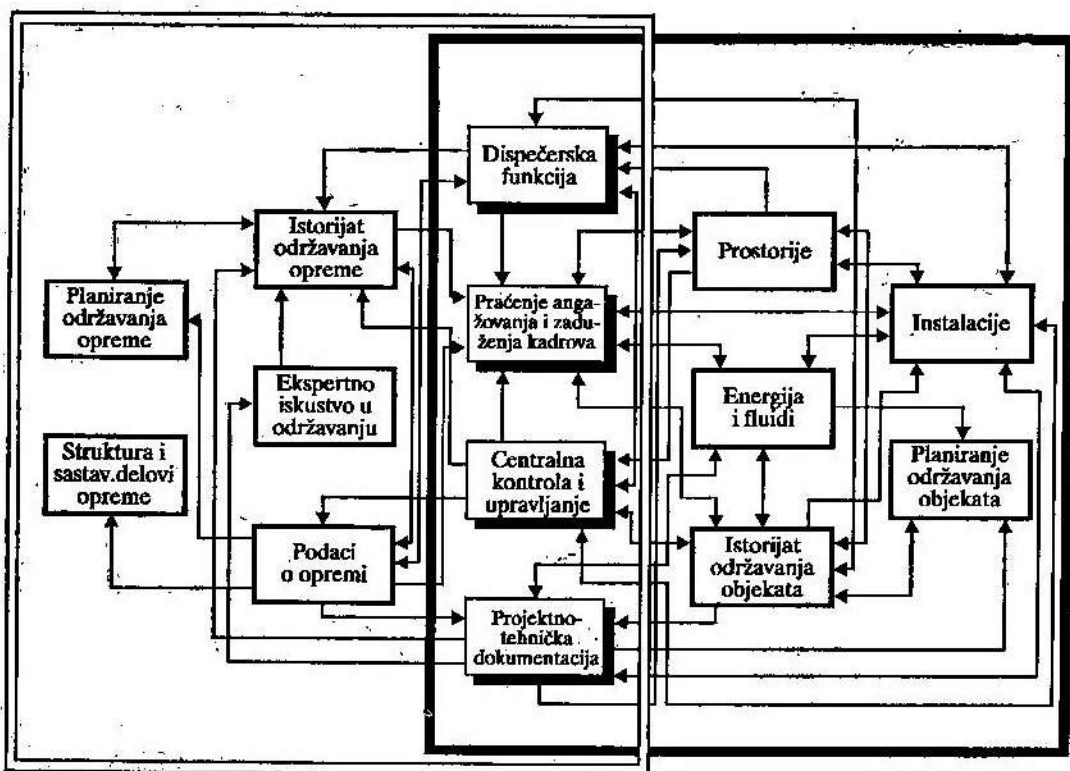
ključiti da IS održavanja opreme i objekata predstavlja jednu koherentnu celinu, koji razmenu podataka vrši, pre svega, unutar svojih modula i aplikacija.

### *Moduli i aplikacije informacionog sistema službe održavanja*

Na osnovu urađene sistem-analize izvršena je dalja konkretizacija i detaljna razrada koja je, kao rezultat, dala identifikovanje aplikacija unutar modula. Na slici 2. prikazana je struktura modula *Održavanje opreme* i *Održavanje objekata i snabdevanje energijom i fluidima*.

Prikazana arhitektura navedenih modula pokazuje da se deo aplikacija identifikovanih unutar navedena dva

modula može tretirati kao zajednički, a ostale su vrlo slične po funkciji, a razlike se, uglavnom, javljaju iz formalnog prilaza klasičnom održavanju opreme i objekata. U savremenim zdravstvenim objektima, gde je za uspešan rad nužno obezbediti, kako visok stepen raspoloživosti medicinske opreme, tako i pouzdan rad tehničkih sistema, instalacija i postrojenja u objektu, ova razlika u prilazu je prevaziđena. Uočavajući visok stepen integrisanosti modula prikazanih na slici, projektanti ovog IS-a uspeli su da ostvare zajednički model podataka održavanja opreme i objekata, iz kojeg će se formirati zajednička baza podataka. Zato je opravdan integralni pristup održavanju objekata i opreme, kao i organizovanje jedinstvene službe održavanja.



Posebne aplikacije  
modula *Održavanje opreme*

Zajedničke aplikacije

Posebne aplikacije  
modula *Održavanje objekata*

Sl. 2 — Arhitektura IS-a održavanja objekata i opreme

U daljem tekstu dat je kraći opis prikazanih modula i aplikacija službe održavanja.

### *Modul održavanja opreme*

Ovaj modul omogućava informatičku podršku automatizaciji poslova koji su vezani za: obuhvat podataka, planiranje i realizaciju održavanja, izveštavanje o stanju i događajima u vezi sa opremom i angažovanju radne snage, kao i informacije o strukturi, sastavnim delovima i dokumentaciji o opremi. Oprema se, prema važnosti i složenosti, rangira tako da se može voditi u informacionom sistemu održavanja kao pojedinačna, grupno prema tipu i grupno prema nazivu.

Modul se sastoji od devet aplikacija, od kojih su četiri zajedničke sa modulom Održavanje objekata i snabdevanje energijom i fluidima.

#### *Aplikacija: Podaci o opremi*

Aplikacija obezbeđuje bazične podatke o opremi koja je obuhvaćena informacionim sistemom održavanja. Izvršena je standardizacija i klasifikacija na grupe podataka: identifikacioni podaci, podaci o strukturi, stanju opreme, podaci o održavanju, poreklu, smeštaju, nosiocu održavanja, istorijatu održavanja, itd.

#### *Aplikacija: Struktura i sastavni delovi*

Aplikacija obezbeđuje nadogradnju baze podataka koja je kreirana u aplikaciji *Podaci o opremi* za opremu koja se prati po sastavnim delovima do nivoa komponenti ili do dela koji se zamenjuje prilikom otklanjanja kvara.

#### *Aplikacija: Projektno-tehnička dokumentacija*

Ovom aplikacijom obuhvata se tehnička dokumentacija o opremi (uputstva o rukovanju, održavanju, i dr.) i projektna dokumentacija o objektima i

instalacijama (građevinsko-arhitektonski projekti i projekti instalacija). Najviši nivo podataka o dokumentaciji je »Sadržaj dokumentacije«. Klasifikacija je po oblasti, vrsti i tipu tehničke dokumentacije.

#### *Aplikacija: Planiranje održavanja*

Funkcija planiranje ne može se u potpunosti automatizovati u procesu održavanja, pa se kao rezultat ove aplikacije dobija predlog plana. Ovaj predlog plana koriguje služba održavanja na osnovu uvida u raspoložive resurse za održavanje.

Preventivno održavanje vezano je za propisane standarde i normative eksploatacije, ali se može preduzeti i na osnovu parametara stanja sredstava. Planiranje korektivnog održavanja bazira se na statističkim pokazateljima iz prethodnog perioda.

#### *Aplikacija: Dispersijska funkcija*

U aplikaciji se registruju prijave korisnika o neispravnostima i automatski vrši resetovanje stanja opreme — objekata i instalacija. Otvara se »Radionička lista« sa podacima koji se odnose na prijavu odgovarajućem delu službe održavanja.

#### *Aplikacija: Istorijat održavanja opreme*

U ovoj aplikaciji automatizuju se poslovi vezani za evidenciju i statističku analizu izvršenih akcija održavanja po raznim kriterijumima; praćenje i analizu parametara održavanja (srednje vreme između dve neispravnosti, raspoloživost, pouzdanost, i dr.); kao i utrošak resursa po pojedinačnoj opremi, grupi opreme, radionici, i dr.

#### *Aplikacija: Praćenje angažovanja kadrova*

Preko određene radioničke dokumentacije evidentira se vreme utrošeno na održavanje po radionicama i iz-

vršiocima. Osim toga, evidentiraju se specifična znanja i osposobljenost kadrova za održavanje.

#### Aplikacija: Ekspertno iskustvo o održavanju

Pod ekspertnim iskustvom ovde se podrazumevaju sistematizovana znanja stečena u procesu održavanja. Sadrži opise algoritama za primene odgovarajućih defektažnih postupaka za odgovarajuće manifestacije neispravnosti, kao i opise raznih znanja i iskustava koja će se kasnije formalizovati i iskoristiti za definisanje standardnih procedura.

#### *Modul održavanja objekata i snabdevanja energijom i fluidima*

Modul treba da omogući automatizaciju poslova vezanih za obuhvatanje podataka iz projekata o nepokretnostima; poslova planiranja i realizacije građevinsko-zanatskih radova; centralnu kontrolu i upravljanje tehničkim sistemima i instalacijama; poslova vezanih za snabdevanje energijom i fluidima i izveštavanja vezanih za navedeni obim održavanja i stanje tehničkih sistema i instalacija.

Važno je napomenuti da poslovi planiranja i održavanja centralnih jedinica tehničkih sistema, uređaja i ostale opreme, koja služi nameni objekta, nisu obuhvaćeni ovim modulom, već modulom *Održavanje opreme*. To je učinjeno zbog toga što se ova sredstva u pogledu redovnog i korektivnog održavanja ne razlikuju od ostale opreme koja je obuhvaćena u navedenom modulu. Specifičnost ovih sredstava ogleda se u tome što njima rukuje ljudstvo službe održavanja.

Kroz ovaj modul potrebno je sagledati funkciju koju ova oprema vrši za potrebe objekta, ili njegovih delova, vezu sa instalacijama, potrošačima i prostorijama. Ovakav prilaz obezbeđuje

je integralno sagledavanje objekta sa aspekta onog što je definisano pod pojmom objekti i instalacije.

Ovim modulom potrebno je i kompleksno sagledati energetiku za potrebe objekta, počev od izvora napajanja, transformacija, razvoda, do vrste i kategorije potrošača; radi zadovoljavanja potreba koje proizlaze kao posledica razvoja zdravstvene ustanove i izgradnje novih objekata.

Ovaj modul sadrži devet aplikacija, od kojih četiri treba da se razvijaju kao zajedničke aplikacije sa modulom *Održavanje opreme*, kao što je prikazano na slici. U daljem tekstu daće se kraći opis posebnih aplikacija ovog modula koje se odnose na održavanje objekata i instalacija.

#### Aplikacija: Prostorije

Ovom aplikacijom obuhvataju se podaci za jedinstvenu identifikaciju svih prostorija, kao i podaci iz projekata, koji će obuhvatiti građevinske podatke, podatke o krajnjim elementima instalacija u prostoriji i njihovu vezu sa razvodom instalacija.

#### Aplikacija: Instalacije

Podaci o instalacijama treba da budu prikazani tako da obezbede podatke o identifikaciji instalacije, centralnim jedinicama/postrojenjima, razvodu instalacije, propisanim akcijama redovnog održavanja i vezama instalacije sa krajnjim elementima — terminalima instalacije u prostorijama.

#### Aplikacija: Istorijat održavanja objekata i instalacija

Ovom aplikacijom treba da se automatizuju poslovi vezani za evidenciju izvršenih akcija održavanja objekata i instalacija. Osnovni nosioci podataka o kojima se vodi evidencija su prostorije i instalacije.



**Aplikacija:** Planiranje održavanja objekata i instalacija

Ovom aplikacijom treba obezbediti automatizaciju poslova na izradi predloga mesečnog plana održavanja objekata i instalacija, kao i podataka o realizaciji radova koji su planirani i radova realizovanih van plana.

**Aplikacija:** Centralna kontrola i upravljanje

Sistem za centralnu kontrolu i upravljanje omogućuje da se sa jednog mesta može upravljati postrojenjima i instalacijama, da se imaju informacije o stanju uključenosti pojedinih pogona i postrojenja, podaci o parametrima koji se prate, kao i podaci o stanju neispravnosti na postrojenjima u celini, ili na pojedinim elementima postrojenja. Ovaj sistem omogućuje i automatsko vođenje pojedinih kompleksnih postrojenja na osnovu unapred zadatih programa.

### **Model podataka IS održavanja objekata i opreme**

Idejni projekat *IS održavanja objekata i opreme*, rađen po BSP metodologiji, kao rezultat dao je arhitekturu ovog IS-a, a za izradu glavnog projekta korišćena je metoda *Objekti — veze*.

Uočavajući visok stepen integrisanosti osnovnih modula IS održavanja, projektanti ovog IS-a uspeali su da ostvare zajednički model podataka održavanja opreme i objekata, iz kojeg se formira zajednička baza podataka.

Izvršena je dekompenzacija globalnog modela podataka u sedam podmodela, koji sadrže oko 60 tipova entiteta i tipova veza sa oko 400 atributa.

U daljem tekstu daće se kraći opis svih podmodela i blok-dijagram podmodela *Uslovi održavanja*.

**Podmodel:** *Vrsta materijalnog sredstva (VMS)*

Entiteti i veze u ovom podmodelu grupišu se oko entiteta VMS, koji je tipski predstavnik vrste tehničkog sredstva i nepokretnosti, ili njihovog sastavnog dela, koji se prati u informacionom sistemu održavanja. Ovde se definišu osnovni podaci o sredstvu, rangu složenosti i nivou održavanja, osnovni tehnički podaci, kao i grupe podataka koje se odnose na materijalno knjigovodstvo i zalihe. Ovako strukturirani podaci predstavljaju katalog VMS-a koji se prate u IS-u.

Preko sastavnice se daje opis strukture i sastavnih delova VMS-a. Broj nivoa sastavnice nije ograničen. Struktura se formira po potrebi, do nivoa kojim se može identifikovati uzročnik kvara ili zamenjeni rezervni deo, ili se daje potpun opis VMS-a do opcije, radi zaštite od otuđenja pojedinih delova.

Definišu se i podaci o vezi VMS-a sa poslovnim partnerom. Tip veze definiše funkciju poslovnog partnera, koja može biti: proizvođač, dobavljač i server VMS-a.

**Podmodel:** *Uslovi eksploatacije*

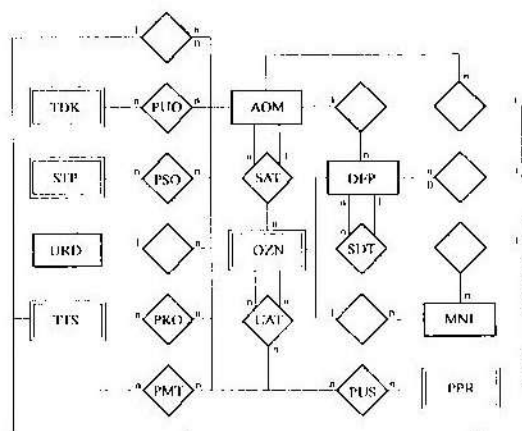
Ovo je relativno najjednostavniji podmodel kojim su obuhvaćeni podaci o energetičima i mazivima potrebnim za rad VMS-a, kao i podaci o potrebnim uputstvima za korišćenje i profilu stručne sprema radnika.

**Podmodel:** *Uslovi održavanja*

Ovim podmodelom (slika 3) definisani su svi potrebni uslovi da se izvrši određena akcija održavanja (AOM), koja predstavlja osnovni oblik delovanja stručnih organa službe održavanja, usmerenih ka postizanju odgovarajućeg stepena ispravnosti i pouzdanosti VMS-a.

Na centralni entitet ovog podmodela, akciju održavanja, povezan je efektažni postupak koga inicira mani-





Sl. 3 — Blok-dijagram podmodela Uslovi održavanja

festacija neispravnosti. Entitet AOM i DEF mogu imati i svoju strukturu, koja se za AOM razlaže do nivoa radnog zadatka, a za DEF do procedura. Na ovaj način strukturiran model podataka omogućava automatsko određivanje DEF-a i izdavanje radnih lista. Razvoj ovog podmodela zavisi od nivoa znanja stručnih organa službe održavanja da na sistematizovan način definišu ove entitete i njihovu zavisnost. U perspektivi, ova baza znanja treba da omogućiti razvoj ekspertnog sistema.

Ovim podmodelom obuhvaćeni su i podaci o tehničkoj dokumentaciji, potrebnoj stručnoj spremi radnika i vrsti radioničke opreme potrebnih za izvršenje AOM.

- AOM — akcija održavanja VMS
- DEF — defektni postupak za VMS
- MNI — manifestacija neispravnosti VMS
- PKO — potrebni kapaciteti za AOM
- PMT — potrebna vrsta MTS
- PSO — potreban STP za AOM
- PUO — potreban UPO za AOM
- PUS — potrebna usluga za AOM
- SAT — sastavnica AOM

SDP — sastavnica DFP  
 UAT — uslovljena AOM  
 VRD — vrsta radionica

#### Podmodel: Lokacija

Ovim podmodelom strukturirano se prikazuje objekat do identifikovanja prostorija i pojedinih prostora u njemu, a zatim se vrši dalje strukturiranje lokacije do tipova elemenata nepokretnosti (TEN), koji se smatraju VMS. Preko strukture lokacije prati se stanje TEN-a i troškovi održavanja.

Podmodelom su obuhvaćeni i podaci o organizacionoj jedinici korisnika lokacije, ulozi lokacije, licu koje održava TEN i vezi TEN-a i poslovnog partnera.

#### Podmodel: Instalacija

Ovim podmodelom obuhvataju se podaci o svim vrstama instalacija, njihovoj strukturi, statusu, propisanom režimu rada, potrošnji energije, stepenu uslovljenosti rada drugih instalacija i priključene opreme i veza instalacije sa poslovnim partnerom.

Takođe su definisani podaci o organizacionoj jedinici korisniku elementa instalacije i tehničkoj dokumentaciji.

#### Podmodel: Eksploatacija TMS

Centralni entitet ovog podmodela je konkretno tehničko materijalno sredstvo (TMS) u određenom okruženju, čija se eksploatacija prati. Podaci obuhvataju, pored identifikacionih i klasiifikacionih, status TMS, troškove održavanja i podatke o dobavljaču i nabavci.

Preko entiteta lokacija TMS prati se način i režim korišćenja TMS, ukupno vreme rada, broj kvarova, broj zastoja i ukupno vreme korišćenja.

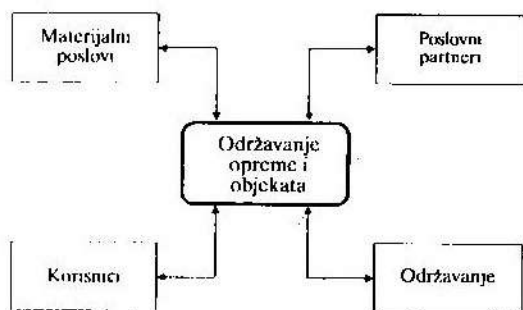
Podmodelom su obuhvaćeni i podaci o alternativnom TMS, uslovljenom TMS, priključcima na instalaciju i licu koje održava TMS.

**Podmodel: Održavanje**  
(preventivno i korektivno)

Centralni entitet ovog podmodela je radionička lista — RCL koja se generiše pre početka izvršenja akcije održavanja, prati tok izvršenja i zaključuje se jednim od predviđenih statusnih stanja TMS. Iz RCL-a se generišu radne liste koje prate izvršenje akcije održavanja (radne zadatke) po radionicama, radniku, primenjenom defektažnom postupku i uzroku neispravnosti. Za radne liste vezuje se dokumentacija o poslovanju sa magacinom koja je vršena u toku sprovođenja AOM. Ovim podmodelom obuhvataju se podaci o planovima preventivnog i korektivnog održavanja i njihovom ostvarenju, vremenu trajanja AOM, vremenu trajanja zastoja, prati se promena stanja RCL i daju se podaci o spoljnoj usluzi na poslovima održavanja.

**Model procesa IS-a održavanja objekata i opreme**

Funkcija održavanja opreme i objekata ostvaruje se kao organizovana delatnost službe održavanja, kao stručnog nosioca, na planskom korišćenju raspoloživih kapaciteta za održavanje pri primeni propisanih mera i postupaka, kojima se postiže odgovarajući stepen ispravnosti i pouzdanosti tehničkih sistema, postrojenja, instalacija, opreme i objekata. Ova funkcija realizuje se u okruženju prikazanom na slici 4.



Sl. 4 — Okruženje funkcije održavanje objekata i opreme

Funkcija održavanja opreme deli se na tri osnovna procesa (slika 5):

- uvođenje u održavanje,
- sprovođenje održavanja, i
- prestanak održavanja.

*Uvođenje u održavanje* obuhvata prepoznavanje i opisivanje vrste opreme, definisanje uslova eksploatacije i održavanja, kao i preuzimanje na održavanje.



Sl. 5 — Osnovni procesi funkcije Održavanja opreme i objekata

*Sprovođenje održavanja* obuhvata planiranje, upravljanje i realizaciju predviđenih vidova održavanja (osnovnog, preventivnog, korektivnog, i dr.), kao i izveštavanje o stanju opreme i korigovanje parametara održavanja.

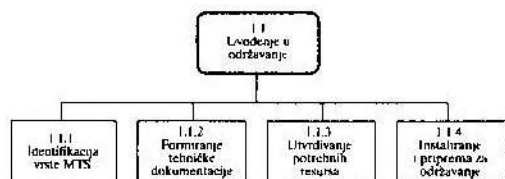
*Prestanak održavanja* obuhvata sve postupke isključivanja VMS iz procesa održavanja, koji se završavaju: demontažom, satvljanjem van upotrebe, raschodovanjem ili prodajom.

*Uvođenje u održavanje*

Uvođenje u održavanje na prvom nivou sadrži sledeće procese (slika 6):

- identifikaciju vrste materijalnog sredstva (VMS);
- formiranje tehničke dokumentacije;
- utvrđivanje potrebnih resursa;
- instaliranje i preuzimanje na održavanje VMS.

*Identifikacija vrste materijalnog sredstva* odnosi se na identifikaciju i



Sl. 6 — Struktura procesa Uvođenje u održavanje

opis strukture i sastavnih elemenata i evidentiranje poslovnih partnera i njihovih funkcija:

- identifikacija i opis vrsta VMS;
- identifikacija strukture i formiranje sastavnice;
- definisanje alternativnih i uslovljenih VMS;
- evidentiranje u katalog VMS i matičnu knjigu, i
- identifikacija i opis poslovnih partnera po njihovim funkcijama, kao proizvođača, dobavljača i serviseru u odnosu na vrstu VMS.

Formiranje tehničke dokumentacije odnosi se na formiranje i organizovanje tehničke dokumentacije o VMS:

- formiranje dokumentacije za pripremu prostorija za instaliranje;
- formiranje i organizovanje opštetehtničke dokumentacije;
- formiranje i organizovanje uputstava za korišćenje, i
- formiranje i organizovanje uputstava za održavanje.

Utvrđivanje potrebnih resursa odnosi se na utvrđivanje potrebnih resursa za eksploataciju i održavanje.

Resursi za eksploataciju:

- potrebne posade za rukovanje;
- stručnog profila članova posade;
- uloga člana posade;
- potrebnih energetika za rad;
- potrebnog potrošnog materijala;

— potrebnog uputstva za korišćenje, i

— potrebnih maziva.

Resursi za održavanje su:

— propisivanje potrebnih metoda održavanja;

— određivanje potrebnih akcija održavanja u okviru izabrane metode održavanja;

— određivanje vremenskih i eksploatacionih resursa za svaku propisanu akciju održavanja;

— određivanje graničnih vrednosti parametara stanja sistema za metodu održavanja po stanju;

— definisanje sastavnice akcije održavanja;

— definisanje uslovljenih akcija održavanja;

— određivanje potrebnog uputstva za izvođenje akcije održavanja;

— definisanje defekatažnih postupaka za karakteristične manifestacije kvarova;

— određivanje potrebnih rezervnih delova i potrošnog materijala za svaku akciju održavanja;

— definisanje potrebnih vrsta i kapaciteta radionica za svaku akciju održavanja;

— specifikacija neophodne radio-ničke opreme (alata, instrumenata) za izvršenje akcije održavanja, i

— definisanje potrebne ekipe za održavanje, stručnog profila članova ekipe i uloge članova ekipe.

*Instaliranje i preuzimanje na održavanje* odnosi se na proces pripreme i izvršenja instalacije opreme, testiranje, puštanje u rad, i na proces preuzimanja na održavanje, kojim se definiše proces održavanja na osnovu raspoloživih resursa za održavanje, kao i

— instaliranje;

— kvantitativni i kvalitativni prijem;

— puštanje u rad;

- izrada materijalno-finansijske dokumentacije za zaduženje korisnika;
- određivanje osnovne radionice koja je nadležna za održavanje instalirane opreme;

- određivanje lica u radionici koja su zadužena za održavanje opreme;

- definisanje svih raspoloživih resursa za održavanje;

- određivanje ranga značaja opreme za proces lečenja i dijagnostike, i

- određivanje klasa održavanja (proces održavanja) na osnovu nivoa na kojem se vrši održavanje (sklopa, modula, komponente), odnosno predviđene dubine zahvata i načina realizacije (sopstvenim snagama, uslugama iz zemlje, inostranstva, kombinovano) propisanih akcija održavanja.

### *Sprovođenje održavanja*

Sprovođenje održavanja na prvom nivou sadrži sledeće procese (slika 7):

- podršku održavanju, i
- operativno održavanje.



Sl. 7 — Struktura procesa Sprovođenje održavanja

*Podrška održavanja* ima za cilj da obezbedi planiranje, upravljanje, analizu i usavršavanje sistema održavanja i sastoji se od sledećih procesa:

- planiranje i praćenje realizacije planova;

- korigovanje parametara održavanja i izveštavanje;

- operativna podrška održavanja, i

- usavršavanje i razvoj sistema održavanja.

*Planiranje i praćenje realizacije planova održavanja* sastoji se u planiranju, tj. određivanju svih potrebnih resursa za izvršavanje korektivnog i preventivnog održavanja u planskom periodu (mesec, godina):

- analizirati broj, vrstu korektivnih akcija održavanja i vrstu neispravnosti po VMS ili grupama VMS, kao i utrošak resursa;

- prognozirati broj, vrstu akcija korektivnog održavanja, potrebne resurse za naredni planski period po VMS ili grupama VMS;

- analizirati raspoložive resurse i napraviti plan korektivnog održavanja;

- analizirati broj i vid izvršenih akcija preventivnog održavanja u prethodnom planskom periodu, kao i broj i vid neizvršenih, a koje su dospele na izvršenje u prethodnom planskom periodu;

- utvrditi broj, vid i potrebne resurse preventivnih akcija održavanja koje nastupaju u sledećem planskom periodu, i

- analizirati raspoložive resurse i napraviti plan preventivnog održavanja.

*Korigovanje parametara održavanja i izveštavanje* ima zadatak da prati, koriguje i izračunava sve logističke parametre održavanja, generiše odgovarajuće izveštaje o procesu održavanja i time obezbeđuje sistemu upravljanja održavanjem neophodne informacije:

- broj intervencija;
- ukupno vreme zastoja;
- srednje vreme zastoja;
- srednje vreme čekanja na intervenciju;
- srednje vreme čekanja na nabavku rezervnih delova;

- gotovost;
- pouzdanost;
- utrošak resursa po VMS, pa grupama VMS, po radionicama, po klinikama;
- stanje VMS (ispravno, neispravno, čeka na opravku, čeka na nabavku rezervnih delova, itd.), i
- drugi parametri i izveštaji.

*Operativna podrška održavanja* je proces čije aktivnosti neposredno podržavaju operativno održavanje, a odnosi se na:

- prijavu i registraciju neispravnosti na VMS;
- lansiranje radioničke dokumentacije;
- defektažu (tehnička dijagnostika), i
- prikupljanje i obradu radioničke dokumentacije.

*Prijava i registracija neispravnosti* na VMS sadrži sledeće podaktivnosti:

- prijaviti neispravnost (kvar, otkaz) na VMS;
- registrovati neispravnost;
- preuzeti VMS ako se opravka vrši u radionici, i
- obavestiti odgovarajuću radionicu održavanja o nastanku neispravnosti na VMS.

*Lansiranje radioničke dokumentacije* sadrži podakcije:

- otvoriti radioničku dokumentaciju za opravku VMS (radionička i radna lista);
- utvrditi prioritet za održavanje neispravnog VMS, i
- dogovoriti se sa korisnicima o vremenu raspoloživosti VMS za održavanje.

*Defektaža* (tehnička dijagnostika, u užem smislu) jeste proces čiji je cilj utvrđivanje stanja i uslova rada VMS u trenutku nastanka otkaza, određivanje

vrste i uzroka neispravnosti, kao i postupaka za dovođenje VMS u ispravno stanje:

- odrediti defektatore;
- izvršiti tehničku pripremu za defektažu (alat, instrumenti, dokumentacija, procedure);
- pristupiti defektaži neispravnosti VMS utvrđivanjem uslova u kojima se VMS nalazilo pri nastanku otkaza;
- utvrditi oštećenja;
- defektovati vrstu i uzrok otkaza;
- odrediti postupak opravke;
- obavestiti korisnike VMS o nalazu i prognozi i postupku opravke;
- otvoriti radne liste za pojedine operacije ili podakcije pri opravci, i
- pokrenuti postupak za nadoknadu štete usled nesavesnog rukovanja, ako postoje razlozi za to.

*Prikupljanje i obrada radioničke dokumentacije* ima za cilj da ručno ili automatski vrši unošenje informacija iz procesa održavanja u informacioni sistem održavanja.

*Operativno održavanje* predstavlja neposredno izvršenje akcija održavanja, kako korektivnih, tako i preventivnih, radi dovođenja VMS iz stanja otkaza u ispravno stanje po unapred definisanim procedurama. Sastoji se od sledećih aktivnosti:

- obezbeđenje materijalnih resursa;
- izvršenje akcije održavanja, i
- zaključivanje radioničke dokumentacije.

Obezbeđenje materijalnih resursa jeste aktivnost koja treba da omogućiti da potrebni rezervni delovi, potrošni tehnički materijal, alat, instrumenti, radionice i oprema, dokumentacija, uputstva i procedure budu raspoložive za izvršenje akcije održavanja:

- trebovanje rezervnih delova i potrošnog materijala;



— podizanje rezervnih delova i potrošnog materijala iz skladišta;

— iniciranje nabavki rezervnih delova i potrošnog materijala, i

— rezervisanje potrebnih alata, dijagnostičkih instrumenata i radioničkih kapaciteta.

Izvršenje akcije održavanja je složena aktivnost, koja se ne može jednoznačno definisati, jer bitno zavisi od vrsta akcija održavanja koja se sprovodi, kao i od vrste VMS i uslova u kojima radi. Ipak, sve te aktivnosti mogu se grupisati uslovno na sledeći način:

— akcije održavanja koje ne zahtevaju zamene ili popravke sastavnih delova VMS, već samo merenja, podešavanja, baždarenja, kontrolu, čišćenja, podmazivanja, punjenja i manje demontaže radi izvršenja navedenih aktivnosti, a standardne aktivnosti su:

- lokalizacija,
- izdvajanje,
- demontaža,
- odstranjivanje uzročnika otkaza,
- zamena dela,
- sklapanje,
- podešavanje i regulacija,
- verifikovanje stanja, odnosno funkcionalna provera;

— akcije održavanja koje zahtevaju zamenu sastavnog dela: sklopa, podsklopa, modula, komponente čije su standardne aktivnosti iste kao kod prethodne akcije održavanja, s tim što se uključuju:

- dodatni defektažni postupci na nižem nivou (podsklopu, modulu i komponenti);
- detaljno rasklapanje, i
- opravka i zamena komponenti.

Vođenje radioničke dokumentacije održavanja ima za cilj prikupljanje svih relevantnih podataka iz procesa održavanja, radi analize i optimalnog upravljanja sistemom održavanja.

Podaci koje obuhvata radionička dokumentacija mogu se grupisati na sledeći način:

— podaci o tehničkom sistemu;

— podaci o korisniku tehničkog sistema;

— podaci o eksploataciji tehničkog sistema;

— podaci o vrsti izvršenih akcija održavanja;

— podaci o uzroku neispravnosti;

— podaci o utrošku resursa za održavanje, i

— podaci o stanju tehničkog sistema:

● neispravno po prijavi korisnika,

● čeka na defektažu,

● čeka na opravku zbog:

— rezervnih delova,

— radnika,

— kapaciteta,

— spoljnih usluga,

● opravka u toku;

● opravka završena:

— ispravno,

— ispravna glavna funkcija,

— rad sa smetnjama;

● trajanje akcije održavanja,

● podaci o defektažnom postupku,

● podaci o angažovanju radnika, i dr.

### *Prestajanje održavanja*

Prestajanje održavanja obuhvata sve postupke isključivanja opreme iz procesa održavanja. Razlozi za isključivanje opreme iz procesa održavanja mogu biti višestruki:

— nerentabilnost daljeg održavanja (troškovi održavanja rastu),

— zastarelost,

— modernizacija.

Prestajanje održavanja sastoji se od dva procesa (slika 8):

— donošenje odluke o prestanku održavanja, i



— sprovođenje odluke o prestanku održavanja.

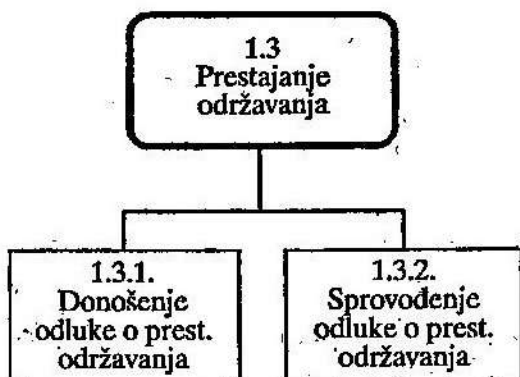
Proces donošenja odluke o prestanku održavanja uključuje aktivnosti:

— davanje predloga za prestanak održavanja, i

— donošenje odluke o prestanku održavanja.

Proces sprovođenja odluke o prestanku održavanja uključuje aktivnosti:

- demontažu VMS,
- registrovanje prestanka održavanja,
- rashodovanje,
- prodaju,
- demontažu na sastavne delove,
- regeneraciju sastavnih delova,
- uništenje, i
- pretvaranje u sirovinu.



Sl. 8 — Struktura procesa Prestajanja održavanja

### Realizacija IS-a i očekivani efekti

Nakon završetka Glavnog projekta IS-a održavanja opreme i objekata trebalo je obezbediti kadrovske resurse za programiranje ovog IS-a, kao i informatičku opremu na kojoj bi se ovaj sistem realizovao.

Projektanti ovog sistema odlučili su da se ovaj projekat realizuje mrežom računala koja bi radila pod operacionim

sistemom UNIX, a programiranje izvrši u ORACLE-u, verzija 6.0.

U okviru ukupnog opremanja VMA informatičkom opremom, ugovorena je oprema i softver za realizaciju mreže računara, kao i predviđeni softver za rad sa bazama podataka.

Ovaj ugovor nije u potpunosti realizovan zbog nastale situacije u našoj zemlji, tako da:

- nisu ostvareni uslovi za rad računara u mreži;
- nije isporučen kompletan softver za rad sa bazama podataka, i
- nije izvršena obuka za rad sa ovim softverom.

U takvim uslovima prišlo se programiranju pojedinih aplikacija i funkcija iz glavnog projekta na PC-jima, koristeći programski jezik za baze podataka CLIPPER. Tako su razvijene sledeće aplikacije i funkcije:

- Katalog i popis TMS,
- Radionička dokumentacija,
- Prijem MS,
- Dispečerska funkcija,
- Plan r/d i tp/m,
- Plan opreme,
- Personalna evidencija.

Nedostatak ovih aplikacija i funkcija jeste što se ne mogu koristiti za rad u mreži, ali daju pun efekat u testiranju pojedinih projektnih rešenja i postupnog uvođenja i prihvatanja pojedinih aplikacija i funkcija od strane korisnika, što će kasnije olakšati prihvrat celokupnog rešenja.

Razvojem i implementacijom Informatičkog sistema održavanja opreme i objekata mogu se očekivati efekti u pogledu smanjivanja troškova održavanja, smanjivanja vremena imobilizacije opreme, povećanja broja pruženih bolničkih usluga, kao i povećanja produktivnosti rada službe održavanja.

U nedostatku ekonomskih pokazatelja i statističkih podataka sa područja održavanja proizvodnih pogona i javnih

objekata u našoj zemlji, koristićemo se podacima iz pojedinih evropskih zemalja.

Podaci iz francuske literature ukazuju da je implementacijom IS održavanja u jednoj rafineriji postignut ukupan efekat smanjenja troškova održavanja od 22%, dok je u jednoj metalurškoj fabrici postignut efekat od 33% (uračunati su i efekti povećane produktivnosti u proizvodnji zbog veće raspoloživosti opreme).

U Velikoj Britaniji je jedna anketa u 41 preduzeću, čiji troškovi održavanja iznose 2 do 9% ukupnog prometa, pokazala da su finansijski efekti koji se postižu u toku jedne godine 4,5 puta veći u odnosu na investiciju potrebnu za uvođenje IS-a održavanja opreme.

Implementacijom IS-a održavanja u VMA očekuju se višestruki efekti, a pre svega:

— smanjenje troškova poslovanja zdravstvene ustanove, koje se postiže putem:

- smanjenja troškova radne snage;
- smanjenja troškova skladišta;
- boljeg iskorišćenja opreme;
- smanjenja potrošnje energetika;
- otkrivanja repetitivnih kvarova, i
- smanjenja rizika od havarija i povreda;

— povećanje produktivnosti rada službe održavanja, koje se postiže putem:

- dobijanja brze informacije o kvarovima i zastojevima;

- brže dostupnosti podacima o stanju zaliha;
- zamenljivosti pojedinih delova i uređaja; definisanim defektnim postupcima za određene manifestacije kvara;
- brže dostupnosti podacima iz projektne i tehničke dokumentacije, i
- smanjenja administrativnih poslova;

— povećanje raspoloživosti opreme, koje ima za direktnu posledicu:

- povećanje iskorišćenosti opreme;
- pružanje pravovremene bolničke usluge, i
- zadovoljenje zahteva za pružanje bolničkih usluga;

— podrška rukovođenju i urpavljanju, koja se ostvaruje preko mogućnosti dobijanja brze i tačne informacije o:

- stanju opreme i objekata;
- troškovima održavanja po definisanim mestima troškova (oprema, instalacija, prostorija, organizaciona jedinica, i dr.);
- vanrednim događajima u vezi s opremom, instalacijom, postrojenjem i objekata;
- iskorišćenosti pojedine opreme i njenoj raspoloživosti, i
- ostvarenim efektima pojedinih radnika i organizacionih delova službe održavanja.

Rešenja data ovim sistemom su opšteg karaktera i primenljiva su za održavanje svih složenih javnih objekata, kao i preduzeća koja imaju sopstvenu službu održavanja.

#### Literatura:

[1] Idejni projekat TIGRIS VMA.

[2] Model podataka i model procesa IS-a održavanja objekata i opreme VMA.

[3] Etablissements FIDELIS, *Osvrt na pojedine aspekte problematiku upravljanja održavanja podržanog računom*, Vaduz, 1987.

[4] IIM, *Business System Planning*, IBM, New York, 1984.

[4] NM, *Business System Planning*, IBM, New York, — VVTŠ KoV, 1985.

[6] Grupa autora, *Struktura informacionog sistema održavanja opreme i objekata*, ETAN, 1988.

[7] Grupa autora, *IS održavanja objekata i opreme u funkciji ekonomičnijeg i kvalitetnijeg rada u savremenim zdravstvenim ustanovama*, Informatika i produktivnost, 1988.

## Osetljivost topsis rang-liste varijanti na promenu broja kriterijuma i varijanti

U radu se razmatra postupak dobijanja rang-liste varijanti (protivavionskih raketnih sistema za male visine) primenom metode TOPSIS. Pokazan je postupak dogradnje metode radi adekvatnije primene za rešavanje praktičnih zadataka, prezentirani su svi potrebni matematički izrazi i data potrebna pojašnjenja, kako bi se rad mogao upotrebiti za izradu odgovarajuće softverske podrške.

Navedeni su bitni nedostaci metode i opisani mogući postupci njihovog rešavanja pri promeni uslova delovanja okruženja, kada se menjaju broj varijabli i kriterijuma i njihove karakteristike. Pokazan je postupak dobijanja stabilne rang-liste uvođenjem stalnih referentnih tačaka — varijanti.

### Uvod

Za rešavanje različitih upravljačkih zadataka, donosioci odluka (DO) treba da poznaju rang-liste određenih sličnih pojava ili sistema. Intuitivno i logičko zaključivanje, mada često u praksi, može dovesti do pogrešnih odluka i dugotrajnih negativnih posledica za organizacioni sistem u kome se ili za čije se potrebe donosi odluka. Primenom metoda operacionih istraživanja za rešavanje višekriterijumskih problema — oblast višekriterijumskog odlučivanja, može se znatno smanjiti rizik donošenja loših odluka.

Određivanjem relevantnih kriterijuma i njima pripadnih kriterijumskih funkcija na osnovu kojih se vrši vrednovanje pojava ili sistema (varijanti), omogućava se primena razrađenih postupaka za njihovo rangiranje.

Na osnovu usvojenih kriterijuma određuju se kriterijumske funkcije koje su brojčane vrednosti i predstavljaju merljive kvantitativne parametre, njihove ocene ili ocene kvalitativnih karakteristika sistema koji se rangiraju.

Korist koju DO ima od rang-liste varijanti, dobivene primenom neke od metoda višekriterijumske optimizacije i bazirane na realnim podacima i objektivnim, sveobuhvatnim i nepristrasnim procenama, može potvrditi samo praksa. Do sada razvijene i primenljive

vane metode iz ove oblasti daju određene garancije da će odluke koje se donose u složenim situacijama, na osnovu rezultata dobijenih primenom metoda, biti bolje nego kada se donose intuitivno.

Razvoju operacionih istraživanja mnogo je doprineo razvoj informatičke tehnologije, jer se složeni i dugotrajni računarski postupci, uz adekvatnu softversku podršku, mogu obaviti za veoma kratko vreme. Time se istraživačima omogućava da eksperimentišu, pronalaze moguće pogreške u metodama i rade na njihovoj dogradnji, usavršavanju, modifikaciji i prilagođavanju za rešavanje praktičnih problema.

Za višekriterijumsko rangiranje varijanti postoji veliki broj razvijenih i proverenih metoda. U našoj zemlji najpoznatije su familije metoda PROMETHEE [1], ELECTRE [2] i IKOR [3], kao i njihove modifikacije. Bez razloga je zapostavljena i nedovoljno eksploatisana metoda TOPSIS sa njenim modifikacijama [4, 5].

Metoda TOPSIS zasnovana je na saznanjima kompromisnog programiranja, a uvodi i meru relativne verodostojnosti poznatih funkcija  $L_p$  metrike, zavisne od dimenzija rešavanog problema, pre svega od broja relevantnih kriterijuma.

Mada se sve navedene metode mogu primenjivati za široku klasu proble-

ma, bez obzira na to da li su oni tehničke, ekonomske ili neke druge prirode, metode IKOR i TOPSIS su pogodnije za primenu u problemima sa više relevantnih kriterijuma tehničke prirode (tehnički sistemi). To je samo generalna preporuka, tako da se u zavisnosti od stvarnog problema koji se rešava, bira i adekvatna metoda ili se prilagođava problemu (kao što je slučaj u primerima rangiranja varijanti sa kriterijumskim funkcijama na više nivoa [3, 6], i slično).

Cilj ovog rada jeste da se prezentira proširena metoda TOPSIS, pokaže njena primena na jednom realnom primeru (protivavionski raketni sistemi za male visine — PARSMV), ukaže na neke njene nedostatke i da se daju određene preporuke za njihovo otklanjanje. U radu su navedeni svi potrebni mate-

matički izrazi, tako da se ova prezentacija može koristiti u izradi odgovarajućeg softvera. Pored toga, želi se ukazati i na potrebu korišćenja savremenih metoda i računarske tehnologije, kao pomoći u procesu pripreme i donošenja odluka.

Rangiranje PARSMV, pokazano u primeru, izvršeno je na osnovu dostupnih podataka za ove tehničke sisteme [7]. U postupku rešavanja numeričkog primera, subjektivno su procenjene relativne važnosti relevantnih kriterijuma i neke vrednosti kriterijumskih funkcija (na osnovu poznatih kvalitativnih karakteristika tehničkih sistema).

### Proširena metoda TOPSIS

Proširena metoda TOPSIS (Technique for Order Preference by Similari-

#### Neke karakteristike protivavionskih raketnih

| Varijante V                        | V <sub>1</sub> | V <sub>2</sub> | V <sub>3</sub>   | V <sub>4</sub> | V <sub>5</sub>     | V <sub>6</sub>      |
|------------------------------------|----------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|---------------------|
| Karakteristike                     |                |                |                  |                |                    |                     |
| Naziv                              | SA-13Gopher    | SA-8 GECKO     | CROTALE          | CROTALE NC     | ROLAND R1/2        | ADAMS               |
| Država proizvođač                  | SSSR           | SSSR           | Francuska        | Francuska      | Fran. — SR Nem.    | Izrael              |
| Godina uvođenja                    | 1977           | 1975           | 1971             | 1991           | 1977/80            | razvoj              |
| Tip                                | 2 stepena      | 1 stepen       | 1 step. R440     | 1 step. VT1    | 2 stepena          | 2 stepena           |
| Dužina rakete (m)                  | 2,19           | 3,10           | 2,89             | 2,29           | 2,4                | 2,175               |
| Prečnik rakete (m)                 | 0,12           | 0,21           | 0,15             | 0,165          | 0,16               | 0,17                |
| Raspon krila (m)                   | 0,36           | 0,64           | 0,54             | 0,45           | 0,50               | 0,68                |
| Masa rakete (kg)                   | 39,2           | 170            | 85               | 75             | 66,5               | 94                  |
| Motor                              | ČG, B+M        | ČG             | ČG               | ČG, MD         | ČG                 | ČG, TRM             |
| Bojna glava                        | 4 kg HE        | 40 kg HE       | 13,9 kg parčadno | 13,14 kg HEu   | 6,5 kg kumulativno | 22 kg HE fregmentno |
| Upaljač                            | UK i UB        | UB (Sm)        | UK i UB(8m)      | UEMB (8m)      | UK ili UEMB        | UK i UB             |
| Vođenje                            | PICSV (2)      | KVR i KVO      | SVRTV            | MSVK           | KVR i KVO          | PRSV                |
| Lansirno oruđe: voz. (t), br. rak. | 13,6 t 6+12    | 18,3 t 4 ili 6 | 15 t 4           | gusenično 8    | 33 t 2+8           | LAV-25 M2 20        |

ty Ideal Solution) [4, 5] zasniva se na saznanjima iz područja kompromisnog programiranja u višekriterijumskoj optimizaciji, a od poznatih metoda iz ovog područja (na primer IKOR [3]), razlikuje se po tome što uvodi meru relativne verodostojnosti funkcija  $L_p$  metrike koja zavisi od dimenzije rešavanog problema. Postupak provođenja metode može se predstaviti u pet osnovnih faza:

1. Definisanje problema, razrada varijanti, kriterijuma i njima pripadajućih parametara.

2. Transformacija i normalizacija vrednosti kriterijumskih funkcija.

3. Određivanje devet rang-listi varijanti primenom  $L_p$  metrike i funkcije »sličnosti« idealnoj varijanti (za  $p=1, 2, \dots, \infty$ ).

4. Određivanje jedinstvene rang-liste varijanti pomoću funkcije verodostojnosti i jedinstvene funkcije »pomirenja« rangova varijanti.

5. Formiranje konačne rang-liste varijanti po proširenoj metodi TOPSIS.

### Problem, varijante i kriterijumi

Za razmatrane tehničke sisteme definisani su značajni kriterijumi  $K_j$  ( $j=1, n$ ;  $n=13$ ) sa pripadnim relativnim važnostima  $W_j$  (ekspertske ocenjene) i logičkim operatorima  $L_j$  koji pokazuju da li je za DO bolje ako je vrednost kriterijumske funkcije veća ( $L_j=1$ ) ili manja ( $L_j=-1$ ). Kriterijumi su:

$K_1$  — dimenzije rakete (vrednosti kriterijumskih funkcija izve-

Tabela 1

sistema za male visine, prema [7]

| $V_1$                  | $V_2$                       | $V_3$             | $V_{10}$              | $V_{11}$    | $V_{12}$              | $V_{13}$            |
|------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------|-------------|-----------------------|---------------------|
| SPADA                  | TIP 81<br>TAN-SAM           | ADATS             | PAPIER,<br>LAS I 2000 | SA-9 GASKIN | Chaparral             | HQ-61               |
| Španija                | Japan                       | Švajcarska        | V. Britanija          | SSSR        | SAD                   | NR Kina             |
| 1983                   | 1982                        | 1988              | 1983                  | 1969        | 1969                  | —                   |
| 1 stepen               | 1 stepen                    | PA i PO<br>sistem | 1 stepen              | 2 stepena   | 1 stepen<br>MIM-72A-F | 1 stepen            |
| 3,7                    | 2,7                         | 2,057             | 2,24                  | 1,82        | 2,91                  | 3,99                |
| 0,203                  | 0,16                        | 0,152             | 0,133                 | 0,12        | 0,127                 | 0,86                |
| 0,68                   | 0,6                         | 0,36              | 0,381                 | 0,38        | 0,64                  | 1,66                |
| 204                    | 100                         | 51,4              | 42,6                  | 30          | 86                    | 300                 |
| ČG                     | ČG                          | ČG, MD            | ČG                    | ČG, B+M     | ČG                    | ČG                  |
| 33 kg HE<br>fragmentno | HE, fragmen.<br>domet S-15m | 12,5 kg<br>KHEF   | 1,4 kg<br>KNEF        | 2,6 kg HE   | 12,6 kg<br>KNEF       | oko 40 kg<br>HE (p) |
| UK i UB                | UU ili UEMB                 | UU ili UEMB       | UU i UB               | UB (1,5 m)  | UU ili UB             | UK i UB             |
| PRSV                   | PICSV<br>i autopilot        | LVS               | AKOLRV                | PICSV       | ICSV                  | PRSV                |
| —<br>6                 | 6x6 točkaš<br>4             | M113 M2<br>8      | 14 t<br>8             | 7 t<br>4+2  | 11 t<br>4+8           | 6x6 točkaš<br>2     |



dene su na osnovu podataka za dužinu, prečnik i raspon krila rakete iz tabele 1, a prema postupku opisanom u [6] i one su bezdimenzionalne veličine). Relativna važnost kriterijuma  $W_1=1$ , a raketa je bolja ako je vrednost kriterijumske funkcije manja ( $L_1=-1$ );

- $K_2$  — masa rakete (kg);  $W_2=1,5$ ;  $L_2=-1$ ;
- $K_3$  — masa bojne glave (kg);  $W_3=2,5$ ;  $L_3=1$ ;
- $K_4$  — maksimalna brzina (m/s);  $W_4=3$ ;  $L_4=1$ ;
- $K_5$  — maksimalni efektivni domet (km);  $W_5=2,5$ ;  $L_5=1$ ;
- $K_6$  — minimalni efektivni domet (km);  $W_6=2,5$ ;  $L_6=-1$ ;
- $K_7$  — maksimalna efektivna visina (km);  $W_7=2$ ;  $L_7=1$ ;
- $K_8$  — minimalna efektivna visina (km);  $W_8=2,5$ ;  $L_8=-1$ ;
- $K_9$  — sistem vođenja (ekspertska ocena prema poznatim karakteristikama, u rasponu ocena od 1 do 5);  $W_9=3$ ;  $L_9=1$ ;
- $K_{10}$  — sistem upravljanja vatrom (ekspertska ocena u rasponu ocena od 1 do 6);  $W_{10}=3$ ;  $L_{10}=1$ ;
- $K_{11}$  — zaštita rakete od ometanja (ekspertska ocena u rasponu ocena od 1 do 10);  $W_{11}=3$ ;  $L_{11}=1$ ;
- $K_{12}$  — status (razvoj, u proizvodnji ili pred izbacivanjem iz naoružanja) i perspektivnost rakete (ekspertska ocena u rasponu ocena od 1 do 10);  $W_{12}=1$ ;  $L_{12}=1$ ;
- $K_{13}$  — verovatnoća pogađanja — uništenja cilja (%);  $W_{13}=3$ ;  $L_{13}=1$ .

Razmatra se 13 PARSMV ili 13 varijanti  $V_i$  ( $i=1, m$ ;  $m=13$ ).

Karakteristike raketa koje nisu obuhvaćene usvojenim kriterijumima,

a na osnovu njih su određene složene kriterijumske funkcije (npr.  $K_i$ ) ili su ekspertski ocenjene kvalitativne karakteristike sistema, date su u tabeli 1, prema [7].

Uvedene skraćenice u tabeli 1 imaju sledeće značenje:

- ČG, (TRM; B+M; MD) — čvrsto gorivo (trorežimski motor; buster + marš; malodimno);
- HE (HEu, HEp) — high explosive — jaki eksploziv (usmereno, parčadno);
- KHEF, — kumulativni jaki eksploziv, fragmentarno;
- UK; UU; UB; UEMB; — upaljač; kontaktni; udarni; blizinski; elektromagnetski blizinski;
- ICSV — IC samovođenje nakon optičkog usmeravanja;
- PICSV(2) — pasivno IC samovođenje sa dva senzora;
- KVR; KVO — komandno vođenje radarsko; komandno vođenje optičko;
- SVRTV — samovođenje na radarskom ili TV snopu sa IC mernim sistemom odstupanja;
- MSVK — multisenzorsko vođenje (radar, IC, video) kompjuterom;
- PRSV — poluaktivno radarsko samovođenje;
- LVS — lasersko vođenje po snopu;
- AKOLRV — automatsko (vođenje) sa komandnim, optičkim, laserskim ili radarskim vođenjem.

Vrednosti kriterijumskih funkcija  $c_{i,j}$  za pojedine rakete — varijante  $V_i$ , i kriterijume  $K_j$ , date su u tabeli 2, a dobijene su na osnovu karakteristika u tabeli 1 i drugih bitnih kvantitativnih pokazatelja [7]. Relativne važnosti kriterijuma procenjene su i DO ih može menjati zavisno od uslova pri kojima se odluka donosi (ili uslova u kojima se zahteva rang-lista varijanti).



Početna tabela za višekriterijumsko rangiranje varijanti  $V_i$  — PARSMV (matrica  $C = [c_{ij}]$ )

| VARIJANTE $V_i$            | KRITERIJUMI $K_j$ |       |       |       |       |       |       |       |       |          |          |          |          |
|----------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|----------|----------|
|                            | $K_1$             | $K_2$ | $K_3$ | $K_4$ | $K_5$ | $K_6$ | $K_7$ | $K_8$ | $K_9$ | $K_{10}$ | $K_{11}$ | $K_{12}$ | $K_{13}$ |
| $V_1$ - SA-13 GOPHER       | 0,07              | 39,2  | 4     | 614   | 7,5   | 0,5   | 6     | 0,010 | 2     | 3        | 3        | 8        | 60       |
| $V_2$ - SA-8 GECKO         | 0,84              | 170   | 40    | 784   | 15    | 1,6   | 10    | 0,050 | 3     | 5        | 7        | 8        | 70       |
| $V_3$ - CROTALE            | 0,49              | 85    | 13,9  | 780   | 10,5  | 0,5   | 5     | 0,015 | 3     | 3        | 7        | 5        | 70       |
| $V_4$ - CROTALE NG         | 0,34              | 75    | 13,4  | 1228  | 8     | 0,5   | 6     | 0,015 | 5     | 5        | 10       | 10       | 90       |
| $V_5$ - ROLAND R1/2        | 0,37              | 66,5  | 9     | 570   | 8     | 0,5   | 3     | 0,020 | 3     | 5        | 7        | 8        | 70       |
| $V_6$ - ADAMS              | 0,51              | 94    | 22    | 580   | 10    | 0,4   | 5     | 0,050 | 2     | 5        | 6        | 10       | 60       |
| $V_7$ - SPADA              | 0,96              | 204   | 33    | 680   | 15    | 0,5   | 5     | 0,015 | 2     | 5        | 6        | 7        | 60       |
| $V_8$ - T-81 TAN-SAM       | 0,52              | 100   | 15    | 818   | 7     | 0,5   | 3     | 0,015 | 3     | 2        | 4        | 7        | 70       |
| $V_9$ - ADATS              | 0,15              | 51,4  | 12,5  | 1023  | 10    | 1,0   | 6     | 0,015 | 5     | 6        | 10       | 10       | 90       |
| $V_{10}$ - RAPIER L. i2000 | 0,13              | 42,6  | 1,4   | 680   | 6,85  | 0,5   | 3     | 0,015 | 4     | 4        | 8        | 9        | 70       |
| $V_{11}$ - SA-9 GASKIN     | 0,00              | 30    | 2,6   | 500   | 5,1   | 0,9   | 4,5   | 0,025 | 1     | 1        | 1        | 2        | 40       |
| $V_{12}$ - CHAPARREL       | 0,50              | 86    | 12,6  | 850   | 6     | 0,5   | 3     | 0,050 | 2     | 4        | 4        | 3        | 60       |
| $V_{13}$ - HQ-61           | 1,28              | 300   | 40    | 1023  | 10    | 0,3   | 8     | 0,015 | 2     | 2        | 4        | 8        | 60       |
| Relat. važ. krit. $W_j$    | 1                 | 1,5   | 2,5   | 3     | 2,5   | 2,5   | 2     | 2,5   | 3     | 3        | 3        | 1        | 3        |
| Logički operator $L_j$     | -1                | -1    | 1     | -1    | 1     | -1    | 1     | -1    | 1     | 1        | 1        | 1        | 1        |

### Određivanje rang-liste raketa metodom TOPSIS

a) Vrednosti kriterijumskih funkcija zadane matricom  $C = [c_{ij}]$  svode se na vrednosti  $c'_{ij}$  koje predstavljaju apsolutne »udaljenosti« vrednosti kriterijumskih funkcija za posmatrani kriterijum  $K_j$  (»opaženi« negativni ideal). Na taj način dobija se matrica transformisanih kriterijumskih funkcija  $C' = [c'_{ij}]$  čiji elementi zadržavaju početne jedinice mere i određuju se tako da je:

$$c'_{ij} = \begin{cases} \frac{c_{ij} - \min_i \{c_{ij}\}}{i}, & \text{za } j \in J^+, \\ \frac{\max_i \{c_{ij}\} - c_{ij}}{i}, & \text{za } j \in J^-, \end{cases} \quad (1)$$

Podsklopovi  $J^+$  i  $J^-$  definisani su tako da je:

$$J^+ = \{j: L_j = 1\}, J^- = \{j: L_j = -1\}, J = J^+ \cup J^-, \quad (2)$$

što je u primeru:

$$J^+ = \{3; 4; 5; 7; 9; 10; 11; 12; 13\}, J^- = \{1; 2; 6; 8\}.$$

Relativne važnosti svih kriterijuma u matrici  $C'$  imaju predznak »+«, odnosno logički operatori su  $L'_j = 1$  za  $j = 1, n$ .

b) Formira se matrica normalizovanih kriterijumskih funkcija  $A = [a_{ij}]$  kao početna matrica za određivanje rang-listi varijanti (raketa), sa elementima:

$$a_{ij} = \frac{c'_{ij}}{\max_i \{c'_{ij}\}}, \quad (3)$$

Vrednosti elemenata matrice  $A$  su u intervalu  $[0,1]$ , tako da je varijanta  $V_i$  bolja ako je pripadna vrednost  $a_{ij}$  bliža 1.

c) Određuju se idealna i negativna varijanta — tačka, jer metoda TOPSIS pretpostavlja da je varijanta (tačka u  $n$ -dimenzionalnom prostoru) bolja ukoliko je bliža idealnoj tački i dalja od negativne idealne tačke u  $n$ -dimenzionalnom prostoru kriterijumskih funkcija, ali ne samo u geometrijskom smislu.

Idealna tačka  $I^*$  (»opaženi« ideal — idealna varijanta  $V^*$ ) predstavlja

onu tačku u  $n$ -dimenzionalnom prostoru kriterijumskih funkcija koja, prema zadanim kriterijumima  $K_j$  i logičkim operatorima  $L_j$ , ima najbolje karakteristike — vrednosti kriterijumskih funkcija  $c_j^*$ ) prema svim kriterijumima. U slučaju da bira najbolju varijantu, DO bi želeo da izabere varijantu koja poseduje te karakteristike, ako takva postoji. Ali, ako takva varijanta ne postoji, DO bi želeo da izabere varijantu čije su karakteristike najbliže karakteristikama idealne varijante. Idealna tačka  $I^*$  je  $n$ -dimenzionalni vektor čiji su elementi maksimalne vrednosti  $a_{i,j}$  ( $c_j^*$ ). Prema matrici  $A$ , idealna tačka je:

$$I^* = \left\{ \max_i \{a_{i,j}\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \right\} = \{a_j^*; j = \overline{1, n}\} \quad (4)$$

tako da je to i vrh  $n$ -dimenzionalnog konveksnog poliedra, čija svaka od  $n$  koordinata ima vrednost  $a_j^* = 1$ .

»Opaženi« ideal može se odrediti i prema matrici  $C$ , uz uvažavanje logičkih operatora  $L_j$  ( $j \in J^+$  ili  $j \in J^-$ ), što predstavlja i idealnu varijantu  $V^*$  (»opažena« idealna varijanta). To je vektor:

$$I_c^* = \{c_j^*; j = \overline{1, n}\}, \quad (5)$$

gde je:

$$C_j^* = \begin{cases} \max_i \{c_{i,j}\}, & \text{za } j \in J^+, i = \overline{1, m} \\ \min_i \{c_{i,j}\}, & \text{za } j \in J^-, i = \overline{1, m} \end{cases} \quad (6)$$

Idealna tačka u rešavanom primeru je:

$$I_c^* = \{0; 30; 40; 1228; 15; 0,3; 10; 0,01; 5; 6; 10; 10; 90\},$$

(vrednosti u tabeli 2 označene sa  $^{**}$ )

Negativna idealna tačka  $I^-$  (»opaženi« negativni ideal — negativna idealna varijanta  $V^-$ ) predstavlja onu tačku u  $n$ -dimenzionalnom prostoru kriterijumskih funkcija čije su koordinate najlošije ( $c_j^-$ ), a prema matricama  $A$  i

$C'$  i najmanje vrednosti kriterijumskih funkcija za svaki od kriterijuma  $K_j$  i posmatrani skup varijanti  $V_i$ , odnosno:  $a_j^- = \min_i \{a_{i,j}\}$  i  $c_j^- = \min_i \{c'_{i,j}\}$ , za  $j = \overline{1, n}$ .

Prema matrici  $A$ , negativna idealna tačka je:

$$I_A^- = \left\{ \min_i \{a_{i,j}\}; i = \overline{1, m}; j = \overline{1, n} \right\} = \{a_j^-; j = \overline{1, n}\}, \quad (7)$$

Za rešavani primer »opaženi« negativni ideal je, prema matrici  $A$ , vektor čiji su svi elementi  $a_j^- = 0$  (ukupno  $n = 13$  elemenata), a prema matrici  $C$  predstavlja ujedno i »opaženu« negativnu varijantu  $V^-$ . To je vektor:

$$I_c^- = \{c_j^-; j = \overline{1, n}\}, \quad (8)$$

gde je:

$$c_c^- = \begin{cases} \min_i \{c_{i,j}\}, & \text{za } j \in J^+, i = \overline{1, m} \\ \max_i \{c_{i,j}\}, & \text{za } j \in J^-, i = \overline{1, m} \end{cases} \quad (9)$$

U primeru je to vektor:

$$I_c^- = \{1,28; 300; 1,4; 500; 5,1; 1,6; 3; 0,05; 1; 1; 1; 2; 40\},$$

(vrednosti u tabeli 2 označene sa  $^-$ ).

d) Primenom  $L_p$  metrike [3, 4, 5] za  $p=1, 2, \infty$ , dobija se šest rang-lista varijanti  $V_i$ , jer se funkcije  $L_p$  metrike određuju s obzirom na idealnu tačku  $I^*$  i negativnu idealnu tačku  $I^-$ .

Rastojanje tačaka (rešenja, varijanti)  $V_i$  od idealne tačke  $I^*$  (idealne varijante  $V^*$ ) uz odabrani koeficijent  $L_p$  metrike —  $p$ , definiše se na sledeći način:

$$d_{p,i} = L_p(I^*, V_i) = \left[ \sum_{j=1}^n w_j^p (a_j^* - a_{i,j})^p \right]^{\frac{1}{p}}, \quad \text{za } 1 \leq p \leq \infty. \quad (10)$$

Za specijalne vrednosti  $p=1, 2, \infty$ , izraz (10) prelazi u:

$$p=1 \rightarrow d_{1,i}^* = L_1(I^*, V_i) = \sum_{j=1}^n w_j (a_{1,i}^* - a_{1,j}), \quad p=1 \rightarrow d_{1,i}^- = L_1(I^-, V_i) = \sum_{j=1}^n w_j (a_{1,i}^- - a_{1,j}^-), \quad (17)$$

$$\left[ \begin{array}{c} \text{MANHATANOVA} \\ \text{DISTANCA} \end{array} \right], \quad (11)$$

$$p=2 \rightarrow d_{2,i}^* = L_2(I^*, V_i) = \left[ \sum_{j=1}^n w_j^2 (a_{2,i}^* - a_{2,j}^*)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad \left[ \begin{array}{c} \text{EUKLIDOVA} \\ \text{DISTANCA} \end{array} \right], \quad (12)$$

$$p=\infty \rightarrow d_{\infty,i}^* = L_{\infty}(I^*, V_i) = \max_j \left[ w_j (a_{\infty,i}^* - a_{\infty,j}^*) \right], \quad \left[ \begin{array}{c} \text{CEBIŠEVljeVA} \\ \text{DISTANCA} \end{array} \right], \quad (13)$$

gde su:

$$w_j = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^n W_j}, \quad \text{za } j=1, n, \quad (14)$$

normalizovane relativne važnosti kriterijuma, odnosno, to je vektor  $w_j = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$ .

Rang varijanti  $R_{p,i}^*$  ( $p=1,2,\infty$ ) određuje se prema rastućem nizu vrednosti  $d_{p,i}^*$ . To je uređeni skup  $R_p^* = \{V_i\}$  dobijen primenom kriterijuma:

$$R_{p,i}^* = 1, \quad \text{za } i: d_{p,i}^* = \min\{d_{p,i}^*\}; \dots; \quad (15)$$

$$R_{p,i}^* = m, \quad \text{za } i: d_{p,i}^* = \max\{d_{p,i}^*\}.$$

Ako je ostvarena jednakost  $d_{p,l}^* = d_{p,k}^*$  (varijante  $V_l$  i  $V_k$ ) za  $l \neq k$  i isti  $p$ , onda su i pripadni rangovi jednaki:  $R_{p,l}^* = R_{p,k}^*$  (na primer:  $R_{\infty,2}^* = R_{\infty,10}^* = R_{\infty,12}^* = 7$ ), kada se ne dobija potpuni poredak rangovanih varijanti.

Rastojanje tačaka (rešenja, varijanti)  $V_i$  od negativne idealne tačke  $I^-$  (negativne idealne varijante  $V^-$ ) za  $p=1,2,\infty$ , definišu se na sledeći način:

$$d_{p,i}^- = L_p(I^-, V_i) = \left[ \sum_{j=1}^n w_j^p (a_{p,i}^- - a_{p,j}^-)^p \right]^{\frac{1}{p}}, \quad (16)$$

za  $1 \leq p \leq \infty$ .

Za specijalne vrednosti  $p=1,2,\infty$ , izraz (16) prelazi u:

$$p=2 \rightarrow d_{2,i}^- = L_2(I^-, V_i) = \left[ \sum_{j=1}^n w_j^2 (a_{2,i}^- - a_{2,j}^-)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad (18)$$

$$p=\infty \rightarrow d_{\infty,i}^- = L_{\infty}(I^-, V_i) = \min_i \left[ w_j (a_{\infty,i}^- - a_{\infty,j}^-) \right], \quad (19)$$

Rang varijanti  $R_{p,i}^-$  ( $p=1,2,\infty$ ) određuje se prema padajućem nizu vrednosti  $d_{p,i}^-$ . To je uređeni skup  $R_p^- = \{V_i\}$  dobijen primenom kriterijuma:

$$R_{p,i}^- = 1, \quad \text{za } i: d_{p,i}^- = \max\{d_{p,i}^-\}; \dots; \quad (20)$$

$$R_{p,i}^- = m, \quad \text{za } i: d_{p,i}^- = \min\{d_{p,i}^-\}.$$

Ako je  $d_{p,l}^- = d_{p,k}^-$  (varijante  $V_l$  i  $V_k$ ) za  $l \neq k$  i isti  $p$ , onda je i  $R_{p,l}^- = R_{p,k}^-$ .

Rang-lista varijanti, ovde 13 PARSMV, može se formirati i primenom funkcije »sličnosti« varijanti  $V_i$  sa idealnom varijantom  $V^*$ :

$$D_{p,i} = \frac{d_{p,i}^*}{d_{p,i}^* + d_{p,i}^-} \quad (21)$$

Tako se dobijaju tri nove rang-liste varijanti, a rang varijanti  $R_{p,i}$  ( $p=1,2,\infty$ ) određuje se prema padajućem nizu vrednosti  $D_{p,i}$ . To je uređeni skup  $R_p^D = \{V_i\}$ , dobijen primenom kriterijuma:

$$R_{p,i}^D = 1, \quad \text{za } i: D_{p,i} = \max\{D_{p,i}\}; \dots; \quad (22)$$

$$R_{p,i}^D = m, \quad \text{za } i: D_{p,i} = \min\{D_{p,i}\}.$$

Ako je  $D_{p,l} = D_{p,k}$ , za  $l \neq k$  i isti  $p$ , onda je i  $R_{p,l}^D = R_{p,k}^D$ .

Vrednosti  $d_{p,i}^*$ ,  $d_{p,i}^-$  i  $D_{p,i}$ , kao i pripadni rangovi varijanti  $R_{p,i}^*$ ,  $R_{p,i}^-$  i  $R_{p,i}^D$  dati su u tabeli 3.

Primenom  $L_p$  metrike za  $p=1,2,\infty$  dobijeno je devet rang-listi varijanti — PARSMV, pa prihvatanje jedne od njih, bez kritičke analize, vodi riziku da se usvoji neodgovarajući poredak varijanti.

Tabela 3

Vrednosti funkcija  $L_p$  metrike za  $p=1,2,\infty$ 

| V               | $d_{p,i}^* = L(I^* V_i)$ |             |             |             |                  |                  |
|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
|                 | $d_{1,i}^*$              | $R_{1,i}^*$ | $d_{2,i}^*$ | $R_{2,i}^*$ | $d_{\infty,i}^*$ | $R_{\infty,i}^*$ |
|                 | 1                        | 2           | 3           | 4           | 5                | 6                |
| V <sub>1</sub>  | 0.552                    | 11          | 0.191       | 11          | 0.083            | 10               |
| V <sub>2</sub>  | 0.420                    | 3           | 0.154       | 5           | 0.082            | 7                |
| V <sub>3</sub>  | 0.446                    | 5           | 0.141       | 3           | 0.061            | 3                |
| V <sub>4</sub>  | 0.211                    | 1           | 0.094       | 1           | 0.058            | 1                |
| V <sub>5</sub>  | 0.477                    | 8           | 0.162       | 8           | 0.089            | 12               |
| V <sub>6</sub>  | 0.523                    | 9           | 0.177       | 10          | 0.088            | 11               |
| V <sub>7</sub>  | 0.423                    | 4           | 0.145       | 4           | 0.074            | 4                |
| V <sub>8</sub>  | 0.534                    | 10          | 0.173       | 9           | 0.079            | 5                |
| V <sub>9</sub>  | 0.227                    | 2           | 0.097       | 2           | 0.058            | 2                |
| V <sub>10</sub> | 0.447                    | 6           | 0.160       | 6           | 0.082            | 7                |
| V <sub>11</sub> | 0.606                    | 13          | 0.260       | 13          | 0.096            | 13               |
| V <sub>12</sub> | 0.633                    | 12          | 0.196       | 12          | 0.082            | 7                |
| V <sub>13</sub> | 0.465                    | 7           | 0.161       | 7           | 0.075            | 5                |

| V               | $d_{p,i}^* = L(I^* V_i)$ |             |             |             |                  |                  |
|-----------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|------------------|------------------|
|                 | $d_{1,i}^*$              | $R_{1,i}^*$ | $d_{2,i}^*$ | $R_{2,i}^*$ | $d_{\infty,i}^*$ | $R_{\infty,i}^*$ |
|                 | 7                        | 8           | 9           | 10          | 11               | 12               |
| V <sub>1</sub>  | 0.448                    | 11          | 0.145       | 11          | 0.006            | 5                |
| V <sub>2</sub>  | 0.580                    | 3           | 0.192       | 3           | 0.000            | 6                |
| V <sub>3</sub>  | 0.554                    | 5           | 0.168       | 8           | 0.012            | 3                |
| V <sub>4</sub>  | 0.789                    | 1           | 0.245       | 1           | 0.024            | 1                |
| V <sub>5</sub>  | 0.523                    | 8           | 0.170       | 7           | 0.000            | 6                |
| V <sub>6</sub>  | 0.477                    | 9           | 0.155       | 9           | 0.000            | 6                |
| V <sub>7</sub>  | 0.577                    | 4           | 0.165       | 4           | 0.008            | 4                |
| V <sub>8</sub>  | 0.466                    | 10          | 0.150       | 10          | 0.000            | 6                |
| V <sub>9</sub>  | 0.773                    | 2           | 0.239       | 2           | 0.024            | 1                |
| V <sub>10</sub> | 0.553                    | 6           | 0.181       | 5           | 0.000            | 6                |
| V <sub>11</sub> | 0.194                    | 13          | 0.091       | 13          | 0.000            | 6                |
| V <sub>12</sub> | 0.367                    | 12          | 0.128       | 12          | 0.000            | 6                |
| V <sub>13</sub> | 0.535                    | 7           | 0.178       | 6           | 0.000            | 6                |

| V               | $D_{p,i} = D(V_i)$ |             |           |             |                |                  |
|-----------------|--------------------|-------------|-----------|-------------|----------------|------------------|
|                 | $D_{1,i}$          | $R_{1,i}^D$ | $D_{2,i}$ | $R_{2,i}^D$ | $D_{\infty,i}$ | $R_{\infty,i}^D$ |
|                 | 13                 | 14          | 15        | 16          | 17             | 18               |
| V <sub>1</sub>  | 0.448              | 11          | 0.431     | 11          | 0.062          | 5                |
| V <sub>2</sub>  | 0.580              | 3           | 0.555     | 4           | 0.000          | 6                |
| V <sub>3</sub>  | 0.554              | 5           | 0.545     | 5           | 0.169          | 3                |
| V <sub>4</sub>  | 0.789              | 1           | 0.724     | 1           | 0.293          | 1                |
| V <sub>5</sub>  | 0.523              | 8           | 0.513     | 8           | 0.000          | 6                |
| V <sub>6</sub>  | 0.477              | 9           | 0.467     | 9           | 0.000          | 6                |
| V <sub>7</sub>  | 0.577              | 4           | 0.560     | 3           | 0.100          | 4                |
| V <sub>8</sub>  | 0.466              | 10          | 0.464     | 10          | 0.000          | 6                |
| V <sub>9</sub>  | 0.773              | 2           | 0.712     | 2           | 0.288          | 2                |
| V <sub>10</sub> | 0.553              | 6           | 0.532     | 6           | 0.000          | 6                |
| V <sub>11</sub> | 0.194              | 13          | 0.259     | 13          | 0.000          | 6                |
| V <sub>12</sub> | 0.367              | 12          | 0.394     | 12          | 0.000          | 6                |
| V <sub>13</sub> | 0.535              | 7           | 0.525     | 7           | 0.000          | 6                |

Vrednosti parametra  $p$  imaju presudan uticaj na formiranje rang-liste varijanti (uz nepromenjen broj varijanti i kriterijuma, vrednosti kriterijumskih funkcija i relativnih važnosti kriterijuma), tako da se određena rang-lista može prihvatiti uz saznanje da se:

— za male vrednosti parametra  $p$  (posebno za  $p=1$ ) formira takva rang-lista varijanti gde prednost dobijaju varijante kojima se postiže veća ukupna koristnost;

— za veće vrednosti parametra  $p$  (posebno za  $p=\infty$ ) formira takva rang-lista varijanti gde prednost dobijaju one varijante koja imaju manja maksimalna odstupanja kriterijumskih vrednosti od kriterijumskih vrednosti idealne varijante i veća minimalna odstupanja kriterijumskih vrednosti od kriterijumskih vrednosti negativne idealne varijante, a ukupna koristnost, kao kriterijum, od manjeg je značaja.

### Dogradnja metode TOPSIS

»Pomirenje« između različitih rang-listi varijanti predložio je K. Yoon [5]. Predloženi postupak je univerzalan i u većini slučajeva (naročito ako je broj varijanti manji) daje tri nove i identične rang-liste varijanti, a sastoji se u tome da se, kao karakteristike varijanti, uvode linearne kombinacije već dobijenih vrednosti funkcija  $L_p$  metrike.

Linearna kombinacija funkcija  $d_{p,i}^*$  je:

$$d_i^* = d^*(V_i) = \sum_p \lambda_{p,\gamma} \cdot d_{p,i}^*, \text{ za } p=1,2,\infty; \\ i=1, m, \quad (23)$$

gde su, prema [5]:

$$\lambda_{p,\gamma} = \frac{E_\gamma(d_p)}{E_\gamma(d_1) + E_\gamma(d_2) + E_\gamma(d_\infty)}, \quad (24)$$

koeficijenti linearne kombinacije koji predstavljaju relativnu verodostojnost funkcija  $d_p$  za dimenziju funkcija » $\gamma$ «.

Indeks » $\gamma$ « označava broj kriterijuma, broj rang-listi i slično, a  $E_{\gamma}(d_p)$  je funkcija verodostojnosti, za  $p=1,2,\infty$ .

Povećanjem dimenzije » $\gamma$ « — broja kriterijuma  $n$ , rastu i vrednosti koeficijenta  $\lambda_{1,\gamma}$ , a opadaju vrednosti  $\lambda_{2,\gamma}$  i  $\lambda_{\infty,\gamma}$  ( $\sum_p \lambda_{p,\gamma} = 1$ ). Time se pri formiranju rang-listi varijanti daje prednost ukupnoj korisnosti nad minimalnim i maksimalnim odstupanjima.

Koeficijenti  $\lambda_{p,\gamma}$  dobijeni su na osnovu funkcija verodostojnosti  $E(d_p)$  simulacijom po metodi Monte Carlo [5]. U izgradnji računarskog programa TOPSIS [8], prema vrednostima  $\lambda_{p,\gamma}$  za  $p=1,2,\infty$  i  $\gamma=1,2,\dots,20, 49, 50$  iz [5], određena je pripadna aproksimativna funkcija i utvrđene vrednosti koeficijenata  $\lambda_{p,\gamma}$  za  $\gamma=21,22,\dots,48$ , tako što su rešavani zadaci  $\lambda_{2,\gamma} = f(\lambda_{1,\gamma}; \gamma)$  i  $\lambda_{3,\gamma} = 1 - (\lambda_{1,\gamma} + \lambda_{2,\gamma})$ . Vrednosti koeficijenata  $\lambda_{p,\gamma}$  za  $\gamma=1,50$  date su u tabeli 4.

DO može odrediti koeficijente  $\lambda_{p,\gamma}$  i tako što neće uvažavati dimenzije re-

šavanog problema » $\gamma$ «, ali uz prisustvo saznanja o uticaju pojedinih vrednosti parametara  $p$  na rang varijanti i karakteristikama tako dobijene rang-liste varijanti.

Za dimenziju  $\gamma=13$  ( $n=13$  — broj kriterijuma), prema tabeli 4, izabrani su koeficijenti linearne kombinacije:  $\gamma_{1,13}=0,6845$ ;  $\lambda_{2,13}=0,2175$  i  $\lambda_{\infty,13}=0,0979$ .

Rang varijanti  $R^*$  određuje se prema rastućem nizu vrednosti  $d_i^*$ . To je uređeni skup  $R^* = \{V_i\}$ , dobijen primenom kriterijuma:

$$R_i^* = 1, \text{ za } i: d_i^* = \min_i \{d_i^*\}; \dots; R_i^* = m, \text{ za } i: d_i^* = \max_i \{d_i^*\}. \quad (25)$$

Na isti način određuju se i linearne kombinacije funkcija  $d_{p,i}$  i  $D_{p,i}$  i pripadne rang-liste varijanti kao uređeni skupovi  $R^-$  i  $R^D$ :

$$d_i^- = \sum_p \lambda_{p,\gamma} \cdot d_{p,i}, \text{ za } p=1, 2, \infty; i=1, m, \quad (26)$$

Tabela 4

Vrednosti koeficijenata linearne kombinacije  $\lambda_p$

| DIM.<br>$\gamma$ | $\lambda_{1,\gamma}$ | $\lambda_{2,\gamma}$ | $\lambda_{\infty,\gamma}$ | DIM.<br>$\gamma$ | $\lambda_{1,\gamma}$ | $\lambda_{2,\gamma}$ | $\lambda_{\infty,\gamma}$ |
|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| 1                | 0,3333               | 0,3333               | 0,3333                    | 26               | 0,7852               | 0,1891               | 0,0651                    |
| 2                | 0,4113               | 0,3147               | 0,2741                    | 27               | 0,7701               | 0,1867               | 0,0632                    |
| 3                | 0,4673               | 0,2992               | 0,2335                    | 28               | 0,7751               | 0,1841               | 0,0603                    |
| 4                | 0,5098               | 0,2861               | 0,2041                    | 29               | 0,7799               | 0,1815               | 0,0586                    |
| 5                | 0,5437               | 0,2747               | 0,1816                    | 30               | 0,7848               | 0,1589               | 0,0563                    |
| 6                | 0,5717               | 0,2647               | 0,1636                    | 31               | 0,7883               | 0,1563               | 0,0554                    |
| 7                | 0,5951               | 0,2559               | 0,1490                    | 32               | 0,7919               | 0,1541               | 0,0540                    |
| 8                | 0,6154               | 0,2479               | 0,1367                    | 33               | 0,7953               | 0,1509               | 0,0538                    |
| 9                | 0,6328               | 0,2407               | 0,1265                    | 34               | 0,7997               | 0,1499               | 0,0504                    |
| 10               | 0,6479               | 0,2342               | 0,1179                    | 35               | 0,8025               | 0,1490               | 0,0483                    |
| 11               | 0,6615               | 0,2281               | 0,1103                    | 36               | 0,8050               | 0,1480               | 0,0470                    |
| 12               | 0,6738               | 0,2225               | 0,1036                    | 37               | 0,8098               | 0,1462               | 0,0440                    |
| 13               | 0,6845               | 0,2175               | 0,0979                    | 38               | 0,8117               | 0,1450               | 0,0433                    |
| 14               | 0,6946               | 0,2128               | 0,0926                    | 39               | 0,8149               | 0,1442               | 0,0409                    |
| 15               | 0,7037               | 0,2083               | 0,0880                    | 40               | 0,8164               | 0,1435               | 0,0401                    |
| 16               | 0,7121               | 0,2042               | 0,0837                    | 41               | 0,8191               | 0,1424               | 0,0385                    |
| 17               | 0,7196               | 0,2004               | 0,0800                    | 42               | 0,8215               | 0,1416               | 0,0369                    |
| 18               | 0,7268               | 0,1967               | 0,0765                    | 43               | 0,8232               | 0,1405               | 0,0363                    |
| 19               | 0,7335               | 0,1932               | 0,0733                    | 44               | 0,8243               | 0,1398               | 0,0359                    |
| 20               | 0,7393               | 0,1900               | 0,0705                    | 45               | 0,8254               | 0,1390               | 0,0356                    |
| 21               | 0,7442               | 0,1859               | 0,0699                    | 46               | 0,8269               | 0,1384               | 0,0347                    |
| 22               | 0,7481               | 0,1819               | 0,0694                    | 47               | 0,8280               | 0,1379               | 0,0341                    |
| 23               | 0,7521               | 0,1790               | 0,0689                    | 48               | 0,8291               | 0,1373               | 0,0336                    |
| 24               | 0,7567               | 0,1749               | 0,0684                    | 49               | 0,8302               | 0,1366               | 0,0332                    |
| 25               | 0,7623               | 0,1718               | 0,0659                    | 50               | 0,8318               | 0,1365               | 0,0326                    |



$$R_i^+ = 1, \text{ za } i: d_i^+ = \max_i \{d_i^+\}; \dots;$$

$$R_i^- = m, \text{ za } i: d_i^- = \min_i \{d_i^-\}, \quad (27)$$

odnosno:

$$D_i = \sum_p \lambda_{p,\gamma} \cdot D_{p,i}, \text{ za } p=1, 2, \infty; i=1, m, \quad (28)$$

$$R_i^D = 1, \text{ za } i: D_i = \max_i \{D_i\}; \dots;$$

$$R_i = m, \text{ za } i: D_i = \min_i \{D_i\}, \quad (29)$$

Rezultati i rang-liste date su u tabeli 5.

ziju  $\gamma=3$  ili tako da izražavaju odnos donosioca odluke prema ukupnoj korisnosti, što je ranije pokazano. U primeru su usvojene vrednosti  $\lambda_* = 0,333$ ;  $\lambda = 0,333$  i  $\lambda_\infty = 0,334$ , kako se ne bi preferirala nijedna od karakteristika  $d_i^+$ ,  $d_i^-$  i  $D_i$ .

Rang-lista varijanti se formira tako da je to uređeni skup  $R^T = \{V_i\}$ , prema kriterijumu:

$$R_i^T = 1, \text{ za } i: t_i = \min_i \{t_i\}; \dots;$$

$$R_i^T = m, \text{ za } i: t_i = \max_i \{t_i\}, \quad (32)$$

Tabela 5

Konačna rang-lista varijanti po proširenoj metodi TOPSIS

| $V_i$    | $d_i^+$ | $R_i^+$ | $d_i^-$ | $R_i^-$ | $D_i$ | $R_i^D$ | $t_i$  | $R_i^T$ | $R_i^{T_7}$ |
|----------|---------|---------|---------|---------|-------|---------|--------|---------|-------------|
|          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5     | 6       | 7      | 8       | 9           |
| $V_1$    | 0,427   | 11      | 0,339   | 11      | 0,407 | 11      | -0,107 | 11      | -           |
| $V_2$    | 0,329   | 4       | 0,439   | 3       | 0,518 | 4       | -0,209 | 4       | 3           |
| $V_3$    | 0,342   | 5       | 0,417   | 6       | 0,514 | 5       | -0,197 | 5       | 6           |
| $V_4$    | 0,171   | 1       | 0,596   | 1       | 0,726 | 1       | -0,384 | 1       | 1           |
| $V_5$    | 0,370   | 8       | 0,395   | 8       | 0,470 | 8       | -0,165 | 8       | -           |
| $V_6$    | 0,405   | 9       | 0,360   | 9       | 0,428 | 9       | -0,128 | 9       | -           |
| $V_7$    | 0,332   | 3       | 0,436   | 4       | 0,526 | 3       | -0,211 | 3       | 5           |
| $V_8$    | 0,411   | 10      | 0,351   | 10      | 0,420 | 10      | -0,120 | 10      | -           |
| $V_9$    | 0,182   | 2       | 0,586   | 2       | 0,712 | 2       | -0,371 | 2       | 2           |
| $V_{10}$ | 0,349   | 6       | 0,418   | 5       | 0,494 | 6       | -0,188 | 6       | 4           |
| $V_{11}$ | 0,618   | 13      | 0,153   | 13      | 0,189 | 13      | 0,092  | 13      | -           |
| $V_{12}$ | 0,484   | 12      | 0,279   | 12      | 0,337 | 12      | -0,044 | 12      | -           |
| $V_{13}$ | 0,361   | 7       | 0,405   | 7       | 0,480 | 7       | -0,175 | 7       | 7           |

Ako su rangovi varijanti identični ( $R_i^+ = R_i^- = R_i$ ) za svaku varijantu  $V_i$ , takva se rang-lista prihvata kao konačna.

Pošto u primeru koji se rešava rang-liste varijanti nisu »pomirene«, odnosno, nisu identične (jer je, na primer:  $R_2^+ = 4$ ;  $R_2^- = 3$  i  $R_2 = 4$ ), radi dobijanja jedinstvene rang-liste varijanti može se uvesti jedinstvena funkcija »pomirenja« rang-listi varijanti  $t_i$  i transformisana jedinstvena funkcija  $T_i$ :

$$t_i = \lambda_* \cdot d_i^+ - \lambda \cdot d_i^- - \lambda_\infty \cdot D_i, \quad (30)$$

$$T_i = t_i - \min_i \{t_i\}. \quad (31)$$

Vrednosti koeficijenata  $\lambda_*$ ,  $\lambda$  i  $\lambda_\infty$  mogu se birati iz tabele 4 i to za dimen-

Rezultati i jedinstvena rang-lista varijanti dati su u tabeli 5.

Primenom izraza:

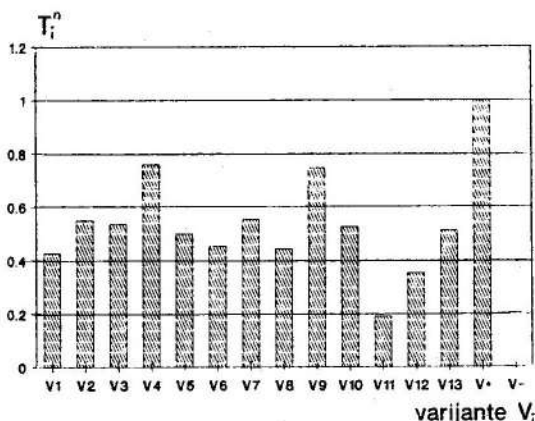
$$T_i^n = \frac{\max_i \{T_i\} - T_i}{\max_i \{T_i\}}, \quad i=1, n+2, \quad (33)$$

dobijaju se normalizovane vrednosti transformisane jedinstvene funkcije  $T_i$ . Za idealnu varijantu  $V^+$  ta vrednost je jednaka jedinici ( $T^+ = 1$ ), a za negativnu idealnu varijantu  $V^-$  jednaka je nuli ( $T^- = 0$ ). Vrednost  $T_i^n$  za ostale — realne varijable nalaze se u intervalu (0, 1).

Time se stvara pogodnost grafičkog prikazivanja kvaliteta varijanti (slika



1), gde se mogu uočiti odstupanja tog kvaliteta za svaku varijantu  $V_i$  od kvaliteta idealne varijante  $V^*$  prema svim kriterijumima zajedno.



Sl. 1 — Grafički prikaz ranga i kvaliteta varijanti

### Nedostaci metode TOPSIS i postupci njihovog otklanjanja

Ako se proračun svih karakteristika potrebnih za određivanje ranga varijanti provodi bez pomoći računara i odgovarajućeg softvera, metoda TOPSIS je u računskom smislu dosta komplikovana i proračuni traju dugo, naročito ako se radi o većem broju varijanti i kriterijuma. Izgradnjom odgovarajućeg softvera na PC ili većem računaru, ovaj se nedostatak može jednostavno otkloniti. Program urađen za PC računar u jeziku PASCAL-4 zauzima samo oko 26 Kb memorije, uz dve prateće datoteke za početne podatke i rezultate proračuna [8].

Međutim, suštinski nedostatak metode ispoljava se, kao i kod drugih sličnih metoda, pri promeni broja varijanti ili broja kriterijuma, kada se menja međusobni poredak varijanti.

Ako se u primeru razmatra samo prvih sedam varijanti prema dobijenoj jedinstvenoj rang-listi, datoj u tabeli 5, odnosno ako se eliminišu varijante  $V_{11}$ , za:  $R_i^T = 8, 9, \dots, 13$  ( $V_5, V_6, V_8, V_1, V_{12}$

i  $V_{11}$ ), a zadrže vrednost koeficijenata linearnih kombinacija i provede već opisani TOPSIS postupak, dobija se rang-lista koja nije identična sa ranije dobijenom rang-listom. Rang varijanti prikazan je u tabeli 5 ( $R_{17}^T$ ).

Autori metode ELECTRE [2, 9] predložili su iterativni postupak rangiranja varijanti, tako da se u svakoj sledećoj iteraciji odbacuje prva (ili poslednja) varijanta sa rang-liste. Primenom ovakvog postupka može se, donekle, smanjiti uticaj boljih (ili lošijih) varijanti na rang ostalih varijanti. Međutim, na taj način se ne može potpuno rešiti problem nestabilnosti rang-liste, jer se pri smanjenju broja varijanti ponovo dobija drugačija rang-lista.

Nestabilnost rang-liste varijanti posledica je promene vrednosti referentnih varijabli u matematičkom modelu, jer su za rang varijanti merodavne njene »udaljenosti« od »opaženih« ideala ili negativnih ideala. Dobijene karakteristike, koje se uslovno mogu smatrati kao kvalitet pojedine varijante prema svim kriterijumima zajedno, jesu n-dimenzionalni vektori sa komponentama određenim prema kriterijumskim vrednostima varijanti, primenom izraza (5), (6), (7), (8), (9) i (10). Smanjenjem (ili povećanjem) broja varijanti (ako se nove varijante mogu smatrati efikasnim rešenjima), menjaju se i komponente vektora  $I^+$  i  $I^-$ , a time i vrednosti karakteristika  $L_p$  metrike, što ima za posledicu i promenjeni rang varijanti.

Postupak kojim se može postići stabilnost rang-liste jeste primena stalnog ideala i negativnog ideala, što u samoj tehnici provođenja metode TOPSIS zahteva definisanje dve nove varijante:

— idealna varijanta  $V^*$  pripadne kriterijumske funkcije su barem tako dobre kao najbolje vrednosti kriterijumskih funkcija realnih varijanti); ako su vrednosti kriterijumskih funkcija idealne, varijante biraju tako da one nadmašuju najbolje »opažene« vrednosti kriterijumskih funkcija, DO mora da ima realnu podlogu za njihovo od-

ređivanje, zasnovanu na sveobuhvatnom poznavanju razmatrane pojave ili sistema. Određivanjem komponenata idealne varijante tako da njihove vrednosti znatno nadmašuju najbolje realne

poredak kao i u slučaju rangiranja svih varijanti. To je posledica stalnih i nepromenjenih vrednosti funkcija  $L_p$  metrike koje i određuju rang varijanti. Rezultati rangiranja dati su u tabeli 6.

Tabela 6

Rang sedam najboljih varijanti po proširenoj metodi TOPSIS

| $V_i$    | $d_i^+$ | $R_i^+$ | $d_i^-$ | $R_i^-$ | $D_i^+$ | $R_i^D$ | $t_i$  | $R_i^T$ | $R_i^T$ |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
|          | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7      | 8       | 9       |
| $V_2$    | 0,329   | 4       | 0,439   | 3       | 0,518   | 4       | -0,209 | 4       | 4       |
| $V_9$    | 0,342   | 5       | 0,417   | 6       | 0,514   | 5       | -0,197 | 5       | 5       |
| $V_4$    | 0,171   | 1       | 0,596   | 1       | 0,726   | 1       | -0,384 | 1       | 1       |
| $V_7$    | 0,932   | 3       | 0,436   | 4       | 0,526   | 3       | -0,211 | 3       | 3       |
| $V_6$    | 0,182   | 2       | 0,586   | 2       | 0,712   | 2       | -0,371 | 2       | 2       |
| $V_{10}$ | 0,349   | 6       | 0,418   | 5       | 0,494   | 6       | -0,168 | 6       | 6       |
| $V_{13}$ | 0,361   | 7       | 0,405   | 7       | 0,480   | 7       | -0,175 | 7       | 7       |
| $V^*$    | 0,000   | *       | 0,751   | *       | 1,000   | *       | -0,044 | *       | *       |
| $V^-$    | 0,757   | -       | 0,000   | -       | 0,000   | -       | -0,175 | -       | -       |

vrednosti, vodi riziku da razlike koje se stvaraju između realnih i idealnih vrednosti gube na značaju pri međusobnom upoređenju realnih varijabli. Takođe, pri uvođenju novih varijanti, idealna tačka (varijanta) mora da ima vrednosti komponenata barem tako dobre kao i vrednosti komponenata novouvedenih varijanti, kako bi se zadržala stalnost ideala; i

— negativna idealna varijanta  $V^-$  (pripadne vrednosti kriterijumskih funkcija su, ujedno, i najlošije vrednosti kriterijumskih funkcija realnih varijanti ili su lošije od njih): pri određivanju njenih komponenata mora se voditi računa o zapažanjima datim za idealnu varijantu.

Ako se za komponente idealne i negativne idealne varijante usvoje najbolje, odnosno najlošije vrednosti kriterijumskih funkcija realnih varijanti (vrednost označene sa »\*« i »-« u tabeli 2), dobijaju se rezultati rangiranja 13 realnih varijabli (PARSMV) identični kao u već provedenom postupku, jer se varijante  $V^+$  i  $V^-$ , u konačnoj rang-listi, odbacuju kao nerealne. Rangiranjem prvih sedam varijanti sa dobijene rang-liste i uključivanjem u novi postupak i varijante  $V^+$  i  $V^-$ , dobija se identičan

Time je pokazana mogućnost dobijanja stabilne rang-liste i kod izmenjenog broja varijanti i eliminisan negativan uticaj promena vrednosti komponenti vektora  $I^+$  i  $I^-$ .

Promena broja kriterijuma takođe može izazvati promenu ranga varijanti, jer se time menjaju:

— vrednosti funkcija  $L_p$  metrike ( $d_{p,i}^+$ ,  $d_{p,i}^-$  i  $D_{p,i}$ );

— vrednosti koeficijenata  $\lambda_p$  (dati u tabeli 4);

— vrednosti normalizovanih relativnih važnosti kriterijuma  $w_j$ .

Posledica toga su promene vrednosti linearnih kombinacija funkcija  $L_p$  metrike ( $d_i^+$ ,  $d_i^-$  i  $D_i$ ) i pripadnih rangova varijanti, tako da dobijene rang-liste istih varijanti sa različitim brojem kriterijuma nisu identične. Zato je u fazi definisanja kriterijuma potrebno dobro poznavanje pojava ili sistema koji se rangiraju, a to zahteva timski rad i angažovanje eksperata. Zavisno od prirode varijanti i ciljeva njihovog rangiranja, broj kriterijuma može biti različit (preporuka: od 5 do 16 osnovnih kriterijuma).

Zbog velike osetljivosti rang-liste na promenu broja kriterijuma i vrednosti kriterijumskih funkcija, kao njihovog sadržaja, u praksi može nastati problem kvantifikacije pojedinih kriterijuma, odnosno određivanja vrednosti kriterijumskih funkcija. To se naročito javlja u slučajevima kada su:

a) pojedine karakteristike varijanti kvalitativne prirode (a metode zahtevaju brožane vrednosti);

b) kriterijumi takvi da se kriterijumske vrednosti dobijaju na osnovu više karakteristika i parametara koji mogu da budu kvantitativne ili kvalitativne prirode.

Problem a) rešava se ekspertskim ocenjivanjem karakteristika (raspon ocena 1—5, 1—10, 1—100, ili neki drugi izabrani raspon). Ove ocene uključuju se u matematički model kao vrednosti kriterijumskih funkcija analiziranog kriterijuma i taj je kriterijum njima određen za sve varijante.

Problem b) nešto je složeniji i podrazumeva makar dva nivoa značajnosti karakteristika varijanti (osnovni — nulti kriterijum, potkriterijumi prvog nivoa, drugog nivoa, itd.). Objedinjavanje potkriterijumskih funkcija i dobijanje kriterijumskih funkcija kriterijuma na nultom nivou može se provesti na više načina, tako da je to moguće uraditi i prezentiranjem TOPSIS metodom. U tom slučaju za vrednosti kriterijumskih funkcija kriterijuma na nultom nivou mogu se koristiti vrednosti funkcija  $t_i$ ,  $T_i$  ili  $T^n_i$ , sa odgovarajućim relativnim važnostima i logičkim operatorima (u primeru je to moguće primeniti za određivanje kriterijumskih vrednosti kriterijuma  $K_i$  — dimenzije rakete, objedinjavanjem podataka za raspon krila, prečnik i dužinu rakete).

Iako se promenom broja kriterijuma, kao i promenom njihovih relativnih važnosti, direktno utiče na rang varijanti, DO može zahtevati više rang-listi sa izmenjenim brojem kriterijuma i različitim relativnim važnostima kriteri-

juma, kako bi odredio uticaj pojedinih kriterijuma (ili grupa kriterijuma) na rang varijanti. Ovakav postupak pogodan je za primenu u promenljivim uslovima delovanja okoline, kada se menjaju ciljevi zbog kojih se određuje rang varijanti, a time i značajnosti pojedinih ili svih kriterijuma.

## Zaključak

Primenom proširenog TOPSIS postupka za rangiranje varijanti pomaže se DO da brže i efikasnije odlučuje. Uz adekvatnu softversku podršku i raspoložive potrebne podatke o varijantama, postupak dobijanja rang-liste je dosta brz i za veći broj varijanti i kriterijuma. Metoda omogućuje brzo dobijanje novih rang-listi u promenljivim uslovima delovanja okoline, kada se menjaju broj varijanti i kriterijuma i njihove karakteristike (vrednosti kriterijumskih funkcija, značajnost kriterijuma, uvođenje novih parametara kao potkriterijumskih vrednosti, i slično).

Rang-lista varijanti, dobijena primenom proširenog TOPSIS postupka, može se prihvatiti onda kada su:

— pravilno definisani značajni kriterijumi i određene njihove važnosti za uslove u kojima se zahteva poznavanje ranga varijanti (po potrebi se definišu i potkriterijumi);

— korektno određene kriterijumske vrednosti varijanti kao kvantitativni pokazatelji (snimanjem, merenjima, i slično) i ekspertski ocenjene i kvantifikovane kvalitativne karakteristike varijanti za kriterijume kod kojih ne postoje kvantitativni pokazatelji;

— realno definisane idealna i negativna idealna varijanta i to na osnovu svih saznanja tima i DO o razmatranim varijantama, posebno u promenljivim uslovima delovanja okoline;

— pravilno odabrani koeficijenti linearnih kombinacija, čime je pokazan odnos DO prema ukupnoj korisnosti pojedine prihvaćene varijante za organizacioni sistem.

Znači, izmena uslova u kojima se priprema odluka može dovesti do promene rangova pojedinih varijanti i formiranja novih rang-listi varijanti.

Kako cilj rada nije bio, prvenstveno, u tome da se dobije konačna rang-lista PARSMV, već da se ukaže na potrebu korišćenja savremenih metoda u rešavanju ovakvih i sličnih problema, pokazana je samo jedna od metoda kojom se takvi problemi mogu uspešno

rešavati. Pogreške koje mogu da nastanu primenom ove ili sličnih metoda uspešno se mogu otkloniti na način kako je to pokazano kroz primer.

Primenom ove ili neke druge metode za rangiranje varijanti pomaže se DO da brže i uspešnije odlučuju i smanjuje se rizik da se donesu loše odluke koje za duže vreme ispoljavaju svoj negativni uticaj na uspešno delovanje organizacionog sistema.

#### Literatura:

- [1] Brans, J. P., Vincke, PH.: A preference Ranking Organization Method, Management Science, Vol. 31, 1985, 647—656.
- [2] Roy, B.: Classement et choix en presence de points de vue multiples, R.A.I.R.O., Vol. 2, 1968, 8, 57—75.
- [3] Opricović, S.: Višekriterijumska optimizacija, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [4] Hwang, C. L., Yoon, K.: Multiple Attribute Decision Making, Springer — Verlag, New York, 1981.
- [5] Yoon, K.: A Reconciliation Among Discrete Compromise Solutions, Operational Research Society Ltd, Vol. 38, 1987, 3, 277—286.
- [6] Borović, S., Đukić, R.: Priprema odluke o nabavci tehničkih sredstava primenom familije metoda »PROMETHEE«, Vojnotehnički glasnik, 1988, 4, 394—409.
- [7] Very low — altitude surface-to-air guided systems, International Defense Review, Vol. 22, 1989, 6, 788—794.
- [8] Đukić, R., Bajdak, R.: Računarski program TOPSIS, CVTS, Zagreb, 1990.
- [9] Roy, B., Hugonard, J. C.: Ranking of Suburban Line Extension Projects on the Paris Metro System by a Multicriteria Method, Transportation Research-A, Vol. 16(A), 1982, 4, 301—312.

S obzirom na to da velika populacija ljudi u svom radu koristi računar, dakle uređaj koji za pogon koristi električnu struju, odnosno generiše elektromagnetno polje, s pravom se postavlja pitanje — u kakvim relacijama stoje čovek, kao korisnik, sa svojim bioenergetskim poljem i računar, kao sredstvo za rad, sa svojim elektromagnetskim poljem. Članak nudi jasan pregled odnosa između čoveka i video-terminala, tako što uzima u obzir: štetno zračenje monitora, zdravstvene učinke u radu sa video-terminalom, ergonomske zahteve, kako video-terminala, tako i radnog mesta, kao i standarde pri radu sa video-terminalom.

### Uvod

Sastavni deo sredine koja okružuje živi svet je prirodno zračenje. Čovek se adaptirao na takvu sredinu koja ga okružuje i prema kojoj je formirao svoja čula. Razvoj civilizacije i tehnike sa svojim uređajima poremetio je prirodni ambijent, pa i ambijent u smislu zračenja talasa različitih talasnih dužina. Sigurno je da stalna aktivnost zračenja utiče na celokupni živi svet, pa i na ljudski rod. Pri povećanoj aktivnosti zračenja, odnosno pri povećanju jačine polja zračenja, sigurno je da dolazi do značajnih poremećaja funkcija organizma ili do stimulacije patoloških procesa koji su započeli ranije.

Da bi se opasnost od primene zračenja svela na razumne mere, neophodno je utvrditi doze iznad kojih taj poremećaj može izazvati privremeno ili trajno štetno dejstvo, kao i pratiti stepen ozračenosti ljudi od različitih vrsta zračenja i korelirati sa stepenom ozračenosti od prirodnog fona, za koji se može smatrati da je ljudski organizam uspostavio biološku ravnotežu.

Pojava računara i njihovih monitora, kao izvora zračenja, postavila je pred tehničke i medicinske stručnjake nove zahteve u pogledu zaštite od zračenja, a sve radi očuvanja zdravlja lju-

di, produženja njihovog radnog veka i postizanja optimalne produktivnosti rada.

### Štetno zračenje monitora

U toku rada računara, oko monitora, kao njegove sastavne komponente, postoje polja različitog karaktera koja se u određenim uslovima mogu pokazati veoma štetnim. Poznavanje i sagledavanje pojava koje su prisutne u okruženju računara treba da predstavlja sastavni deo kulture rada sa uređajima računarske tehnike.

Radi sagledavanja ove problematike neophodno je poznavati način na koji se stvara slika na ekranu monitora, koji je veoma sličan načinu prikazivanja slike na kućnom televizoru. Izuzetak predstavljaju LCD i plazma-ekrani na laptop-računarima kod kojih je prikaz slike različit, a štetni uticaj daleko manji.

Katodna cev monitora u crno-beloj tehnici (monohromatskoj) radi sa anodnim naponom od 12—15 kV, dok katodne cevi u boji (polihromatski) sa naponom od oko 30 kV, što predstavlja dovoljan uslov za generisanje jonizujućeg zračenja. Funkcija katodne cevi sastoji se u elektroluminiscenciji, tj. osobini fosfora da svetli pod uticajem elektronskog mlaza. Kao izvor elektronskog



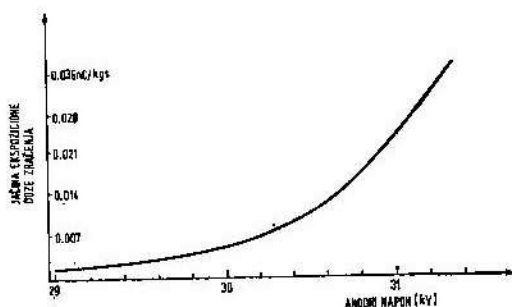
mlaza na poledini monitora upotrebljen je elektronski top koji ispaljuje mlaz elektrona ka fosfornom premazu unutrašnje staklene površine ekrana. U momentu udara tačka na ekranu zasvetli određenim intenzitetom, da bi se posle izvesnog vremena ugasila. Međutim, sliku je potrebno održati na ekranu, pa se ovaj proces mora stalno ponavljati. Održavanje se vrši horizontalno od donjeg ka gornjem delu ekrana, a mlaz elektrona usmerava se delovanjem magnetnog polja. Kod polihromatskih katodnih cevi prisutna su tri mlaza, pa samim tim i tri zasebna magnetna polja, čime se povećava stepen zračenja oko monitora.

Zračenje, kao poentu navedene problematike sa štetnim akcentom, najlakše je sagledati preko primarnih i sekundarnih štetnih faktora.

### Primarni štetni faktori

*Jonizujuće ili rendgensko zračenje* može biti štetno u velikim dozama, ali ovde to nije slučaj. Ovo zračenje je nazvano »meko«, jer ima mali domet u vazduhu i prodornost u materiju, tako da se, uglavnom, apsorbuje na staklu ekrana monitora. Ukoliko zračenje prelazi dozvoljeni nivo, razlog treba potražiti u visokonaponskom sistemu ili maloj gustini ekrana, što predstavlja omašku u proizvodnji. Još uvek ne postoje normativi za dozvoljeno X-zračenje monitora, pa su na snazi normativi koji se odnose na kolor katodne cevi televizora. Merenja su obavljena pod normalnim radnim uslovima na rastojanju od 5 cm od površine ekrana, a bili su obuhvaćeni prijemnici domaćih i stranih proizvođača. Ni u jednom slučaju nije bila registrovana jačina doze zračenja veća od dopuštene vrednosti. Međutim, ekspozicione doze zračenja zavise od primenjenog visokog napona, pa, ukoliko se visoki napon poveća iznad vrednosti radnog napona, ekspoziciona doza zračenja može preći dopuštenu vrednost od 0,036 nC/kgs, odnosno 129 nC/kg.

Merenje je vršeno instrumentom Victoreen RF 440 u opsegu napona od 25 kV do 32 kV, a dobijeni rezultati prikazani su grafikom na slici 1.



Sl. 1 — Promena jačine ekspozicione doze

Može se zaključiti da su doze X-zračenja iz monitora vrlo male i kreću se u opsegu oko 0,77 nC/kg, što je ispod prirodnog fona (oko 2,6 nC/kg), pa ovo zračenje ne predstavlja rizik po zdravlje operatora, pa čak i trudnica. Utvrđeno je da tokom rada i starenja uređaja ne dolazi do povećanja ovog tipa zračenja.

*Nejonizujuće zračenje* sačinjava: ultraljubičasto, vidljivo i infracrveno zračenje, zatim mikrotalasi, radio-talasi i elektromagnetno zračenje ekstremno niskih frekvencija.

*Ultraljubičasto zračenje* (10—400 nm) uglavnom se deli na tri osnovne oblasti, po izrazito različitim biološkim efektima: UV-A talasnih dužina 400 do 320 nm (dugi UV talasi ili crno svetlo), UV-B od 320 do 280 nm (UV talasi ili »zraci za crnjenje«) i UV-C od 280 do 200 nm (nazvani kratki UV talasi ili sterilizujuće zračenje). Talasne dužine kraće od 200 nm imaju malo značaja za biološke efekte, pošto zračenje u toj oblasti spektra (ekstremno ili vakum UV) biva apsorbovano na vrlo kratkom putu kroz vazduh. Rezultati merenja ultravioletnog zračenja, emitovanog sa ekrana monitora, talasne dužine 350 do 400 nm i na daljini 0,5 m od ekrana, uglavnom su se kretali od 0,2—12,9



mW/m<sup>2</sup>. Izmereni intenzitet zračenja, iako se apsorbuje u očnom tkivu, ispod je dozvoljenog nivoa koji iznosi 10 W/m<sup>2</sup>. Treba napomenuti da se efekti UV zračenja, koji potiču od drugih izvora zračenja, a čiji je intenzitet znatno veći od dozvoljenog, ogledaju, uglavnom, na površinskim delovima organa vida: ivicama kapaka, vežnjači i rožnjači.

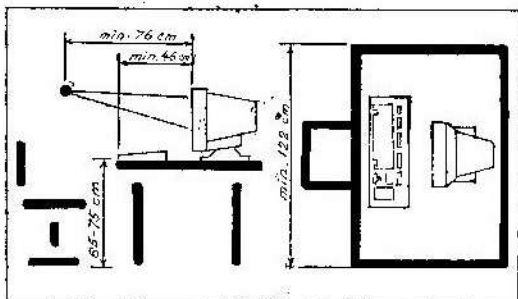
**Vidljivo zračenje (400—780 nm)**, mereno u spektru talasnih dužina od 400 do 600 nm, dalo je veoma niske vrednosti, tako da ne predstavlja opasnost koja bi se ogledala u kratkotrajnom zaslepljenju oka.

**Infracrveno (IC) zračenje (780—10 nm)**, mereno na ekranima monitora, nije se moglo detektovati. Međutim, ne treba isključiti mogućnost da ovaj tip zračenja može nastati i od drugih izvora u prostoriji u kojoj je lociran računar. Pored toga, monitori imaju snagu od 100 do 400 W, pa i oni mogu da zagreju radnu prostoriju, što iziskuje potrebu za ventilacijom i stvaranjem optimalnih mikroklimatskih uslova za rad.

**Elektromagnetno zračenje**, opsega mikrotalasa (1 mm — 1 m) i radio-talasa (1 m—10 km), potiče od visokonaponskih transformatora i kabela za usmeravanje mlaza. Elektrostatičko polje najbolje se primećuje ako prstom dodirujemo prednju stranu monitora. Pucanje koje se javlja pri dodiru mnogo je veće kod monitora u koloru i predstavlja prelazak naelektrisanja sa monitora na operatora i dalje, do zemlje.

Za frekventni opseg talasa od 10 kHz do 18 GHz (od dugih radio-talasa do santimetarskih mikrotalasa) izmerena je jačina električnog polja od  $11,87 \times 10^{-4}$  V/m do  $3,68 \times 10^{-2}$  V/m, dok je za radio-frekventno područje od 10 kHz do 220 MHz (dugi, srednji i kratki talasi) dobijena vrednost električnog polja od 1 do 5 V/m. Na daljini od 30 cm od monitora, u blizini transformatora i drugih izvora, lokalizovano je

elektrostatičko polje jačine i 50 V/m i magnetno 1,1 A/m. Kako je poznato da ovakve sile opadaju sa kvadratom rastojanja ( $1/r^2$ ), na radnoj udaljenosti od ekrana (slika 2) one su već znatno slabije, a sa upotrebom zaštitnih filtera mogu se efikasno umanjiti i time zaštititi operatora od neposrednog uticaja. Veći broj radova iz ove problematike navodi da na daljini 30 cm od ekrana, zračenje radio-talasa (10 kHz—10 MHz) ima jačinu električnog polja od 2,4 do 15 V/m, a jačinu magnetnog polja od 0,04 do 0,17 A/m.



Sl. 2 — Organizacija radnog mesta

Prema tome, utvrđeni nivo zračenja je manji od nivoa standarda za električno (15—20 V/m) i magnetno (5—10 A/m) polje i ne predstavlja neki rizik ukoliko se operator nalazi na propisanom rastojanju (slika 2) od monitora.

Kada se radi o niskofrekventnim elektromagnetnim poljima (ELF — Extremely Low Frequencies) 30 do 300 Hz, a posebno onim ispod 100 Hz, izmerene vrednosti za električno polje kreću se od 10 V/m, a magnetnog polja od 0,22—0,56 A/m na 30 cm od ekrana monitora. Jača polja nađena su samo u blizini bočnih strana i pozadini uređaja. Zato su u pravu svi oni koji preporučuju rad sa računarom sa sigurne udaljenosti. Međutim, pored monitora i televizora, i kućanski aparati stvaraju elektromagnetna polja različite jačine.

Tabela 1

*Jačina EM polja nekih aparata  
za domaćinstvo*

| Aparat               | Jačina EM polja (T)<br>ili ( $10^{-6}$ A/m) |
|----------------------|---------------------------------------------|
| Fen za kosu          | 1000—2000                                   |
| Usisivač             | 200—1000                                    |
| Mikser               | 500—600                                     |
| Električni<br>šporet | 60—200                                      |
| Televizor            | 50—70                                       |
| Frižider             | 0,1—1                                       |

Vrednosti EM polja, iz tabele 1, mogle bi biti alarmantne bar na prvi pogled. Međutim, pogrešno bi bilo reći da je elektromagnetno polje oko monitora bezopasno u odnosu na polje oko fena, jer fen koristimo nekoliko minuta dok pred monitorom ostajemo celo radno vreme, nekada i duže. Pri tome nam je glava najizložena izvoru polja, dok, na primer, uz šporet ne stojimo ceo dan.

### *Sekundarni štetni faktori*

Statički elektricitet predstavlja naelektrisanje koje se stvara u izolacionim materijalima pri trenju sa drugim predmetima, a koji se nalaze u prostoriji sa računarom. Nastaje pri sedenju i trenju na stolici koja je presvučena nekim sintetičkim materijalom. Na sintetičkim podovima pa i na vunenom tepihu u suvoj atmosferi, telo čoveka može da se naelektriše običnim hodanjem po njima. U zagrejanim prostorijama, sa svim vazduhom nastajanje statičkog elektriciteta je posebno indikativno.

Pri nastanku jakog statičkog naelektrisanja, varnice mogu da pređu na korisnika. Pri radu sa knjigovodstvenim računarima izmerena je jačina električnog polja od 5 000 do 10 000 V/m, tako da je neprijatan osećaj pri malom »strujnom« udaru u toku pražnjenja ovog naelektrisanja. Zbog toga je ne-

ophodno uvesti preventivne mere zaštite, koje se sastoje u održavanju dobrih mikroklimatskih uslova, stvaranju optimalne vlažnosti u radnim prostorijama, kao i izolovanje računara i podova.

Buka, koja se javlja u prostorijama pri radu računara, kreće se u opsegu od 15 Hz do 20 Hz, a nekada i opsegu ultrazvuka, 20—30 kHz. Nivo buke kreće se od 30 do 68 dB. Ovi nivoi buke, po pravilu, ne oštećuju sluh, ali mogu da imaju ometajući karakter. Ne treba zaboraviti i ventilacione uređaje kao izvore buke. Utvrđeno je da dugotrajna i stalna buka smanjuje brzinu obrade podataka za 10 do 15%. Zbog toga buka ne bi smela biti veća od 55 dB za poslove gde je neophodna visoka koncentracija, a 65 dB za rutinske poslove.

Poremećaj odnosa jona u vazduhu predstavlja značajan faktor uticaja na organizam, pri radu sa računarom. Pod jonizacijom materijala podrazumeva se odvajanje elektrona iz njegovog atoma, pri čemu ostatak atoma postaje pozitivan. Ovaj elektron brzo se spaja sa drugim atomom, pri čemu on dobija negativan naboj. Ovakvi joni, ako ostanu samostalni, nazivaju se »laki« ( $n \pm$ ), a ukoliko se sjedine sa česticama magle, dima ili prašine, postaju krupni i nazivaju se »teški joni« ( $N \pm$ ).

Stepen jonizacije vazduha obično se karakteriše brojem jona pozitivnog i negativnog znaka u jedinici zapremine ( $m^3$ ). Higijensko stanje vazduha karakteriše broj lakih negativnih ( $n-$ ) ili pozitivnih ( $n+$ ) jona u jedinici zapremine vazduha. Taj odnos izražava se preko količnika koncentracije pozitivnih i negativnih jona u vazduhu, koji se naziva koeficijent unipolarnosti  $q = n+/n-$ . Ne treba eliminisati ni značaj koji ima odnos zbira teških prema zbiru lakih jona, koji se naziva »koeficijent zagađenosti atmosfere«, tj.  $\Sigma = N \pm / n \pm$ . Utvrđeno je da vazduh bogat negativnim lakim jonima utiče povoljno na organizam čoveka, povećava-

jući koncentraciju hemoglobina, broja eritrocita, metabolizam, kao i raspoloženje za rad. Nasuprot tome, vazduh sa viškom pozitivnih jona pogoršava zdravstveno stanje i doprinosi porastu umora, distoničnih smetnji, otežanog disanja, i dr. U atmosferi veštačke ventilacije vazduh sadrži veći broj pozitivnih teških jona, što negativno utiče na zdravlje i rad korisnika računara u takvim mikroklimatskim uslovima.

Bleštanje može biti direktno ili reflektujuće. To zavisi od boje zidova prostorije, nameštaja i izvora svetlosti. Za rad sa monitorima preporučuje se određen indeks bleštanja, koji treba da bude 16 za fini posao. Pojava refleksije od svetlosnih izvora i glatkih površina može mnogo da ometa rad korisnika. Sada se ekrani prave od stakla, koja su obrađena tako da ne daju refleksiju. Radi izbegavanja refleksije i »zaslepljenja« operatora, potrebno je obezbediti organizacijske i ergonomske mere o kojima će biti reči u daljem tekstu.

Sjajnost simbola na ekranu mora da bude zadovoljavajuća, ali nikako da prouzrokuje bleštanje. Kontrast između simbola i stepena luminacije u pozadini nikako ne sme biti zapostavljen. Zbog kompenzacije jake svetlosti iz okoline korisnik često pojačava sjajnost, a to, pak, može da dovede do gubljenja rezolucije i pojave efekta treptanja.

Frekvencija ili treperenje slike na ekranu monitora kreće se u rasponu od 25 do 60 Hz. Sa povećanjem frekvencije smanjivaće se napor za percepciju slike na monitoru, tako da se, pri frekvenciji od 100 Hz, neće uočiti pojave treperenja. Optimalni odnos između dobre percepcije slike i trajnosti fosfora, kojim je prekrivena unutrašnja površina ekrana, postiže se primenom odgovarajućeg kvaliteta fosfora i frekvencije od 50 Hz.

### **Zdravstveni učinci rada sa video-terminalom**

Povećanjem broja računara, a samim tim i broja korisnika, opravdano

se postavlja pitanje rizika po zdravlje ljudi. Međutim, ne treba zapostaviti činjenicu da se zdravstveni učinci mogu javiti ne samo kao posledica zračenja katodne cevi, već mogu nastati i kao rezultat neadekvatnih ergonomskih rešenja i loše organizacije rada sa video-terminalom.

Simptomi, koje zapažaju korisnici video-terminala, vezani su pre svega za organ vida (osećaj zamora, toplote, bola i refleksne smetnje). Pored ovoga, indicirani su i drugi simptomi: glavobolja, opšti umor, depresija, tromost, razdražljivost, bolovi u kičmi, rukama i dr.

Da li elektromagnetno zračenje koje generiše katodna cev ima uopšte kataraktogeni efekat? Rezultati kliničkih studija na ljudima nisu za sada ubedljivi i ne idu u prilog pozitivnom ili negativnom odgovoru. Mnogi smatraju da nema razlike u subjektivnim smetnjama, u odnosu na vrstu posla koji se obavlja na terminalima. Međutim, opisane su razlike u odnosu na vrstu posla prema polu operatora. Žene pate od smetnji vida dvostruko više nego muškarci. Razlike su naročito izražene pri radu na programiranju, gde 8,6% muškaraca i 23,4% žena ima tegoba u obliku vidnog napora. Za pojavu smetnji u vidu operatora ima više razloga. Neki autori su kod operatora na unošenju podataka, u toku radnog dana, registrovali 8 000—25 000 pokreta očiju između dokumenta i ekrana.

S obzirom na različitu osetljivost operatora, kao i na zahtev brzine i tačnosti poslova, postoje objektivni razlozi za povećanje vidnog napora.

Međutim, za dobro viđenje operator mora da ima dobar i korigovan vid. Podaci govore da jedna trećina zaposlenih ima nekorigovane vidne defekte, ne uzimajući u obzir da sposobnost fokusiranja opada sa godinama zbog prirodnog procesa starenja sočiva. Operatori treba da imaju odgovarajuće naočare. Bifokalne nisu pogodne, jer gornja stakla (za daljinu) ne odgovaraju za distancu od 0,5 do 0,7 m pri gledanju ek-

rana, a donja (za blizinu) isto tako, jer su namenjena za čitanje.

Na grupi od 30 ispitanika, zaposlenih na video-terminalima, izvršen je detaljni medicinski pregled, pri čemu je opažen veliki broj graničnih elektroencelografskih rezultata, kao i oftalmološke promene. Okulistički pregled sastojao se od pregleda: Javal, oštine vida, reakcije zenica na svetlo, prosvetljavanja prozirnih medija paralaksom, snimanja prednjeg segmenta oka, očnog dna, i dr.

Rezultati (tabela 2) ukazuju na smanjenu oštrinu vida kod 40% ispitanika, zamućenje sočiva kod 63,4% ispitanika, kao i promene krvnih sudova očnog dna kod 56,7% ispitanika.

njuktivita, osećaj bola i peska u očima, praćeni glavoboljama i mukom. Poteškoće u percepciji dovodi do vizuelnih simptoma: nesposobnosti fokusiranja, viđenja obojenog ruba na objektu koji se posmatra, kao i nemogućnost gledanja u jednom pravcu tokom dužeg fiksiranja pogleda. Neki operatori su zabrinuti zbog ružičaste obojenosti pri gledanju belih predmeta, posle rada pred ekranima sa zelenim simbolima. Međutim, ova pojava, tzv. paslika, gde se ružičasto vidi kao komplementarna boja zelene boje na ekranu, bezopasna je i prolazna.

Zdravstveni učinci u ovoj maloj grupi ispitanika opisani su bez rezultata prethodnih pregleda i bez moguć-

Rezultati oftalmološkog pregleda

Tabela 2

| Pol      | Oštrina vida |      |          |      | Zamućenje sočiva |      |           |      |         |      | Očno dno |      |     |      |
|----------|--------------|------|----------|------|------------------|------|-----------|------|---------|------|----------|------|-----|------|
|          | Normalna     |      | Smanjena |      | Nema             |      | Jedno oko |      | Oba oka |      | Promene  |      |     |      |
|          |              |      |          |      |                  |      |           |      |         |      | sa       |      | bez |      |
|          | br.          | %    | br.      | %    | br.              | %    | br.       | %    | br.     | %    | br.      | %    | br. | %    |
| Muškarci | 9            | 64,4 | 5        | 35,7 | 8                | 57,2 | 3         | 21,4 | 3       | 21,4 | 8        | 57,1 | 6   | 42,9 |
| Žene     | 9            | 56,2 | 7        | 43,8 | 3                | 18,8 | 8         | 50,0 | 5       | 31,2 | 5        | 31,2 | 11  | 69   |
| Ukupno   | 18           | 60,0 | 12       | 40   | 11               | 36,7 | 11        | 36,7 | 8       | 26,7 | 13       | 43,7 | 17  | 57   |

Granični i promenjeni EEG rezultat ima 50% ispitanika, i to češće žene (64,3%) nego muškarci (37,5%).

Tabela 3

Rezultati elektroencelografskog snimanja

| EEG rezultat<br>Pol | Normalan |       | Graničan |       | Promenjen |       |
|---------------------|----------|-------|----------|-------|-----------|-------|
|                     | br.      | %     | br.      | %     | br.       | %     |
| Žene                | 5        | 35,72 | 8        | 57,14 | 1         | 7,14  |
| Muškarci            | 10       | 62,50 | 1        | 6,25  | 5         | 31,25 |
| Ukupno              | 15       | 50,0  | 9        | 30,0  | 6         | 20,0  |

Najčešće smetnje koje navode korisnici su: iritacija, suvoća i pečenje ko-

nosti upoređivanja sa odgovarajućom grupom. Za sada se ne mogu objasniti koji su od promenjenih rezultata, i u kojoj meri, uzrokovani nešto povećanim intenzitetom zračenja, ali rezultati izvršenih studija, svakako, upućuju na dalja istraživanja i trajni medicinski nadzor korisnika video-terminala.

Glavobolje, kao posledica vidnog napora, nemoguće je razlikovati od glavobolja koje su posledica napora muskulature vrata zbog lošeg položaja tela pri radu, ali se znatno može ublažiti izbegavanjem bleštanja i poboljšanjem opšteg osvetljenja. Pored toga, smanjena učestalost treperenja i suv vazduh mogu biti uzročnik nelagodnosti u očima, pa i glavobolje.



Zbog treperenja ekranske sile može se provocirati posebna forma epilepsije. Međutim, pošto se radi o fotosenzitivnom obliku epilepsije, kao veoma retkom obliku epilepsije, neopravdano je sve osobe sa dijagnozom epilepsije isključiti iz rada sa video-terminalom.

Promene na koži u vidu eritema na licu i vratu mogu se javiti nakon 2—5 časova rada na video-terminalima. U većini slučajeva, sledećih dana, koža je normalna, pa se zaključuje da je profesionalni kontaktni dermatitis bio prozrokovan submikroskopski precipitirajućim česticama prašine na koži operatora, koje je akumulirao statički elektricitet. Pri povećanju relativne vlažnosti vazduha i smanjenju statičkog elektriciteta u radnim prostorijama, navedeni problem bio bi pozitivno rešen.

Zabeležen je i uticaj monitora, tj. niskofrekventnog magnetnog polja na amalgamske zubne plombe. Poznato je da se 50% žive i 35% srebra nalazi u amalgamskim plombama, pa, kao takve, provode struju što za posledicu ima izdvajanje žive u ustima operatora. Dozvoljena koncentracija žive u krvi je do 5 mg po litru. Ako znamo da prisustvo jedne amalgamske plombe povećava koncentraciju žive za 0,5—2,0 mg po litru, a sedenje uz video-terminal može da podigne koncentraciju i do 50 mg po litru, onda možemo i pretpostaviti kakav je indirektni uticaj monitora na sastav krvi čoveka. Pomenu ti uticaj znatno se umanjuje ne samo zamenom amalgamskih plombi već i zamenom »faze« i »nule« na kablju kojim se napaja monitor, uz otvoreno pitanje gde nabaviti instrument kojim se proverava ponašanje monitora.

Smetnje koje se odnose na preopterećenost mišićno-koštanog sistema (bol i ukočenost vrata i ramena, otečenost mišića i zglobova) po intenzitetu se ne razlikuju od onih koje se javljaju kod ostalih zanimanja koje se obavljaju u sedećem položaju. Problem se može znatno umanjiti obezbeđivanjem

prikladnih stolica, kao i povremenim menjanjem radnih zadataka uz fizičku pokretljivost u toku rada.

Pojava defektno rođene dece i broja spontanih abortusa, prema kanadskim i američkim istraživanjima, ne dovodi se u vezu sa korišćenjem video-terminala, jer se pomenute pojave ne razlikuju od opšte populacije. Međutim, ovaj problem zahteva dalja istraživanja.

Nova profesionalna aktivnost, rad sa računarom, donosi i psihičke probleme. Zahtev za povećanom pažnjom i značajno ograničenje socijalnih kontakata mogu izazvati potpuno različite reakcije kod više ljudi, što zavisi od individualnih sklonosti. Rad sa monitorom nije direktni uzročnik stresa, ali stepen stresnih reakcija proporcionalan je tempu rada, stepenu odgovornosti, individualnoj motivaciji, načinu uvođenja promena, kao i prihvatanju nove tehnologije.

Pomenuta lista kontraindikacija za rad sa video-terminalima nije konačna, ali se uočava koje osobe ne bi trebalo da rade sa video-terminalima uz stalnu kontrolu potencijalnih štetnih faktora kako bi se sačuvalo zdravstveno stanje korisnika, a samim tim i produktivnost rada.

### **Ergonomski zahtevi video-terminala i radnog mesta**

Radi postizanja optimalne produktivnosti rada i čuvanja zdravstvenog stanja korisnika mora se voditi računa o ergonomskom prilagođavanju video-terminala, kao i radnog mesta, potrebama čoveka.

Ekran monitora može biti izveden sa: katodnom cevi, tečnim kristalom, plazmom i elektroluminiscencijom. Međutim, svaki od navedenih tipova ekrana ima svoje prednosti i nedostatke u odnosu na korisnika. Uočljivost simbola i jasnoća slika na ekranu zavise od više faktora: rezolucije, boje, kontra-

sta, polariteta displeja, luminiscencije, i dr. Minimalna površina matrice tačke treba da iznosi  $5 \times 7$  ili  $7 \times 9$ . To znači da za matricu veličine  $5 \times 7$  veliko slovo treba da bude široko 5 tačaka, a visoko 7. Pored toga, zbog nagiba, potrebne su dve tačke za razmak između slova. Međutim, rezolucija veća od  $9 \times 11$  manje utiče na čitljivost od oblika tačaka. Pravougle i četvrtaste tačke ispunjavaju veću površinu između tačaka, pa su zbog toga bolje od kružnih.

Kontrast između simbola i stepena luminacije pozadine vrlo je važan faktor kvaliteta slike. Čitljivost simbola može se povećati najviše do nivoa odnosa luminacije pozadine od 40:1. Međutim, anketa korisnika dala je rezultate koji su potvrđivali vrednost između 8:1 do 12:1, što nas navodi na zaključak da su najbolji oni terminali koji imaju mogućnost podešavanja kontrasta i boje podloge.

Za dobro opažanje bez zamora i udoban rad veoma je važan izbor boje simbola i pozadine na ekranu. Najveću osetljivost na monohromatske boje i vidni konfor pružaju crni simboli na svetloj pozadini. Međutim, osetljivost na svetlucanje i treperenje simbola najveća je na ekranima sa tamnim simbolima, pa je potrebno naći nekakav kompromis. Utvrđeno je, isto tako, da simboli ne bi trebalo da budu u zelenoj ili plavoj boji.

Izbor tastature, takođe, predstavlja važan ergonometrijski zahtev. Danas je tržište preplavljeno različitim vrstama tastature čiji se raspored slova razlikuje od klasičnog »QWERTY« standarda za pisaće mašine, na koji je najveći broj ljudi navikao. Površina dirke treba da se kreće u granicama od 10 do  $19 \text{ mm}^2$ , dok je optimalna površina  $13 \text{ mm}^2$ . Oblik dirke treba da bude kvadratni i malo udubljen, dok razmak između njih treba da bude 6 mm. Solidna tastatura mora da ima i regulisanu osetljivost na pritisak, pri čemu se ta sila kreće od 0,25 do 0,5 N. Ukoliko su dirke meke

ili tvrde, povećava se verovatnoća greške. Ne treba izostaviti ni nagib tastature u odnosu na površinu stola koji treba da bude 5—10 i srednja visina oko 30 mm.

Mnogobrojni su i ergonometrijski zahtevi koji se tiču radnog mesta korisnika. Temperatura vazduha prostorije treba da bude 19—23°C, relativna vlažnost 10—60%, ali nikako ispod 40%. Da bi smanjili opterećenje motornih i senzornih funkcija korisnika, neophodno je obezbediti dovoljan prostor za rad. Smatra se da optimalni prostor oko korisnika treba da iznosi 1,5 m poluprečnika. Isto tako, radno mesto korisnika treba da se nalazi 1 m od bočne i zadnje strane monitora susednih radnih mesta. Radno mesto treba da bude projektovano tako da omogućava laku promenu položaja tela, čime se masira diskus kičme, i otklanjaju zdravstveni problemi.

Sto, ukoliko postoji mogućnost podešavanja visine, treba da ima visinu od 65 do 75 cm. Za fiksne stolove preporučuje se visina od 70 cm. Kada se video-terminal koristi povremeno preporučuje se visina stola od 90 do 115 cm.

Stolica, dobrog kvaliteta, mora da ima visinu koja se podešava kao i naslon za leđa. Najbolje su podešavajuće stolice sa pet nogu. Visina stolica kreće se u opsegu 40—50 cm, dok sedeća površina ne sme biti uža od 40 cm. Naslon za leđa treba da bude zakrivljen i da ima oslonac za leđa širine oko 13 cm i visine od 15 do 28 cm. Naslon za ruke nije neophodan, dok ugao kolena treba da bude veći od 90°. Ugao glave treba da bude oko 20 prema inklinaciji, a daljina očiju oko 0,75 m. Prema tome, najbolji su oni računari koji imaju odvojenu tastaturu od monitora, a monitor ima mogućnost podešavanja ugla.

U ergonometrijske zahteve radnog mesta spada i dobro izvedena ventilacija. Pored prirodne (vrata i prozori), neka-



da je neophodno izvesti i veštačku (ventilatore), namenjenu za ubacivanje svežeg ili odvod zagađenog vazduha. Treba imati na umu da ventilacija mora biti dobro urađena kako se ne bi remetio odnos pozitivnih i negativnih jona, kao i gomilala prašina i toksične materije u radnoj prostoriji. Postavljanje ventilacionih uređaja je veoma kompleksan zadatak i zahteva timski rad, kako tehničkih, tako i medicinskih stručnjaka za svaku prostoriju posebno, tj. radno mesto. Ovaj zahtev dolazi naročito do izražaja kod prostorija sa većim brojem korisnika (biroa, učionica, i dr.).

Ne treba zapostaviti ni osvetljenje prostorija koje mora biti difuzno kako bi se, istovremeno, radilo i sa ekranom i sa pisanim dokumentima. Za radnu prostoriju preporučuje se osvetljenost od 150 lx, a za radnu površinu 500 lx. Direktno ili indirektno bleštenje od izvora svetlosti u prostoriji može se ublažiti oblaganjem radnih površina i zidova materijalima koje ne reflektuju svetlost.

Odmoru korisnika, isto tako, treba posvetiti posebnu pažnju. Posle dva sata neprekidnog rada potrebno je napraviti pauzu radi odmora očiju i mišića pod tenzijom. Odmor treba da bude van radnog mesta. Zbog svih ovih razloga korisnicima treba omogućiti da aktivno uzmu učešća u organizaciji uređenja i opremanja radnih mesta i prostorija za rad.

### **Standardi pri radu sa video-terminalom**

U svetu je zastupljen veoma širok spektar standarda. Evropski se, uglavnom, odnose na vizuelnu ergonomiju, a američki regulišu više opasnosti od zračenja. Najpotpunije usvojeni standard ima američka armija koja daje humane i tehničke kriterijume za projektovanje video-terminala, uslove rada i opreme. Na području Evrope najkompletniji

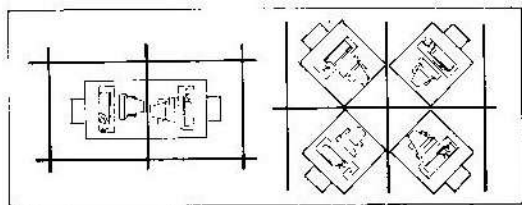
standard postavili su Švedani, kao rezultat dugotrajnog ispitivanja. Za sada, naša zemlja ne poseduje kompletan standard, ali je utešno da stručnjaci profila tehničke i medicinske struke rade na tome.

### **Zaključak**

Radi smanjenja štetnog uticaja monitora na zdravlje čoveka veoma je važno ne samo pravilno odabrati monitor i zaštitin filter, nego ga i pravilno locirati u radnoj prostoriji. Ukoliko je monitor jeftiniji i sastavne komponente su manje kvalitetne, pa je, stoga, i zračenje veće. Pravilnim izborom materijala za konstrukciju katodne cevi i filtera znatno se povećava zaštita. Međutim, s pravom se postavlja pitanje — koliko je i filter efikasan kada znamo da monitor zrači na sve strane, a da se filter monitora na prednjoj strani ekrana i da štiti samo delove glave. No, kakav filter kupiti? Cene su im veoma različite i kreću se od 30 do 300 DEM. Od jeftinijih može se očekivati samo povećanje kontrasta slike i smanjenje refleksije svetla, dok nas oni sa većom cenom mogu delotvorno zaštititi: povećanjem kontrasta, smanjenjem odbleska i distorzije slike, umanjnjenjem treptaja, eliminisanjem statičkog polja i smanjenjem ultravioletnog i X-zračenja, kao i umanjnjenjem elektromagnetnog polja. Međutim, sa povećanjem broja zaštitnih vlakana u filteru, slika bi bila isuviše zatamljena, što bi zahtevalo dodatni napor pri radu. Zato treba pronaći kompromis, između cene korištenja i ponude naših trgovaca. Pri kupovini treba obratiti pažnju i kupiti filter koji ima provodnik za odvođenje statičkog elektriciteta.

Pravilno odabrana pozicija računara, ili više njih u radnoj prostoriji, nije od male važnosti. Treba obratiti pažnju i na raspored monitora u susednim prostorijama. Imajući na umu da monitor zrači najviše sa zadnje strane,

elektromagnetno polje neće biti zastavljeno jednim običnim pregradnim zidom, jer je za to potrebno mnogo više. Zato, ako se monitori nalaze neposredno pored zida treba paziti da se sa druge strane nalazi radno mesto. Treba voditi računa o rastojanju koje postoji od poleđine monitora do susednog korisnika. Jedna od mogućnosti prikazana je na slici 3.



Sl. 3

No, bez obzira na to kakvim video-terminalom raspolazemo i koliko vremena provodimo u radu sa njim, trebalo bi imati na umu nekoliko praktičnih saveta:

— pri kupovini monitora obratiti pažnju na monitore sa oznakom Low Radiation. Ovi monitori su specijalno obloženi iznutra sa svih strana, pa se najveći deo električnih polja apsorbiraju. Uz njih se dobija sertifikat izvršenih merenja koji garantuju zračenje ispod granica;

— ako niste u mogućnosti da kupite monitor sa pomenutom oznakom, on-

da izaberite ekran sa nerefleksnim staklom, pri čemu treba izbeći odblesak od prozora ili kakvog izvora veštačke svetlosti;

— ekran držati 10 do 15 stepeni niže od visine očiju u sedećem položaju;

— dokumente koje koristite u radu držite bliže ekranu i na istoj visini, kako se ne bi menjao fokus oka u toku rada;

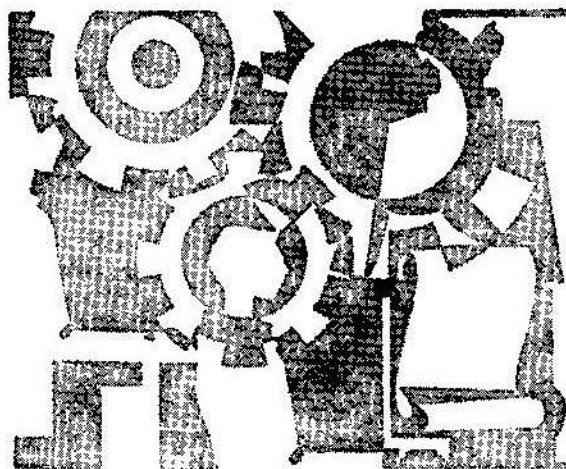
— u toku rada treba češće skretati pogled sa ekrana, kako bismo odmarali oči;

— na svakih sat—dva rada treba napraviti pauzu od 15 minuta i to, po mogućnosti, van radne prostorije.

Pored činjenice da su računarski sistemi zauzeli svoje mesto u savremenom društvu, očigledno je da su se pojavili sasvim novi zahtevi na radnom mestu u pogledu povećane koncentracije i pažnje korisnika. Evidentirane zdravstveni učinci koji se javljaju pri radu sa video-terminalom nisu samo posledica zračenja, zbog neadekvatno konstruisanog monitora, već i nepovoljno postavljenih ergonomske uslova radnog mesta. U svetu još uvek ne postoje jedinstveni kriterijumi koji definišu konstruktivne i ergonomske zahteve za rad sa video-terminalima i skoro svaka zemlja ima svoje norme ili ih uopšte nema, kao što je to slučaj sa našom zemljom. To navodi na zaključak da je za rešavanje ovog problema neophodno timsko angažovanje, kako tehničkih, tako i medicinskih stručnjaka.

#### Literatura:

- [1] Zbornik radova, XIV Jugoslovenski simpozijum zaštite od zračenja, Novi Sad, juni 1987.
- [2] Goldoni J., Sarić A., Zbornik radova, Zdravstveni učinci rada sa video-terminalima, Institut za medicinu rada, Zagreb, 1987.
- [3] Tomašević M., Košutić D., Zbornik radova, Institut za medicinu rada i radiološku zaštitu, Beograd, 1987.
- [4] Obrovački Ivan, Svet kompjutera, maj 1992.
- [5] Tomašević Miroslav, Kontrola X-zračenja kod TV-prijemnika, Jugoslovenski simpozijum o zaštiti od zračenja, 1981.
- [6] Milićević Slobodan, Neki ergonomske i medicinski problemi pri radu sa video-terminalima, Praksa, 1990.



## nove knjige

### OSNOVI RADIO-GONIOMETRIJE

Knjiga »Osnovi radio-goniometrije« autora pukovnika dr Milana Šunjevarića, diplomiranog inženjera, koja je izašla u izdanju Vojnoizdavačkog i novinskog centra, predstavlja značajan i slobodno se može reći, pionirski poduhvat u oblasti naučno-tehničkih publikacija na našem jeziku iz domena radio-tehničkih sistema posebne namene. Svestrano obuhvata probleme savremene radio-goniometrije, počevši od problema sistemske analize, preko problema vezanih za različite fizičke fenomene, kao što je zračenje i rasprostiranje elektromagnetskih talasa, do problema koji se odnose na analizu karakteristika i projektovanje pojedinih radio-tehničkih sklopova i kola, namenjenih odbrani prijemnih signala. Knjiga je namenjena, kako studentima redovnih i postdiplomskih studija na vojnim akademijama i elektrotehničkim fakultetima, tako i inženjerima projektantima sistema i sklopova, a i vojnotehničkim specijalistima — korisnicima i rukovodima ovih sistema.

Po svom karakteru, ovo delo predstavlja svojevrsnu kombinaciju udžbenika i monografije, tako da širi krug interesenata različitog usmerenja u njoj

može naći korisno štivo. Posebno treba istaći i obimne literaturne navode u svakoj glavi knjige, što je korisno za one pojedince koji bi želeli da produbljaju svoja znanja iz ove oblasti, koristeći svetsku literaturu.

Jedna od važnih odlika knjige je njena temeljnost. Naime, autor u svim delovima knjige, bilo da se radi o prikazu principa rada, analizi grešaka merenja, zračenja i rasprostiranju talasa ili o analizi konkretnih elektronskih sklopova, daje detaljno izvođenje potrebnih kvantitativnih relacija i njihov grafički prikaz. Kroz tekst knjige može se pratiti i istorijski razvoj radio-goniometrije od prvih ručno upravljenih rudimentiranih sistema sa okvirnom antenom do savremenih automatizovanih računarom upravljenih sistema sa soficiranim antenskim sistemima i digitalnom obradom signala.

Knjiga je podeljena na sedam glava.

U prvoj glavi prikazuju se osnovni pojmovi i definicije vezani za radiogoniometriju, zatim se opisuju principi rada i namena radio-goniometrijskih uređaja i daje pregled istorijskog razvoja radio-goniometrije. Takođe se definišu i neki termini koji će se koristiti u da-

ljem tekstu. Na kraju se daje i pregled savremenog stanja i tendencije budućeg razvoja ovih sistema, sa posebnim osvrtom na primenu računara u automatizaciji rada, obradi podataka i njihovom efikasnom korišćenju.

Druga glava posvećena je pitanju rasprostiranja elektromagnetnih talasa u realnim uslovima atmosfere i tla. S obzirom na to da se merenje uglova kod ovih sistema u principu obavlja analizom faznog fronta dolazećih talasa, očigledno je da fenomeni rasprostiranja talasa imaju veliki uticaj na tačnost i pouzdanost dobijenih rezultata. Autor prikazuje karakteristike rasprostiranja talasa u celokupnom njihovom spektru, počevši od vrlo niskih do supervisokih frekvencija. Detaljno su prikazane specifičnosti pojedinih frekventnih područja, sa posebnim osvrtom na uticaj jonosfere. Daje se analiza uticaja pojedinih fenomena, kao što su: refrakcija, difrakcija, apsorpcija, disperzija, interferencija, Doplerov pomak, depolarizacija, i sl., koji prate rasprostiranje talasa u realnoj sredini. Analiza je potkrepljena odgovarajućim formulama i graficima. Na kraju se daju principi modelovanja polja, koje se u današnje vreme mnogo primenjuje pri simulacijama posredstvom računara.

U trećoj glavi detaljno su prikazane metode goniometrisanja, kako klasične, tako i najnovije, koje se baziraju na analizi i odmeravanju talasnog fronta. Pored ostalog, prikazane su metode sa rotirajućim snopom, monoimpulzni sistemi, sistemi sa faziranim i kružnim antenskim nizovima, sistemi sa korišćenjem Doplerovog efekta, sistemi interferometrijskog tipa, kao i sistemi sa analizom talasnog fronta. Kod sistema sa rotirajućom antenom posebno je obrađen problem tzv. »susreta« snopova zračenja. Data je detaljna analiza verovatnoće susreta, kao i analiza uslova za garantovani susret. Kod prikaza monoimpulsnih sistema obrađeni su kako amplitudski, tako i fazno osetljivi sistemi, dok je kod sistema sa faziranim an-

tenama prikazan, pored ostalog, i metod upravljanja nulom dijagrama zračenja antene. Kod interferometrijskih sistema obrađen je, pored opšteg principa rada, još i problem rešavanja višeznačnosti kod sistema sa većim razmakom elemenata. Kod prikaza metoda goniometrisanja, analizom talasnog fronta, dat je i postupak simulacije posredstvom računara na konkretnim primerima, a u daljem je dat i osvrt na mogućnost matematičke generalizacije metode analize talasnog fronta. Analiza u ovoj glavi potkrepljena je konkretnim blok-šemama sa opisom principa rada i potrebnim kvantitativnim relacijama.

Četvrta glava posvećena je detaljnom opisu pojedinih karakterističnih blokova radio-goniometrijskog sistema, počevši od antena preko prijemnika do pokazivača. Od antena su prikazane karakteristike dipola i monopola, ram antene sa i bez feritnog jezgra, kombinacije ram i linearnih antena, zatim antenski nizovi sa oštrosmerenim karakteristikama zračenja, kružni antenski nizovi, i sl. U tekstu je data detaljna kvantitativna analiza antenskih karakteristika, sa nizom korisnih relacija i grafika, tako da taj deo teksta mogu da koriste i stručnjaci koji se bave antenama nezavisno od radio-goniometrije. To se može reći i za deo u kojem se daju karakteristike prijemnika, sa definicijom različitih pojmova, kao što su: faktor šuma, osetljivost prijemnika, različite vrste izobličenja, i sl. Svi ovi pojmovi nisu samo karakteristični za radio-goniometrijske prijemnike, već su opšteg karaktera, tako da je ova analiza od koristi širem krugu specijalista iz oblasti prijemne tehnike. U delu o pokazivačima autor opisuje različite mogućnosti koje pruža savremena, kako analogna, tako i digitalna tehnika. Na kraju ove glave autor daje osvrt na mogućnost povezivanja goniometara u radio-goniometrijsku mrežu sa daljinskim upravljanjem i međusobnom komunikacijom.



Peta glava posvećena je problemu grešaka u goniometrisanju. Autor najpre identifikuje moguće izvore grešaka, vrši njihovu klasifikaciju i obavlja njihovu kvantitativnu analizu. Među različitim vrstama grešaka najvažnije su: instrumentalne greške, greške usled uticaja okoline mesta na kojem je postavljen goniometar, kao i greške uzrokovane različitim efektima pri rasprostiranjima talasa. Među instrumentalnim greškama autor posvećuje posebnu pažnju antenskim efektima, pri čemu obuhvata karakteristične tipove goniometrijskih antena, kao što su rotirajuće antene, ram antene i antenski nizovi. Da bi se ovi efekti umanjili, primenjuju se različite kalibracione procedure kojima autor poklanja odgovarajuću pažnju. Od efekata okruženja autor posebno analizira tzv. obalski efekat usled prelamanja talasa na granici kopnovoda. Poseban problem predstavljaju i tzv. mesne greške koje proističu od indukovanih struja na okolnim objektima i predstavljaju izvore sekundarnog zračenja. Ovo sekundarno polje inferira sa primarnim poljem izvora koji se goniometriše, usled čega nastaju greške u merenju. U tekstu se daju i metode za procenu osetljivosti sistema na ove greške, a obrađene su i polarizacione greške goniometara, kao i greške koje proističu od nekih jonosferskih efekata.

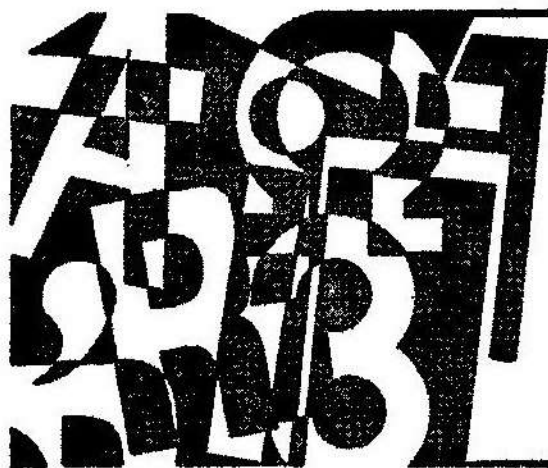
Šesta glava posvećena je problemu procene koordinata izvora zračenja. Ovaj problem proističe iz činjenice da nije moguće direktno meriti rastojanje do izvora zračenja, jer je nepoznato vreme odašiljana signala, tako da se

lociranje mora, za razliku od radara, vršiti iz dve ili više tačaka. S obzirom na to da se sva merenja vrše sa greškama, to je problem lociranja uvek statički problem koji se mora rešavati metodama teorije verovatnoće i slučajnih veličina. Te metode autor i primenjuje u ovom delu teksta, definišući pojmove kao što su: elipsa poverenja, metode najmanjih kvadrata, metode maksimalne verodostojnosti, Bajesov estimator, faktor statističke težine merenja, i sl. Procena koordinata vršena je kako u pravougaonom sistemu, tako i korišćenjem sferne trigonometrije. Posebno su obrađene i metode koje se baziraju na merenju razlike vremena nailaska radio-talasa u kojima se koristi diferencijalno Doplerova metoda. U ovoj glavi su detaljno izvedene sve potrebne kvantitativne relacije, tako da čitalac ne mora da konsultuje različitu literaturu radi nekih dopunskih objašnjenja. Mora se reći da razmatranja, pored specifičnog karaktera vezana za radio-goniometriju, imaju i opšti karakter, pa mogu poslužiti i za druge oblasti u kojima se primenjuju statističke metode analize grešaka.

Sedma i poslednja glava posvećena je problemu ucrtavanja radio-smerova i prikazu lokacije izvora zračenja na geografskoj karti.

Autoru treba odati puno priznanje za veliki trud i stručnost u oformljenju ove obimne i sadržajne knjige koja će korisno poslužiti studentima, inženjerima i korisnicima ovih sistema.

Prof. dr Jovan Zatkalik, dipl. inž.



# prikazi iz inostranih časopisa

## Avionsko kasetno naoružanje u oružanim snagama zapdanih zemalja\*

U naoružanju vazduhoplovnih snaga zapadnih zemalja, posebno članica NATO, nalaze se kasetna ubojna sredstva koja su namenjena za razaranje aerodroma, skladišta, mostova, položaja operativno-tehničkih raketa, oklopnih vozila, transportnih sredstava i žive sile. Po načinu primene, ova kasetna ubojna sredstva se dele na kontejnerske kasete i kasete bombe jednokratne upotrebe, a pričvršćuju se za trup letelice. Ubojni elementi (submunicija) smešteni su u kontejnere i, po komandi pilota, odbacuju se.

### Kontejnerska kasetna ubojna sredstva

Najpoznatiji primerici ovakvog oružja su nemački kontejneri MW-1 i MDS i engleski JP233.

MW-1 je izrađen u vidu sanduka koji ima četiri bloka. Svaki blok ima 28 poprečnih cevastih vodica. Dužina kontejnera je 5,3 m, širina 1,3 m, visina 0,7 m, a masa (zavisno od tipa submunicije) 4—5 t. Kontejner prima submu-

niciju sledećih tipova: kumulativne bombe KB44, protivbetonske bombe STABO, mine MUSA, MIFF i MUSPA.

Kumulativna bomba KB44 namenjena je uništenju oklopnih ciljeva i žive sile. Prečnik bombe je 44 mm, dužina oko 200 mm, a masa 0,6 kg. U prednjem delu nalazi se izvlačeća šipka, a u centru — kumulativno punjenje. Bombe KB44 pakuju se u pakete po 7 komada; po tri ovakva paketa smeštena su u lansirnim cevima sa svake strane kasete. U potpuno napunjenoj kaseti MW-1 ima 4704 ovih bombi.

Posle izbacivanja iz kasete otvara se šestokrili ni stabilizator bombe i ona se nosnim delom orijentiše nadole. Jedna opruga potiskuje šipku napolje, a kada šipka udari u cilj zatvara se kontakti davač koji daje signal za aktiviranje bombe. Tvrdi se da bomba probija 200 mm betona.

Protivbetonska bomba STABO namenjena je za razaranje poletno-sletnih i rulnih staza. Dugačka je 60 mm, prečnik joj je 132 mm, a masa 16 kg. U prednjem delu ima kumulativno, a u zadnjem razorno i dopunsko punjenje. Kao i bomba KB44, STABO ima iz-

\* Prema podacima iz časopisa „Техника и вооружение“, 5/1991.



vlačeću šipku. Stabilizacija pri padu je pomoću padobrana koji je smešten u donjem delu bombe.

Pri udaru šipke u betonski zastor dejstvuje kumulativno punjenje koje probija otvor u betonu, jednovremeno se inicira barutni usporivač razornog punjenja i detonira dopunsko punjenje. Snagom njegove eksplozije razorno punjenje se protiskuje kroz otvor ispod betonskog zastora i po isteku vremena usporenja ono detonira. Posle eksplozije ispod betona nastane velika rupa, a pored nje javljaju se prskotine i ispuščenja betonskog zastora na velikim daljinama od centra eksplozije bombe. U jednu kasetu može se smestiti 200 bombi STABO.

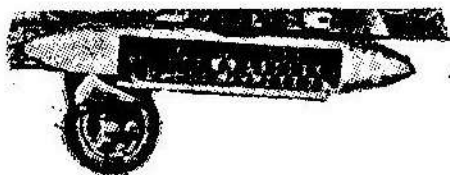
Mina MUSA namenjena je za miniranje saobraćajnica po kojima se kreću transportna vozila protivnika, kao i na aerodromima za uništenje transportnih sredstava, aviona u fazi rulanja i helikoptera. Prečnik mine je 132 mm, visina 134 mm, a masa 4,2 kg. Mina ima ugrađen davač koji je u stanju da otkrije cilj i aktivira eksploziv kada cilj uđe u zonu uništenja. Posle izbacivanja iz kasete iz mine se izvlači padobran pomoću kojeg se mina spušta na zemlju. Mina aktivira upaljač usporenog dejstva posle određenog vremena. U kasetu stane 668 mina MUSA.

Za uništenje oklopnih i drugih vojnih vozila koristi se mina MIFF. Na bokovima ove mine postoje kumulativni levci sa metalnim košuljicama. Pri eksploziji dolazi do formiranja udarnog jezgra koje poseduje veliku energiju koja je dovoljna da probije dno tenka. Kao osetljivi elemenat koji reaguje na cilj služi magnetski davač. Predviđen je i samolikvidator koji posle određenog vremena aktivira minu. Prečnik je 132 mm, masa 3,4 kg. U kaseti ima 892 mine MIFF.

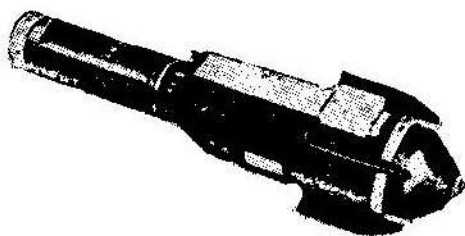
Mina MUSPA koristi se za uništenje aviona pri poletanju, rulanju posle sletanja i pri rulanju. Po dimenzijama

i masi ona je analogna mini MUSA, ali za razliku od nje ima akustički davač koji reaguje na šum rada motora aviona i helikoptera. Mina je napunjena parčadima oblika kuglica od teških metala, čiji je poluprečnik razletanja oko 100 m. Posle izbacivanja iz kasete mina se spušta pomoću padobrana. Ukoliko ne dođe do borbene primene mine (dejstvo protiv nekog cilja), posle određenog vremena dolazi do samolikvidacije mine.

Na sl. 1 prikazana je jedna kontejnerska kaset, obešena ispod aviona, a na sl. 2 jedna protivbetonska submunicija.



SL. 1 — Kontejnerska kaset



SL. 2 — Protivbetonska submunicija

U kontejner MW-1 može se puniti submunicija istog i više tipova. Na primer, kada se dejstvuje protiv aerodroma mogu se koristiti protivbetonske bombe STABO i mine, a kada se dejstvuje protiv oklopnih vozila — bombe KB44 i mine. Izbacivanje submunicije iz kasete vrši se sa obe strane pomoću izbacujućih punjenja i zavisno od snage ovih izbacujućih punjenja tučena površina može da ima po širini 50—500 m, a po dužini 200—2.500 m.

Modifikacija kontejnera MW-1 ima oznaku MDS i namenjena je za uništavanje aerodroma, oklopnih vozila na položajima i na maršu i položaja operativno-taktičkih raketa. Njegova konstrukcija je modularna, pa je moguće varirati masu i dimenzije (po dužini 2,5—4,5 m, a po masi 500—2.500 kg.). Predviđen je za korišćenje na avionima TORNADO, A-4, F-4, F-5 i ALPHA JET. U njega se stavljaju isti tipovi submunicije kao i u MW-1. Uglavnom je namenjen za napade na aerodrome i sprečavanje njihove brze opravke. Takođe se predviđa njegovo korišćenje za napad na transportna sredstva na mestima njihovih koncentracija i na maršu, za rušenje puteva i pruga i skladišta. Kontejner se izgrađuje od lake legure, ima dva odseka, u jedan se stavlja 30 malokalibarskih protivbetonskih bombi SC357, a u drugi — 215 mina HB876.

Po svojoj konstrukciji bombe SG357 i STABO su analogne, ali je prva veća po dužini i masi za 1,5 puta. Bombe SG357 stavljaju se u cevi koje su ukošene unazad za 30° u odnosu na vertikalnu, pa je moguće njihovo izbacivanje u stranu, suprotnu pravcu leta aviona.

Mina HB876 ima tri bloka. U donjem se nalazi kočioni uređaj, koji obezbeđuje stabilizaciju posle izbacivanja iz kontejnera, i padobran koji se odbacuje kada se mina spusti na zemlju. U srednjem delu nalazi se baterija, sigurnosno-izvršni mehanizam, magnet-ski nekontaktni upaljači i samolikvidator. U gornjem delu nalazi se bojna glava pri čijoj se eksploziji obrazuje udarno jezgro od rastopljenog metala koje je u stanju da probije oklop. Telo bojne glave je izrečkano i na taj način se dobijaju parčici određenih veličina i masa, pomoću kojih se uništavaju avioni, transportna sredstva i živa sila.

Na telu mine nalazi se više od deset šapica pod naponom opruga koje se posle pada na zemlju razvijaju i orijentišu minu da joj se bojna glava nalazi nagore. Kada se cilj pojavi u zoni

osetljivosti davača upaljača, on aktivira bojnu glavu. Vreme usporenja pre samolikvidacije je različito kod tih mina, pa je otežano remontovanje napadnutog cilja na mestima gde se mine nalaze. Mine HB876 smeštaju se u 90 lansirnih cevi koje su postavljene pod pravim uglom prema osi kontejnera i nagnute u stranu pod uglovima 15° i 35°, kako bi se obezbedilo razbacivanje ovih mina na velikoj površini. U cevima, zavisno od njihove dužine, nalaze se dve ili tri mine, a njihovo izbacivanje se vrši pomoću piropatrona.

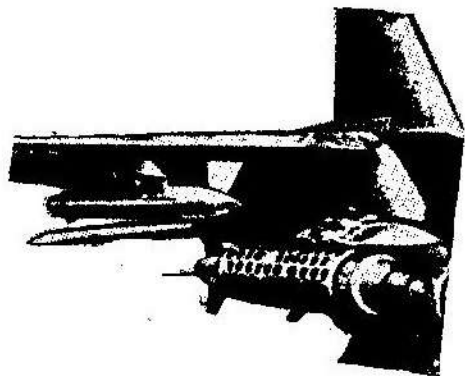
U svakom odseku kontejnera JP233 postoji razvodni uređaj na bazi mikroprocesora koji generiše impulse u određenim vremenskim intervalima. Ovaj mehanizam može se prethodno programirati, uzevši u obzir tip aviona, brzinu, pravac napada (duž ili popreko poletno-sletne ili rulne staze), tipa submunicije. Ovim uređajem upravlja se iz kabine kada pilot pritiskuje dugme u proračunskoj tački napada, a specijalno kolo automatski koordinira izbacivanje submunicije iz različitih odseka za što ravnomernije pokrivanje cilja. Navodi se da je avion TORNADO u stanju da ponese dva kontejnera JP233 sa pojedinačnom masom u napunjenom stanju od 2.350 kg, a oni su obešeni na podtrupnim držačima.

### Kasetne bombe jednokratne upotrebe

U najrasprostranjenije kasetne bombe jednokratne upotrebe na Zapadu spadaju Mk20 ROCKEYE, CBU-87/B (SAD) BL755 (V. Britanija), BELUGA (Francuska).

Kasetna bomba jednokratne upotrebe Mk20 ROCKEY (sl. 3) uvedena je u naoružanje sedamdesetih godina. Telo kasete izrađeno je od aluminijumske legure. U njenoj unutrašnjosti smešten je detonirajući štapin koji je namenjen da razbije telo kasetne bombe i razbaci submuniciju. Pomoću speci-

jalnih naprava u kasetu se može staviti 247 bombi malog kalibra sa kumulativnim bojnim glavama za dejstvo protiv oklopnih ciljeva. Za nošenje kasetne bombe Mk20 ROCKEYE koriste se avioni A-4, A-6, A-7, A-10, F-4, F-15, F-16. Moguće je da ovu kasetu nose francuski avioni MIRAGE i JAGUAR i engleski lovački avioni HAWK. Minimalna visina aviona u trenutku odbacivanja ove kasete je 75 m. Jedna kasetna zona dejstva od 2.700 m<sup>2</sup>. Na sl. 4 prikazana je submunicijska koju koristi kasetna bomba Mk20 ROCKEYE.



Sl. 3 — Kasetna bomba jednokratnog dejstva Mk20 ROCKEYE



Sl. 4 — Submunicijska za kasetnu bombu Mk20 ROCKEYE

Od 1985. u naoružanju RV SAD nalazi se kasetna bomba jednokratne upotrebe CBU-87/B, a namenjena je za dejstvo protiv oklopnih i drugih vozila i žive sile. U zadnjem delu nalaze se sklopljene repne površine koje, kada se rašire, zauzimaju određeni ugao u odnosu na uzdužnu ravan. Zbog toga se kasetna posle odbacivanja od aviona obrće oko svoje ose i razbacuje submunicijsku. Za sprečavanje prevrtanja kasete njen let se stabilizuje padobranom.

Ima nekontaktni upaljač, a vreme usporjenja dejstva upaljača određuje i postavlja pilot za vreme leta. Kasetna CBU-87/B puni se malokalibarskim bombama CEM, vođenim ubojnim sredstvima sa preciznim nišanjem SKIT, protivoklopnim minama ERAM, BLU-92/B i protivpešačijskim minama BLU-91/B.

Malokalibarska bomba CEM ima kombinovano dejstvo, udarni upaljač, a masa joj je 2 kg. Cilindrično telo bombe dugačko je 100 mm, a prečnik je 60 mm. Pri eksploziji se obrazuju parčiči koji uništavaju transportna sredstva i živu silu. U prednjem delu smešteno je kumulativno punjenje, služi za uništenje oklopnih vozila. Bomba ima zapaljivo punjenje od cirkonijuma. U kasetnu bombu stane 202 bombe CEM.

Vođeno ubojno sredstvo sa preciznim nišanjem SKIT je cilindričnog oblika, visina je 80 mm, prečnik 90 mm, a masa oko 3 kg. Ima IC davač koji radi na dve frekvencije i bojni deo sa udarnim jezgrom. Po četiri komada SKIT stavlja se u module SDVA koji su smešteni u kasetu CBU-87/B. Posle izbacivanja iz kasete modul SDVA, koji ima stabilizator, obavlja usmereni let, na visini od oko 200 m odbacuje se stabilizator i otvara padobran, a modul počinje vertikalno spuštanje. U isto vreme uključuju se izvori napajanja i sistem hlađenja IC davača ubojnog sredstva sa preciznim nišanjem SKIT.

Na visini od 40 do 50 m odbacuje se padobran modula i uključuje raketni motor koji dovodi do obrtanja modula oko svoje uzdužne ose. Pod dejstvom centrifugalne sile ubojna submunicijska razleće se horizontalno. U trenutku izbacivanja iz modula SKIT izvlači se mala šipka i to izaziva oscilujuće kretanje submunicijske. Time se IC davaču omogućuje da skanira i »pregleda« zemljište. Kada se u vidnom polju IC davača pojavi oklopno vozilo, daje se signal u kolo za prepoznavanje

cilja koje je zasnovano na temperatur-  
nom kontrastu između cilja i fona zem-  
ljišta.

Kada se cilj otkrije daje se signal  
za aktiviranje bojne glave, pri kojem  
se obrazuje udarno jezgro od košuljice  
kumulativnog levka koja je izrađena od  
teških metala kao što su bakar, tantal  
ili osiromašeni uran. Ovo udarno jez-  
gro nadzvučnom brzinom pogađa cilj.  
Navode se tvrdnje da je ono u stanju  
da probije krov tenka ili drugog oklo-  
pnog vozila. Ukoliko IC davač ne ot-  
krije cilj, do eksplozije bojne glave do-  
lazi pri udaru u zemlju dejstvom kon-  
taktivnog upaljača. Pri eksploziji se ob-  
razuju parčići koji uništavaju živu silu.

Protivoklopna mina ERAM sadrži  
dva ubojna sredstva sa preciznim vo-  
đenjem SKIT, a posle izbacivanja iz  
kontejnera pada pomoću padobrana. U  
toku pada mina oslobađa četiri oslone  
nožice na koje se prizemljuje. Posle  
toga se izvlače tri antene i uključuje se  
izvor napajanja. Na kraju svake ante-  
ne nalazi se mikrofoni, a u telu mine  
— seizmički davač.

Kada mikrofoni jednovremeno uh-  
vate šum, a seizmički davač oscilaci-  
je zemljine površine pod dejstvom kre-  
tanja oklopnih vozila, obavlja se iden-  
tifikacija cilja. Prisustvo tri mikrofo-  
na omogućuje da se metodom pelenga-  
cije (goniometrisanja) odredi pravac na  
cilj. Posle toga se platforma mine okre-  
će (na njoj se nalaze ubojna sredstva  
SKIT) tako da se jedno od njih okre-  
će prema cilju. U trenutku minimal-  
nog rastojanja između mine i cilja, što  
se određuje po nivou šuma od cilja,  
dolazi do izbacivanja SKIT pomoću iz-  
bacujućeg punjenja, a njegova puta-  
nja leta ima ugao od  $45^\circ$  u odnosu na  
površinu zemlje. IC davač otkriva cilj  
prilikom njegovog preletanja i dolazi  
do aktiviranja bojne glave. Posle iz-  
bacivanja prvog ubojnog sredstva SKIT  
platforma mine okreće se za  $180^\circ$ , a ka-  
da se pojavi sledeći cilj izbacuje se  
drugi SKIT.

Protivtenkovska mina BLU-92/B i  
protivpešadijska BLU-91/B imaju iste  
geometrijske dimenzije, a mase su im  
1,7 kg, odnosno 1,4 kg. Mina BLU-92/B  
ima magnetski upaljač i kumulativno  
punjenje, a BLU-91/B — razorno pu-  
njenje. Kasetne bombe jednokratnog  
dejstva CBU-87/B mogu da nose avi-  
oni F-4, F-15, F-16, F-111 i A-10. Ka-  
sete CBU-87/B mogu se odbacivati sa  
visina od 60 do 1.200 m i pri brzinama  
aviona do 1.300 km/h.

Kasetna bomba jednostruke upo-  
trebe B1755 puni se malim kumulativ-  
no-razornim ubojnim elementima (sub-  
municijom) (sl. 5), razmeštenim u se-  
dam odseka po 21 komad. U nosnom de-  
lu ove kasete bombe postavljena su dva  
piropatrona, a duž uzdužne ose kasete  
prolazi cev. Bomba ima uređaj koji  
obebeđuje četiri različita vremena us-  
porenja do početka razbacivanja sub-  
municije od momenta odvajanja kasete  
od aviona. Pre vešanja kasete na dr-  
žač aviona postavlja se određeno vre-  
mensko usporenje aktiviranja koje za-  
visi od brzine i visine leta aviona.



Sl. 5 — Submunicija za kasetnu bombu BL755

Posle odbacivanja kasete od avio-  
na i posle isteka određenog vremena  
usporenja pali se prvi piropatron i nje-  
govi gasovi dejstvuju na stezače koji  
tada oslobađaju od međusobnog spoja  
dve polovine obloge kasete, koju, zatim,  
frontalna struja vazduha skida. Pod  
pritiskom gasova dejstvuje i drugi pi-  
ropatron i njegovi gasovi ulaze u cen-  
tralnu cev, a iz nje u odseke. Otvori za  
dovod gasova iz centralne cevi u od-  
seke imaju različite prečnike, pa se  
tako submunicija izbacuje u različito  
vreme. Time se postiže razbacivanje  
submunicije na veliku površinu.



Submuniciju predstavlja malokalibarska kumulativno-fugasna bomba sa masom od oko 1 kg. U nosnom delu smešten je pijezelektrični davač upaljača, u srednjem — kumulativno punjenje u telu sa narezima. Padobran je smešten u repnom delu. Posle izbacivanja iz kasete nosni deo pod dejstvom opruge pomera se napred, a repni nazad i ispušta se padobran. Submuniciona bomba spušta se vertikalno i u dodiru sa ciljem pijezo-davač daje električni signal za detoniranje bojne glave čija kumulativna struja (mlaz) progoreva oklop cilja, a pri eksploziji tela stvara se veliki broj parčadi.

Kasetna bomba jednokratne upotrebe BL755 može se vešati na unutrašnje i spoljašnje držače aviona »JAGUAR«, F-4, »HARRIER« i »TORNADO«.

Serijska proizvodnja kasetne bombe jednokratne upotrebe BELUGA (sl. 6) počela je 1979. Njena konstrukcija zasnovana je na zahtevu za postizanje maksimalne zapremine uz minimalni čeon otpor. U prednjem delu kasete nalaze se: elektrogenerator sa vazdušnom turbinom, programski davač koji upravlja radom mehanizma aktiviranja submunicije, razvodni i pirotehnički uređaj. U zadnjem delu kasete smešten je padobran. Submunicija se nalazi u srednjem delu u usmeravajućim cilindrima koji su ukošeni za 45° u odnosu na uzdužnu osu kasete.



Sl. 6 — Kasetna bomba jednokratnog dejstva BELUGA

Postoje tri tipa submunicije za ovu kasetu: protivoklopne kumulativne bombe, parčadne bombe za uništavanje kolona transportnih vozila, aviona na zemlji, benzinskih skladišta i žive

sile i mine za dejstvo protiv aerodroma, luka, železničkih stanica. Kasetna bomba jednokratne upotrebe BELUGA koristi se pri brzinama aviona 600 do 1.000 km/h i na visinama 60—120 m.

Posle odvajanja od aviona iz kasete se izvlači kočioni padobran i posle određenog vremeškog perioda počinje izbacivanje submunicije. Oni, takođe, imaju svoje padobrane i prizemljuju se skoro vertikalno. Protivoklopne i rasprskavajuće bombe aktiviraju udarni upaljači. Kada se mine spuste na zemlju, od njih se odvajaju padobrani. Mine imaju različito vreme usporenja kako bi se otežalo razminiranje. Kasetnu bombu jednokratne upotrebe nose avioni MIRAGE-1 (do 6 kaseti).

### Zaključak

Vojni stručnjaci smatraju da je glavni nedostatak kasetnih bombi jednokratne upotrebe što avioni koji ih nose moraju ući u zonu aktivnih dejstava PVO protivnika, što povećava broj izgubljenih aviona.

Za rešavanje ovog problema radi se na razvoju vođenih avionskih kasetnih bombi. Tu spadaju LAD (SAD), CWS (Nemačka) i APACHE (Francuska). Sve će imati inercijalne sisteme vođenja, a njihova submunicija neće biti vođena. Razvija se vođena submunicija za ove kasete koja će moći uništavati oklopna i druga vojna vozila.

P. M.

### Interkontinentalne balističke rakete SAD\*)

U sastav strategijskih ofanzivnih snaga (SOS) SAD ulaze strategijske rakete na zemlji, rakete smeštene na atomskim podmornicama i strategijska avi-

\*) Prema podacima iz časopisa »Tehnika i naoružanje«, 11/1991.



jacija. Osnovu zemaljske grupacije SOS čine 1000 interkontinentalnih balističkih raketa (IBR) tipa MINUTMEN 2, MINUTMEN 3 i MX, na kojima je smešteno oko 20% ukupnog broja atomskih borbenih punjenja oružanih snaga SAD. Glavna odlika tih raketa, po mišljenju američkih vojnih eksperata, jeste u operativnosti i visokoj efikasnosti pri rešavanju strategijskih zadataka. Dovoljno je reći da vreme tehničke gotovosti IBR, tj. vreme od momenta aktiviranja sistema do starta rakete, iznosi oko 30 s. Vreme leta pri dejstvu na interkontinentalnim (većim od 8.000 km) daljinama iznosi 25—40 minuta. Snaga atomskih punjenja i tačnost njihovog prenošenja do ciljeva su takvi da omogućuju, na primer, jednoj raketi MX (ako nema protivdejstva) da uništi, sa visokom verovatnoćom, do desetak različitih objekata (a među njima i jako zaštićenih), koji su udaljeni jedan od drugog na desetine, pa čak i stotine miliona metara.

MINUTMEN 2 je trostepena raketa sa čvrstim gorivom i tandemnom šemom (sa serijskim razmeštajem stepena). Snabdevena je glavom u jednom bloku sa atomskim bojnim punjenjem, snage 1—2 Mt (trotilskog ekvivalenta). Njena dužina je 18,2 m, a startna masa 31,8 t. Svi stepeni rakete su različitog kalibra.

U sastav prvog stepena ulaze marševski raketni motor sa čvrstim gorivom i repni odsek. Telo motora izrađeno je od čelika velike čvrstoće. Njegov gornji poklopac je privaren za cilindrični doboš, a dno mlaznika je spojeno sa njim pomoću konusnog navojnog spoja. Punjenje čvrstog goriva, koje se sastoji od sopolimera butadiena i aktivne kiseline, perhlorata amonijaka i praška aluminijuma pričvršćeno je za telo. Repni odsek je konusnog oblika. Smer leta reguliše se otklonom određenog dela mlaznika pomoću odvojenih hidrocilindara.

Drugi stepen sastoji se od raketnog motora sa čvrstim gorivom i pre-

laznog odseka. Telo motora izrađeno je od legure titana. Jedan nepokretan mlaznik delimično je uronjen u telo. Gorivo je smeša poliuretana i perhlorata amonijaka. Prelazni odsek je konusnog oblika i služi za vezu između prvog i drugog stepena. Na njemu je, takođe, smešten i blok mlaznika motora drugog stepena, sa elementima sistema upravljanja vektorom potiska.

Upravljanje letom u procesu rada drugog stepena rakete MINUTMEN 2 po kanalima elevacije i azimuta vrši se otklonom vektora potiska marševskog motora preko ubrizgavanja tečnog freona iza kritičnog dela mlaznika preko četiri grupe otvora. Upravljanje letom po nagibu vrši se pomoću autonomnog gasogeneratorskog sistema.

Treći stepen je, po konstrukciji, uglavnom sličan drugom, a razlika je u tome što marševski raketni motor na čvrsto gorivo ima staklenoplastično telo. Osim toga, na njegovom gornjem poklopcu nalaze se otvori sistema prekida (slabljenja) potiska. To omogućuje promenu parametara na kraju aktivnog dela trajektorije leta (daljine, visine, ugla bacanja), a u vezi s tim, i daljine lansiranja u dovoljno širokim granicama.

Upravljanje letom rakete na delu trajektorije, mada radi treći stepen, vrši se otklonom zadnjeg dela mlaznika. Razdvajanje stepena i odvajanje glave rakete vrši se »hladnim« načinom na račun kočenja prethodnog stepena.

Prvobitno se na MINUTMEN 2 postavlja glava iz jednog bloka MK-11V. Kasnije je ona bila zamenjena savršenijom glavom — MK-11S. Prema dostupnim podacima iz inostrane štampe, u ovom trenutku MINUTMEN 2 vrši borbeno dežurstvo, kako sa tim, tako i sa drugim glavama. Radi povećanja verovatnoće savlađivanja protivraketne odbrane (PRO) protivnika u sastav borbene opreme rakete uključeni su i lažni ciljevi. MINUTMEN 2 opremljen je autonomnim inercijalnim sistemom

upravljanja na bazi digitalnog računara na raketi, što omogućuje da se pre lansiranja vrši njeno distanciono usmeravanje na jedan od nekoliko ciljeva, o kojima je informacija već ranije uvedena u sistem upravljanja.

Raketa MINUTMEN 3 počela se uvoditi u naoružanje u 1970. Ona je, u stvari, modifikovana raketa MINUTMEN 2 i, po mišljenju američkih stručnjaka, ima niz preimущества u odnosu na nju. Osnovno od njih su — veća tačnost, pogađanja, prisustvo efektivnijih sredstava za savlađivanje PRO i sistema borbenog upravljanja i prethodnog usmeravanja, manja osetljivost borbenog položaja.

Raketa je na čvrsto gorivo, trostepena, sa serijskim spajanjem stepena. Snabdevena je raspedeljenom bojevom glavom sa nuklearnim punjenjem. Njena startna masa je oko 35 t.

Prvi i drugi stepen rakete MINUTMEN 3 praktično su identični sa odgovarajućim stepenima rakete MINUTMEN 2. Treći stepen ima veće gabarite i opremljen je motorom na čvrsto gorivo, čije su energetske karakteristike bolje nego kod motora trećeg stepena rakete MINUTMEN 2. Na račun toga postignuto je povećanje mase novisnog tereta uz mali porast startne mase rakete.

Na trećem stepenu rakete MINUTMEN 3 postavljen je raketni motor na čvrsto gorivo. Njegovo telo izrađeno je od stakloplastike. Motor ima jedan nepokretan i učvršćen mlaznik. U sastav čvrstog goriva ulaze sopolimer butadiena i akvilonitrila, perhlorat amonijaka i prah aluminijuma. Punjenje goriva učvršćeno je sa telom motora. Motor je opremljen i sistemom za slabljenje potiska. Upravljanje letom na delu rada trećeg stepena vrši se po elevaciji i azimutu na račun ubrizgavanja tečnosti u potkritički deo mlaznika, a po nagibu — pomoću specijalnih reaktivnih mlaznika.

Sistem upravljanja letom rakete MINUTMEN 3 razmešten je ispod glave u specijalnom cilindričnom odseku. On je autonoman, inercijalan i radi neprekidno u toku borbenog dežurstva. Ovo poslednje svojstvo omogućilo je da se bitno poveća borbena gotovost raketa. Sistem upravljanja se konstruktivno sastoji od dva bloka, koji obezbeđuju upravljanje letom na delovima trajektorije do i posle odvajanja bojne glave.

MINUTMEN 3 je jedna od prvih strategijskih raketa, koja je opremljena višestepenom bojevom glavom, tipa MIRV (Multiple Independently targeted Re-entry Vehicle). Glave tipa MIRV imaju u svom sastavu neupravljene borbene blokove, koji se individualno navode na cilj. Zbog toga, osim borbenog bloka i elemenata sistema sredstava za savlađivanje protivraketne odbrane, one uključuju takozvani stepen razvođenja namenjen za navođenje svakog borbenog bloka na odgovarajući cilj i za formiranje zahtevanog borbenog poretka. Radi poboljšanja aerodinamičkog oblika glava je pokrivena aerodinamičkom profilisanom oblogom.

U početku je raketa nosila glavu MK-12, koja u svom sastavu ima tri borbena bloka, snage oko 0,17 Mt, izvesnu količinu pasivnih lažnih ciljeva i stepen za razvođenje sa motornim uređajem.

Na izvesnom broju raketa MINUTMEN 3 glave MK-12 su bile zamenjene sa savršenijim — MK-12A, koje imaju iste gabarite i, takođe, sastoje se od tri borbena bloka. Ipak, svaki od borbenih blokova ima trotilski ekvivalent od 0,35 Mt (tj. dva puta veći), a tačnost pogađanja je povećana do kružnog verovatnog odstupanja od 180 m, na račun usavršavanja sistema upravljanja. Na taj način su borbene mogućnosti rakete u procesu modernizacije bitno uvećane. Prema proračunima američkih stručnjaka, pri korišćenju glave MK-12, verovatnoća uništenja rakete

protivnika na lanseru u šahtu sa zaštitom od  $42 \text{ N/cm}^2$  iznosi 0,51 (tj. potrebno je oko 2 rakete na jedan cilj da bi se on garantovano uništio), a u šahtu sa nivoom zaštite rakete od  $370 \text{ N/cm}^2$  — 0,15 (do 7 raketa na jedan cilj). Za glavu MK-12A te veličine su sukcesivno 0,76 i 0,35.

Motor stepena za razvođenje sastoji se od marševskog raketnog motora sa tečnim gorivom, koji se nalazi duž uzdužne ose glave i deset raketnih motora sa tečnim gorivom za orijentaciju, koji su smešteni po periferiji. Marševski raketni motor sa tečnim gorivom, izrađen je od berilijuma i postavljen je u kardenskom vešanju. Pomoćni motori su nepokretni. Šest od njih obezbeđuju orijentaciju oko poprečne i vertikalne ose (po elevaciji i azimutu), a četiri oko uzdužne ose (po valjanju). Kao komponente raketnog goriva, koje se koriste i u osnovnom i u pomoćnim motorima, služe monometalhidrazin (gorivo) i azot-tetroksid (oksidator). Sistem za napajanje gorivom je na bazi istikivanja pomoću sabijenog helijuma. Helijum se čuva u kugli-galonu od titana, a gorivo i oksidator smešteni su u dva čelična cilindrična rezervoara sa dvostrukim zidovima.

Na stepenu razdvajanja borbenih blokova postavljen je autonomni pomoćni sistem upravljanja PBCS (Post Boost Control Sistem). Njegova elektronska oprema je zaštićena od uništavajućih faktora nuklearne eksplozije.

U procesu stvaranja interkontinentalnih balističkih raketa MINUTMEN razmatralo se nekoliko mogućih varijanti njenog baziranja. Ponekad se predlagalo da se rakete razmeste na železničkim (pružnim) lansernim uređajima, avionima, plivajućim platformama, diržablama u obliku toroida, i dr. Konačno je prednost data podzemnim (u šahtovima) zaštićenim lansirnim uređajima, koji su opremljeni sistemom amortizacije. Rastojanje između šahti je od 5 do 15 km. Njihov prečnik je 3,66 m,

dubine 24,4 m ili 27,4 m, u zavisnosti od tipa korištenog sistema amortizacije. Odozgo svaki šaht se zatvara specijalnim zaštitnim uređajem (poklopcem) debljine 1,4 m. Poklopac je montiran na šinama i pokreće se pred lansiranja. Zaštićenost rakete u takvom lansirnom uređaju kreće se od 85 do  $155 \text{ kg/cm}^2$ , u zavisnosti od tipa zemljišta i vrsta stena u podlogama, a i od stepena armiranja betona sa čelikom i njegove impregnacije epoksidnom smolom.

Jedinice vazduhoplovnih snaga SAD naoružane su interkontinentalnim balističkim raketama MINUTMEN 2 i MINUTMEN 3, koje su objedinjene u puk, od kojih svako ima nekoliko divizion sa po 50 raketa. Divizion se sastoji od 5 Baterija po 10 raketa. U sastavu svake baterije postoji zaštićeno komandno mesto za upravljanje lansiranjem, na kojem neprekidno dežuraju borbene posade. Na kraju osamdesetih godina u naoružanje strategijskih snaga SAD počela je da ulazi raketa MX, koja spada u poslednju generaciju i najsavršenija je od svih postojećih interkontinentalnih balističkih raketa SAD. MX je trostepena raketa na čvrsto gorivo. Njeni stepeni, koji imaju isti prečnik, spojeni su serijski. Snabdevena je glavom tipa MIRV. Startna masa je 87 t, dužina 21,5 m, a prečnik 2,34 m. U formacijskoj varijanti interkontinentalna balistička raketa (IBR) MX ima glavu sa deset borbenih blokova. Pri startnoj masi koja je upola manja od mase izbačene iz naoružanja IBR TITAN 2, ona nosi približno istu masu korisnog tereta. Spoljna površina tela MX ima specijalni sloj, predviđen za zaštitu rakete od erozije, koju izaziva prašina i zemlja, koje stvara podižuća nuklearna eksplozija.

Prvi stepen rakete sastoji se od marševskog motora i repnog odseka. Marševski raketni motor na čvrsto gorivo je tzv. kokone sheme — sa centralnim delimično utopljenim u komoru sagorevanja povratnim mlaznikom (na-

glavkom). Tela motora kod svih stepena izrađena su od kompozicijskih materijala na bazi kevlava metodom namotavanja sa epoksidnom impregnacijom.

Upravljanje letom rakete na delu rada prvog stepena vrši se po elevaciji (okretanje oko poprečne ose) i azimutu (okretanje oko vertikalne ose) pomoću obrtnog upravljivog mlaznika, koji je ranije primenjen na raketi TRAJDENT 1. On se postavlja u elastični potporni šarnir. Za njegov otklon ( $+6^\circ$ ) koristi se specijalni autonomni pneumohidraulični pogon, koji se sastoji od barutnog akumulatora pritiska, cevastopumpnog agregata i pogona za upravljanje po elevaciji i azimutu.

U sastavu drugog stepena rakete MX ulazi marševski raketni motor na čvrsto gorivo i odsek za spajanje prvog i drugog stepena. Raketni motor na čvrsto gorivo drugog stepena je sa centralnim, delimično uronjenim u komoru sagorevanja obrtnim mlaznikom. Osobnost ovog motora je prisustvo pokretnog mlaznikovog naglavka, koji omogućuje da se znatno poveća stepen širenja mlaza (odnos površina njegovog izlaznog i kritičnog preseka) i, sledstveno tome, potisak motora. Upravljanje letom po elevaciji i azimutu vrši se analognu kao i kod prvog stepena ( $+6^\circ$ ).

Spojni odsek između prvog i drugog stepena izrađuje se od legure aluminijuma radi zaštite uređaja od elektromagnetnih talasa. Naime, unutar odseka na bloku mlaznika motora drugog stepena montirana su dva autonomna, dijametralno smeštena bloka za upravljanje letom rakete oko uzdužne ose (po valjanju) na delovima rada prvog i drugog stepena. U sastav svakog bloka ulazi barutni akumulator pritiska i upravljački mlaznici. Posle odvajanja drugog i trećeg stepena spojni odsek se odbacuje.

Treći stepen rakete takođe se sastoji od marševskog raketnog motora

na čvrsto gorivo i spojnog odseka. Raketni motor na čvrsto gorivo ima centralni obrtni mlaznik sa pokretnim naglavkom, delimično uronjen u komoru sagorevanja. Stepem širenja mlaznika je 68. Umesto trećeg stepena sistema slabljenja potiska primenjenog na raketi MINUTMEN, kod rakete MX se koristi sistem koji obezbeđuje potpuno sagorevanje goriva, što povećava daljinu gađanja. Upravljanje letom rakete na delu rada trećeg stepena po elevaciji i azimutu vrši se na račun otklona ( $+3^\circ$ ) obrtnog upravljačkog mlaznika.

Glava MX, osim desetak borbenih blokova, ima stepen za razdvajanje, noseću platformu i sredstva za savlađivanje protivraketne odbrane. Svi ovi elementi pokriveni su aerodinamičkim ostrunjivačem, koji je izrađen od legure titana i koji ima trojaku konusnost. Njegovo odbacivanje vrši raketni motor na čvrsto gorivo, koji se nalazi u nosnom delu. Stepem za razdvajanje sastoji se od motorskog uređaja i sistema upravljanja raketom. Po tome se MX i razlikuje od rakete MINUTMEN. Naime, kod MX postoji poseban odsek za sistem upravljanja, koji je naslonjen na stepen za razdvajanje. Motorni uređaj stepena za razdvajanje sastoji se od osnovnog (marševskog) raketnog motora na tečno gorivo i osam raketnih motora na tečno gorivo za orijentaciju, koji rade sa smešom monometilhidrazina i tetraoksid azota. Sistem za dovođenje komponenata raketnog goriva u komore sagorevanja je potiskivajući (komprimiranim helijumom). Osnovni motor postavljen je u kardanskom rešenju i može da se otklanja za  $+15^\circ$  u dve uzajamno okomite površine. Motori za orijentaciju izrađeni su od berilijuma, koji ima relativno malu specifičnu težinu i visoku toplotnu vodljivost. Dva motora obezbeđuju upravljanje letom po elevaciji, dva po azimutu, a ostali po valjanju.

Za borbeno opremanje rakete MX koriste se bojne glave sa trotilskim ekvivalentom od 0,6 Mt i opremljene su



motorom za uvijanje (uvrtanje). U sastav sistema sredstava za savlađivanje protivrakatne odbrane ulaze lažni ciljevi i reflektori.

Uređaji sistema upravljanja raketom razmešteni su u kontejneru koji se izvlači. To bitno uprošćava proces zamene njegovih neispravnih elemenata, ukoliko radi toga nije potrebno odvajati glavu rakete. Režim rada uređaja je kontinualan.

MX je smeštena u lansirnom kontejneru koji je izrađen od kompozitnog materijala na bazi grafitnih vlakana. Njena masa je oko 10 t, dužina 24,4 m, a prečnik 2,44 m. Raketom se startuje iz kontejnera pomoću barutnog akumulatora pritiska. Njegova je konstrukcija takva da se gasovi koji ističu u procesu punjenja mešaju sa vodom. Smeša gasa, vode i pare dobijena na taj način obezbeđuje energiju neophodnu za izbacivanje rakete na potrebnu visinu. Osim toga, ona ima relativno nisku temperaturu, što isključuje mogućnost povrede rakete ili samozapaljenje punjenja goriva motora prvog stepena. Telo barutnog akumulatora pritiska izrađeno je od čelika. Njegova ukupna masa, uključujući i vodu, iznosi oko 3,2 t.

Pri izboru načina baziranja rakete specijalisti (stručnjaci) su razmatrali do 30 različitih varijanata lansirnih uređaja. Uporedo sa već poznatim načinima, izučavali su i mogućnost razmeštanja MX u veoma duboke šahtove i varijante primene skupine zaštićenih skloništa za jednu raketu. Kao rezultat toga, za prvu partiju od 50 raketa bilo je rešeno da se smeste u dorađene šahte rakete MINUTMAN kao zamena skinutih raketa tog tipa sa dežurstva. Konačno rešenje za baziranje druge grupe od 50 raketa, prema pristupačnim podacima iz inostrane štampe, nije još doneto. Kao najverovatnija razmatra se železnička varijanta; 25 borbenih vozova sa po 2 lansera u sastavu svakog od njih.

Što se, pak tiče perspektive razvoja naoružanja zemaljskog elementa (dela) strategijskih snaga SAD, pored traženja načina baziranja za 50 raketa MX, razrađuje se novi raketni sistem MIDZETMEN. Za njega se predviđa mobilno zemaljsko baziranje na transportno-lansirnim uređajima. Raketa tog sistema je na čvrsto gorivo, iz jednog bloka, sa startnom masom do 17 t. Osim toga, stručnjaci SAD izučavaju mogućnost modernizacije interkontinentalnih balističkih raketa MINUTMEN 2 i MINUTMEN 3. Pretpostavlja se da one mogu ostati na borbenom dežurstvu još oko 20 godina.

S. T.

### **Nova generacija američkih trupnih radio-stanica UKT opsega\*)**

Komandovanje armije SAD poklanja veliku pažnju razvoju taktičkih sistema sredstava veze, koji utiču na brzo i tačno prenošenje naređenja komandantima i njihovim štabovima pri upravljanju potčinjenim trupama neposredno na bojnopolju. Takvo upravljanje u realnom vremenu vrši se sredstvima radio-veza borbenih jedinica (odeljenja), koja se izdvajaju u posebnu grupu — CNR (Combat Net Radio). U ta sredstva spadaju: modifikovana sredstva za radio-vezu kratkotalasnog opsega IHFR (Improved High Frequency Radios), taktičke jednokanalne stanice satelitskih veza — SCOTT (Single Channel Objective Tactical Terminals) i zemaljske i avionske jednokanalne radio-stanice — SINCGARS (Single Channel Ground and Airborne Radio System). U ovom članku je reč baš o toj generaciji američkih radio-stanica UKT opsega (30—88 MHz), stvorenih po programu SIGCGARS-V.

\*) Prema podacima iz časopisa »Zarubežnoe voennoe obzorenje«, 6/91.



Radio stanice familije SINGGARS obezbeđuju taktičkim jedinicama visokopouzdanu tajnu jednodokanalnu simpleksnu telefonsku vezu i predaju podataka u režimu fiksirane podešenosti frekvencije ili u režimu skokovite promene frekvencije (SPF). Režim SPF koji je glavna odlika i svojstvo ovih radio-stanica omogućava rad i u slučaju primene od strane protivnika sredstava za radio-elektronsko ometanje. On se sastoji u tome da se u procesu predaje informacije, u saglasnosti sa pseudoslučajnim kodom, ostvaruju periodične skokovite promene noseće frekvencije.

Mada se oficijelno projekat SINGGARS pojavio 1975, smatra se da je početak razvoja programa usavršavanja trupnih radio-stanica vezan za 1971. Tada je, radi rešenja problema zaštite od organizovanih smetnji protivnika i udovoljavanja zahtevima elektromagnetne usklađenosti radio-isijavajućih sredstava, armija SAD zaključila ugovor sa firmama »CINCINNATI ELECTRONICS« i »RADIO CORPORATION OF AMERICA« (RCA) za proizvodnju radio-stanice AN/URC-78. Mada ta radio-stanica i nije bila izvedena, njena razrada je istakla principijelno novo tehničko rešenje — režima SPF, na kojem se i baziraju stanice SINGGARS. Sredinom sedamdesetih godina, 36 firmi, među njima i nekoliko objedinjenih anglo-američkih, razvile su oštru konkurentsku borbu za pravo proizvodnje i instaliranje u trupama tih stanica. U finalnom stadijumu razmatrani su projekti firmi »CINCINNATI ELECTRONICS« i »INTERNATIONAL TELEFON AND TELEGRAF« (ITT). Konačno, ipak je pobedilo poslednje, pošto je ona predlagala modulski princip izgradnje radio-stanice, koji omogućuje ne samo da se poveća pouzdanost njihovog rada u uslovima vođenja borbenih dejstava, nego daje i mogućnost konstruisanja različitih varijanti modela SINGGARS u zavisnosti od konkretnih potreba naručioca.

Familija SINGGARS uključuje i džepnu prenosnu radio-stanicu AN/PRC-119 i šest varijanti vozećih stanica, koje se postavljaju na točkaše ili gusenične transportere: AN/VRC-87, -88, -89, -90, -91 i -92. Osim toga, postoji i avionska varijanta stanice — AN/ARC-201, koja je instalirana na helikopterima armijske avijacije. Nabrojane radio-stanice, po zamislima komandovanja armije SAD, moraju da zamenе radio-stanice prethodne generacije do tada korištene u trupama: prenosne AN/PRC-25 i -77; prevozne AN/VRS-12/47, -53/64 i -43/46; avijacijske AN/ARC-114; -186 i -54/131.

Sa nabrojanim tipovima radio-stanica, radio-stanice SINGGARS su sinhronizovane pri radu u režimu fiksnog podešavanja frekvencije i, ujedno, imaju sledeća preimućstva: stabilne su na dejstvo protivielektronske borbe (PEB, režim SPF), obezbeđuju povećanu otpornost i tajnost prenosa informacije, pouzdanije su i dugovečnije u radu, imaju manje masogabaritne karakteristike, kao i bolju pogodnost za remont.

Opseg radio-stanice SINGGARS (30—88 MHz) sadrži 2320 fiksnih radnih frekvencija sa korakom od 25 kHz, a stanice iz prethodnih generacija imaju samo 920 radnih frekvencija sa korakom od 50 kHz u opsegu 30—76 MHz.

Kao što je primećeno, radio-stanice SINGGARS izvedene su na modulsom principu. Bitno je da pri konstruisanju bilo koje od varijanti stanice ne koriste ni blokove za spajanje ni prelazne spojnice, ni spojne kablove. U osnovne module spadaju:

— primopredajnik RT 1439/VRC (obično se označava sa M/V RT), koji sadrži tri modula (visokofrekventni modul, modul međufrekvencije i modul interfejsova), sintezator frekvencije i modulator-demodulator;

— pojačavač snage RF AM-7238/VRC;

— modul za prilagođenje primopredajnika sa pojačavačem snage AM-7239/VRC;

— modul za zaštitu od smetnji (ECCM — Electronic Counter Counter Measures), koji u sebi sadrži generator pseudoslučajnih nizova i blok sinhronizacije. Postavlja se u primopredajnik;

— adapter za prilagođavanje brzina prenosa podataka 0,075—16 kbita/s perifernih uređaja (teletaip, telefaks) sa standardnom brzinom predaje podataka stanica SINCGARS, koja je jednaka 16 kbita/s. On, takođe, obezbeđuje određeni nivo korekcije pogrešaka pri prenosu podataka;

— modul kriptozastite KY-57/TSEC («Vinson»);

— montažni ram u koji se stavljaju ploče elektronskih modula vozećih stanica;

— blok daljinskog upravljanja (Intravehicular Remote Control Unit), koji se postavlja u točkaš ili guseničar;

— blok skrivenog daljinskog upravljanja stanicama SINCGARS (SRCU — Scrabble Remote Control Unit) po dvožilnom kablju tipa WD-1 na rastojanju do 4 km;

— blok za napajanje prenosnih stanica;

— komplet antena: za prenosne stanice — AS-3683 (štap antena od 1 m), za uređaje na točkašima — AS-3684 (vibrator sa napajanjem u srednjoj tački, 3 m), za postavljanje na gusenično vozilo — AS-3685 (vibrator sa nesimetričnim napajanjem, 2 m).

Sve radio-stanice SINCGARS proizvode se na bazi primopredajnika MV/RT sa dodatkom ovih ili onih blokova (Sl. 1). Princip izgradnje je po blokovima, koji se ubacuju u specijalno namenjene priključnice na zajedničkoj nosećoj konstrukciji i ne zahteva od posluge visoki nivo pripreme za održavanje radne sposobnosti i remonta stanice.

MV/RT u kompletu sa blokom napajanja i štap-antenom obrazuje pre-

nosnu stanicu AN/PRC-119. Blok napajanja sadrži litijumsko-sumpordiodne baterije BA-5513/U napona 12 V, proračunate za kontinuirani rad u toku 30 časova. U komplet stanice spada i uređaj za dopunjavanje baterije. Ukupna masa stanice AN/PRC-119 sa kompletirajućim modulima (ECCM i prenos podataka) i blokom napajanja iznosi 8,3 kg, a gabariti su —  $85 \times 237 \times 336$  mm.

Pri konstruisanju bilo koje varijante vozećih stanica na nosećoj konstrukciji postavljaju se jedan ili dva primopredajnika i jedan pojačavač snage koji podiže izlaznu snagu do 50 W. Kao rezultat toga dobija se radio-stanica ili bliskog radijusa delovanja (5 W), ili poveanog (50 W), ili njihova kombinacija. Stanice AN/VRC-88 i -91 imaju demontažne blokove MV/RT za njihovu brzu transformaciju u prenosnu (ranac) stanicu AN/PRC-119, putem dopunjavanja bloka napajanja i odgovarajuće antene. AN/VRC-92 je posebna varijanta, kompletirana sa dva pojačavača snage. Ona može da obezbedi rad u režimu retranslacije, tj. u ulozi međustanice, radi povećanja daljine veza centralne stanice sa vođenom pri uspostavljanju linije veza na ispresecanom zemljištu.

Kao što je bilo primećeno, principijelno, razlika radio-stanica SINCGARS od tipova iz prethodne generacije sastoji se u mogućnosti organizacije veze u režimu SPF. Prvobitno su se razmatrali sistemi sa brzim preskakanjem radnih frekvencija (fast frequency hopping), u kojima posle predaje u eter svakog bita informacije dolazi do oštre promene noseće frekvencije (više od 2.000 skokova u sekundi), a zatim i sistemi sa laganom brzinom preskoka (slow frequency hopping). U ovom poslednjem slučaju promena noseće frekvencije se vrši posle predaje u eter nekoliko bitova informacije. To je oko 50 preskoka u sekundi. Ipak, takve očigledne odlike sistema sa velikom brzinom preskoka, kao što je povećana ot-

pornost na smetnje i manja verovatno-  
a otkrivanja i goniometrisanja, vuku za  
sobom bitne poteškoće — raste cena  
radio-stanica, pogoršava se elektromag-  
netna usklađenost (sinhronizacija) i po-  
većava vreme sinhronizacije u mreži.  
Data okolnost poslužila je kao jedan  
od argumenata za to da je u stanicama  
SINGGARS, koje se sada uvode u  
trupe, realizovana optimalna brzina SPF  
— oko 100 preskoka u sekundi.

U radio-stanicama svih varijanti pri  
radu u režimu SPF govor se prenosi  
u digitalnom obliku sa brzinom od 19,2  
kbita, a podaci sa 16 kbita/s. Pri to-  
me se, u režimu sa fiksnim podešava-  
njem frekvencije, prenos informacije vr-  
ši u otvorenom ili zatvorenom obliku,  
a u režimu SPF — samo u zatvorenom  
(zaštićenom) obliku, koji se obezbeđu-  
je modulom kriptozastite.

Režim SPF uslovljen je prisustvom  
modula ECCM u radio-stanicama, koji  
uključuje generator pseudoslučajnih  
sekvenci (nizova) i blok sinhronizaci-  
je. Generatori pseudoslučajnih nizova  
(PSN) upravljaju sintezatorima frekve-  
ncija na predajnom i prijemnom kraju  
linije veze. Sinhronizacija se ostvaru-  
je po parametru TOD (Time-of Day) —  
»vreme dana«, tj. vreme početka SPF  
(istovremenog starta generatora PSN ka  
svim radio-stanicama mreže). TOD se  
postavlja po časovnicima operatora up-  
ravljajuće stanice i prenosi se u mrežu  
u sastavu sinhrosignala. Da bi se oba-  
vila sinhronizacija, postavlja se poč-  
etna kodna kombinacija, koja se nazi-  
va osnovni (bazni) ključ (base kly). Osim  
toga, radi organizacije veza u režimu  
SPF uvode se sledeći polazni podaci:

— adresna grupa frekvencija (hop-  
set), tj. podskup radnih frekvencija ko-  
je se koriste za SPF, a koje određuje  
služba za frekvencije oblasti (reona)  
(one su u opštem slučaju proizvoljne,  
ali raspoređene, po pravilu, po celom  
opsegu od 30—88 MHz);

— kod identifikacije mreže (net  
ID), koji određuje frekvenciju sa ko-  
jom počinje SPF)

— transektivna varijabla — pravi-  
lo poklapanja adresne grupe frekvenci-  
ja i kodnih kombinacija koje obrazuje  
generator PSN.

Nabrojani podaci dobili su ime va-  
rijable ključa (key variables) i u pot-  
punosti određuju radio-mrežu. Oni se  
uvode po radio kanalu (daljinsko uvo-  
đenje) ili direktno od strane operatora  
pomoću programatora tipa FILL CUN  
ili MX-10579 (na prednjoj ploči posto-  
ji specijalno гнездо FILL).

Radio-stanice SINGGARS dosta su  
jednostavne za podešavanje i upravlja-  
nje. Ploča upravljanja ima tastaturu,  
obrtne prekidače (preklopnike), prozor-  
če za displej i indikator nivoa primanog  
signala na fotodiodama. Tastatura se  
sastoji od deset dirki sa brojkama od  
0 do 9 i šest funkcijskih dirki (tipki)  
za izbor i uvođenje vrednosti raznih  
parametara, o kojima je bilo reči. U  
osnovne obrtne preklopnike spadaju:

— MODE — režim rada, koji ima  
tri položaja: SC (Single Channel) — rad  
na fiksnoj frekvenciji) FH (Frequency  
Hopping) — režim SPF: FH-M (Fre-  
quency Hopping — Manager) režim  
SPF, upravljačka stanica mreže;

— CHAN (CHANNEL) — kanal, tj.  
frekvencija kanala. Susreće se i na-  
pis PRESET. Ima osam položaja: 1—6  
— prethodno programiranje frekvencije;  
MAN (Manuel) — ručno podešavanje;  
CUE — frekvencija kanala CUE, koji  
je specijalno predviđen za rad sa sta-  
nicama iz prethodne generacije. Tele-  
fonska veza se ostvaruje primenom ana-  
logne frekventne modulacije u pojasu  
10 Hz — 8 kHz;

— FUNCTION — funkcije (opera-  
cije). Ima položaje: SQ (Signal Quali-  
ty) — automatsko određivanje vrste si-  
gnala (telefon, predaja podataka) ON —  
uključeno, OFF — isključeno, RMXT  
— retransliranje signala. TST (Test) —  
provera radne sposobnosti uređaja. REM  
(Remote) — daljinsko upravljanje po-  
moću IVRC ili SRCU, LD (Level Detec-  
tor) — merenje nivoa signala, Z-A (Ze-

ro Adjuster) — korekcija nule skale SIGNAL;

— RF-PWR (Radio Frejquency — Pover) — regulator snage za predaju. Ima četiri položaja: LO (Low) — mala snaga (600 uW), M (Medium) — srednja snaga (160 mW), HI (High) — visoka snaga (5 W). PA (Power Tmplification) — pojačana snaga (50 W).

Regulacija snage, tj. postavljanje vrednosti snage, koja je potrebna prema zadnjoj daljini veze, javlja se kao dopunska mera obezbeđenja tajnosti.

— DIM (Dimmer) — regulator jačine svetlosti fotodioda okanca displeja i indikatora nivoa;

— VOL (Volume) — regulator jačine zvuka.

Za priključivanje spoljnih uređaja na prednjoj ploči nalaze se gnezda: ANT — spajanje antene; RXMT ili RETRAN — priključenje drugog kompleta stanice za rad u režimu retranslacije; AUD/FILL — uključivanje glavnih telefona ili programatora; DATA — priključenje teleprinter-a ili fiksмила.

U stranoj štampi se primećuje da su se problemi pouzdanosti pojavili samo u prvim serijama stanica. Srednje vreme između otkaza od januara 1988. do sredine 1990. povećalo se sa 1250 časova, kako je predviđeno ugovorom, do 4.000 časova i više. To je uslovljeno savremenim tehnologijama koje se koriste u programu SINCGARS-V. Široko se primenjuju integrisana kola sa visokim nivoom integracije, uključujući mikroprocesore, čiji rad zamenjuje izvršavanje mnogih operacija ručnog podešavanja. Radio-stanice SINCGARS sačuvalе su kontinuitet u odnosu na glavna (bitna) sredstva veze u pitanju usklađenosti. To je zahtevalo da se uvede principijelno nova tehnologija generisanja potrebnih frekvencija sintezatorom frekvencija (sa korakom 25 kHz), istovremeno sa obezbeđivanjem mogućnosti rada sa standardnim stanicama prethodne generacije (korak frekvencija po opsegu je 50 kHz).

Prodran SINCGARS-V odražava ne samo stanje savremenih tehnologija, nego i najnovije zahteve koji se odnose na borbena sredstva veze. Stanice omogućavaju obradu celokupnog povećanog toka informacija, neophodnih za obezbeđivanje funkcionisanja novih sistema naoružanja. U procesu razvoja i ispitivanja radio-stanica SINCGARS bili su izrađeni zahtevi i specifikacije u vezi kojih te radiostanice mogu uzajamno raditi sa taktičkim automatskim sistemom upravljanja vatrom TAFAIR, sa sredstvima perspektivne trupe PVO, a i sa sistemom upravljanja PARS »PATRIOT« i »CAPAREL«. Kao krajnji uređaji za predaju podataka mogu se koristiti: poljski telegrafski štampač AN/UGC-74 (brzina rada 45,5; 50; 75 boda) i poljski faksimil AN/GXC-7A (vreme izdavanja kratkih saopštenja i formalizovanih izveštaja do 40 s, maksimalne dimenzije hartije 216×356 mm).

Po prvobitnom ugovoru Pentagon je naručio oko 300.000 stanica SINCGARS. Ipak, ministarstvo odbrane SAD je sredinom osamdesetih godina počelo provoditi u život liniju smanjenja rashoda po programu SINCGARS-V, uz očuvanje količinskih parametara i poboljšanje kvaliteta. Bilo je rešeno da se to ostvari na račun prestanka monopola ITT u razvoju i instaliranju SINCGARS i zaključenje ugovora sa drugim snabdevačem trupa analognih stanica UTK veza. Takav alternativni snabdevač je firma »General dynamics«, sa kojom je u 1988. godini Pentagon zaključio ugovor. Kao koperant bila je izabrana izraelska firma »Tadiran«. Spoljne radio-stanice SINCGARS njihove proizvodnje jesu kopije stanice firme ITT, ali, ujedno, imaju i konstruktivna usavršavanja. U njima se, ponekad, koristi podsklop ICOM (Internal Communication), koji je konstruisan na višeprocorskoj osnovi u sastavu osnovnog primopredajnika. On obezbeđuje kriptozatšitu istovremeno sa funkcijama upravljanja SPF. Osim toga, u



stanicama tih firmi realizovana je mogućnost kasnijeg uključenja posebne stanice u mrežu, koja već radi u režimu SPF. Radi povećanja otpornosti na smetnje koristi se spoj režima SPF sa kratkovremenskim (impulsnim) prenosom informacije u etar. Govorna saopštenja pri tome se prenose sa frekventnom modulacijom, a prenos podataka se ostvaruje sa četiripozicionom faznom modulacijom, pri brzini 2.400 ili 4.800 bita/s.

Sa svoje strane firma ITT, takođe, teži usavršavanju stanice SINCGARS. Kao što je poznato, u upravljanju trupama sve veću ulogu imaju automatski sistemi. Kopnene trupe opremaju se savremenim vrstama računara. Vojni personalni računari biće uključeni u sastav formacijskih sredstava borbenih jedinica. Firma ITT namerava da opremi stanice SINCGARS uređajima za spregu sa elektronskim računarima za rad u sastavu automatizovanih sistema upravljanja, a i da učini mogućim da te radio-stanice vrše predaju podataka u paketima. Pri tome se saopštenja razbijaju na odvojene blokove standardne dužine — pakete, koji se predaju iz elektronskog računara pošiljaoca u elektronski računar primaoca po alternativnim maršrutama. Automatizovani sistemi upravljanja, čiju kanalnu stranu će obrazovati sredstva paketne radio-veze, kao što predviđaju inostrani stručnjaci, imaće povećanu žilavost i otpornost na smetnje. Osim toga, firma planira da za stanice SINCGARS stvori blok meteorske radio-veze, što će sistemu obezbediti visoku tajnost.

Prema poslednjim ocenama inostranih vojnih stručnjaka, do 2.000 godine armija SAD će utrošiti 6,4 milijardi dolara na instaliranje u trupe više od 300 hiljada zemaljskih stanica SINCGARS i 14 hiljada avionskih, koje će proizvesti firme ITT i »General dynamics«.

## Organizacija periodičnog pregleda borbenih vozila\*)

Stepen borbene gotovosti tenkova u mnogo čemu zavisi od potpunosti i kvaliteta kontrole njegovih stanja u svim etapama eksploatacije. U priloženoj publikaciji autor iznosi iskustva iz organizacije i vršenja periodičnog pregleda tehnike.

U svakodnevnoj delatnosti jedinica sve veći značaj dobijaju provera gotovosti tenkova za namensku upotrebu koju obavljaju odgovorna lica različitih specijalnosti. Ova etapa kontrole stanja tehnike je najodgovornija s tačke gledišta obezbeđenja bezbedne eksploatacije borbenih vozila.

Praksa je pokazala da je jedan od najvažnijih elemenata u sistemu kontrole stanja tehnike i, istovremeno, jedna od najefikasnijih formi njegovog sprovođenja — periodični pregled borbenih vozila. Svrshodno ga je vršiti pre stavljanja tenkova na čuvanje, pri inspekcijskim proverama jedinica, prelasku tehnike na sezonsku eksploataciju i uoči izlaska na vežbe. U toku pregleda proverava se stanje i sastav naoružanja, vrši se spoljašnji pregled i stiče se uvid u ispravnost vozila, kontroliše stepen popunjenosti i kvalitet goriva, maziva i specijalnih tečnosti, kompletnost RAP-a, postojanje i sigurnost učvršćenja formacijske opreme. Osim toga, proverava se pravilnost regulacije sklopova, sistema i uređaja, i ocenjuje stanje (ažurnost vođenja) eksploatacione dokumentacije.

Količina goriva, sredstva za podmazivanje i broj moto-časnova neophodnih za izvršenje pregleda, svrshodno je planirati na račun limita ili rezervi, stvorenih u toku borbene pripreme.

Obim kontrole, količina i tip kontrolisane tehnike, spisak proveravanih operacija, redosled i mesto njihovog

Š. T

\*) Prema podacima iz časopisa: „Техника и вооружение“, 9/91.



izvođenja, a, takođe, način organizacije rada, određuje komisija za pregled, određena naređenjem odgovornog načelnika. Njeni članovi prethodno izučavaju zahteve postojećih naređenja i direktiva, obim planiranih radova, vreme i tehničke uslove za njihovo izvršenje, redosled upotrebe alata, uređaja i opreme, upoznaju se s najkarakterističnijim nedostacima stanja borbene tehnike i najracionalnijim načinima za njihovo otklanjanje. Pri tome se preporučuje korišćenje potpuno ispravnih vozila, koja, po svom stanju, mogu služiti kao etalon.

U procesu pregleda tenkova, pripremljenih za stavljanje na čuvanje, glavna pažnja poklanja se proveru osnovnih uređaja i sistema na funkciju. Osim toga, obavezno se kontroliše popunjenost sa eksploatacionim materijalima. Naoružanje i borbeni komplet (ukoliko se nalazi u vozilu) podvrgavaju se svestranijoj kontroli. Ocenjuje se kvalitet spoljašnje i unutrašnje opranosti i čistoće vozila, pregleda se RAP. Otkriveni nedostaci u stanju sistema i mehanizam zapisuju se u karton nedostataka, koji se stalno nalazi u svakom vozilu.

Od svakog proveravanog specijaliste traži se sigurno poznavanje tehničkih uslova za ocenu radne sposobnosti sistema i uređaja tenka, kao i odgovarajući praktični postupci za izvršavanje kontrolnih operacija.

Radi postizanja jedinstvenog prilaza za proveru stanja tenkova, obezbeđenja dovoljno preciznog obima kontrole u svakoj jedinici, svrsishodno je izraditi kartice — algoritme provere (po svim tipovima, koji su u raspoloživom naoružanju u jedinici). U njima se navodi najracionalniji redosled kontrolnih operacija, tehnički uslovi za njihovo izvršenje, opisuje se prijem i izlažu metodске napomene za njihova sprovođenja.

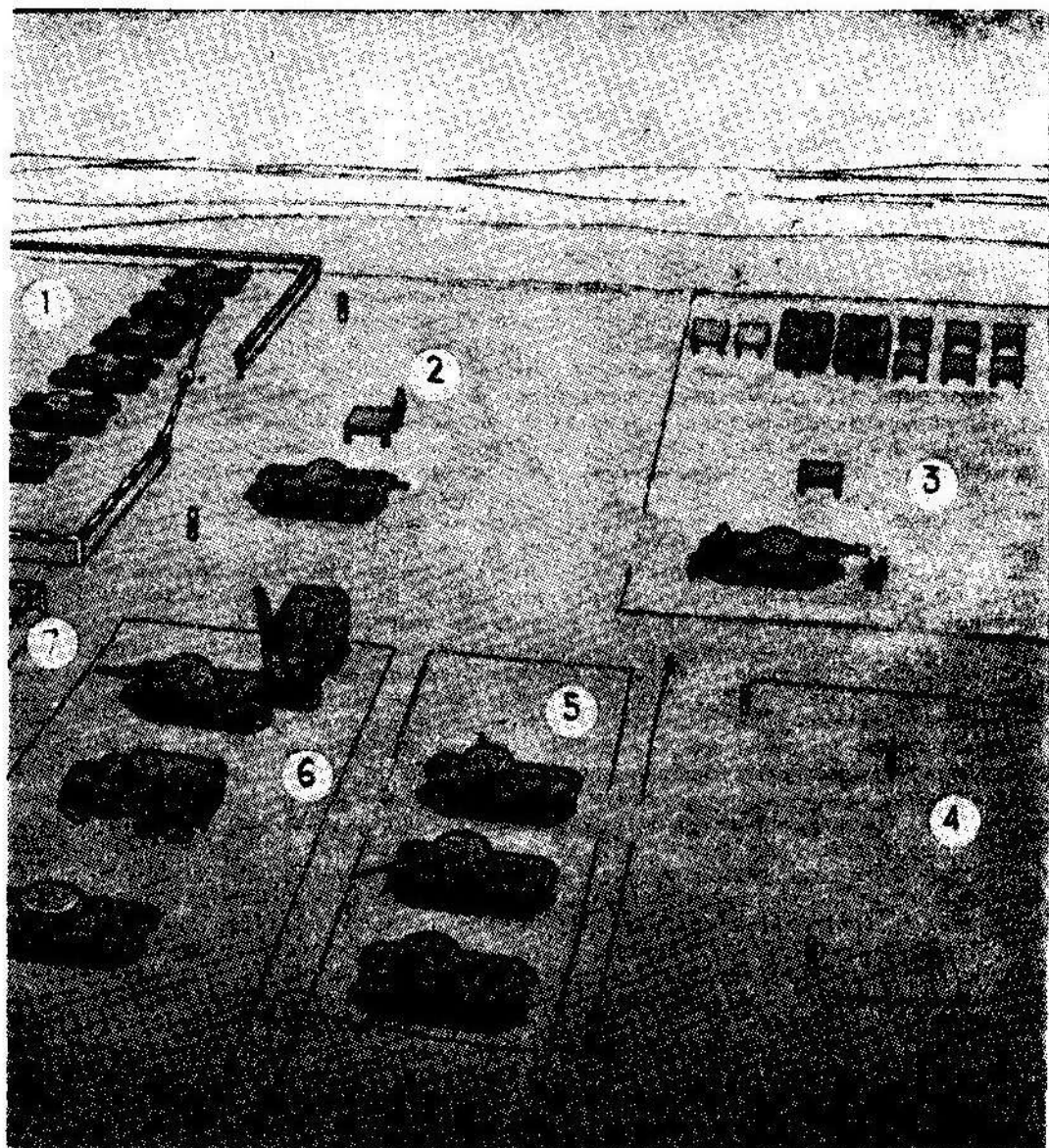
Prema nalazu komisije (po pravilu, pod predsedništvom zamenika komandira jedinice za naoružanje), koja vrši kontrolu svakog objekta, pripre-

mljenog za stavljanje na čuvanje, deo proveravajućih operacija ne mora se sprovesti, pod uslovom da su kontrolisani uređaji bili ispravni pre početka kontrole.

Prema stanju školsko-borbenih tenkova daje se ocena njihove gotovosti za obezbeđenje potrebnih zahteva borbene pripreme. Provera ovih vozila vrši se po istoj metodologiji, kao za vozila koja se stavljaju na čuvanje (»Tehnika i naoružanje«, 1990, br. 11, članak »Kontrola stanja tenkova«). U ovom slučaju svrsishodno je koristiti kombinovani način provere (uz ispomoc komandira četa i vodova). Prvenstveno se ocenjuje kvalitet funkcionisanja mehanizama, sistema i uređaja tenka.

Pre izlaska tenkova na obuku i vežbe, proveru njihovog stanja vrši nekoliko odgovornih lica, najčešće u obimu pregleda pre upotrebe. Na taj način, svoju ulogu ima višestepena kontrola gotovosti vozila, koja pri svojoj preciznoj organizaciji omogućava, pre svega, sprečavanje lomova izazvanih greškom posade.

Na periodičnim pregledima tenkovi se, uglavnom, proveravaju u statičnom stanju na svojim mestima na stajankama. Međutim, pri tome se ne može uvek u potpunosti oceniti njihovo stanje. U spornim slučajevima svrsishodno je vozila podvrgnuti ispitivanjima na probnoj vožnji, što se najčešće obavlja pre taktičkih vežbi. Varijanta organizacije takvog periodičnog pregleda prikazana je na slici. Za njegovo izvršenje bira se deo puta do 300 m (to može biti, na primer, tenkodrom), na kojem se označavaju i opremaju tehnološki delovi. Tako se, između platoa sa vozilima koja čekaju na pregled, i dela na kojem se vrši pregled, označava polazni položaj i kontrolna tačka. Na platou stacioniranog pregleda tenkova, po pravilu, postavlja se jedan do dva etalonska tenka, a na stelažama etalonski RAS. Za proveru vozila u toku kretanja plato le oprema oznakama ili stubićima, koji označavaju maršrutu kretanja.



*Varijanta organizacije periodičnog pregleda borbenih vozila:*

1 — plato sa vozilima koja čekaju na pregled, 2 — kontrolna tačka, 3 — plato za pregled mašina, 4 — deo za proveru vozila u kretanju, 5 — tačka za proveru naoružanja, 6 — deo za otklanjanje neispravnosti, 7 — plato sa vozilima na kojima je završen pregled

Redosled izvršavanja kontrolnih operacija je sledeći: po komandi, prenetoj sredstvima veze, ili po signalu lica koje vrši regulaciju kretanja, vozilo se pomera s polaznog položaja približno za 50 metara prema kontrolnoj

tački. Komisija se uverava u postojanje, ažurnost i pravilnost vođenja tehničkih knjižica. Istovremeno, može se prekontrolisati uklapa li se posada u predviđeni vremenski normativ za ulazak i izlazak. Posle toga, daje se odo-

brenje za dalje kretanje ka delu za pregled. Tenk proverava nekoliko stručnjaka iz sastava komisije. Ova radnja izvršava se prema metodici periodičnog pregleda u statičkom stanju. Na primer, jedan od članova komisije proverava motorno odeljenje, drugi sredstva veze, a treći hodni deo. Istovremeno se uveravaju u ispravnost rezervnih delova, alata i pribora, koje je preporučljivo postaviti na specijalno pripremljene stalaže ili stolove nasuprot etalonskog RAP-a. Dalje se vozilo usmerava na deo gde se proverava pravilnost regulacije pogona, agregata i mehanizma u kretanju. Radi toga se izvršava nekoliko zaokreta različitog radijusa nadesno i ulevo, kao i zaustavljanje i pokretanje. Zatim, tenk dolazi na deo gde se vrši pregled naoružanja, municije, stabilizatora i uređaja za nišanje.

Sve uočene neispravnosti zapisuju načelnici službi i druga lica koja vrše kontrolu u karton evidencije nedostataka tehničkog stanja i kompletnosti vozila, knjigu pregleda naoružanja i vojne tehnike odeljenja, kao i tehničke knjižice.

U zavisnosti od rezultata pregleda, kontrolisani tenk se upućuje na deo

za otklanjanje neispravnosti ili na stajanku za čuvanje tehnike, na kojoj je izvršen pregled. Na delu za otklanjanje neispravnosti nalazi se ekipa stručnjaka iz jedinice za tehničko održavanje i remont. Vozilo se ne vraća na mesto, sve dok se ne otklone sve otkrivene neispravnosti i nedostaci.

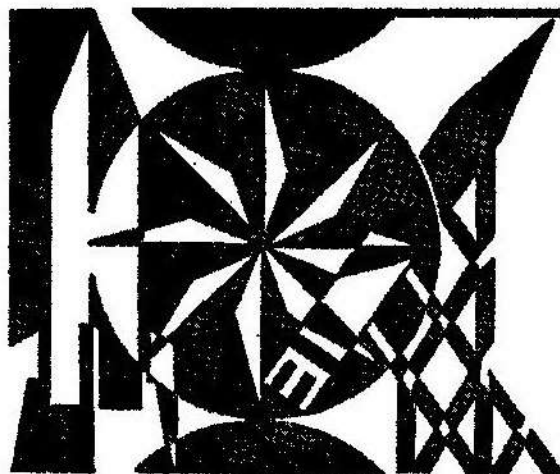
Istovremeno, s proverom tehnike, nekoliko članova komisije vrši pregled parka i kontroliše organizaciju unutrašnje službe u njemu.

O nađenom stanju referiše se predsednik komisije, koji vrši detaljnu analizu stanja oklopne tehnike i naoružanja, donosi odgovarajuće zaključke i saopštava ocenu stanja tehnike.

Praksa je pokazala da sistematsko sprovođenje sličnih pregleda (provera) oklopne tehnike i naoružanja doprinosi povećanju kvaliteta održavanja vozila, poboljšanju njihovog stanja, a, takođe, u nekom stepenu povećanju međuremontnih eksploatacionih resursa.

Osim toga, isključuju se slučajevi nepravilnog i nebrizljivog vođenja eksploatacione dokumentacije i strožije se kontroliše organizacija unutrašnje službe u parku.

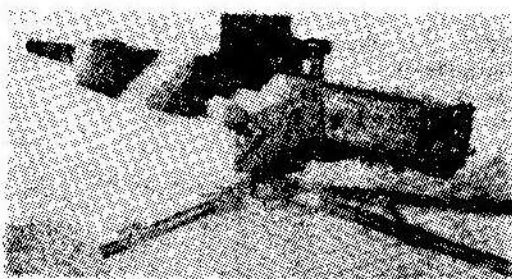
B. L.



# tehničke novosti i zanimljivosti

## Automatski top »MF 30 mm« američke firme »SWC« namenjen pešadijskim jedinicama<sup>1</sup>

Američka firma SWC (Support Weapons Corp) razvila je za potrebe pešadijskih jedinica novi automatski top MF 30 mm. Iz topa se ispaljuje standardna municija avionskih topova 30 mm ADEN/DEFA.



Automatski top MF ima masu od 50 kg i dužnu 1700 mm. Sila trzanja od 640 daN na nivou je sile koju ima mitraljez 12,7 mm M2. Zato može da se koristi sa jednostavnog tronožnog pešadijskog postolja. Namenjen je da u pešadijskim jedinicama zameni mitraljez M2, ili automatske bacače granata

40 mm Mk19. Jednostavna konstrukcija (sastavljen je od 100 delova) i male gabaritne dimenzije omogućuju laku ugradnju na borbena vozila.

Tronožno postolje omogućuje pokretanje topa po elevaciji do 45°. Brzina gađanja topa je 450 metaka/minut. Početna brzina projektila je 1200 m/s, a efikasan domet 2000 m. Vreme leta proejktila do rastojanja od 1500 m je 3,6 s.

Iz topa se ispaljuje municija avionskih topova ADEN/DEFA uključujući i municiju sa protivoklopnim projektilima M 789 HEDP. Ovim projektilima probija se homogen pancirni oklop debljine 75 mm. Razorni projektili M799 HEI sadrži 43 g eksploziva. Top se hrani iz okvira kapaciteta 50 metaka.

Cena topa MF je 60000, a metka sa projektilom HEDP 22 dolara.

## Argentinski višecevni bacač raketa »SAPBA«<sup>2</sup>

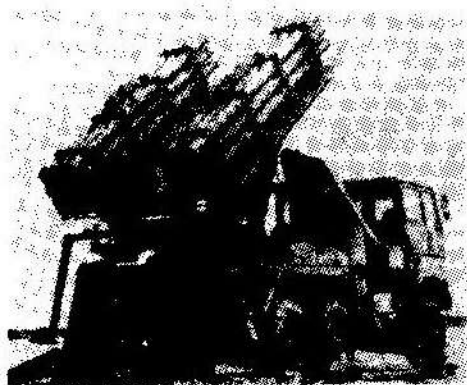
Na svakih deset cevi sistem SAPBA (SISTEMA DI ARMA PROYECTIL BALISTICO) koristi dva kontejnera za

<sup>1</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 2, str. 137.

<sup>2</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 2, str. 140.



skladištenje, transport i lansiranje. Bacač se nalazi na troosovinskom teretnom vozilu tipa 697, sa formulom to-



čkova 6×6 i kranom za utovar, koji se sklapa iza kabine. U položaju za lansiranje raketa, vozilo se stabilizuje pomoću četiri hidraulična oslonca. Sistemom SAPBA lansiraju se rakete tipa CP 30 SS kalibra 127 mm. Na nezastićenom gornjem lafetu bacača učvršćuju se oba paketa cevi za lansiranje. Mesto nišandžije je sa leve strane.

### Kineski minobacač »WW 90«<sup>3</sup>

U naoružanju kineske armije nalazi se minobacač kalibra 60 mm, osnovne oznake WW90, koji se izrađuje u dve varijante: WW90-60L i WW90-60M. Model 60L ostvaruje domet 6000 m (sa specijalnim punjenjem), a model 60M ima domet 5000 m. Masa modela 60L je 31,5 kg, i sa punim punjenjem postiže domet 5775 m, dok model 60M ima masu 20 kg. Maksimalna brzina gađanja je 35 metaka/minut. Na minobacač je ugrađen cilindričan amortizer radi povećanja stabilnosti u toku brzine paljbe. Mogu se koristiti sve mine kalibra 60 mm, kao i rasprskavajuća mina velikog dometa.

<sup>3</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 2, str. 168



### Dnevna TV kamera sa vidikonskom cevi francuske firme »THOMSON-CSF«<sup>4</sup>

Dnevna televizijska kamera francuske firme THOMSON-CSF zadovoljava sve vojne uslove upotrebe na brodovima, avionima, helikopterima ili kopnenim vozilima i omogućuje različite funkcije kao što su:

- vizuelno prikazivanje,
- akvizicija i identifikacija,
- praćenje pokretnog cilja.

Kada je povezan sa uređajem za vizuelno praćenje (VIDEO TRACKER), ovaj kompleks formira pasivni sistem za automatsko praćenje kopnenih, vazдушnih ili pomorskih ciljeva i zamenjuje ili dopunjuje radar.

Kamera modularne koncepcije obuhvata:

- dioptrijski objektiv, zamenljiv, izabran s obzirom na predviđenu primenu (domet i vidno polje) sa pri-

<sup>4</sup> Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 1-520,



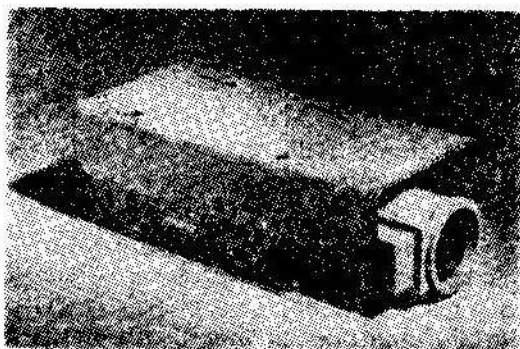
dajućim komponentama kao što su dijafragma i filtri,

— silicijumsku vidikonsku cev (prečnik cilja: 16 mm) sa priključnim elektronskim kolima,

— strujna kola za napajanje i održavanje (testiranje, osiguranja),

— zaštitni poklopac.

Priključak za testiranje omogućuje dinamičke kontrole osnovnih parametara.



### Tehničke karakteristike

- domet: preko 10 km za vazdušne ciljeve pri vedrom vremenu
- elektronika:
  - automatska funkcija od 15 lx (jasan sumrak) do  $10^5$  lx (po suncu)
  - standard skeniranja CCIR — — 625 linija — 50 Hz
  - elektronska končanica: tačnost viziranja u okviru 0,2 mrad
  - izlazni signal — — 1 V jednosmerne struje na 50 ili 75  $\Omega$
  - napajanje — — trofazna struja 200 V — 400 Hz
  - potrošnja (W) — — 60
- optika:
  - žižna daljina (mm) — 300 fiksna

- maksimalan otvor — — F/3,5
- ugaono polje — —  $1,8^\circ \times 2,4^\circ$
- maska (kg) — — — 17

Uslovi spoljne sredine:

— robustna konstrukcija za upotrebu na vojnim sredstvima: tenkovi, avioni, helikopteri, mornarički oružani sistemi.

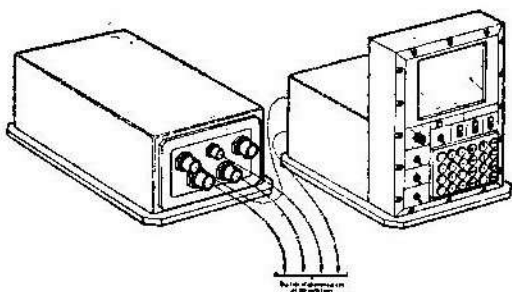
— vodonepropusni komplet (utapanje).

— temperaturno područje funkcije .... od  $-40^\circ\text{C}$  do  $+55^\circ\text{C}$ .

— zadovoljava vojne uslove primene (klimatske, mehaničke i spoljne sredine).

### Francuski višenamenski sistem za upravljanje vatrom tenkovskih topova »FA11«<sup>5</sup>

Francuska firma GIAT razvila je višenamenski sistem FA11, koji zavisno od opcije korisnika, omogućava sledeće funkcije:



Upravljanje vatrom, otvaranje vatre u pokretu i zastanku, kontrola od strane nišandžije ili komandira, sa pojedinačnom ili rafalnom paljbom protiv pokretnih ili nepokretnih ciljeva, sistem bezbednosti i samozaštite, polu-automatsko praćenje ciljeva, samotestiranje i inicijalno testiranje.

<sup>5</sup> Prema podacima iz: KATALOG SATORY 90 str. 2-455.

**Prednosti:** Lociranje cilja (upravljanje pokrivanjem nišana), obezbeđuje usklađivanje nišanske linije i oruđa, kao i pomoć u lokalizaciji otkaza. Savremeni dijalog sistem sa operatorom dozvoljava implementaciju svih navedenih funkcija.

**Sistem FA11 obuhvata:**

- standardne štampane ploče koje se koriste u AMX-LECLERC programu,

- logičke funkcije realizovane u okviru softverskih modula napisanih u programskom jeziku ADA.

Navedene karakteristike obezbeđuju visok stepen pouzdanosti u radu, odnosno pogodnost za održavanje, mogućnost proširenja, adaptibilnost i garanciju za dug rad bez otkaza.

Osnovna verzija obuhvata: računar za upravljanje vatrom, računar za komunikaciju sa operatorom, tastaturu sa pokazivačkom jedinicom, spojnu kutiju sa ugrađenim izvorom za napajanje, ADA softverske komponente, podršku i interfejsne module prema okruženju.

Modularni dizajn hadvera i softvera omogućava korisniku da zadovolji svoje zahteve uz optimalni odnos cena/performance.

## **Protivradarske vođene rakete klase vazduh—zemlja NATO<sup>6</sup>**

U naoružanju OS zemalja članica NATO sada se nalaze protivradarske vođene rakete klase vazduh-zemlja: američke ŠRAIK AGM-45, STANDARD ARM AGM-78, HARM AGM-88, britansko-francuska MARTEL AS-37 i francuska ARMAT. Osim toga, u toku je razvoj američke rakete TESIT REIN-

BOU i britanske ALARM. Osnovne taktičko-tehničke karakteristike ovih raketa prikazane su u tabeli.

Vođene rakete ŠRAIK, STANDARD ARM i MARTEL nalaze se u naoružanju preko dvadeset godina i smatraju se već zastarelim zbog svojih osnovnih nedostataka: relativno male brzine leta, što pruža mogućnost osoblju radara-cilja da preduzme kontra mere za otklanjanje napada; uzan dijapazon frekvencija samovođenja, zbog čega je neophodno da napadajući avion raspolaze sa više raketa podešenih na različite frekvencije.

Raketa HARM AGM-88A usvojena u naoružanje 1983. godine, namenjena je za: uništavanje radarskih stanica raketnih i artiljerijskih sistema PVO; daljinsku detekciju i presretanje ciljeva u vazduhu; radarsko izviđanje vremena. Ona je sposobna da pogađa radare sa kontinualnim ili impulsnim zračenjem, koji rade u režimima promena frekvencija. Sada su u toku radovi na razvijanju nove varijante AGM-88B, koja će imati novi sistem za samovođenje, bojnu glavu i raketni motor. Započet je i razvoj sledeće varijante HARM AGM-88C, koja će raspolagati povišenim mogućnostima za borbu sa neprijateljskim radarima poslednje generacije.

Francuska raketa ARMAT usvojena je u naoružanje 1984. Razvijena je na bazi vođene rakete MARTEL AS-37, pri istim gabaritima ima uvećani domet i novi sistem samovođenja sa boljom zaštitom od protivelektronskih dejstava. Izvozi se i u druge zemlje, posebno u Irak.

Raketa TESIT REINBOU se u SAD razvija od 1980. U njenom nosnom delu smeštene su glave za pasivno radarsko samovođenje i bojna glava, u centralnom — programirani inercijalni sistem i kompjuter, a u repnom — tur-

<sup>6</sup> Prema podacima iz: TEHNIKA I VOORUZENJE 1990, br. 8, str. 40.

boventilatorski motor potiska 266,72 daN. Posle lansiranja sa aviona raketa leti prema programu, dobijajući podatke od svog kompjutera, a pri dolasku u zadani rejon vrši u njemu detekciju, identifikaciju, usmeravanje i napad na cilj. Ako tražena radarska stanica ne vrši emisiju, raketa automatski prelazi na režim zaprečavanja u pretpostavljenom rejonu cilja do njegovog otkrivanja. TESIR REINBOU će se primenjivati ne samo za uništavanje radara, već i za prodor u sistem neprijateljske PVO na maršruti leta jurišnih borbenih aviona. Sada se obavljaju ispitivanja rakete u letu, a početak serijske proizvodnje očekuje se tokom 1993-94. godine.

kete ALARM: direktan napad, gađanje u stranu cilja i izlaz u rejon cilja. U prvom režimu pre lansiranja rakete avionski radar označava cilj, a kada glava za samonavođenje zahvati cilj, pilot ispaljuje raketu. U drugom režimu podatke cilja (uključujući i njegove koordinate) avionski radar predaje raketi, čiji se start ostvaruje bez zahvatanja cilja. Raketa leti prema programu u proračunsku tačku, gde glava za samonavođenje zahvata cilj i započinje samonavođenje; u tom slučaju obezbeđuje se i maksimalan domet gađanja, koji je ograničen samo energetskim mogućnostima rakete. U trećem slučaju raketa posle starta dostiže visinu 12 km

| Taktičko-tehničke karakteristike | Naziv, oznaka i poreklo protivradarske rakete |                                   |                        |                         |                                                      |                    |                              |
|----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|
|                                  | ŠRAIK<br>AGM-45A<br>SAD                       | STANDARD<br>ARM<br>AGM-78A<br>SAD | HARM<br>AGM-88A<br>SAD | TESIT<br>REINBOU<br>SAD | MARTEL<br>AS-37<br>Velika<br>Britanija<br>Francuska  | ARMAT<br>Francuska | ALARM<br>Velika<br>Britanija |
| Masa (kg):                       |                                               |                                   |                        |                         |                                                      |                    |                              |
| - startna                        | 177                                           | 630                               | 330                    | 450                     | 520                                                  | 540                | 240                          |
| - bojne glave                    | 66                                            | 120                               | 70                     | 45                      | 150                                                  | 150                | 70                           |
| Maksimalni domet (km)            | 50                                            | 80                                | 80                     | 600                     | 60                                                   | 120                | 70                           |
| Gabariti rakete (cm):            |                                               |                                   |                        |                         |                                                      |                    |                              |
| - dužina                         | 305                                           | 450                               | 420                    | 250                     | 412                                                  | 390                | 420                          |
| - prečnik                        | 20                                            | 34                                | 25                     | 60                      | 40                                                   | 40                 | 22                           |
| Osnovni avioni-nosači            | F-4, F-105<br>A-4, A-6<br>A-7                 | F-4, F-105<br>A-6                 | F-4, A-6<br>A-7        | B-52<br>F-16            | MIRAŽ III<br>JAGUAR<br>BUKANIR<br>ATLANTIK<br>NIMROD | MIRAŽ<br>2000      | TOR-<br>NADO                 |

Razvoj rakete ALARM započeo je u V. Britaniji 1982. Konstrukciono, raketa sadrži glavu za samonavođenje, bojnu glavu, upaljač, raketni motor sa čvrstim gorivom i padobran. Dijapazon rada glave za samonavođenje je od 2—20 GHz, a planira se njegovo proširenje do 40 GHz. U memorijskoj opremi rakete čuvaju se informacije etalonskih signala neprijateljskih radara; njihovim upoređivanjem sa primljenim signalima, sistem za samonavođenje vrši identifikaciju radara. Predviđena su tri režima borbene upotrebe vođene ra-

i leti bez rada motora. Glava za samonavođenje započinje traženje cilja i posle otkrivanja pikira na njega. Ako cilj nije pronađen, raketa nastavlja let u proračunsku tačku u prostoru i pri njenom dostizanju aktivira padobran; tada se obnavlja traženje cilja koje može trajati nekoliko minuta, pri čemu je raketa (ispod padobrana) usmerena vertikalno nadole. Kada zatim glava za samonavođenje zahvati cilj, odbacuje se padobran i raketa se samonavodi na njega pikiranjem. Očekuje se usvajanje u naoružanje rakete ALARM početkom devedesetih godina.

## Američka protivoklopna raketa »HELLFIRE«<sup>7</sup>

Raketa sa laserskim vođenjem HELLFIRE, američke firme ROCKWELL INTERNATIONAL (i MARTIN MARINETTA kasnije proizvodnje) predstavlja osnovno protivoklopno oružje američkih helikoptera AH-64 APACHE (KoV) i AH-1W SUPER COBRA sa 8 do 16 raketa (pomorskodesantne jedinice SAD).



Presek rakete HELLFIRE sa poluaktivnim laserskim samovođenjem

1 — laserski tragač; 2 — sekcijska bojna glava; 3 — upaljač; 4 — sekcijska za vođenje; 5 — pneumatski akumulator; 6 — žiroskopski momenta skretanja (oko vertikalne ose); 7 — žiroskopski momenta poniranja (oko poprečne ose); 8 — baterija; 9 — automatski pilot i elektronika; 10 — sekcijska propulzija; 11 — sekcijska komanda upravljanja

Njome su isto tako naoružani borbeni avioni RV A-10 THUNDERBOLT II i avioni pomorskodesantnih jedinica AV-8B HARRIER i F/A-18 HORNET. Za gađanje raketom HELLFIRE, čija je dužina 1,625 m, prečnik 17,7 cm i masa 45,7 kg (od čega 7,7 kg otpada na dvojno kumulativno punjenje u tandem konfiguraciji) neophodan je laserski obeleživač cilja na zemlji, ili na drugom vazduhoplovu, ili na samom vazduhoplovu-nosaču rakete. HELLFIRE može dostići domet 7000 m i brzinu 1,2 Maha.

<sup>7</sup> Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, februar/mart, str. 94.

## Francuska raketa vazduh—zemlja »AS 30 LASER«<sup>8</sup>

Raketa klase vazduh-zemlja sa laserskim vođenjem AS 30 LASER, francuske firme AEROSPATIAL, namenjena za napad na tvrde i branjene tačke ciljeve, nalazi se u operativnoj službi francuskog RV na avionima JAGUAR sa mogućnošću eventualne upotrebe na avionima MIRAGE F1, MIRAGE 2000 i F-16.

Raketa AS 30 LASER, čija je ukupna masa 520 kg (sa 250 kg eksplozivnog punjenja), dužina 3,65 m, prečnik 0,35 m i razmah krila 1 m, ima dvostepeni raketni motor sa čvrstim gorivom (za ubrzanje i krstarenje), koji omogućuje postizanje brzine leta 1,5 Maha. Upravljanje u letu vrši se pomoću skretanja mlaza. Domet rakete je 10 km a pilot može da se udalji sa svojim avionom posle ispaljivanja kako bi izbegao domet neprijateljske PVO. Raketa se završno navodi na lasersku oznaku na cilju, koju stvara laserski uređaj za označavanje cilja ATLAS II smešten u podvesniku ispod trupa aviona-napadača. Ovaj podvesnik sadrži:

— kameru za rad u vizuelnom i bliskom IC spektru, koja pilotu omogućuje identifikovanje cilja i njegovo označavanje;

— laserski osvetljivač cilja čija se oznaka (»mrlja«) »zalepi« na cilj.

Raketa, koja na početnom delu trajektorije leti uz pomoć sistema inercijalne navigacije, progresivno prima laserski odraz cilja koja se procesira u progresivnoj navigaciji. Eksplozivno punjenje u stanju je da proдре dva metra kroz beton pre detoniranja.

Ekstremna tačnost laserskog vođenja (odstupanje manje od jednog metra) i snažno eksplozivno punjenje omogućuje raketi AS 30 LASER posebnu efikasnost protiv takvih ciljeva kao što su bunker, mostovi i avionski hangari.

<sup>8</sup> Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, februar/mart, str. 88.



## Ponovni razvoj francuskog kasetnog artiljerijskog projektila 155 mm »ACED«<sup>9</sup>

Posle napuštanja programa razvoja autonomne, precizno vođene municije APGM (Autonomous Precision-Guided Munition), francuska firma THOMSON-BRANDT ARMEMENTS ponovo je koncentrisala svoju pažnju na sopstveni protivoklopni 155 mm projektil ACED (Anti-Char à Effect) u pokušaju da dobije narudžbinu od KoV-a Francuske.



ACED se sastoji od kasetne granate 155 mm u kojoj su tri subprojektila koji se izbacuju iznad cilja na visini od 1.000 m. Na visini od 400 m otvara se padobran i subprojektili rotiraju, omogućujući svojim senzorima (IC i milimetarskim radarskim) da skaniraju zemljište. Kada se otkrije cilj, na visini od 100 m aktivira se subprojektil i ispaljuje probojno jezgro koje se formira pri eksploziji i napada slabije oklopljenu gornju površinu cilja.

Firma je već investirala oko 80 miliona FFr u program ACED i obavila je ispitna gađanja subprojektilima još oktobra 1990. Ova ispitivanja su pokazala tehničku izvodljivost sistema, uključujući izbacivanje subprojektila iz kasetnog projektila, a takođe ispaljivanje probojnih jezgara koja se formiraju pri eksploziji. Firma sada očekuje zvaničnu odluku da nastavi rad na programu koji je se sastojati od:

— dvogodišnje faze za utvrđivanje operativne uloge ACED i integrisanje taktičko-tehničkih zahteva korisnika;

— jednogodišnje faze ispitivanja radi utvrđivanja stepena sposobnosti,

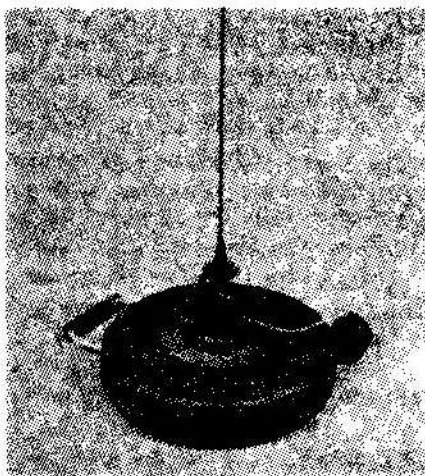
— 18-mesečne faze izrade alata pre serijske proizvodnje.

Ukupni troškovi razvoja ovakvog programa, uključujući fundamentalna istraživanja, mogli bi da budu do 500 miliona FFr, od čega oko 350 miliona FFr treba da obezbedi francuska vlada.

Firma THOMSON-BRANDT je na čelu projekta i odgovorna je za 30—40 % radova. GIAT INDUSTRIES treba da isporuči kasetne granate i subprojektila, što predstavlja 30% programa ACED. Firma SAT je zadužena za IC skener, a firma THOMSON-CSF RCM za radar u milimetarskom opsegu, a svaka od njih predstavlja 15—20% ukupnog programa.

## Švedski upaljači »TIP 15« i »TIP 16« za protivoklopne mine<sup>10</sup>

Primenom savremenih upaljača može se i kod starijih protivoklopnih mina poboljšati dejstvo. Moderni upaljači ne aktiviraju mine samo usled pritiska pri prelasku gusenica, već reaguju po celoj širini vozila. Švedska firma BOFORS razvila je dva nova upaljača.



<sup>9</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 3, str. 264.

<sup>10</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 2, str. 140.



Upaljač TIP 15 ima masu od 400 g, visinu 125 mm, sa senzorskom polugom dužine 760 mm, a prečnik mu je 64 mm. To je mehanički upaljač, koji aktivira minu pri zakretanju senzorske poluge (vidi sliku). Usporački element obezbeđuje da mina eksplodira ispod tela vozila. Upaljač je izveden tako, da se mina ne aktivira, ako poluga dodirne divljač.

Drugi upaljač TIP 16 naročito je pogodan za povećanje borbenih dejstava nemetalnih mina. Njegova masa je 600 g, visina 127 mm, a prečnik mu je 125 mm. Senzor aktivira upaljač usled promene magnetnog polja pri prelasku vozila preko mine. Upaljač nije osetljiv na sredstva za razminiranje, funkcioniše i 200 mm ispod zemlje, a aktivan vek trajanja mu je 6 meseci.

## Danski patrolni brod »THETIS«<sup>11</sup>

U Dansku flotu uskoro treba da se uvrsti novi patrolni brod THETIS, koji se gradi istovremeno sa još tri broda istog tipa po koncepciji STANFLEX-2000. Radi se o patrolnim brodovima koji će zameniti brodove klase HVID-BJOERNEN.



<sup>11</sup> Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 3, str. 211.

Na slici je prikazan prvi brod iz serije, snimljen u toku jedne od prvih probnih vožnji. Snimak tačno prikazuje pramac i na njemu se vidi zaobljenost poput kitovih leđa, tj. presek gornje palube nije četvrtast, već se zaobljeno stapa sa trupom. Takav oblik je pogodan za mora na kojima se često javljaju oluje, pa voda preplavljuje pramac. Zahvaljujući ovom obliku spoja palube i trupa vodena masa ne leži dugo na palubi, pa ne utiče na uzgon pramca.

Novi patrolni brodovi koristiće se, pre svega, u vodama Grenlanda, uglavnom kao zaštita ribolovcima.

## Nova dostignuća u NHB detekciji<sup>12</sup>

Početna detekcija hemijskih BOT na vojištu je jedan od četiri zadatka američke odbrane od hemijskih borbenih dejstava (ostala tri zadatka su zaštita, dozimetrijska kontrola i dekontaminacija). Operacije u Perlsijskom zalivu bacale su svetlost na izvestan broj aktivnosti SAD na polju hemijske detekcije.

Pre krize u Zalivu, KoV SAD je već bio izabrao sistem NHB izviđanja nemačke firme THYSEN HENSCHEL FUCHS (NB-CRS) da bi zadovoljio svoje zahteve u pogledu sposobnosti za hemijsku detekciju i dozimetrijsku kontrolu. NBCRS je varijanta točkaškog vozila TPzI. Sve varijante imaju NHBz sistem sa natpritiskom za filtriranje i klimatizaciju vazduha. Sistem obezbeđuje integralnu detekciju nuklearne i hemijske kontaminacije, a takođe i sposobnosti za određivanje položaja i označavanje kontaminiranih površina.

SAD su uputile urgentan zahtev firmi THYSEN HENSCHEL za isporuku 60 vozila NBCRS u nemačkoj konfiguraciji. Posle dobijanja dozvole nemač-

<sup>12</sup> Prema podacima iz: DEFENCE 1990, decembar, str. 770.

kog Ministarstva odbrane, vozila su bila dostavljena za brzu modifikaciju u Kasel posle čega su upućena u Rijad. Tehničke promene obuhvatile su instaliranje bacače dimnih kutija, rekonstrukciju sistema za klimatizaciju i instaliranje američkog oružja i komunikacionih sistema. Kao nastavak isporuke NBCRS, Nemačka je dozvolila firmi HENSCHEL da ponudi još 100 dodatnih vozila iz familije TPz1 američkom sekretarijatu odbrane.



*Vozilo za NHB izviđanje NBCRS čiji je izvestan broj korišćen u operacijama u Zalivu*

Pored mobilnih kapaciteta NBCRS, sredstva za hemijsku detekciju spadaju u opštu kategoriju »tačkaste detekcije« i »daljinske detekcije«.

»Tačkasta detekcija« se, uglavnom, smatra manje cenjenom pošto kako naziv pokazuje, detektuju samo kontakt sa BOT u jednoj tački. Ova sredstva pokrivaju ipak kritičan deo opšteg plana hemijske detekcije, obuhvatajući dozimetrijsku kontrolu fiksnih lokacija i objekata. Jedan prizor za takvu detekciju, proizveden od firme BRUNSWICK DEFENCE za potrebe OS SAD, je sistem M8A1 za uzbunjivanje od hemijskog napada. Za otkrivanje BOT nervo-paralitičkog delovanja (nervi BOT) služi detektor M43A1, koji može biti postavljen na udaljenosti 400 m od pratećeg alarmnog uređaja M42. Ova firma, koja je do sada proizvela 38000 sistema

M8A1, nedavno je razvila prateći detektor za otkrivanje plikavaca VAD (Vesicant Agent Detector) koji sistemu M8A1 daje dodatnu sposobnost za detekciju iperita.

Savremena tehnološka dostignuća omogućila su razvoj i upotrebu na terenu detektora za daljinsko otkrivanje hemijskih BOT (tzv. »sand-off« tipa) koji imaju očigledne prednosti u odnosu na »tačkaste detektore«. Primer takvog detektora je KAS-1, koji je firma BRUNSWICK proizvela za potrebe RM SAD (555 komada). Ovim sistemom rukuje operator, čiji je zadatak da uperi detektor prema mestu za koje se sumnja da je pretrpelo hemijski napad. Uređaj tada koristi seriju ugrađenih filtara da bi utvrdio prisustvo ili odsustvo hemijskih BOT.

Dalji napredak tehnologije dozvolio je razvoj složenijih uređaja za daljinsku detekciju; npr. sistema za daljinsko detektovanje hemijskih BOT i uzbunjivanje XM-21 RS-CAAL (Remote Sensing Chemical Agent Alarm) firme BRUNSWICK, čijim spektrometrom upravlja mikroprocesor, da bi se eliminisalo ručno upravljanje. XM-21 je prenosivi uređaj sa linijom viziranja bez poslužioca za automatske operacije u trajanju 24 časa ili više. Sistem detektuje plikavce ili nervne bojne otrove na daljinama do 5 km, skanira po luku od 60° za manje od jednog minuta i može da operiše kroz prašinu, pesak i pri nepovoljnim vremenskim uslovima.

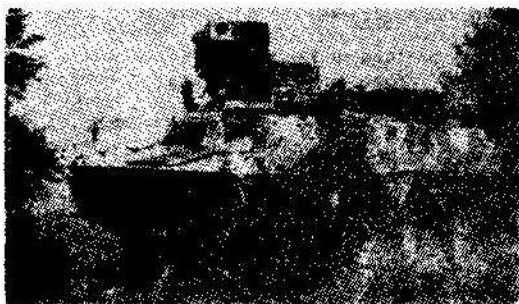
### **Južnoafričko borbena vozilo »RATEL« sa protivoklopnim raketnim sistemom »ZT3 SWIFT«<sup>13</sup>**

Nedavno je oružanim snagama Južnoafričke Republike isporučena prva partija oklopnog točkaškog vozila RATEL za vođenje protivoklopne borbe,

<sup>13</sup> Prema podacima iz MILITARY TECHNOLOGY 1990, br. 11, str. 87

naoružanog protivoklopnim raketnim sistemom SWIFT.

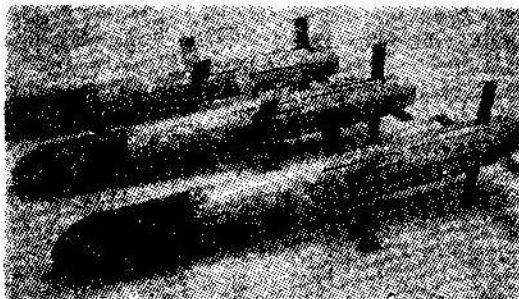
Sistem ZT3 je 127 mm raketa sa laserskim vođenjem čiji je efikasan dolet preko 4000 m sa 95% verovatnoće pogađanja cilja, dok je teoretski maksimalni dolet 8000 m. Njena kumulativna bojna glava probija homogeni oklop od valjanog čelika debljine 650 mm. Brzina krstarenja rakete je 330 m/s, a vreme potrebno za preletanje 4000 m je 18 s. Na opitnim gađanjima postignuti su pogoci na tenkovima udaljenim preko 5000 m. Sistem ZT3 razvijen je u tri verzije: za borbeni helikopter RO-DIVALK (8 ili 16 raketa) ili za druge helikoptere, za »lovac tenkova« RATEL, i kao laki pešadijski protivoklopni prenosni sistem na tronožnom postolju.



Lovac tenkiva RATEL sa trocevnim bacačem raketa SWIFT

Sistem ZT3 razvijen je više godina u multilateralnoj kooperaciji više zemalja. Njegovi kontigenti iz probne proizvodnje prvi put su korišćeni u borbenim operacijama u jugoistočnoj Angoli. Sistem za vođenje ima pulsirajući infracrveni izvor za praćenje rakete u letu i laser za transmisiju impulsnih kodiranih komandi za njeno vođenje. Merenje ugaonog odstupanja između stvarne trajektorije leta i nišanske linije cilja ostvaruje se pomoću goniometra. Komanda na repu rakete upravljaju njenim letom prema komandama uređaja za upravljanje letom u vozilu. Buster i marševski motor imaju raketni pogon

sa čvrstim gorivom. Kumulativna bojna glava ima kontaktni upaljač. Raketa se isporučuje u hermetičnoj lansernoj cevi i ne zahteva kontrolne provere ili održavanje na bojištu.



Po spoljnom izgledu raketa ZT3 je vrlo slična protivoklopnoj raketi TOW

Lovac tenkova RATEL-ZT3 je standardni oklopni transporter firme RATEL opremljen novom turelom, u kojoj su smešteni optički sistem i sistem za upravljanje vatrom za ZT3. Osim toga, kupola je naoružana i jednim 7,62 mm mitraljezom za blisku odbranu. Na tureli je instaliran kutijasti raketni lanser sa tri rakete čiji sistem može da ispaljuje i vodi dve rakete za manje od jednog minuta. Ponovno punjenje lanseira vrši se ručno kroz otvor sa vratancima na krovu odeljenja za prevoz vojnika, gde su smeštene police sa 12 raketa ZT3. Sistem za upravljanje vatrom sastoji se od zamenjivih modula linearno raspoređenih zbog jednostavnijeg održavanja, kome pripada jedan prenosni mikroprocesorski uređaj za dijagnosticiranje i lokalizovanje neispravnosti; on se može koristiti i za obučavanje.

Vozilo TATEL je opremljeno sa četiri 81 mm bacača dimnih kutija i ima standardne puškarnice na karoseriji. Četvoročlanu posadu čine vozač, komandir vozila (smešten sa leve strane turele), nišandžija (sa desne strane) i punilac (u odeljenu za smeštaj raketa). Vozilo razvija brzinu na putu do 105 km/h i može da pređe daljinu od 1000 km, odnosno da neprekidno vozi do 14

časova. Na terenu bez puteva kreće se brzinom od oko 30 km/h, pri čemu može da savlađuje: daljinu 600 km, uzdužni nagib 60%, bočni nagib 30%, rov 1,15 m, vertikalnu prepreku 60 cm i gaz u vodi 1,15 m. Pogon obezbeđuje šestocilindričan dizel-motor radne zapremine 12 litara, koji razvija 230 kW. Sistem transmisije ima 6 brzina sa opcijama 6×6 i 6×4. Oklop na telu vozila štiti od vatre streljačkog oružja, krhotina i lakih ubojnih parčadi. U vozilu su smeštena dva rezervoara sa po 100 litara sveže vode.

### Francusko oklopno višenamensko vozilo »VCA« za transport letelicom<sup>14</sup>

Francuska komisija za naoružanje objavila je konkurs za izradu idejnog rešenja takvog oplopnog vozila koje će biti prenosivo vazдушnim transportom i na koje će se ugrađivati razne vrste naoružanja. Postavljeni su sledeći opšti TTZ:

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| — maksimalna dužina vozila (m) — — — — —       | 3   |
| — maksimalna širina vozila (m) — — — — —       | 2   |
| — maksimalna visina platforme (m) — — — — —    | 1,5 |
| — maksimalna brzina na asfaltnom putu (km/h) — | 100 |
| — maksimalna masa vozila (t)                   | 2   |

— zaštita od municije streljačkog naoružanja kalibra 7,62 mm na rastojanju 200—400 m (ne uzimajući u obzir pancirnu municiju).

Predviđa se da se posada vozila sastoji od 2 ili 3 člana (varijanta pešadijskog vozila). Na vozilo bi se ugrađivao raketni sistem MILAN, ili automatski top kalibra 20 ili 30 mm. Vozilo bi se

utovarivalo u letelicu i transportovalo bi se u blizini zone borbenih operacija. Tu bi namena vozila bila da samostalno dejstvuje bilo kao izviđačko ili (iz zaseda) kao lovac tenkova.

Za sada su se 4 firme prijavile na ovaj konkurs: CNIM, GIAT Industries, LOHR i PANHARD. Nije poznat plan snabdevanja trupa ovim vozilom, a nadležni stručnjaci predviđaju da vozilo uđe u opremu francuske armije 1995—1996. ili (sigurnije) 1998. godine.

### Familija lakih vojnih vozila »FAV« američke firme »CHENOWETH«<sup>15</sup>

Američka firma CHENOWETH, proizvođač lakih terenskih vozila namenjenih za reli-trke i rekreaciju, dobila je, na konkursu američke armije za lako jurišno vozilo pešadije, ugovor o proizvodnji vozila FAV (Fast Attack Vehicle), na osnovu modifikacije vozila iz svog dosadašnjeg programa. Ugovor, zaključen 1983. godine, ostvaruje se kroz isporuku 30000 ovih vozila, prerađenih i opremljenih za vojne svrhe. Delove za ovu modifikaciju razvila je ista firma, ili ih je nabavila od drugih firmi.



Vozilo je predviđeno za dva člana posade (vozač i mitraljezac). Prva vozila odavno su isporučena IX pešadijskoj diviziji. Do sada je američkoj armiji isporučeno ukupno 300 vozila. Portugalskoj armiji isporučeno je 6, a pred-

<sup>14</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW 1991, br. 3, str. 222.

<sup>15</sup> Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW 1991, br. 3, str. 224.



viđa se isporuka još 12 vozila. Predviđa se, takođe, isporuka ovih vozila specijalnim jedinicama evropskih armija.

Planira se i korišćenje ovih vozila pri testiranju zračenja u oblastima upotrebe nuklearnog oružja, kao i izvoz vozila u zemlje Latinske Amerike, za opremu njihovih armija, bilo za uobičajenu namenu ili za opremanje anti-narkotičkih jedinica.

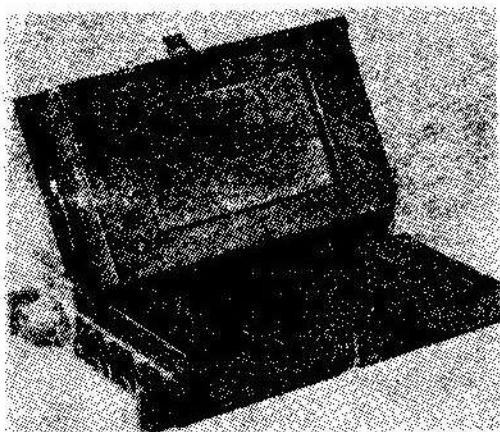
Firma CHENOWETH, pored toga, radi na uvođenju poboljšanih varijanti vozila FAV, kao što je vozilo sa dizel-motorom, umesto sadašnjeg benzin-skog. U toku je projektovanje ugradnje postolja za naoružanje, koje omogućuje gađanje u bilo kom pravcu (360°), sa operatorom na izdignutom sedištu.

U toku su dogovori sa nekoliko proizvođača naoružanja, uključujući firmu SACO, o tome kojim varijantama naoružanja bi vozilo moglo da se oprema.

### **Prenosni radio-terminal za prenos podataka »FuH 600« nemačke firme ALCATEL SEL<sup>16</sup>**

Prenosni terminal za prenos podataka FuH 600 u kombinaciji sa odgovarajućim radio-primopredajnikom omogućava brz i siguran prenos podataka između komandnih stanica ili centara za upravljanje vatrom i visokomobilnih snaga na isturenim borbenim položajima. Uređaj je malih dimenzija i mase. Opremljen je LCD displejom sa 600 alfanumeričkih ili grafičkih karaktera. Rad uređaja kontroliše se potpuno programiranim procesorom. Poruke se unose pomoću menija, pamte se i mogu se, tokom misije, emitovati pritiskom na samo jedan taster.

FuH 600 namenjen je visokomobilnim korisnicima kao što su istureni osmatračići, izviđačke patrola, padobranske



i letачke jedinice, specijalne snage i komandosi. Osim toga, uređaj se koristi i u sistemima za upravljanje vatrom.

### **Uređaj za kriptozastitu podataka »CIDEV-VHS« američke firme »CYLINK«<sup>17</sup>**

Američka firma CYLINK razvila je jedan od prvih uređaja za kriptozastitu koji radi sa brzinama do 52 Mb/s. CIDEV-VHS se može nabaviti sa DS3 ili CEPT interferencijom za 32 Mb/s, pa se može koristiti za kriptozastitu bilo koje mreže sa visokom brzinom prenosa, uključujući tu multipleksirane mreže za prenos govora ili podataka, kompjuterska kanalna proširenja itd. CIDEV-VHS koristi algoritam za kriptozastitu verifikovan od Nacionalnog instituta za standarde i tehnologije. Svi kriptoključevi generišu se automatski uz pomoć enkriptora i razmenjuju između oba kraja linka korišćenjem sistema za javnu distribuciju ključeva. Ključevi za kriptozastitu mogu se menjati automatski u intervalima specificiranim od strane korisnika, ili na trenutni zahtev sa prednje ploče uređaja. Promena ključa odvija se uvek sinhrono na oba kraja linka preko kontrolnog kanala.

<sup>16</sup> Prema podacima iz: DEFENSE 1991, februar, str. 120.

<sup>17</sup> Prema podacima iz: SIGNAL 1991, februar, str. 133.



## **Programski paket za analizu i projektovanje konstrukcija »PAK« zavoda »CRVENA ZASTAVA«<sup>18</sup>**

Programski paket za analizu i projektovanje konstrukcija PAK razvijen je u Zavodima CRVENA ZASTAVA. Glavne oblasti primene su: statika i dinamika nosećih konstrukcija, akustika, mehanika loma, termomehanika.

Softver se primenjuje za: strukturalne analize metodom konačnih elemenata; mrežno planiranje; projektovanje i pomoć pri izboru CAD/CAM/CAE tehnologije. Razvijen je i upravljački informacioni sistem za vozila ZASTAVA.

Softver PAK je razvijen na računaru IBM 4341, a koristi se i na računarima PC/XT/AT.

## **Jezici za indeksiranje i matematičke teorije<sup>19</sup>**

Cilj primene modernih matematičkih metoda u informaciji je, pored ostalog, korišćenje jezika za indeksiranje u bazama podataka, kroz definisanje deskriptora, klasa, veza. Najčešće se koristi teorija skupova, čija je terminologija slična jezicima za indeksiranje. Matematički, sistem za indeksiranje se izražava transformacijom između skupa termina zahteva korisnika i skupa raspoloživih dokumenata.

Pored opštih modela postoje i specifični, čiji je razvoj bio vrlo intenzivan u Istočnoj Evropi.

## **Britanski artiljerijski trenažer »AMFCTS«<sup>20</sup>**

Singapur je poručio poslednju verziju artiljerijskog trenažera AMFCTS sa kompjuterskim sistemom simulacije. Trenažer AMFCTS je prvobitno razvijen za britansku kraljevsku artiljeriju i predviđen je za uvežbavanje komandira za sve tipove indirektnih kontrole vatre, a isto tako za očitavanje mapa, određivanje položaja, prepoznavanje terena i uvežbavanje pripreme.

Poboljšanje u odnosu na originalni trenažni sistem uključuje sistem CLASS sa zatvorenom petljom i sistem G/VLLD (laserski lokator nepokretnog i pokretnog zemaljskog cilja). Ovaj sistem se koristi za uvežbavanje posade u određivanju cilja za laserski vođeno raketno naoružanje, kao što je vođeni projektil COPPERHEAD. Sistem pozudano reprodukuje optičku tehniku nišanja u realnim uslovima pomoću lasera. Sistem G/VLLD se može ugraditi u ma koji postojeći sistem i omogućuje obuku u određivanju ciljeva, distance i procedure određivanja sopstvenih koordinata.

<sup>18</sup> Prema podacima iz: PRAKSA 1991, br. 1, str. 17–18.

<sup>19</sup> Prema podacima iz: DOCUMENTALISTE SCIENCES DE L'INFORMATION 1990, br. 6, str. 269–271.

<sup>20</sup> Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 5. januar, str. 25.



Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozima originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sažetu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćena (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru, a brojcane i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

