

IZDAJE

NIU „VOJSKA“, Birčaninova 5,
Beograd

ZA IZDAVAČA

NAČELNIK NIU „VOJSKA“

STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefoni: 645-788, 29-189 i 29-187)

UREĐIVAČKI ODBOR:

- General-majlor
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)
- General-majlor
dr NOVIĆA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.
General-majlor
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)
- Pukovnik
mr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.
- Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.
- Profesor
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr MILAN ŠUNJEVARIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- dr SLOBODAN BURSAĆ, dipl. inž.
Pukovnik
- MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)
- Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.
- Pukovnik
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.
Pukovnik
- mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.
Potpukovnik
- mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.
Majlor
- RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

**GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**

Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277, 29-59-133 ili 33-133)

Urednik
Potpukovnik
Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 23-59-323 ili 33-323)

Sekretar redakcije
Zora Pavličević
(tel. 23-59-258 ili 33-268)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Preplate 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
„VOJSKA“ (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0 2393 Beograd. Polugodišnja
preplate 15,00 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija —
Beograd, Generala Ždanova 40 b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK

6

*Čitaocima i saradnicima
čestitamo Novu godinu*

Redakcija časopisa

SADRŽAJ

Dr Vasilije Mišković, major, dipl. inž.	693	Uticaj intenziteta upotrebe na mogućnost popune municijom artiljerijskih divizionara za podršku
Dr Radovan Maksić, pukovnik, dipl. inž.		
Sc Marko Andrejić, kapetan I klase, dipl. inž.	704	Tehničko obezbeđenje mobilizacije ratnih jedinica
Dr Slobodan Vukićević, profesor, dipl. inž.	714	Optimizacija strukture objekata novog skladišta za zadržavanje količine ubojnih sredstava
Mr Momčilo Miljuš, dipl. inž.		
Mr Srđa Primus, dipl. inž.	724	Elementi integralnog tehničkog obezbeđenja i njihove karakteristike
Dr Miloš Čolaković, pukovnik, dipl. inž.	740	Prilog izučavanju strukturne analize raketnog goriva
Mr Miroslav Savanović, potpukovnik, dipl. inž.	749	Vek upotrebe vođenih raketa KoV i pouzdanost ugrađenih elemenata
Dr Miloško Jevtović, profesor, dipl. inž.	756	Parametri kvaliteta kanala veza za prenos podataka
Dr Obrad Šupić, pukovnik, dipl. inž.	768	Razvoj pogonskih baterija za električna vozila
Rade Biočanin, potpukovnik	780	Sorpcioni procesi u cedilu zaštitne maske
Mr Dragan Nikolić, kapetan I klase		

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Pavle Marjanović	787	Samohodni top 203,2 mm MALKa
Pavle Marjanović	789	Borbena desantna vozila BMD-3
Pavle Marjanović	792	Mobilni strateški raketni sistem TOPOL
Pavle Marjanović	794	Protivvazdušni raketni sistem PANCIR-SI

- Pavle Marjanović** 797 Modernizacija lovačkog aviona MiG-21
- Pavle Marjanović** 800 Sistem protivpodmorničkog oružja MEDVEDKA

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 803 Integrisani odbrambeni sistem oklopnih borbenih vozila — P. M.
- 804 Pasivni lokator artiljerijskih oruđa — P. M.
- 804 Беспилотни систем за lociranje ciljeva i korekciju artiljerijske vatre — P. M.
- 804 laki protivvazdušni raketni sistem LeFlaSys — P. M.
- 805 Lovac-bombarder JH-7 u operativnoj upotrebi — P. M.
- 806 Modernizacija aviona HERCULES — P. M.
- 806 Ispitivanja modernizovanog aviona F-5E TIGER IV — P. M.
- 807 Mogućnosti transportnog aviona C-17 GLOBEMASTER III — P. M.
- 807 Završetak prototipa helikoptera NH-90 — P. M.
- 808 Razvoj komercijalnog helikoptera A-92 HELIBUS — P. M.
- 808 Pilotski trenažer firme DASSAULT — P. M.
- 809 Radovi na biološkoj odbrani u SAD — P. M.

Dr Vasilije Mišković,
major, dipl. inž.
Dr Radovan Maksić,
pukovnik, dipl. inž.

UTICAJ INTENZITETA UPOTREBE NA MOGUĆNOST POPUNE MUNICIJOM ARTILJERIJSKIH DIVIZIONA ZA PODRŠKU

Rezime:

Razmatran je uticaj intenziteta upotrebe artiljerijskih diviziona za podršku na organizaciju popune municijom. Istraživanjem su dobijene raspodele karakterističnih veličina koje su značajne za funkciju snabdevanja. U međusobni odnos dovedeni su tempo pomeranja dejstvjućih jedinica, taktičko-tehničke karakteristike oruđa, vremena dejstva i premeštanja, intenzitet upotrebe i utrošak municije. Simulacije na računaru vršene su za hipotetički okvir, ali se sa realnim ulaznim podacima mogu dobiti adekvatni rezultati za realne analize potreba za snabdevanjem, kao i za druge svrhe.

Ključne reči: artiljerija za podršku, municija, vatreni položaj, intenzitet borbenih dejstava, modeli vremena, interval strpljivosti.

INFLUENCE OF THE INTENSITY OF USE TO THE POSSIBILITY OF RESUPPLY OF COMBAT SUPPORT ARTILLERY BATTALIONS WITH AMMUNITION

Summary:

The impact of intensity of utilization of combat support artillery battalions to the organization of their resupply with ammunition. By researching are established the values of characteristic classes of significance for the supply function. To interrelationship are brought the rate of movement of combat units, tactical-technical characteristics of their artillery weapons, times of combat action and movement to new positions, intensity of use and the consumption of ammunition.

Computer simulations have performed for a given hypothetical framework, although with the real input data can be gotten adequate results for realistic analyses needed for supply and other purposes.

Key words: combat support artillery, ammunition, fire position, intensity of combat action, time models, acceptable interval of resupply.

Uvod

Intenzitet upotrebe artiljerijskih diviziona mora se posmatrati samo u sklopu intenziteta ukupnog izvođenja borbenih dejstava. Izbor promenljivih i parametara za opis i kvantifikovanje intenziteta upotrebe zavisi od cilja, namene i svrhe opisa intenziteta upotrebe. U zavisnosti od toga šta se želi po-

smatrati i radi čega se analizira intenzitet upotrebe, biraju se odgovarajuće promenljive i parametri. To znači da je definisanje, izbor promenljivih i parametara pomoću kojih se opisuje intenzitet upotrebe i njihovo kvantifikovanje uvek ciljno orijentisano.

Osnovni cilj opisa intenziteta upotrebe artiljerijskih diviziona za podršku je razmatranje mogućnosti zado-

voljenja potreba artiljerijskih divizion na za municijom. Shodno postavljenom cilju, opis intenziteta upotrebe obuhvata potrošnju municije u određenom vremenu, vreme dejstva bez promene vatrenog položaja i vreme premeštanja na naredne vatrene položaje.

Mogućnost popune artiljerijskog divizona za podršku municijom zavisi od intervala strpljivosti divizona. Divizion je »strpljiv« toliko dugo koliko ima municije na raspolaganju. Vreme kada divizion može da ispostavi svoj zahtev za potpunom municijom sistemu snabdevanja zavisi od borbene situacije. Od momenta ispostavljanja zahteva za potpunom pa sve dok raspolaže municijom, divizion je »strpljiv«. Sistemu snabdevanja je potrebno neko vreme da reaguje na postavljeni zahtev. Ako je to vreme manje od intervala strpljivosti, tada sistem snabdevanja može da zadovolji potrebe divizona. Ako je interval strpljivosti manji od tog vremena, tada se u sistemu snabdevanja moraju činiti zahvati u organizaciji funkcionisanja sistema, da bi divizion mogao biti zadovoljen. Da bi se moglo pristupiti razmatranju ovog problema neophodno je poznavati intenzitet upotrebe artiljerijskih divizona za podršku.

Intenzitet upotrebe artiljerijskih divizona za podršku

Artiljerijski divizioni svoje dejstvo ostvaruju vatrom i manevrom vatre i pokreta. Za uspešan dotur municije artiljerijskom divizionu neophodno je znati količinu municije, mesto i vreme dotura. Količina municije koju je potrebno doturiti artiljerijskom divizionu zavisi, pre svega, od utroška municije na vatrenom položaju. Mesto i vreme dotura uslovljeni su vremenom dejstva divizona bez promene vatrenog položaja i vremenom premeštanja divizona na naredne položaje. Ako se

pretpostavi da su taktičko-tehničke karakteristike oruđa u divizionu i divizona kao jedinice definisane veličine, može se uočiti da tada vreme dejstva divizona bez promene vatrenog položaja zavisi od tempa pomeranja napred dejstvjućih jedinica (jedinica na prvoj liniji). Daljom analizom dolazi se do dve osnovne veličine koje opisuju intenzitet upotrebe divizona, radi zadovoljenja potrebe divizona za municijom. To su:

— utrošak municije na vatrenom položaju,

— tempo pomeranja napred dejstvjućih jedinica.

Intenzitet upotrebe artiljerijskih divizona je neprekidna veličina koja se menja u vremenu. U opštem slučaju, nemoguće je unapred eksplicitno izraziti njene vrednosti. Posmatrajući intenzitet upotrebe u jednom intervalu vremena, uočljivo je da ta veličina može dobiti različite, pa čak i ekstremne vrednosti. Zato je neophodno ovu veličinu posmatrati, umesto kontinualno u vremenu, za celokupni tok borbenih dejstava. Opis i preciznost opisa ove veličine mora se vezati za cilj u neophodnoj meri za data razmatranja.

Prema tome, intenzitet upotrebe artiljerijskih divizona može se opisati uslovnom klasifikacijom. Artiljerijski divizion u toku borbenih dejstava može se naći u stanju »velikog«, »srednjeg« ili »malog« intenziteta upotrebe. Svako od ovih stanja moguće je ponderisati verovatnoćom da se artiljerijski divizion nađe u tom stanju tokom izvođenja borbenih dejstava. Do ovih verovatnoća moguće je doći analizom realizovanih borbenih dejstava, ekspertskom ocenom, analizom većeg broja rešenih taktičkih zadataka ili posebnim istraživanjem. Za potrebe ovog rada usvojene su vrednosti navedenih verovatnoća. Usvojene vrednosti verovatnoća da se divizion nađe u stanju »velikog«, »srednjeg« ili »malog« intenziteta upotrebe su 0,2; 0,5 i 0,3 respektiv-

no. Verovatnoće pojave intenziteta upotrebe dalje će se smatrati konstantom, a u model se unose kao ulazna veličina. Za potrebe analize ili istraživanja ove veličine se mogu menjati.

Pomeranje jedinica u toku izvođenja borbenih dejstava ne odvija se linearno (neke jedinice se pomeraju brže, a neke sporije). Brzina pomeranja napred dejstvujućih jedinica je promenljiva i pod uticajem zahteva nadležnih komandi za usklađivanjem pomeranja jedinica po vremenu i prostoru. Duboki prodori pojedinih jedinica nose rizik da te jedinice budu odsečene ili, ako se u odbrani dozvoli dubok prodor, postoji opasnost narušavanja sistema odbrane. Prosečna brzina pomeranja naziva se tempo pomeranja napred dejstvujućih jedinica.

Tempo pomeranja napred dejstvujućih jedinica menja se u vremenu, a za potrebe dalje analize, tempo se može opisati klasifikacijom »visok«, »srednji« i »nizak«. Kvantifikacija ovog opisa predstavlja raspon prosečnih brzina pomeranja napred dejstvujućih jedinica. Konkretno vrednosti brzina su usvojene, i iznose za:

- visok tempo 1 do 1,5 km/h
- srednji tempo 0,8 do 1,2 km/h
- nizak tempo 0,5 do 1 km/h.

Opis intenziteta upotrebe pomoću tempa pomeranja napred dejstvujućih jedinica ne znači relaciju »visok tempo — velik intenzitet«. Pri velikom intenzitetu upotrebe moguće je da se pojavi i visok i srednji i nizak tempo, s tim da su im verovatnoće pojave različite. Za potrebe opisa intenziteta upotrebe artiljerijskih divizionara usvojene su verovatnoće stanja prema tabeli 1. Opis intenziteta upotrebe tempom pomeranja napred dejstvujućih jedinica ne znači isključivanje bilo koje klase tempa, nego je samo raspodela verovatnoće pojave drugačija. Verovatnoće prikazane u tabeli 1. su usvojene.

Tabela 1

Verovatnoće pojave tempa pomeranja prema intenzitetu upotrebe

Intenzitet upotrebe	Tempo pomeranja (verovatnoće)		
	visok	srednji	nizak
Veliki	0,35	0,45	0,2
Srednji	0,2	0,45	0,35
Mali	0,1	0,4	0,5

Modeli vremena

Vreme zadržavanja artiljerijskih jedinica na vatrenom položaju zavisi od taktičko-tehničkih karakteristika oruđa, borbene situacije, udaljenosti vatrenih položaja od linije fronta i brzine kretanja jedinice na novi vatreni položaj. Ono se može definisati izrazom:

$$t_z = (D - d) \left(\frac{V_{ps} - V_p}{V_{ps} \cdot V_p} \right) 60 - t_s - t_r \quad (1)$$

gde je:

- t_z — vreme zadržavanja artiljerijske jedinice na vatrenom položaju (min.);
- D — efikasan domet artiljerijskih oruđa (km);
- d — udaljenost vatrenih položaja od prve linije fronta (km);
- V_p — tempo pomeranja (km/h);
- V_{ps} — brzina kretanja jedinice pri promeni vatrenih položaja (km/h);
- t_s — vreme svijanja (min.);
- t_r — vreme razvijanja (min.).

Model vremena dejstva bez promene vatrenog položaja i model vremena premeštanja na naredni vatreni položaj preuzeti su iz literature [11].

Vreme premeštanja artiljerijske jedinice sa jednog na drugi vatreni položaj zavisi od udaljenosti vatrenih položaja, brzine kretanja jedinice pri promeni vatrenih položaja i utroška vre-

mena potrebnog za svijanje i razvijanje na novom vatrenom položaju. Definiše se izrazom:

$$t_p = \frac{60D_1}{V_{ps}} + t_s + t_r \quad (2)$$

gde je:

t_p — vreme premeštanja na novi vatreni položaj (min.);

D_1 — udaljenost vatrenih položaja (km);

V_{ps} — brzina kretanja pri premeštanju na nov vatreni položaj (km/h);

t_s — vreme svijanja (min.);

t_r — vreme razvijanja na novim položajima (min.).

Podaci vezani za taktičko-tehničke karakteristike oruđa i artiljerijskih diviziona kao jedinice, prikazani su u tabeli 2. Brzina kretanja prilikom premeštanja na naredni vatreni položaj je 20 do 40 km/h.

Raspodele verovatnoća vremena dejstva bez promene vatrenog položaja i raspodele verovatnoća vremena premeštanja na naredni vatreni položaj moguće je dobiti simulacijom ulaznih vrednosti i izračunavanjem prema da-

Tabela 2

Taktičko-tehničke karakteristike oruđa i jedinica

Divizion	Efikan domet (km)	Udalj. od p/k (km)	Dužina skoka (km)	Vreme svijanja (min.)	Vreme razvij. (min.)
H-105 mm	9,1	3,5 do 5,5	5,7 do 7,6	15 do 40	35 do 45
H-122 mm	9,9	3,5 do 5,5	5,9 do 9,9	15 do 40	35 do 45
T-130 mm	23	9 do 13,5	13,5 do 18	20 do 45	40 do 50
TH-152 mm	14,7	6 do 8	8,6 do 11,8	20 do 45	40 do 50
H-155 mm	12,5	5 do 7,5	7 do 10	20 do 45	40 do 50

Tabela 3

Raspodele verovatnoća vremena dejstva bez promene vatrenog položaja (v. p.) i vremena premeštanja

Divizioni	Vreme premeštanja u minutima (raspodele)	Raspodele verovatnoća vremena dejstva bez promene v. p. pri intenzitetu upotrebe (vreme u minutima)		
		malom	srednjem	velikom
H-105 mm	N (82,8)	LN (5,44; 0,37)	LN (5,36; 0,37)	LN (5,25; 0,38)
H-122 mm	N (82,9)	LN (5,65; 0,35)	LN (5,56; 0,33)	LN (5,47; 0,33)
T-130 mm	N (111,11)	LN (6,56; 0,32)	LN (6,47; 0,30)	LN (6,38; 0,30)
TH-152 mm	N (100,9)	LN (6,06; 0,32)	LN (5,97; 0,32)	LN (5,87; 0,31)
H-155 mm	N (95,9)	LN (5,84; 0,34)	LN (5,73; 0,38)	LN (5,60; 0,34)

N (μ , σ) — Normalna raspodela

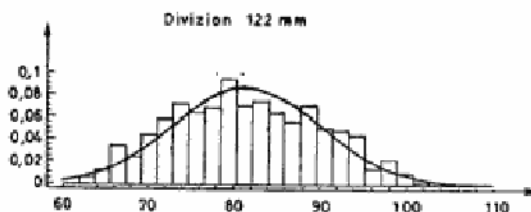
LN (μ , σ) — Lognormalna raspodela

tim obrascima. Simulacijom dobijene raspodele verovatnoća određene su prema intenzitetu upotrebe artiljerijskih diviziona. Raspodele verovatnoća su date u tabeli 3, a matematička očekivanja za vreme dejstva bez promene vatre-
nog položaja i vreme premeštanja u tabeli 4. Prikaz raspodela za divizion 122 mm dat je na slikama 1, 2, 3 i 4. Analizom rezultata, pored ostalog, dobijena je lognormalna raspodela verovatnoća vremena trajanja dejstva artiljerijskih diviziona za podršku bez promene vatre-
nog položaja i normalna raspodela verovatnoća za vreme premeštanja. Oblik raspodele je za sve posmatrane divizione isti, ali, naravno, sa različitim parametrima.

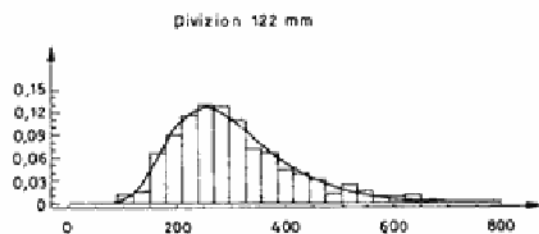
Tabela 4

*Matematička očekivanja vremena dejstva bez promene vatre-
nog položaja (v. p.) i vremena premeštanja*

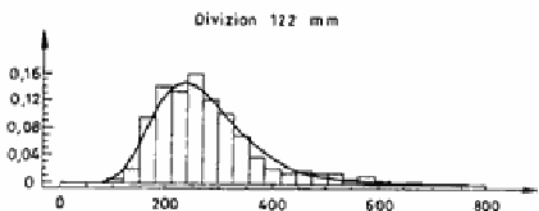
Divizion	Vreme premeštanja (minuti)	Vreme dejstva bez promene v. p. pri intenzitetu upotrebe		
		malom	sred-njem	veli-kom
H-105 mm	82	246	228	205
H-122 mm	82	301	274	252
T-130 mm	111	739	675	620
TH-152 mm	100	449	414	371
H-155 mm	95	363	332	288



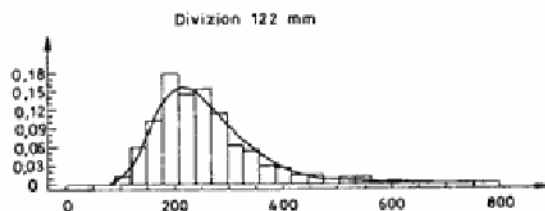
Sl. 1 — Raspodela verovatnoća vremena premeštanja



Sl. 2 — Raspodela verovatnoća vremena dejstva bez promene vatre-
nog položaja za mali intenzitet upotrebe



Sl. 3 — Raspodela verovatnoća vremena dejstva bez promene vatre-
nog položaja za srednji intenzitet upotrebe



Sl. 4 — Raspodela verovatnoća vremena dejstva bez promene vatre-
nog položaja za veliki intenzitet upotrebe

Utrošak municije artiljerijskog divizion na vatrenom položaju

Utrošak municije na vatrenom položaju slučajna je veličina i zavisi od velikog broja uticajnih faktora koji deluju jednovremeno. U skladu sa centralnom graničnom teoremom¹⁾ može se pretpostaviti da se utrošak municije pokorava normalnoj raspodeli. Ovu pretpostavku potvrđuju i rezultati do-

¹⁾ Kada na posmatranu pojavu utiče veliki broj nezavisnih slučajnih faktora i svaki od njih neznatno menja tok pojave, onda sumarno obeležje ima normalnu raspodelu verovatnoća [14].

Raspodele verovatnoća utroška municije

Divizion	Utrošak municije (raspodele, u komadima)		
	veliki	srednji	mali
H-105 mm	N (1020,265)	N (710,215)	N (470,205)
H-122 mm	N (850,270)	N (590,180)	N (390,170)
T-130 mm	N (750,175)	N (545,155)	N (290,125)
TH-152 mm	N (540,110)	N (370,100)	N (190,80)
H-155 mm	N (430,55)	N (335,85)	N (210,105)

bijeni simulacijom upotrebe artiljerijskog diviziona [9]. Prema tome, može se usvojiti da se utrošak municije kao slučajna promenljiva pokorava normalnoj raspodeli.

Usvojeni utrošci municije na vatreom položaju za artiljerijske divizione prikazani su u tabeli 5.

Da bi utrošak municije, kao ulazna veličina u modele, bio što verodostojniji, urađena je kompilacija podataka dobijenih analizom većeg broja rešavanih zadataka za potrebe nastave i podataka koji se mogu naći u literaturi. Za određivanje utroška municije uzete su u obzir sledeće veličine:

- verovatnoća angažovanja artiljerije u neutralisanju ciljeva,
- verovatnoća upotrebe kalibara u neutralisanju ciljeva,
- podela ciljeva po zonama dejstva,
- vrsta cilja,
- kalibar oruđa,
- površina cilja,
- daljina gađanja,
- stepen neutralisanja,
- metoda i način pripreme elemenata,
- vrste gađanja i vrste upaljača.

Intenzitet upotrebe artiljerijskih diviziona za podršku i prognoza utroška municije dovedeni su u međusobnu zavisnost preko verovatnoća pojave koje su prikazane u tabeli 6.

Tabela 6

Verovatnoće pojave utroška municije prema intenzitetu upotrebe

Intenzitet upotrebe	Verovatnoća pojave	Prognoza utroška municije (verovatnoće)		
		veliki	srednji	mali
Veliki	0,2	0,35	0,45	0,2
Srednji	0,5	0,2	0,45	0,35
Mali	0,3	0,1	0,4	0,5

Verovatnoće vezane za opis intenziteta upotrebe artiljerijskih diviziona sigurno ne mogu biti potpuno egzaktno određene tempom napred dejstvujućih jedinica i prognozom utroška municije. Zato su, pored analize jednog broja rešenih taktičkih zadataka, pri određivanju korišćeni elementi procene vrednosti ovih verovatnoća.

Prilikom planiranja borbenih dejstava određuju se očekivani utrošci mu-

nicije po vatrenim položajima. Stvarne potrebe utroška municije na vatrenom položaju najčešće se ne poklapaju sa očekivanim utrošcima municije. Po samoj prirodi slučajne veličine, nemoguće je unapred tačno odrediti realizaciju slučajne promenljive. Zato se postavlja pitanje: kolika su moguća odstupanja i da li se velika odstupanja mogu očekivati u relativno velikom broju slučajeva? Poznavanje ove karakteristike od velikog je značaja za sistem snabdevanja. Ako su odstupanja stvarne potrebe utroška od očekivane male ili ako se značajna odstupanja pojavljuju u relativno malom broju slučajeva, ova karakteristika nije značajna i nepotrebno je uzimati u obzir. Međutim, ako se velika odstupanja pojavljuju u znatnom broju slučajeva, tada se pri razmatranju sistema snabdevanja ova karakteristika mora uzeti u obzir.

Sama klasifikacija utroška municije na »veliki«, »srednji« i »mali« ne određuje jasno granice između klasa. Zato se postavlja pitanje: Kolika je verovatnoća, ako je, na primer, prognozirani »mali« utrošak, da će se pojaviti »srednji« ili »veliki« utrošak. Pre sve-

ga, potrebno je odrediti da li su te verovatnoće značajne. Pod pretpostavkom da realizacija slučajne promenljive neće biti izvan intervala koji obuhvata verovatnoću 0,997 mogu se odrediti očekivane verovatnoće pripadanja svakoj pojedinoj klasi. Ove verovatnoće prikazane su u tabeli 7.

Iz tabele 7 vidi se da se značajna odstupanja planiranog utroška municije i potrebnog utroška, kao realizacije slučajne promenljive, mogu očekivati sa verovatnoćom reda veličina 0,4 (očekuje se znatna razlika u oko 40% slučajeva). Zato se ova pojava mora uzeti u obzir prilikom razrešavanja problema popune divizionu municijom. Sama činjenica da su u znatnom broju slučajeva moguća velika odstupanja potrebnog od prognoziraniog utroška, pred sistem snabdevanja postavlja problem da, i uz pojavu tih slučajeva, treba obezbediti potrebne količine municije sa zahtevanom verovatnoćom.

Prilikom planiranja utroška municije po vatrenom položaju, on se planira prema potrebama i ne vodi se računa ni o jednoj klasifikaciji utroška. Is-

Tabela 7

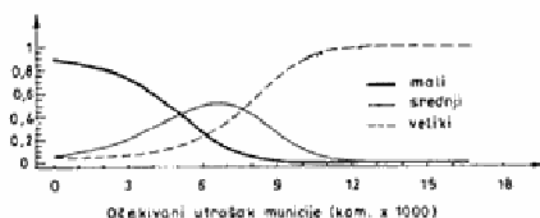
Očekivane verovatnoće pripadanja klasi utroška prema prognozi utroška

Divizion	Utrošak municije (verovatnoće)								
	mali			srednji			veliki		
	m	s	v	m	s	v	m	s	v
H-105 mm	0,59	0,32	0,09	0,31	0,42	0,27	0,10	0,28	0,62
H-122 mm	0,56	0,32	0,12	0,31	0,41	0,28	0,12	0,28	0,60
T-130 mm	0,72	0,23	0,05	0,23	0,45	0,32	0,05	0,31	0,64
TH-152 mm	0,77	0,21	0,02	0,22	0,51	0,27	0,02	0,27	0,71
H-155 mm	0,62	0,30	0,08	0,28	0,42	0,30	0,06	0,30	0,64

Klase utroška: m — mali, s — srednji, v — veliki.

to tako, sigurno je da se verovatnoća odstupanja menja u zavisnosti od očekivanog utroška. Verovatnoća da će ostvareni utrošak municije, na primer, biti veliki raste sa porastom očekivanog utroška. Pored toga, porastom očekivanog utroška, verovatnoća da će ostvareni utrošak municije biti mali smanjuje se.

Vrednosti verovatnoća pojave klase utroška municije, u zavisnosti od očekivanog utroška, mogu se odrediti odnosom relativnih frekvencija pojave klase utroška za dati očekivani utrošak prema raspodelama verovatnoća datim u tabeli 5. Zavisnost verovatnoća pojave »malog«, »srednjeg« i »velikog« utroška za divizion 122 mm prikazana je na slici 5, a za ostale divizione oblik zavisnosti je isti.



Sl. 5 — Verovatnoća utroška municije po klasama za divizion 122 mm

Interval strpljivosti artiljerijskog diviziona za podršku

Pod intervalom strpljivosti artiljerijskog diviziona za podršku podrazumeva se vreme od momenta kada divizion može da postavi svoje zahteve prema sistemu snabdevanja municijom, do momenta kada ti zahtevi moraju biti realizovani. Momenat kada je moguće postaviti zahtev prema sistemu snabdevanja zavisi od borbene situacije i stanja zaliha municije u divizionu, kao i od prognoze daljnjeg izvođenja borbenih dejstava, odnosno prognoze utroška municije u daljnjem toku izvođenja borbenih dejstava. Da bi zahtev

za popunom mogao biti potpuno uobličen, potrebno je znati stanje zaliha u divizionu, prognozu utroška u neposrednoj budućnosti i mesto dotura. Od ovih veličina zavisi kada je moguće ispostaviti zahtev za popunom. Odluka o ispostavi zahteva za popunom donosi se na osnovu trenutnog stanja. Momenat do kojeg zahtev mora biti realizovan zavisi od trenutnog stanja zaliha i prognoze utroška municije u narednom periodu. Kako su to slučajne veličine, proizilazi da je i interval strpljivosti artiljerijskog diviziona za podršku slučajna veličina.

Određivanje karaktera intervala strpljivosti diviziona za podršku, kao slučajne veličine, moguće je uz pretpostavku da će se divizion popunjavati na vatrenim položajima. Tada interval strpljivosti iznosi:

$$t_{is} = t_{pr} + t_p + t_{sz} \quad (3)$$

gde je:

- t_{is} — interval strpljivosti diviziona,
- t_{pr} — vreme koje divizion provodi na vatrenom položaju, a doneta je odluka o premeštanju,
- t_p — vreme premeštanja na naredni vatreni položaj,
- t_{sz} — vreme za koje divizion ima municije na narednom vatrenom položaju, a da popuna još nije izvršena.

Interval strpljivosti diviziona neophodno je poznavati radi utvrđivanja da li se po vremenu reagovanja sistema snabdevanja na zahtev diviziona on može zadovoljiti.

Mogućnost zadovoljenja potreba artiljerijskog divizion za municijom

Sistem tehničkog snabdevanja municijom može vršiti svoju funkciju samo uz postojanje određenih zaliha i rezervi municije. Rezerve i zalihe muni-

cije sastavni su deo sistema snabdevanja municijom koje su ešelonirane po nivoima. Viši nivo ešeloniranja je izvor snabdevanja za niže nivoe. Ukupne količine municije koje se ešeloniraju zavise od perioda za koji se rezerve formiraju i operativno-strategijskih planova upotrebe oružanih snaga. Formirane rezerve i zalihe municije raspoređene su na teritoriji po nivoima ešeloniranja. One moraju obezbediti nesmetano snabdevanje jedinica municijom, dok se ne aktiviraju materijalni izvori za sistem snabdevanja.

Funkcionisanje sistema snabdevanja municijom odvija se realizacijom informacionih i materijalnih tokova. Osnove za određivanje količine municije za popunu divizionu su:

— izveštaj divizionu koji obuhvata utrošak municije i stanje zaliha municije u divizionu;

— plan dejstva divizionu u narednom periodu, odnosno očekivani utrošak municije na narednom vatrenom položaju.

Artiljerijske divizione popunjavaju snabdevačke ili transportne jedinice. Na osnovu izveštaja divizionu i prognoze utroška na nivou komande formira se zahtev za popunu. Odluka da li će se i kada popunjavati divizion donosi se na osnovu izveštaja divizionu o stanju zaliha, prognoze utroška municije i procene potrebnog vremena za realizaciju popune.

Informacioni tokovi, u ovom radu, interesantni su sa stanovišta vremena prenošenja i obrade informacija. Mesta generisanja informacija o stanju zaliha municije su neposredni potrošači (divizioni) i komande gde se planira upotreba divizionu. Planiranjem upotrebe divizionu generiše se veličina očekivanog utroška u narednom periodu (narednim vatrenim položajima). Pored toga, planiranjem upotrebe divizionu

generiše se informacije o mestu divizionu (mesto narednog ili narednih vatrene položaja) i vremenu kada će se divizion naći na tom vatrenom položaju. Poznavanjem i obradom ovih informacija moguće je ispostaviti zahtev za popunu divizionu. Vreme koje se stavlja na raspolaganje sistemu snabdevanja za realizaciju popune računa se od momenta kada je zahtev primljen, pa do momenta kada divizionu municija mora biti stavljena na raspolaganje. Ovo vreme je raspoloživo vreme za organizaciju i realizaciju popune divizionu.

Za organizaciju i realizaciju popune, sistemu snabdevanja je potrebno vreme koje mora biti manje ili jednako intervalu strpljivosti divizionu, inače mu municija ne može stići na vreme. Vreme potrebno za organizaciju i realizaciju popune i raspoloživo vreme za popunu predstavljaju ograničenja. Borbeni situacija, zbog uticaja neodređenosti i neizvesnosti, uslovljava moment kada je moguće ispostaviti zahtev za popunu, a postavljena struktura, organizacija i primenjena tehnologija u sistemu snabdevanja ograničavaju vreme organizacije i realizacije popune.

Materijalni tokovi u sistemu snabdevanja ostvaruju se angažovanjem transportnih i manipulativnih sredstava jedinica za snabdevanje i povremenim angažovanjem transportnih sredstava transportnih jedinica.

Materijalni tokovi u sistemu snabdevanja municijom realizuju se između izvora snabdevanja i jedinica koje predstavljaju krajnje potrošače. Neposredno pre ili početkom borbenih dejstava lokacija rezervi se menja, čime se uspostavlja borbeni raspored i materijalni tokovi onako kako su predviđeni organizacijom sistema snabdevanja. Preuzimanjem rezervi iz trupnih skladišta od združeno-taktičkih jedinica i raseljavanjem vantrupnih skladišta, rezerve municije se približavaju nepo-

srednim potrošačima, čime se skraćuju putevi dotura, a time i vreme popune jedinica.

Jedinice armije oslanjaju se po snabdevanju na pozadinske baze, tako da se obezbeđuje adekvatna orijentacija municije ka krajnjim potrošačima. Oslanjanjem na pozadinske baze nisu sve jedinice armije vezane za isti izvor snabdevanja. Na taj način, pozadinska baza snabdeva samo jedan deo jedinica. Za potrebe popune oslonjenih jedinica obezbeđuju se rezerve municije i transportna sredstva za dotur. Dimenzionisanje potrebnih resursa pozadinskih baza zavisi od potreba oslonjenih jedinica.

Zaključak

Polazna osnova, u ovom radu, jeste intenzitet upotrebe artiljerijskih divizionu za podršku u interakciji sa sistemom snabdevanja municijom. Artiljerijski divizionu za podršku opisani su svojim mestom, ulogom u borbenim dejstvima i načinom upotrebe. Kvantifikovanje ovih veličina izraženo je opisom manevra i vatre divizionu. Manevar je opisan:

- vremenom dejstva bez promene vatrenog položaja,

- vremenom premeštanja na naredni vatreni položaj.

Raspodela verovatnoća vremena dejstva bez promene vatrenog položaja je lognormalna (tabela 3), što do sada u našoj literaturi nije zabeleženo, a inostrana nije bila dostupna pri ovom istraživanju. Ovaj oblik raspodele dobija se za sve vrste divizionu i sve intenzitete upotrebe. Vrednosti matematičkih očekivanja pokazuju slaganje sa iskustvima o upotrebi artiljerije za podršku. Vreme premeštanja artiljerijskih divi-

zionu za podršku na naredne vatrene položaje pokorava se normalnoj raspodeli.

Vatra koju divizion ostvaruje opisana je utroškom municije, posmatranim po vatrenom položaju. Opis utroška municije na vatrenom položaju, kao slučajne veličine, dat je raspodelom verovatnoća, a ova slučajna veličina pokorava se normalnoj raspodeli. Zato je izvršena klasifikacija utroška municije, pa je ova pojava, umesto jednom, opisana sa tri raspodele koje imaju znatno manja standardna odstupanja. Mogućnost da ipak dođe do velikih odstupanja (što je moguće) opisana je verovatnoćom pripadanja klasi utroška municije, u zavisnosti od prognozirano (očekivanog) utroška municije na vatrenom položaju. To su osnovne veličine kojima je divizion opisan kao potrošač sa svojom karakteristikom potrošnje po količini municije i mestu potrošnje. Na osnovu utroška i imajuće količine municije, kao i prognoze utroška u narednom periodu, divizion se pojavljuje sa zahtevom da municiju dobije u potrebnoj količini, po mestu i po vremenu.

Prikazani opis intenziteta upotrebe artiljerijskih divizionu primeren je potrebi određivanja parametara koji opisuju zahteve za popunu municijom artiljerijskog divizionu za podršku prema sistemu snabdevanja. Ovakav pristup je potvrda potrebe za istraživanjima u kojima značajnu ulogu imaju analitičari realnih sistema (borbenih dejstava artiljerije za podršku i funkcionisanja sistema snabdevanja tehničkim materijalnim sredstvima u borbi) i eksperata za područje operacionih istraživanja, matematičkog modelovanja i drugih. Rezultati ovakvih istraživanja mogu doprineti optimizaciji i stalnoj dogradnji sistema tehničkog obezbeđenja, u skladu sa zahtevima okruženja i datim ograničenjima.

Literatura:

- [1] Rosić B., Vidojević V., Rodić D., Fetahović I., Radman Z., Marčesku N.: Artiljerija taktičko-operativna upotreba, VIZ, Beograd, 1976.
- [2] Peredeljskij G. E.: Artiljerskij divizion v boju, Voennoje izdateljstvo, Moskva, 1964.
- [3] UA SSNO: Borbeno pravilo artiljerije, SSNO, Beograd, 1982.
- [4] UA SSNO: Pravilo artiljerski divizion za podršku, SSNO, Beograd, 1976.
- [5] UA GS JNA: Uputstvo za rad na vatrenom položaju artiljerskih jedinica, GS JNA, Beograd, 1983.
- [6] Artiljersko pravilo gađanja (nacrt), ASC, Zadar, 1988.
- [7] Vujnović V.: Taktika vatre zemaljske artiljerije, VIZ, Beograd, 1984.
- [8] Kovač M.: Unapređenje pripreme i izvođenja artiljerske vatrene podrške napada pbr u zahvatu fronta, magistarski rad, CVVS KoV JNA, Beograd, 1989.
- [9] Mišković V.: Utvrđivanje kompleta municije artiljerije za podršku u funkciji intenziteta upotrebe artiljerskih divizona, magistarski rad, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1987.
- [10] Mišković V.: Razvoj modela i postupaka za određivanje resursa snabdevanja municijom artiljerije za podršku, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1994.
- [11] Vajner A. J.: Taktički proračuni (prevod s ruskog), COSIS, Beograd, 1986.
- [12] Maksimović S.: Brzina reagovanja artiljerije u borbi, Vojni glasnik, br. 5/88, str. 8-14.
- [13] Avramčuk E. F. i drugi: Tehnologija sistemnog modelirovanija, Mašinstroenie, Moskva, Teknik, Berlin, 1988.
- [14] Vukadinović S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1981.
- [15] Ventcelj A. D.: Kurs teorij slučajnih processov, Nauka, Moskva, 1975.
- [16] Maksić R.: Prilog definisanju postupka za utvrđivanje zakonitosti utroška municije u vremeu za jedinice u oružanoj borbi, doktorska disertacija, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1989.

Sc Marko Andrejčić,
kapetan I klase, dipl. inž.

TEHNIČKO OBEZBEĐENJE MOBILIZACIJE RATNIH JEDINICA

Rezime:

U članku je sa organizacionog aspekta, na načelima i logici sistemskog pristupa, sagledan proces tehničkog obezbeđenja mobilizacije ratnih jedinica. Prezentirani su zadaci koji se moraju izvršiti u okviru tehničkog obezbeđenja mobilizacije (u fazi pripreme i tokom sprovođenja) i ukazano na nužnost stvaranja određenih preduslova da bi se navedeni zadaci realizovali. Izneti su karakteristični problemi i ukazano je na puteve njihovog rešavanja.

Ključne reči: mobilizacija, ratna jedinica, upravljanje, planiranje, procena, plan, dokumenta.

TECHNICAL SUPPORT OF MOBILIZATION OF WAR UNITS

Summary:

In the article is displayed the organization of the process of technical support of mobilization of war units, with application of principles and logic of systemic approach. Presented are the tasks that have to be carried out within the frames of technical support of mobilization (in its preparation phase and in the course of its execution), and the necessity of creation of certain preconditions for the execution of these tasks is underlined. Characteristic problems have been reviewed and the directions of their solutions outlined.

Key words: mobilization, war unit, control, planning, estimate, plan, documents.

Uvod

Uspešno sprovedena mobilizacija jedan je od najvažnijih strateških ciljeva svake zemlje. Posebno je značajna za zemlje koje imaju malu dubinu državne teritorije, relativno male »gotove snage« i skromne mobilizacijske mogućnosti.

Analizirajući suštinu i značaj mobilizacije jasno je da se ona ne može izvesti bez uspešnog pozadinskog, a posebno tehničkog obezbeđenja.

Uspešno izvršenje mobilizacije podrazumeva obezbeđenje određenih

preduslova, odnosno usklađivanje faktora od kojih zavisi izvršenje mobilizacije, a posebno:

- usklađivanje i optimalan izbor lokacije mobilizacijskog zborišta (MZ) ratnih jedinica (RJ) u odnosu na teritoriju potencijalnog agresora,

- usklađivanje lokacije MZ sa rejonom borbene upotrebe ratnih jedinica i početnim operacijskim planom,

- usklađivanje lokacije MZ RJ sa lokacijom izvora popune (ljudstvom i materijalnim sredstvima),

- usklađivanje lokacije baziranja aktivnog (mirnodopskog) jezgra

RJ sa lokacijom skladišta ratnih rezervi (RR),

— usklađivanje lokacije baziranja aktivnog jezgra RJ, sa lokacijom MZ.

Ciljevi ovog rada su:

— da se ukaže na važnost i značaj mobilizacije RJ koju je nemoguće sprovesti bez kvalitetnog tehničkog obezbeđenja, i na osnovne preduslove koje treba stvoriti za uspešno sprovođenje tehničkog obezbeđenja mobilizacije RJ;

— da se, sa organizacijskog aspekta, na logici i načelima sistemskog pristupa, tehničko obezbeđenje mobilizacije sagleda kao proces i skup zadataka koje odgovorni subjekti treba da realizuju u ograničenom vremenu i na ograničenom prostoru;

— da se ukaže na uloge u kojima se mogu naći oficiri tehničke službe (TSl) u mobilizaciji;

— da se iznesu osnove planiranja tehničkog obezbeđenja mobilizacije i dokumenta koja regulišu rad pojedinih organa u mobilizaciji RJ.

Time će se olakšati rad subjekata koji se bave problematikom tehničkog obezbeđenja mobilizacije — posebno mladih oficira TSl, inicirati traženje rešenja određenih problema tehničkog obezbeđenja (TOb) mobilizacije s obzirom na njen državni značaj i unaprediti rešavanje problema iz ove oblasti.

Osnovu za uspešnu realizaciju tehničkog obezbeđenja mobilizacije čine:

— pripreme materijalnih rezervi (asortiman i količina), prema procenjenim potrebama i mogućnostima države;

— osposobljavanje i materijalno obezbeđenje mirnodopskog jezgra ratnih jedinica (profesionalni sastav);

— kvalitetni (realni) planovi koji regulišu tehničko obezbeđenje mobilizacije;

— pravilno raspoređivanje vojnih obveznika (uz uvažavanje osnovnog zanimanja i vojnoevidencione specijalnosti), selekcija i plansko i kvalitetno sprovođenje obuke rezervnog sastava za potrebe tehničke službe, praćenje zdravstvenog stanja i osposobljenosti — obučenosti rezervnog sastava za ratne dužnosti (saradnjom sa organima opština, vojnoteritorijalnim organima i neposredno),

— pravilno procenjena i obezbeđena finansijska sredstva za realizaciju zadataka koji su u funkciji tehničkog obezbeđenja mobilizacije.

Upravljanje tehničkim obezbeđenjem mobilizacije

Tehničkim obezbeđenjem mobilizacije ratnih jedinica treba da se stvore uslovi za formiranje ratnih jedinica po ratnoj formaciji, prelazak na ratne uslove rada i dostizanje visokog stepena spremnosti za vođenje rata. To se postiže izvršavanjem zadataka snabdevanja i održavanja TMS.

Da bi se tehničko obezbeđenje mobilizacije uspešno odvijalo potrebno ga je sagledati kao kibernetički sistem i proces upravljanja. U tom smislu, potrebno je sagledati cilj upravljanja, potciljeve i kriterijume (kvalitet upravljanja i mera za izbor najbolje upravljačke akcije).

Vrlo bitno je sagledati ograničenja koja utiču na širinu izbora upravljačkih akcija i odrediti politiku (skup pravila i principa u okviru kojih se odlučuje i planiraju akcije) i strategiju upravljanja (skup pravila u algoritamskom obliku koja se koriste u rešavanju upravljačkih zadataka i donošenju upravljačkih odluka).

Takođe, treba odrediti oblast dopustivog upravljanja (skup mogućih upravljačkih akcija u odnosu na uticaj ograničenja) i odrediti način obavljanja kontrole procesa.

Cilj upravljanja tehničkim obezbeđenjem mobilizacije RJ jeste obezbeđenje formiranja ratnih jedinica po ratnoj formaciji i dostizanje visokog stepena spremnosti za vođenje oružane borbe i kvalitetno izvršenje zadataka, u skladu sa određenim planovima koji regulišu tehničko obezbeđenje mobilizacije.

S obzirom na to da je tehničko obezbeđenje mobilizacije složen proces, neophodno je raščlaniti njegov opšti cilj na potciljeve, a potciljeve na elementarne potciljeve i tako formirati stablo potciljeva.

Zadatak upravljanja tehničkim obezbeđenjem mobilizacije RJ jeste prevođenje ratne jedinice iz mirnodopskog stanja i organizacije u ratno stanje i organizaciju.

Kriterijumi koji se moraju uzeti u obzir pri praćenju ostvarenja cilja su: vreme trajanja procesa i pojedinih njegovih etapa, obim angažovanja ljudskih i materijalnih resursa i utroška energije, kvalitet izvršenja ključnih aktivnosti i kvantitet izvršenja određenih aktivnosti u zadatom vremenu.

Sušтина procesa upravljanja tehničkim obezbeđenjem mobilizacije sastoji se u stalnom prikupljanju značajnih informacija o određenim pojavama i vrednostima određenih parametara, njihovoj obradi, donošenju odluka, izdavanju zadataka i kontroli kvaliteta izvršenja donetih odluka na bazi povratnih informacija.

Ponekad, s obzirom na ograničeno vreme trajanja mobilizacije, predviđeni (hronološki) redosled izvršenja zadataka i upravljačkih akcija (određen od strane eksperata) zbog hitnosti izvršenja zadataka mora se realizovati bez čekanja na povratne informacije.

Upravljački organi treba da na svom nivou sagledaju »punktove« realizacije značajnih aktivnosti TOB-a

mobilizacije, potrebe i način obrade informacija neophodnih za kvalitetno odlučivanje.

Pri tome treba uočiti dve vrste informacija koje cirkulišu u ciklusu upravljanja tehničkim obezbeđenjem mobilizacije: informacije direktne veze, koje idu od upravljačkog organa ka objektu upravljanja i informacije povratne veze, koje idu od objekta upravljanja ka upravljačkom organu.

Informacije potrebne za upravljanje tehničkim obezbeđenjem mobilizacije moraju biti određenog kvaliteta, što se manifestuje kroz njihovu preciznost, blagovremenost i potpunost.

Izvori informacija mogu biti ljudi i određeni dokumenti koji su oblikovani u skladu sa namenom.

Odluke moraju biti dobro zamišljene, precizno formulisane, razumljive, svrsishodne, sprovodljive, blagovremene i precizne.

Pod upravljanjem procesom mobilizacije podrazumeva se upravljanje rokovima, obimom i kvalitetom aktivnosti, troškovima i resursima.

Upravljanje se može obavljati na razne načine i primenom različitih metoda i tehnika. Postoji upravljanje prema ciljevima, izuzecima, rezultatima i sl. Efikasno upravljanje tehničkim obezbeđenjem mobilizacije zahteva adekvatne planove (i druga dokumenta kojima se detaljno regulišu zadaci, izvršioci, vreme, mesto, način realizacije i ostali elementi neophodni za kvalitetno izvršenje) i poznavanje odvijanja kompletnog procesa mobilizacije.

Za sada ne postoji jedinstvena metodika izrade planova koji regulišu TOB mobilizacije, zahtevaju dosta vremena za njihovu izradu, a rad na kontroli planova je otežan.

Prikladne tehnike, koje se u praksi koriste pri upravljanju složenim procesima, kao što je mobilizacija, jesu mrežno planiranje, gantogrami, di-

jagrami tokova i tabele odlučivanja, pošto su prilagođene perceptivnom sistemu čoveka (vizuelnoj komunikaciji), logici rasuđivanja i pružaju puno informacija.

Kontrola pripreme RJ za mobilizaciju i njenog sprovođenja, može se ostvariti na sledeće načine: neposrednim pregledom i kontrolom mobilizacijskih planova (dokumenata koja regulišu TOB mobilizacije), na osnovu izveštaja potčinjenih, na osnovu ličnog (neposrednog) uvida u stanje TMS i obučanost ljudstva (na smotrama i pregledima jedinica) i raspoređenih lica iz rezervnog sastava i materijalnih sredstava iz popisa, kombinacijom navedenih načina i izvođenjem probnih mobilizacijskih i mobilizacijsko-taktičkih vežbi.

Tehničko obezbeđenje mobilizacije

Tehničko obezbeđenje mobilizacije realizuje se kroz funkcije snabdevanja i održavanja TMS.

U skladu sa organizacijom rada na pripremi i realizaciji mobilizacije RJ, rad na TOB-u mobilizacije odvija se u dve faze:

— TOB mobilizacijskih priprema (obuhvata period u miru do prijema naređenja za mobilizaciju);

— TOB izvođenja mobilizacije (obuhvata period od momenta objavljivanja mobilizacije — prijema naređenja za mobilizacijsku uzbunu do formiranja ratne jedinice).

Organi TSI (upravni i izvršni) prilikom mobilizacije moraju paralelno da obavljaju dve grupe zadataka:

— obezbeđenje kvalitetne popune RJ tehničkim materijalnim sredstvima;

— formiranje jedinica tehničke službe po ratnoj formaciji (RF).

Tehničko obezbeđenje mobilizacijskih priprema

Ova aktivnost obuhvata:

1) planiranje, koje sadrži:

— procenu načina i obima mogućih dejstava protivnika,

— snimanje stanja »prostorije« po TOB-u,

— procenu efekata dejstva savremenih protivničkih sredstava na izvršenje mobilizacije,

— procenu zemljišnih i vremenskih uslova u kojima bi se mogla odvijati mobilizacija,

— uspostavljanje organizacije koja će omogućiti uspešno izvršenje zadataka,

— uspostavljanje najefikasnijeg načina rukovođenja,

— definisanje prethodnih mobilizacijskih mera iz domena TOB-a,

— usklađivanje prostornog razvoja regija sa potrebama nacionalne odbrane, tehničkim obezbeđenjem mobilizacije i borbenih dejstava,

— definisanje razvoja tehničke infrastrukture na teritoriji,

— obezbeđenje potrebnih resursa (radna snaga, MS, r/d, p/m i r/m, oprema, izgradnja objekata, uređenje prostorije, obuka),

— upoznavanje sa mobilizacijskim naređenjem pretpostavljene komande,

— pravilnu procenu i obezbeđenje finansijskih sredstava,

— upoznavanje sa materijalnom formacijom i propisima,

— izradu dokumenata (radna dokumenta i dokumenta Plana mobilizacije),

— popunu ljudstvom iz rezervnog sastava,

— organizaciju veza,

— upoznavanje starešina sa mobilizacijskim planom i zadacima,

— osposobljavanje i uvežbavanje ljudstva i ekipa za izvršenje mobilizacijskih zadataka,

— mere bezbednosti i samozaštite,

— praćenje zdravstvene spremnosti i stručne osposobljenosti kadrova TSl,

— kontrolu mobilizacijskih priprema po TOB-u i pružanje pomoći potčinjenima;

2) popunu RJ određenim vrstama i količinama TMS;

3) pripremu TMS za čuvanje u skladištima RR-a;

4) obezbeđenje potrebnih skladišnih kapaciteta za smeštaj TMS;

5) smeštaj, čuvanje, održavanje u fazi čuvanja i zadržavanje TMS;

6) sticanje uvida u stanje i kvalitet TMS;

7) kontrolu kvaliteta i ažurnosti mobilizacijskih planova (deo koji reguliše oblast TOB-a) i mogućnosti RJ da sprovedu sve potrebne aktivnosti u skladu sa izrađenim planovima.

Tehničko obezbeđenje izvođenja mobilizacije

Sve komande RJ sprovode TOB po planovima mobilizacije (Plan PoOb-a mobilizacije), prilagođavajući radnje i postupke konkretnoj situaciji, kako bi se planirani zadaci TOB-a izvršili organizovano i u što kraćem vremenu.

Gledano s funkcionalnog aspekta, organi TSl (upravni i izvršni) u mobilizaciji treba da obezbede:

— dekonzervaciju i aktiviranje TMS,

— kompletiranje TMS,

— izdavanje, preuzimanje i prenošenje TMS iz skladišta RR na mobilizacijsko zborište,

— popunu RJ materijalnim sredstvima po ratnoj formaciji, kriterijumima i normativima,

— završetak započetih radova na TMS koja su u vreme oglašavanja mobilizacije zatečena u tehničkim radionicama,

— punjenje i formiranje akumulatora,

— opravku i evakuaciju TMS koja otkažu u toku mobilizacije, angažovanjem privremenih pokretnih ekipa za opravku TMS,

— snabdevanje jedinica rezervnim delovima i pogonskim sredstvima u toku mobilizacije (iz mirnodopskih zaliha) do prelaska na ratni način snabdevanja,

— snabdevanje na MZ, motornih vozila iz popisa, pogonskim sredstvima,

— pregled i prijem TMS iz popisa i ljudstva iz rezervnog sastava za tehničke jedinice,

— formiranje jedinica za tehničko snabdevanje (TSn) i tehničko održavanje (TOd) po ratnoj formaciji (materijalno i kadrovsko obezbeđenje),

— predaju TMS mirnodopskih jedinica (nepripadajućih sredstava po RF), drugim tehničkim jedinicama, odnosno određenim vojnoteritorijalnim organima,

— raseljavanje rezervi TMS u poljska i druga skladišta.

Uspešna realizacija zadataka organa TSl u mobilizaciji umnogome zavisi od uspešnosti izvršenja zadataka brojnih subjekata (npr. organa SbSl, InSl), pa koordinaciji i logičkoj integraciji aktivnosti treba posvetiti posebnu pažnju.

Potencijalne uloge oficira TSl u pripremi i sprovođenju mobilizacije

Prilikom pripreme i sprovođenja mobilizacije oficiri TSl, mogu da se nađu u jednoj od sledećih uloga:

a) izvršioca mobilizacije ratne jedinice, pri čemu, u skladu sa određenim uputstvom i dokumentima, ra-

de na formiranju ratne jedinice po ratnoj formaciji.

Posebnu pažnju treba da posvete pozadinskom obezbeđenju koje obuhvata:

- popunu formacijskim sredstvima,

- dekonzervaciju i aktiviranje MS,

- ishranu ljudstva,

- sanitetsko obezbeđenje,

- veterinarsko obezbeđenje,

- protivpožarno i borbeno obezbeđenje (dežurstvo, straža, potrola).

Nakon izvršenja mobilizacije vrši se smotra jedinica, sastav upoznaje sa situacijom i izdaju konkretni zadaci. Ustrojava se i ažurira evidencija ljudstva, materijalnih sredstava i stoke, a određena dokumenta dostavlja ju pretpostavljenoj komandi;

b) rukovodioca u privremeno formiranim ekipama i sastavima (sekcija za prihvatanje ljudstva, sekcija za prijem MS i stoke iz popisa, privremene pokretne ekipe za opravku vozila);

c) izrađivača određenih dokumenata Mobilizacijskog plana;

d) lica koje, u sklopu svoje funkcionalne dužnosti, vrši pripreme za TOB mobilizacije;

e) lica koje kontroliše (u miru) pripreme za TOB mobilizacije RJ;

f) lica koje upravlja procesom TOB-a mobilizacije RJ (prema izrađenom podsetniku);

g) dežurnog organa koji prima naređenje za mobilizacijsku uzbunu, pri čemu:

- legitimise lica koje je naredilo mobilizaciju,

- uzbunjuje jedinice (vodeći računa o prioritetima),

- poziva starešine iz stalnog sastava i ljudstvo iz rezervnog sastava koji izvršavaju zadatke značajne za ratnu jedinicu,

- obezbeđuje izlazak jedinica iz kasarne na mesto za uzbunu (MU) iznoseći materijalna sredstva i municiju iz priručnih magacina,

- iznosi mobilizacijski i ratni plan na MU,

- poziva starešine angažovanjem kurira,

- saopštava naređenje o mobilizaciji,

- preduzima mere obezbeđenja borbenih dejstava (b/d),

- preduzima mere za formiranje jedinica po ratnoj formaciji.

Planiranje mobilizacije ratnih jedinica

Radi uspešne realizacije mobilizacije, potrebno je izvršiti kvalitetne procene, propisati nadležnosti i zadatke svih subjekata, predvideti određene postupke, obaviti pripreme, izraditi adekvatna dokumenta i planove. Nakon toga, sledi osposobljavanje i uvežbavanje svih subjekata za izvršenje zadataka u skladu sa razrađenim planovima.

Planiranjem mobilizacije moraju se obuhvatiti organizaciona, vremenska i prostorna dimenzija.

Osnov za planiranje mobilizacije RJ čine [3]:

1) zadaci komande (štaba, uprave) i RJ u mobilizaciji koji proizilaze iz plana upotrebe;

2) dokumenti primljeni od pretpostavljene komande — štaba:

- izvod iz mobilizacijskog razvoja i naredbe o organizacijsko-formacijskim i drugim promenama,

- izvodi iz mobilizacijske procene,

- zapovest za mobilizaciju,

- izvod iz plana mobilizacijske uzbune,

— izvod iz akta nadležnog starešine o odobravanju lokacije mobilizacijskog zborništa (MZ),

— plan popune licima iz rezervnog sastava i MS iz popisa,

— obaveštenje o eventualnoj popuni ljudstvom stalnog sastava i MS iz drugih jedinica, odnosno naređenja za upućivanje ljudstva i MS u druge RJ,

— naređenje za organizaciju komandovanja i veza,

— organizacijsko naređenje pretpostavljene komande za formiranje RJ;

3) izvod iz osnova Plana koordinacije priprema i izvršenja mobilizacije.

Kao proizvod planiranja mobilizacije javljaju se Planovi mobilizacije i zahtevi prema određenim subjektima. Planovima se konkretno regulišu mobilizacijski zadaci koje treba izvršiti od momenta prijema naređenja o mobilizaciji, pa do njenog završetka (ko, kada, kako, gde, kojim snagama i sredstvima).

Plan mobilizacije ratne jedinice sadrži i rešenja za odvijanje mobilizacije u najnepovoljnijim uslovima, naročito kada protivnik dejstvuje iz vazdušnog prostora, kada se očekuju dejstva u pozadini, koriste NHB sredstva, kada su ekstremno niske i visoke temperature, u vreme nepogoda i kada su visoki početni gubici u živoj sili i TMS.

Dokumenta plana moraju biti tako urađena da ih mogu koristiti i starešine koje nisu učestvovala u njihovoj izradi.

Sadržaj i obim mobilizacijskog plana zavisi od veličine, vrste i tipa mirnodopske i ratne jedinice.

Plan mobilizacije RJ (ranga puka — brigade) čine sledeća dokumenta [5]:

— *mobilizacijska procena* (analiza elemenata koji mogu uticati na pri-

preme i izvršenje mobilizacije, problemi i metodologija rada na proceni, zadaci i konkretna rešenja za izvršenje);

— *izvod iz mobilizacijskog razvoja*;

— *zapovest za mobilizaciju*;

— *plan mobilizacije RJ na topografskoj karti sa sledećim prilogima*:

— rasporedom jedinica na MZ za dva stepena niže,

— razmeštajem privremenih organa na MZ i njihov sastav,

— komandnim mestima pretpostavljene komande (kada je to moguće),

— komandnim mestima potčinjenih komandi,

— komandnim mestima susednih jedinica koja su od uticaja na mobilizaciju RJ,

— osnovnim elementima borbenog osiguranja,

— ratnim lokacijama određenih organa i organizacija teritorije,

— izvorima popune ljudstvom i MS po opštinama,

— objektima mirnodopske lokacije jedinica,

— skladištima ratnih materijalnih rezervi (RMR) i važnijim objektima infrastrukture pogodnim za pozadinsko obezbeđenje potčinjenih jedinica, s osloncem na mesne izvore snabdevanja.

Kao prilog Planu mobilizacije ratne jedinice, na karti se prikazuje [3]:

— pregled zadataka i angažovanja starešina komande, štaba i uprave u mobilizaciji,

— pregled pristizanja ljudstva u osnovne jedinice,

— pregled pristizanja materijalnih sredstava u osnovne jedinice,

— plan moralnog obezbeđenja,

— plan mera bezbednosti,

— plan borbenog osiguranja,

— plan veza i dr.

Pozadinsko obezbeđenje mobilizacije RJ reguliše se Zapovešću za izvršenje mobilizacije i Planom pozadinskog obezbeđenja mobilizacije koji sadrži:

- plan PoOb na karti odgovarajuće razmere,

- plan saobraćajnog obezbeđenja (SbOb),

- plan popune artikluma hrane, prostirkom, ogrevom i sredstvima za osvetljenje RJ,

- plan snabdevanja hlebom i mesom,

- plan obezbeđenja vode za piće,

- plan obezbeđenja InMS,

- pregled pristizanja MS u niže i osnovne jedinice,

- plan dekonzervacije i aktiviranja MS,

- plan izdavanja, preuzimanja i prenošenja MS iz skladišta RMR na mobilizacijsko zborište,

- plan rada privremenih pokretnih ekipa za opravku m/v.

Prilikom izrade Plana pozadinskog obezbeđenja mobilizacije, naročito dela koji reguliše tehničko obezbeđenje (TOB), moraju se uzeti u obzir ograničenja organizacione i tehnološke prirode.

Jedno od najvažnijih organizacionih ograničenja jeste vreme mobilizacije RJ koje je određeno mobilizacijskim razvojem.

Pod tehnološkim ograničenjima podrazumevaju se ona koja su uslovljena potrebama realizacije zadataka sa određenim resursima, na određenom prostoru i određenom vremenu.

Pri izradi mobilizacijskih planova RJ (ZTJ), često tehnološko ograničenje su skladišni objekti koji nisu standardni i nemaju potreban broj ulaza, odnosno utovarnih mesta.

Organi tehničke službe (TSl) treba da, optimalnom organizacijom rada, stvore uslove za realizaciju zadataka

taka iz domena svoje službe, u zadatom vremenu mobilizacije.

Vremenske norme trajanja određenih aktivnosti u mobilizaciji mogu se određivati: snimanjem, formulama, sistemom unapred određenih vremena i dr., uz stalno uvažavanje ograničenja da se mobilizacija mora sprovesti i u uslovima ekstremno nepovoljnog uticaja okruženja.

Dokumenti izvršioca zadataka u mobilizaciji

Svi dokumenti Plana mobilizacije izrađuju se za RJ kao celinu a određeni podaci, u potrebnom obimu, unose se u zapovesti i druga dokumenta namenjena za rad izvršilaca mobilizacije nižih i osnovnih jedinica, u podsetnike, uputstva i priloge namenjene za rad starešina pojedinih privremenih sastava i izvršilaca drugih zadataka u mobilizaciji.

Sve starešine, prema zadacima koje izvršavaju u mobilizaciji, obavezne su da poznaju sadržaj dokumenata koja će koristiti i budu osposobljeni da po njima rade.

Za *načelnika TSl* izrađuje se podsetnik sa priložima. On sadrži: plan dekonzervacije i aktiviranja MS, plan izdavanja, izuzimanja i prenošenja materijalnih sredstava iz skladišta RR na MZ, plan rada privremenih pokretnih ekipa za opravku vozila i šemu razmeštaja jedinica na MZ.

Za *komandanta pozadinskog bataljona (poz b)* izrađuje se: zapovest, podsetnik, šema razmeštaja jedinica na MZ, plan mobilizacije bataljona na topografskoj karti, spisak starešina i šema ratne organizacije bataljona;

Za *komandire jedinica službi* (komandiri osnovnih jedinica) radi se:

- zapovest,

- uputstvo za rad,

- jedinični i personalni kartoni vojnih obveznika,

— šema ratne organizacije jedinice koju formiraju,

— spisak vojnih lica (profesionalnih pripadnika VJ),

— šema rasporeda jedinica na MZ,

— šema rasporeda jedinice službe na MZ,

— izvod iz RF za jedinicu ili karton ratnog rasporeda i pripadajućih MS,

— planovi rasformiranja mirnodopskih jedinica.

Za *starešine privremenih sastava*, koji se formiraju u mobilizaciji, izrađuju se: uputstvo za rad, šema razmeštaja jedinica na MZ, izvod iz plana rada sekcije, grupe ili ekipe i spisak sredstava potrebnih za rad.

Za *starešinu sekcije za prihvatanje ljudstva* izrađuju se uputstvo, šema razmeštaja jedinica na MZ, spisak ljudstva sekcije, spisak sredstava potrebnih za rad sekcije i azbučna kartoteka lica iz rezervnog sastava.

Za *starešinu sekcije za prijem stoke i materijalnih sredstava iz popisa* izrađuju se: uputstvo, šema razmeštaja jedinica na MZ, spisak ljudstva sekcije i spisak materijalnih sredstava potrebnih za rad sekcije, kartoni za primljenu stoku i MS, priznanice za primljena MS i stoku iz popisa i brojevi pregled rasporeda stoke.

Za *starešinu grupe za dekonzervaciju i aktiviranje MS* izrađuje se: uputstvo i plan dekonzervacije, a za starešine pojedinih ekipa uputstvo za rad sa izvodima iz plana dekonzervacije i spisak ljudstva ekipe.

Za *starešinu grupe za izdavanje, izuzimanje i prenošenje MS iz skladišta RR na MZ*, izrađuje se uputstvo, plan izdavanja — preuzimanja i prenošenja MS iz skladišta RR na MZ, reversi u dva primerka i odobrenje za ulazak u objekte u kojima se nalaze sredstva, a za starešine pojedinih ekipa — uputstvo, izvod iz plana i spisak ljudstva ekipe.

Pravci daljeg usavršavanja tehničkog obezbeđenja mobilizacije ratnih jedinica

Na osnovu analize postojeće regulative za oblast tehničkog obezbeđenja mobilizacije, iskustava sa vežbi, provera mobilizacijske i borbene gotovosti, i ratnih dejstava, pravci daljeg rada na usavršavanju tehničkog obezbeđenja mobilizacije mogli bi biti:

— razrada jedinstvene metodike, sveobuhvatne mobilizacijske procene uslova u kojima bi se odvijala mobilizacija, modaliteti uticaja određenih faktora (protivnik, vreme, zemljište, vlastite snage) i ograničenja, i zahtevi koji iz toga proizilaze;

— iznalaženje optimalnih rešenja za realizaciju tehničkog obezbeđenja mobilizacije RJ u uslovima upotrebe NHB sredstava i savremenih konvencionalnih sredstava velike razorne moći,

— iznalaženje optimalnog načina provere mobilizacijske spremnosti RJ po TOB-u, sa težištem na češćoj proveri praktične osposobljenosti izvršilaca određenih zadataka;

— iznalaženje optimalnog načina popune RJ ljudstvom i materijalnim sredstvima iz popisa;

— dogradnja TOB mobilizacije RJ za slučaj eksteritorijalne mobilizacije i upotrebe RJ na lokacijama koje su udaljene od mirnodopskih rejonu lociranja jedinica, uz prethodno obavljen marš;

— dogradnja TOB mobilizacije jedinica u pograničnim rejonima, jer se time doprinosi očuvanju celokupnog ratnog potencijala zemlje,

— kritička analiza forme, sadržaja i obima postojećih dokumenata,

— intenziviranje osposobljavanja i uvežbavanja za izvršenje zadataka,

— iznalaženje načina za veći uticaj RJ na usklađivanje prostornog

razvoja regija sa potrebama nacionalne odbrane, posebno sa aspekta PoOb-a i TOB-a,

— intenziviranje saradnje RJ sa vojnoteritorijalnim organima, a posebno sa organima civilne vlasti, radi stvaranja što boljih uslova za TOB mobilizacije RJ;

— pretpostavljene komande (korpusi i armije), treba da posvete veću pažnju koordinaciji aktivnosti RJ i određenih subjekata na teritoriji, usmerenih na stvaranje preduslova za uspešno PoOb i TOB mobilizacije, kao i da intenziviraju stvaranje određenih privremenih sastava u mobilizaciji, korišćenjem resursa teritorije, koji bi u mobilizaciji pružali ispomoć RJ;

— razvoj organizacijske kulture i stvaranje uslova za prihvatanje novog načina razmišljanja i rada u rešavanju problema mobilizacije,

— rad na razvoju ekspertskog sistema, za podršku PoOb-a i TOB-a mobilizacije.

Zaključak

Tehničko obezbeđenje mobilizacije RJ vrlo je složen i, sa aspekta nacionalne bezbednosti, značajan proces za čije je uspešno odvijanje neophod-

no realizovati brojne zadatke u periodu pripreme za mobilizaciju, i u toku njenog sprovođenja. Izvršenje ovih zadataka zahteva stvaranje određenih preduslova i angažovanje materijalnih, finansijskih i drugih resursa.

Rad organa TSl u toku mobilizacije u tesnoj je vezi sa radom brojnih subjekata, pa koordinaciji aktivnosti treba posvetiti posebnu pažnju.

Uslov za uspešno odvijanje TOB-a mobilizacije jeste kvalitetno upravljanje ovim procesom, na osnovu odgovarajućih planova.

Radi unapređenja planiranja TOB-a mobilizacije neophodno je razraditi jedinstven način izrade planova (dokumenata) koji regulišu ovu oblast, jer se time stvara osnova za automatizaciju planiranja TOB-a mobilizacije, olakšava rad organima koji rešavaju ove probleme i organima koji kontrolišu ispravnost mobilizacijskih dokumenata i time dobija dragoceno vreme neophodno za rad organa TSl na drugim zadacima.

U sklopu transformacije Vojske Jugoslavije, na osnovu analize stanja postojećeg sistema mobilizacije, uvažavanja iskustava iz ratnih sukoba i određenih rešenja u savremenim armijama, posebnu pažnju treba posvetiti dogradnji sistema mobilizacije.

Literatura:

- [1] Grupa autora: Rukovođenje i komandovanje — udžbenik za vojne akademije, VIZ, Beograd, 1983.
- [2] Maksić, R.: Tehničko obezbeđenje mobilizacije (lekcija), CVTS Kov JNA, Zagreb, 1984.
- [3] Pozadinsko obezbeđenje mobilizacije ratnih jedinica, tema A-32, CVVS, Beograd, 1983.

- [4] Andrejić, M.: Tehničko obezbeđenje mobilizacije (lekcija), CVVS VJ — VTA VJ, Beograd, 1985.
- [5] Pravilo o mobilizaciji Vojske Jugoslavije, GS VJ, Beograd, 1984.

Dr Slobodan Vukićević,
profesor, dipl. inž.
Mr Momčilo Miljuš,
dipl. inž.

OPTIMIZACIJA STRUKTURE OBJEKATA NOVOG SKLADIŠTA ZA ZADATU KOLIČINU UBOJNIH SREDSTAVA

Rezime:

U okviru tehnološkog projektovanja skladišnih kompleksa za smeštaj ubojnih sredstava (UbS) značajan problem predstavlja izbor najpovoljnije strukture objekta. Problem smeštaja je složen zbog mogućnosti korišćenja velikog broja objekata, asortimana UbS, načina slaganja različitih UbS u različitim objektima, dileme da li skladištenje treba obavljati paletizovano ili ne, širokog spektra potencijalne mehanizacije za manipulaciju i direktne povezanosti mehanizacije i načina slaganja u objektima.

Ključne reči: ubojna sredstva, objekti za skladištenje, skladišni procesi, optimalna struktura objekata.

OPTIMIZATION OF STRUCTURE OF OBJECTS OF A NEW STORE FOR A GIVEN QUANTITY OF MUNITIONS

Summary:

Within the frames of the technological design of storehouse complexes for storing munitions a significant matter is the choice of the most optimal structure of the object. The problem of storing is complex because of the possibility of utilization of considerable number of objects, of the assortment of munitions, of the manners of storing different munitions in different objects, of the dilemma of whether the storing should be effected by palletization or in some other manners, of a wide spectrum of available mechanization for manipulation with munitions, and of the direct relationship between the mechanization and the manners of storing munitions in the objects.

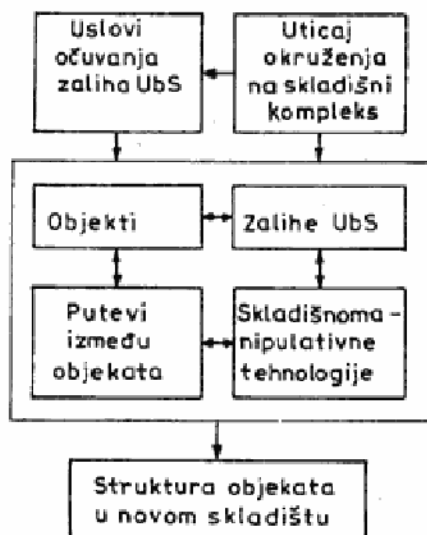
Key words: munitions, storing objects, storing processes, optimal structure of objects.

Uvod

Skladišna funkcija, u okviru logističkih procesa sa UbS, ima poseban značaj, jer predstavlja fazu sa najvećom koncentracijom eksplozivnih materija. U okviru skladišnih procesa sa UbS se realizuje niz aktivnosti prema potrebama jedinica, karakteristikama sredstava, i dr., pri čemu je primarni cilj smeštaj i očuvanje kvantiteta i kvaliteta UbS u različitim us-

lovima, uz odgovarajući nivo bezbednosti. Postizanje ovog cilja može se ostvariti isključivo kroz tehnološko projektovanje svakog konkretnog skladišnog kompleksa. Pri tome izbor najpovoljnije strukture objekata za smeštaj zadate količine UbS predstavlja najznačajniji deo tehnološkog projekta. Prikaz osnovnih elemenata koji utiču na strukturu objekata u novom skladištu, predstavljenih na slici 1, u-

kazuje na složenost zadatka koji zahteva niz proračuna i međusobno usaglašavanje velikog broja često divergentnih relevantnih veličina.



Sl. 1 — Odnos elemenata pri definisanju strukture objekata u novom skladištu

Da bi se ovaj zadatak ispunio realizovana su istraživanja vezana za oblast skladišno-manipulativnih procesa sa UbS, koja su obuhvatila:

- klasifikaciju UbS prema sličnosti karaktera opasnosti,
- razvoj tipskih objekata koji omogućavaju očuvanje zaliha u konkretnim uslovima funkcionisanja skladišta,
- razvoj tipičnih koncepcija realizacije skladišno-manipulativnih procesa;
- mogućnost lociranja skladišnih objekata, uz respektovanje njihovih međusobnih uticaja i uticaja okruženja,
- razvoj matematičkog modela za definisanje optimalne strukture objekata u novom skladištu, za zadate ulazne veličine.

Klasifikacija ubojnih sredstava

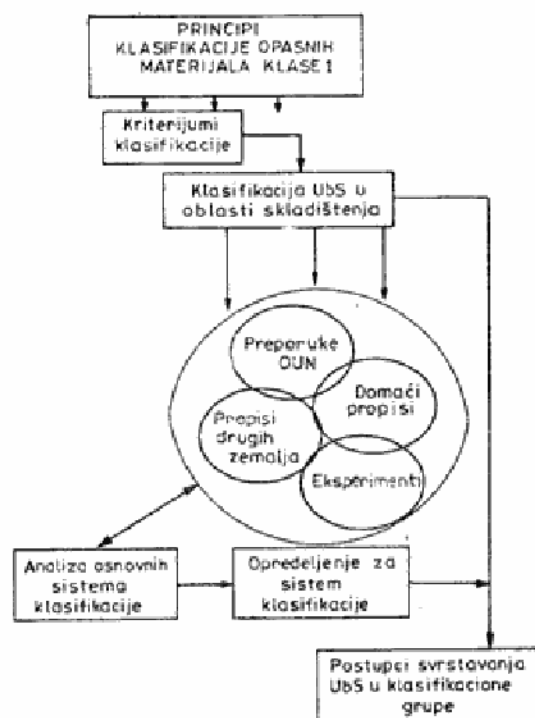
Praktična primena odgovarajućih mera zaštite, s obzirom na veliki asortiman UbS i vrste njihovog dejstva pri iniciranju, u praksi je neizvodljiva bez adekvatne klasifikacije kojom se definišu podskupovi sredstava sa sličnim osobinama. Klasifikacija UbS predstavlja jednu od pretpostavki koju je neophodno realizovati pri definisanju odgovarajućih aktivnosti radi zaštite objekata i okruženja od dejstva iniciranog UbS u skladišnom objektu. To podrazumeva precizno definisanje relevantnih karakteristika UbS, uslova pod kojima može doći do njihovog iniciranja i načina na koji se ono manifestuje. Klasifikacija predstavlja osnovni preduslov primene zaštitnih mera koje se moraju sprovesti kako bi se neželjeni efekti iniciranja UbS u objektima eliminisali ili doveli do prihvatljivog nivoa. Takođe, predstavlja jednu od osnovnih pretpostavki za racionalno projektovanje, gradnju i rekonstrukciju skladišnih kompleksa.

U našoj važećoj regulativi, sva UbS su svrstana u jednu grupu opasnosti, sa četiri grupe kompatibilnosti sa aspekta skladištenja. Sa druge strane, u svetu se razvijala regulativa iz oblasti rada sa opasnim materijama, koja je rezultirala usvajanjem odgovarajućih preporuka za njihovu klasifikaciju koje donose UN. Te preporuke predstavljaju polaznu i najznačajniju osnovu pri rešavanju problema u radu sa opasnim materijama. Kada su u pitanju artikli klase 1 principi sprovođenja ove klasifikacije prikazani su na slici 2.

Prema najnovijim preporukama UN, za opasne materije klase 1 (eksplozivne materije u koje spadaju i UbS) predviđena je klasifikacija sa dva aspekta:

- prema vrsti i stepenu opasnosti pojedinih artikala — na šest grupa opasnosti (označenih sa 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5 i 1.6),

— prema kompatibilnosti sa drugim artiklima pri skladištenju — trinaest grupa kompatibilnosti¹⁾ (označenih sa A, B, C, D, E, F, G, H, J, K, L, N i S).



Sl. 2 — Principi klasifikacije opasnih materija

U praksi se susreću situacije kada ova klasifikacija nije dovoljna za konačnu odluku o formiranju homogenih grupa sa aspekta skladištenja, već je potrebno obaviti dodatne analize sa aspekta ponašanja UbS, naročito kada se zahteva određeni oblik pakovanja.

Grupa opasnosti²⁾ kojoj pripada ju UbS smeštena u objektu, odnosno efekat eksplozije (pored građevinsko-

¹⁾ U prethodnim preporukama egzistiralo je 5 grupa opasnosti i dvanaest grupa kompatibilnosti, što ukazuje na neophodnost permanentnog praćenja i inoviranja odgovarajuće regulative iz ove oblasti.

²⁾ Značaj navedene klasifikacije UbS, sa ciljem homogenizacije sa aspekta vrste, stepena opasnosti i kompatibilnosti inicirao je razvoj odgovarajućeg softvera i adekvatne baze podataka, čime su ostvareni uslovi za racionalizaciju projektovanja skladišta.

-tehničkih karakteristika objekata), merodavna je veličina za proračun bezbednosnih rastojanja³⁾ između skladišnih objekata. Prema klasifikaciji UN *merodavne opasnosti*, prema grupi opasnosti artikala UbS su:

— 1.1, 1.5 i 1.6 — udarni talas usled detonacije u masi;

— 1.2 — razletanje parčadi ali ne i opasnost od detonacije u masi;

— 1.3 — intenzivan požar, bez opasnosti detonacije u masi;

— 1.4 — slab požar.

Posebno značajan aspekt za UbS predstavlja kompatibilnost artikala pri skladištenju, jer postoje situacije u kojima pojedina UbS, kada se nađu pored nekih drugih, mogu da predstavljaju znatno veću opasnost nego pojedinačno. Za praktičnu primenu kompatibilnosti raznih artikala formira se matrica kompatibilnosti koja se daje u vidu tabele (tabela 1), pri čemu su kompatibilne grupe označene sa trinaest velikih slova latinice.

Rezultat analiza dovodi do dalje dehomogenizacije sa aspekta uslova za nastanak eksplozije i njenih efekata, a time i definisanja merodavne grupe opasnosti za mešavinu artikala. Zbog toga je kod UbS potrebno obaviti više analiza njihovog ponašanja u slučaju incidenta, što, kao rezultat, može da inicira dalju dehomogenizaciju predstavljene klasifikacije.

Razvoj tipskih objekata za skladištenje ubojnih sredstava

Realizacija zahteva skladištenja ostvaruje se primenom objekata koji svojim karakteristikama treba da ostvare željene uslove za očuvanje kvaliteta UbS, i realizaciju ostalih skladišnih procesa na željenom nivou. Objek-

³⁾ Bezbednosno rastojanje u ovom slučaju ima prvenstvenu ulogu da spreči prenos akcenta sa jednog skladišnog objekta na susjedni, odnosno da osigura željeni nivo bezbednosti u skladištu i okruženju.

Matrica skladišne kompatibilnosti UbS

	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	N	S
A	X	Z											Z
B	Z	X											X
C			X	Z	Z		Z						X
D			Z	X	X								X
E			Z	X	X								X
F						X							X
G			Z				X						X
H								X					X
J									X				X
K										X			
L													
N													
S	Z	X	X	X	X	X	X	X	X				X

X — dozvoljeno mešanje

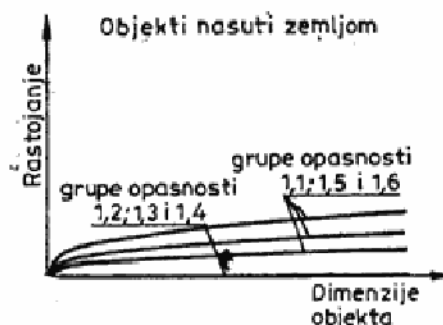
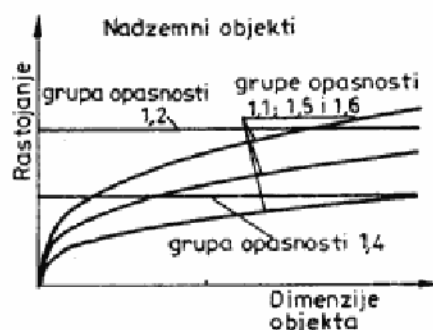
Z — dozvoljeno mešanje samo ako je neophodno

ti mogu biti različitih veličina i tipova, a pri projektovanju novih skladišta primenjuju se:

- nadzemni objekti (S-objekti),
- objekti natkriveni (nasuti) zemljom (U-objekti),
- ukopani objekti,
- podzemni objekti.

Različite vrste objekata pružaju različit nivo bezbednosti zaliha u njima, kao i nivo ugroženosti okruženja pri iniciranju UbS u objektu. U tehnološkom projektovanju veoma je važno respektovati uticaj odnosa tipa objekta, grupe opasnosti smeštenih UbS i bezbednosnog rastojanja. Sprovedena istraživanja predstavljena su dijagramima na slici 3, i ukazuju na sledeće:

- nadzemni objekti veoma su nepogodni za skladištenje UbS grupe 1.2, jer potrebna bezbednosna rastojanja ne zavise od količine zaliha nego od karakteristika UbS;



Sl. 3 — Povezanost bezbednosnih rastojanja, grupa opasnosti i tipa objekta za smeštaj UbS

— rastojanja za UbS iz grupe 1.1 znatno su veća kod nadzemnih objekata;

— bezbednosna rastojanja pri skladištenju UbS grupe 1.2, 1.3 i 1.4 u objektima nasutim zemljom i ukopanim objektima teoretski su jednaka nuli. Razmak koji se primenjuje između objekata rezultat je analiza očekivanog vatrenog dejstva, odnosno tolike udaljenosti između objekata da predstavljaju nezavisne ciljeve.

Dalja istraživanja vezana za pogodnost skladištenja UbS iz pojedinih grupa opasnosti u tipičnim objektima, ukazala su na to da ne treba skladištiti UbS iz grupe 1.3 u podzemnim objektima.

Treba napomenuti da odnosi tipa objekta, vrste opasnosti i kapaciteta objekata značajno utiču na tehnološko projektovanje skladišta, pošto bezbednosna rastojanja između objekata definišu i dužinu potrebnih saobraćajnica koje povezuju skladišne objekte u kompleksu.

Tipične koncepcije realizacije skladišno-manipulativnih procesa

Efikasno funkcionisanje skladišnih procesa, pored smeštaja i očuvanja zaliha, zahteva i adekvatan nivo realizacije prijemnih, pretovarnih i otpremnih radova. Za njihovu realizaciju važne su tri karakteristične zone:

— pretovarna zona, sa ciljem da se na njoj realizuje istovar-utovar vozila koja dopremaju-otpremaju UbS iz objekta,

— saobraćajnice,

— skladišna zona — zona odlaganja i čuvanja zaliha.

Svaka od ovih zona ima određene specifičnosti što, pored međusobne povezanosti zahteva prilaze velike nosivosti, ili da se deo ovih procesa realizuje preko odvojenih prijemno-pretovarnih punktova.

Za ilustraciju ovog problema može poslužiti karakterističan primer postojećih pretovarnih platoa koji su predviđeni za manipulativne procese ispred svakog objekta. Njihove dimenzije proistekle su iz zahteva da se najvećim vozilima spoljnog transporta omogućí prilaz objektu, kao i prilaz viljuškarom vozilu sa obe strane. Međutim, pri tome se izgubilo iz vida da takva platforma, locirana između čeonih strana objekta i zaštitnog nasipa predstavlja odličnu metu i povećava verovatnoću uništenja objekta pri napadu.

Koncepcija prilaza svih vrsta vozila svakom objektu, uz zahtev za njihovim horizontalnim postavljanjem na platformi za pretovar, drastično je otežala uklapanje objekata u lokaciju i često uslovljavala njihova veća razdvajanja od potrebnih bezbednosnih rastojanja. Uslovi za unutrašnje saobraćajnice postali su stroži od uslova koji za ista vozila važe na javnim komunikacijama. Sve to dovodilo je do značajnog poskupljenja gradnje skladišnih kompleksa, a praktičan zahtev za bilo kakvim maskiranjem objekta doveden je do apsurd.

Da bi se ovi problemi mogli rešiti, analiziran je veliki broj tehnoloških koncepcija, uz pokušaj da se manipulativni procesi što više uproste, saobraćajnice učine kraćim i jeftinijim, a da se pri tome svi procesi u skladištu mogu obaviti sa željenim stepenom sigurnosti, pri čemu je pažnja posvećena i mogućnosti boljeg maskiranja objekata. Pri tome se vodilo računa o:

— velikom asortimanu UbS koji se povećava vremenom,

— različitom nivou paletizacije zaliha UbS, odnosno pojavnim obliku skladišno-manipulativnih jedinica,

— različitosti objekata koji se mogu primeniti, i varijanti slaganja zaliha, kako sa aspekta rasporeda i oblika skladišne zone, tako i pojava oblika zaliha UbS koji time utiču na kapacitet objekata,

— različitim tehničko-eksploatacijskim karakteristikama vozila koja se mogu naći u pretovarnoj zoni,

— velikom spektru potencijalnih sredstava mehanizacije za pretovarno-skladišne manipulacije potencijalnih pojavnih oblika jedinica UbS, načina slaganja i vrsta vozila,

— očuvanju željenog nivoa bezbednosti objekta.

Lociranje skladišnih objekata

Pri lociranju skladišnih objekata za UbS potrebno je ispoštovati sledeće osnovne principe:

— UbS moraju biti raspoređena u objektima koji su na takvom rastojanju da incident u jednom objektu ne sme inicirati eksploziju u nekom drugom objektu u skladišnom kompleksu. To se realizuje primenom bezbednosnih rastojanja (a_k) koja zavise od tipa objekta (j) u kojem su uskladištena UbS (grupe opasnosti k), njihove količine (q_k), kao i tip ugroženog objekta u kompleksu;

— iniciranje sadržaja u bilo kom objektu ne sme izazvati nedozvoljene posledice u okruženju skladišnog kompleksa (putevi, stambena naselja, škole, elektro i ostala postrojenja, i dr.);

— više skladišnih objekata po mogućnosti ne treba raspoređivati u liniju, kako ne bi predstavljali uzastopne ciljeve u slučaju napada iz vazdušnog prostora;

— raspored objekata treba da bude usaglašen sa primenjenom koncepcijom skladišno-manipulativnih procesa u objektima i kompleksu.

Kada rastojanje između dva objekata sa UbS treba da bude veće, svrsishodno je raspoređivati ih u prostoru po grupama objekata koji zahtevaju približno isto rastojanje.

Takođe, mora se naglasiti da su u do sada važećem projektovanju najveće greške pravljene u bezbednosnim ra-

stojanjima kod U-objekata što ih je često isključivalo. Pri tome se misli na činjenicu da se za klase 1.2 i 1.4 sabirao čist eksploziv i redukovani barut na eksploziv, pa se sa tim zbirom ulazilo u proračun bezbednosnih rastojanja na udarni talas. Rezultat ovakvog prilaza su nepotrebno velika razdvajanja U-objekata koji se koriste za skladištenje UbS klase 1.2 i 1.4. Kod klase 1.1 i 1.5 uočena je greška u koeficijentu za oko 2,5 puta, koja je uslovlila razdvajanje U-objekata u kojima se smeštaju UbS ovih klasa, na oko 2,5 puta veća bezbednosna rastojanja i time ih činilo neinteresantnim.

Razvoj modela za definisanje optimalne strukture objekata

Zadatak projektovanja novog skladišta u prvom koraku svodi se na problem optimalne strukture objekata (po tipovima i broju), koji će na najpovoljniji način omogućiti smeštaj predviđenih količina i strukture UbS u konkretnim uslovima. Osnovna dilema pri definisanju strukture objekata je:

— smeštaj zadate količine homogene grupe UbS u jedan objekat ili manji broj objekata većeg kapaciteta. To je rešenje koje zahteva najmanje investicija. Međutim, u slučaju da dođe do uništenja objekta, šteta će biti izuzetno velika;

— primena većeg broja manjih objekata za homogene grupe UbS, čime se obezbeđuje veća sigurnost zaliha, ali i povećavaju investicije. Ovo povećanje rezultat je porasta cene objekata i saobraćajne infrastrukture. Pri tome se bezbednosna rastojanja, u odnosu na okruženje, smanjuju.

U slučaju dve krajnosti — jednog objekta i ekstremno velikog broja objekata za istu homogenu grupu UbS, između njih se nalazi optimalan broj objekata. Zbog toga je očigledna potreba za optimizacijom strukture objekata u skladišnom kompleksu.

Za utvrđivanje optimalnog rešenja razvijen je matematički model baziran na metodi linearnog programiranja. Njegovim korišćenjem dobija se optimalna struktura skladišnih objekata, a kriterijum optimizacije (funkcije cilja) jeste minimizacija troškova, odnosno zbira:

— investicionog ulaganja u objekte, saobraćajnice i platforme,

— vrednosti uništenih objekata i zaliha UbS pri spontanoj destrukciji u miru,

— vrednosti uništenih objekata i zaliha UbS pri napadu na skladišni kompleks u ratu.

Optimalno rešenje sastoji se u iznalaženju vrednosti promenljivih X_{kj} — broja objekata j-te vrste za smeštaj

k-te homogene grupe UbS, za koje funkcija cilja ima minimalnu vrednost. Razvoj ovako utvrđene funkcije cilja prikazan je na slici 4.

Prema navedenim ulaznim veličinama, funkcija cilja dobija oblik

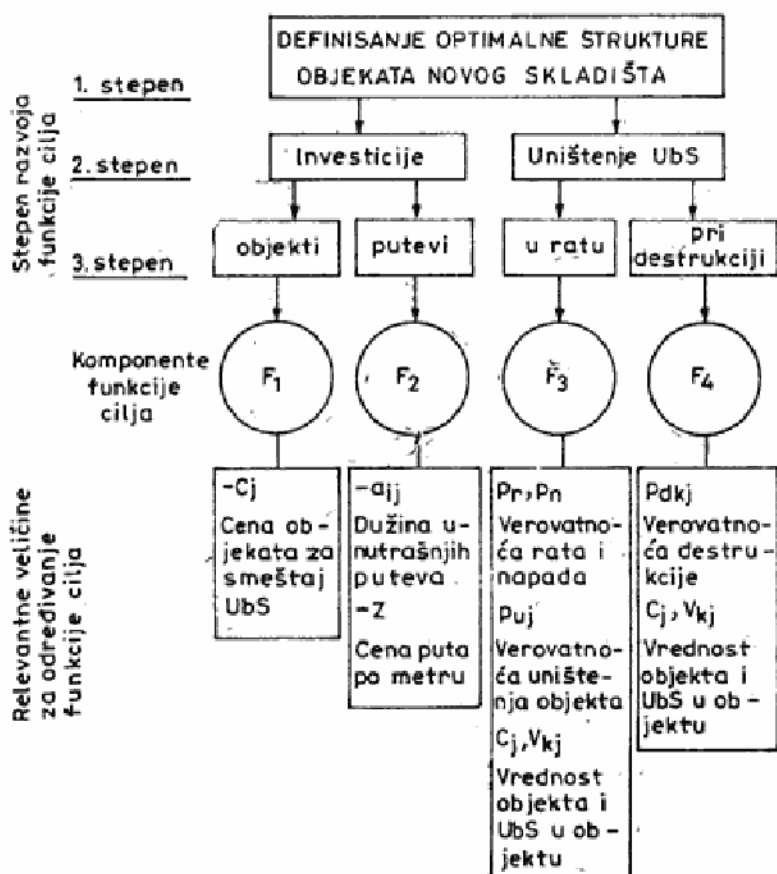
$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 \rightarrow \min, \quad (1)$$

uz ograničenja koja se moraju zadovoljiti u konkretnom zadatku skladišta, i to:

— mora se smestiti predviđen asortiman i količina UbS;

— mora se ispoštovati ograničenje ukupne investicione sume;

— mora se očuvati zahtevana količina UbS u slučaju merodavnog napada.



Sl. 4 — Razvoj funkcije cilja

Prvi član funkcije cilja (F_1) obuhvata investicionu sumu za izgradnju skladišnih objekata, odnosno:

$$F_1 = \sum_k \sum_j C_j \cdot X_{kj} \quad (2)$$

gde je:

C_j — cena objekta j-tog tipa,

X_{kj} — broj objekata j-tog tipa za smeštaj k-te homogene grupe UbS.

Drugi član (F_2) predstavlja iznos investicija u saobraćajnice, uz aproksimaciju da su putevi između objekata jednaki merodavnom bezbednosnom rastojanju a_{kj} (prema grupi opasnosti uskladištenih UbS i tipu objekta):

$$F_2 = Z \cdot \sum_k \sum_j a_{kj} \cdot X_{kj} \quad (3)$$

gde je:

Z — jedinačna cena po dužnom metru saobraćajnice,

a_{kj} — bezbednosno rastojanje između objekata j-tog tipa sa k-tom grupom UbS.

Sledeći članovi funkcije cilja kvantifikuju uticaj eventualnih šteta, odnosno uništenja UbS.

Treći član funkcije cilja (F_3) kvantifikuje vrednost uništenih UbS i objekata pri napadu. Da bi se ova vrednost, kao posledica neizvesnog događaja, sabrala sa investicionom sumom, mora se množiti sa verovatnoćom rata u merodavnom periodu, verovatnoćom napada na skladište uz respektovanje verovatnoće uništenja pojedinih objekata pri različitim vrstama borbenih dejstava. Zbog toga se proračun verovatnoće uništenja izvodi primenom totalne verovatnoće, a ovaj član funkcije cilja je:

$$F_3 = p_r \cdot p_n \sum_k \sum_j p_{uj} \cdot (k_j + C_j) \cdot X_{kj} \quad (4)$$

gde je:

p_r, p_n — verovatnoća rata i verovatnoća napada na skladište,

p_{uj} — totalna verovatnoća uništenja j-tog objekta pri merodavnom napadu,

V_{kj} — vrednost smeštenih UbS k-te grupe u objektu tipa j.

Četvrti član funkcije cilja (F_4) definiše vrednost uništenog sadržaja i objekta, pri spontanoj destrukciji u miru. Kvantifikacija se pri tome realizuje uvođenjem verovatnoće da će u merodavnom periodu doći do spontane destrukcije:

$$F_4 = \sum_k \sum_j p_{dkj} \cdot (V_{kj} + C_{kj}) \cdot X_{kj} \quad (5)$$

gde je:

p_{dkj} — verovatnoća destrukcije UbS k-te grupe u j-tom tipu objekta.

Ograničenja koja su prisutna pri projektovanju ovakvih kompleksa mogu se definisati sledećim relacijama:

1. — smeštaj zadate količine UbS:

$$\sum_k \sum_j q_{kj} \cdot X_{kj} \geq Q \quad (6)$$

gde je:

q_{kj} — kapacitet j-tog tipa objekta za k-tu grupu UbS, uz respektovanje pojavnog oblika jedinica, metode slaganja i realizacije ostalih skladišno manipulativnih procesa,

Q — zadata količina UbS koja treba da se skladišti u kompleksu;

2. — ograničenje investicione sume za obuhvaćene elemente novog skladišta (I):

$$\sum_k \sum_j (C_j + Z \cdot a_{kj}) \leq I \quad (7)$$

3. — ograničenje uništenja, odnosno očuvanje zahtevane količine UbS k-te grupe u slučaju napada:

$$p_r \cdot p_n \sum_j p_{ukj} \cdot q_{kj} \leq K_k \cdot Q_k \quad (8)$$

gde je:

p_r, p_n — verovatnoća rata i verovatnoća napada na skladište,

p_{ukj} — totalna verovatnoća uništenja k-te grupe UbS u objektu tipa j,

- K_k — maksimalni koeficijent gubitaka k-te grupe UbS,
- Q_k — predviđena količina k-te grupe UbS za skladištenje.

Prema razvijenoj funkciji cilja i definisanim ograničenjima može se uočiti da se radi o celobrojnem linearnom programiranju, za koje postoje razvijeni odgovarajući računarski programi. Međutim, predstavljeni oblik problema optimizacije ne isključuje primenu klasičnog linearnog programiranja, posebno kada se uzme u obzir činjenica da ukupna količina UbS, koja treba da se smesti u objekte, nije precizno definisana, odnosno podložna je promenama tokom vremena. U takvim situacijama, rezultate dobijene klasičnim linearnim programiranjem moguće je korigovati zaokruživanjem decimalnog broja objekata na odgovarajuću veću ili manju celobrojnju vrednost (uz logičku proveru takvih vrednosti).

Vrlo interesantni rezultati dobijaju se kada se isključi ograničenje veza-
no za investicionu sumu, pa je dopušteno njeno slobodno formiranje, a varira se intenzitet merodavnog napada na skladišni kompleks iz vazdušnog prostora. Logično je da će jači intenzitet napada rezultirati većim brojem manjih objekata, a time i većom investicionom sumom, čime je otvoren prostor i za optimizaciju protivvazdušne odbrane kompleksa. Zbog toga je za isto očuvanje UbS od napada iz vazdušnog prostora moguće odlučiti da li je bolje ulagati u bezbedniju strukturu objekata ili u protivvazdušnu odbranu koja će sa manje bezbednom strukturom objekata, uz smanjenje merodavnog napada, rezultirati istom količinom raspoloživih UbS.

Optimizacija strukture objekata novog skladišta

Adekvatno prethodnim razmatranjima, proces optimizacije strukture objekata novog skladišta UbS nameće realizaciju sledećih koraka:

- identifikaciju artikala UbS koje treba uskladištiti, njihov pojavni oblik, način pakovanja i ostale relevantne parametre;

- tačno klasifikovanje svih artikala i određivanje merodavnih homogenih grupa sa aspekta zajedničkog skladištenja u objektu;

- definisanje primenljivih — potencijalnih tipova objekata za skladištenje i njihovih merodavnih kapaciteta za usvojene pojavne oblike artikala, načine slaganja i definisanu koncepciju skladišno-manipulativnih procesa, kao i utvrđivanje odgovarajućih bezbednosnih rastojanja za elemente okruženja;

- utvrđivanje relevantnih parametara primene modela za određivanje optimalne strukture objekata, uz respektovanje zahteva i ograničenja;

- korišćenje modela za varijantne skupove ulaznih veličina;

- analizu izlaznih rezultata i ukla-
panje objekata u raspoloživu lokaciju.

Zaključak

Neophodno je napomenuti da primena modela zahteva značajne aktivnosti radi definisanja merodavnih vrednosti svih navedenih ulaznih veličina. U praksi, problemi vezani za ove aktivnosti doticali su politiku korišćenja skladišnih objekata, način proračuna bezbednosnih rastojanja između objekata, izbor potencijalnih tipova skladišnih objekata, usaglašavanje oko pojedinih koeficijenata i verovatnoća, i dr. Posebno značajna dilema, kako za definisanje optimalne strukture objekata, tako i za njihovu dalju eksploataciju, bila je vezana za pitanje da li sa aspekta bezbednosti treba projektovati univerzalne objekte u koje može da se smesti sva količina UbS ili namenske objekte za pojedine grupe UbS.

Namensko projektovanje objekata za određenu grupu artikala podrazumeva i definisanje bezbednosnog rastojanja. To nameće pitanje univerzalnosti primene, odnosno specijalizovanje skla-

dišnih objekata, pošto unapred zadato bezbednosno rastojanje direktno utiče na vrstu i količinu UbS koja se može skladištiti. Zbog toga će objekti biti u potpunosti iskorišćeni samo u slučaju da u dužem periodu ne dođe do promene strukture UbS u odnosu na projektovano stanje. Pri tome, težnja da se sva UbS mogu smestiti u sve objekte dovodi kod manje opasnih artikala do primene nepotrebno velikih bezbednosnih rastojanja, a time i do većih ulaganja u saobraćajnice.

Takođe, i u oblasti potencijalnih objekata za skladištenje došlo je do bitnih promena. Upoređenjem investicija neophodnih za izgradnju tipskih nadzemnih objekata, objekata nasutih zemljom ili ukopanih objekata došlo se (uz uzimanje u obzir troškova izgradnje, pristupnih saobraćajnica, zaštitnih na-

sipa, i dr.) do zaključka da su S-objekti znatno skuplji po toni smeštenih UbS, sa znatno lošijim uslovima čuvanja i zaštite zaliha. Radi toga se ovom pitanju mora posvetiti posebna pažnja u konkretnim projektnim zadacima izgradnje novih skladišta.

Razvijeni model za optimizaciju strukture skladišnih objekata, odnosno njegovi izlazni rezultati, mogu znatno uticati na donošenje odluke o vrednovanju potencijalnih lokacija skladišnih kompleksa. Kroz višestruku primenu modela, sa korigovanjem ulaznih veličina u zavisnosti od uslova lokacije (prilagođenost tipskih objekata, verovatnoće napada i uništenja, potencijalnih pravaca napada, itd.) dobija se baza podataka koja je merodavna za konačan izbor lokacije skladišnog kompleksa.

Literatura:

- [1] Grupa autora: Tehnološki projekat EC-84, TU SSNO, Beograd, 1983.
- [2] Vukićević, S.: Modeliranje optimalne strukture objekata za skladištenje opasnih materija, Savetovanje — Opasne materije i preventiva, Beograd, 1994.

- [3] Tatković, V., Perišić, P., Poštić, P.: Pitanje klasifikacije materija i artikala klase I i dođeljivanje UN koda, Savetovanje — Opasne materije i preventiva, Beograd, 1994.

Mr Srđa Primus,
dipl. inž.

ELEMENTI INTEGRALNOG TEHNIČKOG OBEZBEĐENJA I NJIHOVE KARAKTERISTIKE

Rezime:

U ovom radu opisani su elementi i karakteristike integralnog tehničkog obezbeđenja (ITOb-a) o kojima treba voditi računa prilikom nabavke gotovih sistema naoružanja i vojne opreme (NVO) na tržištu. Zbog toga su prvo navedeni svi elementi, date njihove definicije i prikazana međusobna povezanost i uslovljenost u obezbeđenju odgovarajućeg stepena radne i borbene gotovosti. Uz svaku karakteristiku dato je obrazloženje iz kojeg se može sagledati zbog čega je važno blagovremeno saznati i precizirati njenu stvarnu vrednost.

Ključne reči: integralno tehničko obezbeđenje (ITOb), pogodnost za održavanje, pouzdanost, radna gotovost, sistem održavanja.

ELEMENTS OF INTEGRAL TECHNICAL SUPPORT AND THEIR CHARACTERISTICS

Summary:

In the article are described elements and characteristics of integral technical support that have to be kept in mind when complete armament and military equipment are purchased. Therefore are first listed all these elements, their definitions are given, and their interconnection and interrelationship in securing the wanted level of their working and combat readiness are reviewed. With each of these characteristics is given an explanation from which can be seen the necessity of the timely grasping and precisely establishing its real value.

Key words: integral technical support, viability of integral technical support, reliability of integral technical support, readiness for junction of integral technical support, system of maintaining the integral technical support.

Uvod

Sve karakteristike nekog sredstva ili sistema mogu se svrstati u tri velike grupe.

U prvu grupu spadaju karakteristike koje definišu funkcionalnost, odnosno sve ono zbog čega se sredstvo nabavlja. One se obično navode u perspektivama i drugoj literaturi sredstava ili sistema.

Drugu grupu čine karakteristike koje iskazuju koliko konstrukciona rešenja proizvoda utiču na zaštitu čoveka i okoline. U njih spadaju već ranije poznate karakteristike zaštite na radu, i druge koje navode stepen ugroženosti, ali i zaštite ljudi i okoline. Ova grupa karakteristika uskoro će biti obrađena u internacionalnim standardima ekološke zaštite, koji će propisati veličine ovih karakteristika koje moraju imati proizvodi na međunarodnom tržištu.

Poslednjom grupom karakteristika obuhvaćene su one koje omogućavaju sagledavanje i određivanje očekivane vrednosti radne gotovosti (ili raspoloživosti), za koju su već dosta dugo zainteresovani veliki korisnici složenih tehničkih sistema (vojska, elektroprivreda, železnica, velike vazduhoplovne kompanije, pošta i slično). Pri tome se pod radnom gotovošću podrazumeva verovatnoća da će proizvod, u trenutku potrebe, biti spreman i sposoban za rad, (iskazuje se i meri procentualnim odnosom između broja trenutno ispravnih i broja ukupno nabavljenih sredstava).

Ova poslednja grupa dalje se deli na više skupova međusobno srodnih karakteristika koje određuju osobine sredstva, kao što su pouzdanost, pogodnost za održavanje i prilagođenost mogućnostima korisnika, kao i osobine elemenata podrške koje isporučuje proizvođač. Pod elementima podrške podrazumeva se sve ono što isporučuje proizvođač radi obezbeđenja besprekornog rada i održavanja nabavljenog sredstva ili sistema.

Elementi ITOb-a su skupovi karakteristika nabavljenog proizvoda i elemenata njihove podrške, odnosno skupovi koji omogućavaju procenu očekivanog stepena ispravnosti (radne i borbene gotovosti) sredstva ili sistema, kao i sagledavanje problema eksploatacije i održavanja ispravnosti.

Elementi integralnog tehničkog obezbeđenja

U elemente ITOb-a spadaju:

- pouzdanost,
- pogodnost za održavanje,
- prilagođenost za korišćenje standardizovanih vrsta goriva, maziva, municije ili izvora električne energije,

— prilagođenost proizvoda mogućnostima korisnika (uklapanje u postojeći sistem eksploatacije i održavanja),

— dokumentacija za održavanje,

— individualni i grupni kompleti rezervnih delova, alata i pribora (RAP),

— oprema za održavanje i ispitna oprema,

— rezervni delovi za održavanje,

— početna obuka kadrova predviđenih za održavanje ili nastavnika koji bi osposobljavali kadrove za održavanje.

Pouzdanost je sposobnost proizvoda da obavlja zahtevanu funkciju u konkretnim i definisanim uslovima, načinu eksploatacije i održavanja. Izražava se verovatnoćom da će sredstvo biti funkcionalno ispravno u zadanom periodu.

Pogodnost za održavanje je prilagođenost proizvoda za jednostavno i brzo preventivno i korektivno održavanje koje bi realizovali za to osposobljeni kadrovi, uz korišćenje propisane remontne opreme i dokumentacije. Iskazuje se vrednostima karakteristika kao što su: pogodnost za opravku što bliže mestu korišćenja, srednje vreme realizacije radnji preventivnog održavanja (koje se, prema preporukama proizvođača, moraju obaviti posle određenog vremenskog perioda) i srednje ili maksimalno vreme opravki (posebno za nivo lakog, srednjeg i generalnog remonta).

Treba napomenuti da, pored navedenih karakteristika postoje i kvalitativne karakteristike pogodnosti za održavanje. One predstavljaju skup zahteva za projektovanje i razvoj konstrukcionog rešenja koje je posebno pogodno za održavanje (npr. dobra pristupačnost, jednostavnost montaže, demonta-

že i zamene delova, jednostavnost podešavanja, mogućnost automatske indikacije sklopa koji je izazvao otkaz, i sl.). Njihovim zadovoljenjem ostvaruju se željene vrednosti navedenih karakteristika.

Uklapanje proizvoda u organizacijsko-formacijska rešenja i uslove postojećeg sistema održavanja je stepen usaglašenosti uslova i načina održavanja koje preporučuje proizvođač (uslovljeni su konstrukcionim rešenjem ponuđenog proizvoda) sa uslovima i načinom održavanja koje može da obezbedi kupac. Ako postoje velike razlike između preporučenih i mogućih uslova i načina održavanja, sigurno je da ne može odgovarati ni dokumentacija u kojoj je proizvođač propisao razrađene postupke održavanja, niti mogu biti realne deklarisanе vrednosti pouzdanosti i pogodnosti za održavanje (date su pod pretpostavkom da se eksploatacija i održavanje vrše u uslovima i na način koje je proizvođač predvideo).

Određivanje stepena usaglašenosti vrši se poređenjem preporučenih uslova i načina održavanja od proizvođača, sa istim karakteristikama postojećeg sistema održavanja. Poređenjem se, prvenstveno, želi ustanoviti da li postoje veće razlike između:

- broja nivoa održavanja,
- kvalifikacione strukture radne snage,
- iskustva i uvežbanosti radne snage (npr. da li se predviđa da određene radnje vrše samo stalno zaposleni stručnjaci, odnosno profesionalci),
- dubine remontnog zahvata,
- uslova koji moraju vladati u prostoru u kojem se vrši održavanje (npr. minimalne varijacije temperature, zaštićenost od elektromagnetnih smetnji, da vazduh bude suv i bez prašine, da u njemu postoje kranovi, instalacija sa komprimovanim vazduhom i slično).

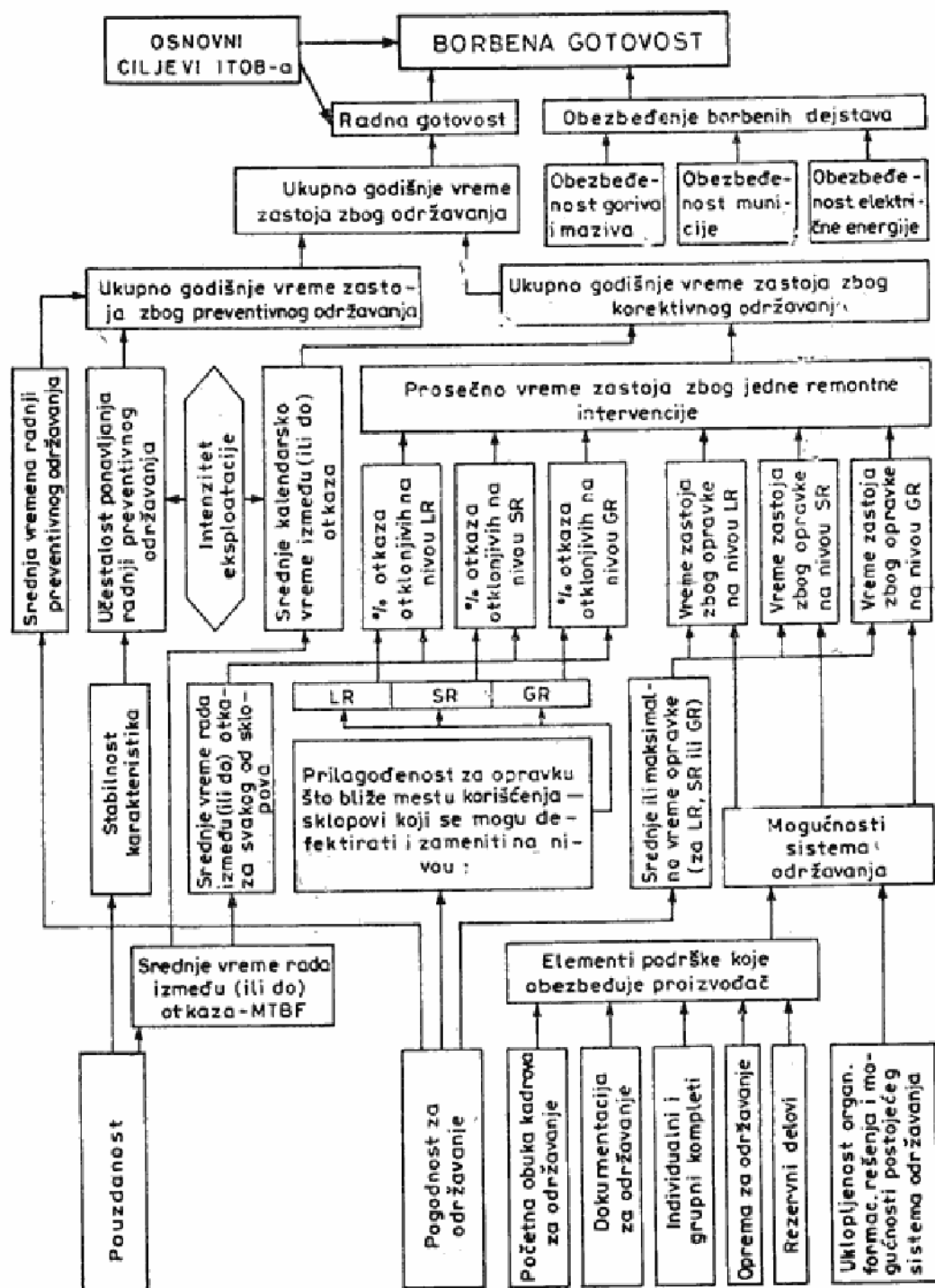
Ako su ove razlike velike za nivo osnovnog i trupnog održavanja koji se realizuju u jedinici korisnika, onda je najpogodnije odustati od nabavke takvog proizvoda. S druge strane, mogu se tolerisati manje razlike na nivou radio-ničkog i prilično velike neusklađenosti na nivou zavodskog održavanja (generalnog remonta).

Prilagođenost za korišćenje standardizovanih i usvojenih vrsta goriva, maziva, municije ili izvora električne energije je sposobnost proizvoda da u svom radu isključivo (ili samo u slučaju nužde) koristi postojeće i već ranije stvorene resurse pogonskih sredstava i ostalih prethodno nabavljenih proizvoda. Treba istaći da se ovom prilagođenošću ne obezbeđuje veći stepen radne, nego borbene gotovosti nabavljenog proizvoda. Zbog toga se gorivo, municija i električna energija obično zbirno nazivaju borbenim potrebama ili energijom boja.

Dokumentacija za održavanje obuhvata sva znanja i informacije koje treba da usvoje ili da se na njih podsete stručnjaci zaduženi za održavanje i remont. Pored štampanog materijala mogu je sačinjavati mikrofilmovi, video-filmovi, diskete i kompakt diskovi.

Individualni i grupni kompleti rezervnih delova, alata i pribora (RAP) namenjeni su za osnovno održavanje sredstava, odnosno održavanje koje izvodi korisnik (rukovalac). Pri tome se rezervni delovi i potrošni materijal iz kompleta zamenjuju u toku održavanja, dok se alatom, priborom (eventualno i zaštitnom opremom) realizuju radovi održavanja.

Individualni komplet predviđa se za proizvode koji će se samo u jednom primerku dodeliti jedinici, a grupni komplet za sredstva koja će u istoj jedinici biti u većem broju komada.



Povezanost elemenata ITOB-a

Iako je osnovno održavanje problem eksploatacije (obavlja ga rukovatelj ili poslugar), ono sprečava pogoršanje pouzdanosti koje bi dovelo do povećanja broja otkaza sredstva. Zbog toga je za sistem održavanja veoma važno da li se i kako vrši osnovno održavanje proizvoda koje je nemoguće realizovati bez postojećeg individualnog ili grupnog kompleta RAP.

Oprema za održavanje i ispitna oprema jeste skup svih nedostajućih opštih ili za konkretan proizvod namenski razvijenih alata, pribora, pomoćnih uređaja ili mernih sredstava, neophodnih za održavanje, manipulaciju i skladištenje.

Rezervni delovi su elementi, podsklopovi, sklopovi, delovi pribora i agregati potrebni za formiranje ratnih rezervi i mirnodopskih zaliha. Prilikom razmatranja ovog elementa ITOb-a ne ocenjuje se kvalitet delova (koji mora biti ocenjen u okviru razmatranja kvaliteta ponuđenog proizvoda) nego utvrđuje sposobnost isporučioaca da na pravilan način proračuna i predloži odgovarajuće ratne rezerve i mirnodopske zalihe (kako za popunu trupnog, tako i viših ešalona) i obezbedi odgovarajuće pakovanje i označavanje ovih delova. U okviru ovog razmatranja proverava se da li je ponuđač spreman i sposoban da garantuje i ostvari dugogodišnju isporuku rezervnih delova.

Početna obuka je proces prenošenja i usvajanja novih znanja i veština kojima se kadrovi, predviđeni za održavanje i remont određenog proizvoda, osposobljavaju za obavljanje ovog zadatka. Zahtevima u pogledu obuke prvenstveno se žele sagledati sposobnost i opremljenost izvođača da kvalitetno i u okviru određenog vremena izvede sve potrebne vrste obuke.

Povoljan stepen radne i borbene gotovosti ostvaruje se zadovoljenjem

karakteristika elemenata ITOb-a, što je prikazano na slici.

Može se uočiti da su elementi ITOb-a polazna osnova za sagledavanje i proračun ukupnog godišnjeg vremena zastoja sredstva, zbog održavanja, iz kojeg se neposredno može sagledati ostvarivi stepen radne gotovosti.

Takođe, može se videti da se postizanje konačnog cilja (željenog stepena radne gotovosti) može ostvariti različitim kombinacijama vrednosti karakteristika elemenata ITOb-a, odnosno razumnim kompromisom vrednosti ovih karakteristika. Pri tome, treba naglasiti da ostvarenje željene radne gotovosti najviše zavisi od pouzdanosti, prilagođenosti za opravku što bliže mestu korišćenja, odnosno karakteristike pogodnosti za održavanje posebno značajne za radnu gotovost, od mogućnosti sistema održavanja i ostalih karakteristika pogodnosti za održavanje.

Prilikom donošenja odluke o nabavci nekog gotovog proizvoda prvenstvena pažnja treba da se usmeri na njegovu pouzdanost i prilagođenost za opravku što bliže mestu korišćenja. Prvu od ovih karakteristika morao bi deklarirati svaki solidniji proizvođač, a druga se može lako sagledati proučavanjem njegove remontne dokumentacije i pokušajem rada po ovoj dokumentaciji.

Karakteristike integralnog tehničkog obezbeđenja

Kadar uključen u problematiku razvoja ili nabavke sredstava ili sistema NVO uglavnom poznaje elemente ITOb-a, ali, samo mali broj stručnjaka je upoznat i sa karakteristikama ovih elemenata. Zbog toga su definisane najbitnije karakteristike i navedeni razlozi zbog kojih ih treba poznavati, ocenjivati i proveravati (tabela).

Element ITOb-a	Karakteristika	Definicija	Potreba za definisanjem karakteristike
1	2	3	4
Pouzdanost	Srednje vreme rada između otkaza softvera.	Prosečno vreme rada između dva otkaza za sredstva ili sistema (za sredstva sa eksponencijalnom raspodelom otkaza) ili prosečno vreme rada do trenutka kada je nastupio otkaz (za sredstva sa Vejbulovom raspodelom otkaza).	Osnovni i razumljivi pokazatelj pouzdanosti sredstava i sistema višekratne upotrebe.
	Relevantnost otkaza.	Relevantan otkaz je onaj koji se uzima u obzir pri definisanju srednjeg vremena između (ili do) otkaza.	Bez jasne definicije otkaza, koji se uzima u obzir prilikom određivanja brojne vrednosti srednjeg vremena rada između (ili do) otkaza, ne može se oceniti ni vrednost podataka o deklariranoj dužini ovog srednjeg vremena. Zbog toga se mora precizirati može li biti otkaza pojedinih sastavnih delova koji se neće računati kao otkaz sredstva ili sistema. U tom pogledu npr. treba reći hoće li se otkazom sredstva računati otkaz nekog sastavnog dela koji ne prekida, nego samo pogoršava uslove njegovog rada, ili da li će se otkazom sredstva smatrati totalan otkaz nekog njegovog redundantnog sklopa.
	Prosečan broj ispaljenih metaka do otkaza.	Prosečan broj ispaljenih metaka nakon kojega je došlo do otkaza streljačkih ili artiljerijskih sredstava NVO ili preteranog rasturanja njihovih pogodaka.	Osnovni pokazatelj pouzdanosti streljačkog i artiljerijskog naoružanja.
	Verovatnoća uspešnog rada.	Odnos između broja projektila, mina ili ručnih bombi koji su na željeni način izvršili svoj zadatak, i broja ispaljenih ili lansiranih projektila, mina ili bačenih ručnih bombi.	Osnovni pokazatelj pouzdanosti municije i MES.
	Stabilnost karakteristika sastavnih delova, zaštitnih prevlaka ili premaza.	Otpornost na postepenu vremensku degradaciju deklariranih karakteristika. Propisuje se ili proverava kao dužina vremenskog perioda u kojem vrednost karakteristika koje degradiraju još neće izći iz dozvoljenih granica. Iskazuje se putem većeg broja parametara od kojih jedni određuju periodičnost vrše-	Što je ova stabilnost manja, češće će nastupati osetno pogoršanje pouzdanosti koje se može otклонiti, vršenjem povremenih podčavanja i podmazivanja ili sistematskom zamenom, zbog degradacije fizičko-hemijskih karakteristika, dotrajalih delova ili ponovnim obnavljanjem dotrajalih prevlaka i premaza što je, po pravilu, vezano sa većim utrošcima vremena i novčanih sredstava.

1	2	3	4
		nja različitih radnji preventivnog održavanja, a drugi definišu stabilnost delova izrađenih od materijala koji u toku vremena menjaju svoje fizičko-hemijske karakteristike ili trajnost zaštitnih prevlaka i premaza.	
	Srednje vreme rada između otkaza softvera.	Prosečno vreme rada između dva otkaza za softvera.	Ako se određene funkcije sistema NVO ostvaruju putem softvera, onda otkaz softvera dovodi i do otkaza rada kompletnog sistema. Zbog toga je srednje vreme rada između dva otkaza softvera veoma važna karakteristika koja je ekvivalentna srednjem vremenu rada između (ili do) otkaza hardvera sredstva.
Pouzdanost	Vek trajanja.	Period koji započinje nabavkom proizvoda a završava njegovim rashodovanjem zbog dotrajlosti većine delova ili neprihvatljivog povećanja troškova eksploatacije.	Iz ovog podatka može se sagledati postoji li mogućnost rentabilnog i dugotrajnog korišćenja sredstva ili sistema, što je veoma korisna informacija za donošenje konačne odluke o izboru najpovoljnijeg proizvođača.
	Vreme prethodne razrade pod opterećenjem.	Vreme prethodne razrade nije karakteristika pouzdanosti. Međutim, prethodnom razradom se povećava pouzdanost i smanjuje broj reklamacija zbog toga što u okviru ove razrade protekne veći deo perioda ranih otkaza u kom su, po pravilu, otkazi mnogo češći nego u toku dalje eksploatacije. Pored toga, prethodnom razradom se usklađuju manja nepravilnoća međusobnog naleganja taručnih površina.	Podatak da li se i koliko dugo neki sistem ili njegovo sredstvo podvrgava specifičanom režimu prethodne razrade, omogućava procenu hoće li, posle njegovog puštanja u rad, doći do većeg broja ranih otkaza i reklamacija, odnosno procenu realnosti podatka o deklarisanjima vrednosti pouzdanosti.
Pogodnost za održavanje	Konstrukciona prilagođenost za otklanjanje otkaza u jedinici korisnika.	Procentualni odnos između broja sklopova čiji se otkazi mogu utvrditi i otkloniti u jedinici korisnika (zamenom i opravkom neispravnog sklopa), i ukupnog broja sklopova nekog sredstva ili sistema NVO.	Karakteristike pogodnosti za održavanje koje najviše utiču na konačnu vrednost radne gotovosti. Na ukupno vreme nemogućnosti korišćenja sredstva najviše utiče dugo zadržavanje na opravci u radionici SR (obično jednu ili više nedelja) i na GR (obično jedan ili više meseci). Zbog toga, kon-
	Konstrukciona neprikladnost za otklanjanje otkaza u radionici srednjeg remonta.	Procentualni odnos između broja sklopova zbog čije se neispravnosti sredstvo mora poslati na generalni remont i ukupnog broja sklopova konkretnog sredstva.	

1	2	3	4
Pogodnost za održavanje	Konstrukciona neprikladnost za otklanjanje otkaza u jedinici ili radionici srednjeg remonta. Ukupno vreme koje se mora utrošiti na preventivno održavanje sredstva ili sistema — u toku jednogodišnje eksploatacije, — u toku petogodišnjeg skladištenja.	Procentualni odnos između broja sklopova zbog čije se neispravnosti sredstvo mora poslati na opravku u radionicu srednjeg remonta, i ukupnog broja sklopova konkretnog sredstva. Ukupno vreme, prema preporukama proizvođača treba utrošiti na preventivno održavanje eksploatisanog sredstva ili sistema. Pri tome se pod preventivnim održavanjem podrazumeva sklop up predviđenih radnji koje se vrše sa ciljem da spreče pogoršavanje ili povećaju već narušenu pouzdanost sredstva. To su kontrolni pregledi, podmazivanja, podešavanja, čišćenja osetljivih i teško pristupačnih elemenata, zamenjena teže pristupačnih akumulatora, baterija i dotrajalih delova, kao i obnova dotrajalih premaza za zaštitu i konzervaciju. Prosečno ili maksimalno dozvoljeno vreme otklanjanja jednog otkaza (koje obuhvata rasklapanje, defektaciju, skidanje i zamenu neispravnih elemenata, podešavanje, proveru ispravnosti opremljenog sredstva i sklapanje) — u jedinici korisnika (na licu mesta, pod nadstrešnicom ili u pokretnoj radionici), — u stacionarnoj ili pokretnoj radionici srednjeg remonta, — u remontnom zavodu ili kod proizvođača. Prosečno ili maksimalno dozvoljeno vreme otklanjanja jednog otkaza softvera.	strukciono rešenje koje omogućuje da se svi, ili veliki procenat ukupnih otkaza, otkloni u jedinici korisnika, drastično smanjuje prosečno vreme trajanja neispravnosti, čime se obezbeđuje i veoma visok procenat radne gotovosti sistema NVO. Ako je ponudeno sredstvo ili sistem pogodan za preventivno održavanje na njemu ne treba vršiti radnje preventivnog održavanja ili za vršenje tih radnji treba utrošiti srazmerno kratko vreme, što, istovremeno, znači da se radnje mogu obaviti sa malim brojem mehaničara, odnosno sa malim utroškom novčanih sredstava. Informacija o preporučenom vremenu preventivnog održavanja predstavlja: — podatak neophodan za proračun broja ljudi potrebnih za održavanje eksploatisanih sistema, — osnovni podatak za proračun broja ljudi i iznosa novčanih sredstava potrebnih za održavanje uskladištenih sistema. Ako je neko sredstvo ili sistem pogodan za reaktivno održavanje, odnosno otklanjanje nastalih otkaza, radnje opravke mogu se izvršiti za srazmerno kratko vreme. Informacija o srednjem ili maksimalnom vremenu otklanjanja jednog otkaza predstavlja jedan od najbitnijih podataka — za proračun broja ljudi potrebnih za opravke koje se mogu izvršiti u jedinici korisnika, — za proračun broja ljudi potrebnih za opravke koje se moraju obavljati u radionici srednjeg remonta, — za proračun novčanih troškova generalnog remonta ili remonta kod proizvođača. Za sredstva ili sisteme koji jedan deo svojih funkcija ostvaruju putem softvera ovo je karakteristika koja je ekvivalentna srednjem ili maksimalnom vremenu otklanjanja jednog otkaza.
	Srednje ili maksimalno vreme otklanjanja jednog otkaza (hardvera) — u jedinici korisnika, — u radionici srednjeg remonta, — u remontnom zavodu ili kod proizvođača. Srednje ili maksimalno vreme otklanjanja jednog otkaza softvera — regeneracijom sadržaja softvera, — opravkom softvera.		

1	2	3	4
Prilagodnost sredstva mogućnostima korisnika (uklapanje u organizacijsko-formacijske mogućnosti postojećeg sistema održavanja)	Broj nivoa održavanja.	Nivo održavanja je horizontalna organizacijsko-formacijska i tehničko-tehnološka struktura sačinjena od većeg broja jedinica i/ili ustanova TSl, koje imaju približno istu nadležnost i mogućnosti održavanja. Nivoi održavanja su hijerarhijski rangirani i podređeni različitim nivoima komandovanja.	Kod nas postoje četiri nivoa održavanja: — osnovni — realizuje ga rukovalac, posada ili posluga sredstva ili sistema NVO, — trupni — realizuje ga tehnički kadar iz sastava jedinice korisnika, — radionički — vrši se u stacionarnim ili pokretnim radionicama srednjeg remonta, — zavodski — realizuje se u tehničkom remontnom zavodu ili kod proizvođača. Ako ponuđač predviđa da je za održavanje pokretnog proizvoda potrebno više od četiri nivoa održavanja, onda je pitanje hoće li se oni moći realizovati.
Kvalifikaciona struktura radne snage.	Pod kvalifikacionom strukturom radne snage se podrazumevaju — specijalnost — odnosno struka, — školska osposobljenost (inženjer, tehničar, VKV, KV ili NKV radnik).	Kod ponuđača predviđa da radove trupnog ili radioničkog (ali i osnovnog) nivoa održavanja izvode kadrovi nepostojjećih specijalnosti ili veoma visoke školske spremne, onda se postavlja pitanje hoće li se moći obezbediti održavanje ponuđenog proizvoda.	Ako ponuđač predviđa da radove trupnog ili radioničkog (ali i osnovnog) nivoa održavanja izvode kadrovi nepostojjećih specijalnosti ili veoma visoke školske spremne, onda se postavlja pitanje hoće li se moći obezbediti održavanje ponuđenog proizvoda.
Radno iskustvo i uvežbanost.	Radno iskustvo je stepen asimilacije i usvajanja znanja neophodnih za rešavanje određenog problema. Uvežbanost je osposobljenost za automatsko i nepogrešivo obavljanje potrebnih radnji. Podrazumeva se da najbolje radno iskustvo imaju profesionalci (stalno zaposlena radna snaga) koji godinama rade isti posao. Uvežbanost se može poboljšati putem intenzivnog dopunskog obučavanja i treniranja u realizaciji određenih radnji. Za uvežbanost je presudna dužina potrebnog vremenskog perioda obučavanja.	Radno iskustvo je stepen asimilacije i usvajanja znanja neophodnih za rešavanje određenog problema. Uvežbanost je osposobljenost za automatsko i nepogrešivo obavljanje potrebnih radnji. Podrazumeva se da najbolje radno iskustvo imaju profesionalci (stalno zaposlena radna snaga) koji godinama rade isti posao. Uvežbanost se može poboljšati putem intenzivnog dopunskog obučavanja i treniranja u realizaciji određenih radnji. Za uvežbanost je presudna dužina potrebnog vremenskog perioda obučavanja.	Prema vojnim propisima ograničen je ukupan broj stalno zaposlene radne snage. Drugom vrstom ovih propisa regulisani su broj meseci i časova obuke u tehničkim nastavnim bataljonima gde se vojnici osposobljavaju za održavanje određene grupacije sredstava i sistema NVO. Ako je za održavanje ponuđenog proizvoda potrebno povećanje ukupnog broja profesionalaca ili povećanje dužine obuke u tehničkim nastavnim bataljonima, mora se razmotriti mogućnost realizacije ili odustati od nabavke.
Dubina remontnog zahvata.	Skup radnji za koje mora biti osposobljen određeni nivo održavanja. Pri naj-	Ova karakteristika ograničava mogućnosti postojjećeg sistema održavanja, koji neće odgovarati pro-	Ova karakteristika ograničava mogućnosti postojjećeg sistema održavanja, koji neće odgovarati pro-

1	2	3	4
Prilagodbenost sredstva mogućnostima korisnika (uklapanje u organizacijsko-formacijske mogućnosti postojećeg sistema održavanja)		većoj dubini remontnog zahvata, opravka se vrši pronalaženjem i zamenom neispravnog sastavnog dela. Pri manjim dubinama, opravka se može vršiti de-fektacijom i zamenom podsklopa, sklopa ili agregata u kom se nalazi neispravni deo. Dubina remontnog zahvata je ograničena — znanjem ljudi angažovanih na održavanju, — raspoloživom remontnom opremom, dokumentacijom i rezervnim delovima, — najdužim dozvoljenim vremenom trajanja radova. Ovo ograničenje je bitno zbog toga što taktičke jedinice često menjaju svoj položaj, pa se ne sme predviđati da se u njima realizuju radnje održavanja koje traju duže od 2 h.	izvodu za čije se niske nivoe održavanja predviđa velika dubina održavanja ili posebno povoljni uslovi u kojima se ono mora izvoditi. Za kupca je veoma važno da ove činjenice sazna pre donošenja konačne odluke.
	Uslovi koji mogu validati u prostoru u kom se vrši održavanje.	Karakteristike koje definišu prostor u kom se, na određenom nivou, predviđa održavanje proizvoda, su: — mesto realizacije radova (otvoren prostor, nadstresnica, pokretna radionica, zidani objekat), — klimatski uslovi (temperatura, vlažnost, pritisak i izloženost prašini).	
Prilagodbenost za korišćenje postojećih borbenih potreba	Mogućnost korišćenja standardizovanih i raspoloživih vrsta goriva i maziva.	Sposobnost sistema da za svoj rad isključivo, ili samo u slučaju nužde, koristi standardizovane i raspoložive vrste goriva i maziva. Ujedno i prilagodbenost za brzi i sigurni način, odnosno ispuštanje.	Nemogućnost korišćenja uobičajenih vrsta goriva i maziva može biti razlog za odustajanje od nabavke sistema, zbog toga što se, u uslovima prekinutog transporta, ovaj sistem neće moći snabdevati iz rezervi teritorije, a verovatno ni iz ratnog plena.
	Mogućnost korišćenja raspoloživih vrsta municije.	Sposobnost sistema da koristi standardizovanu i raspoloživu vrstu municije.	Povećava se fleksibilnost korišćenja i pojednostavljuje mogućnost snabdevanja razmatranog proizvoda.
	Mogućnost korišćenja standardizovanih vrsta upaljača i detonatora.	Sposobnost municije da koristi standardizovanu i raspoloživu vrstu upaljača i/ili detonatora.	

1	2	3	4
Prilagođenost za korišćenje postojećih borbenih potreba	Električna energija za napajanje	tora (kada se donosi odluka o nabavci municije).	
		Mogućnost napajanja standardizovanim vrednostima i tolerancijama monofaznog i trofaznog napona, frekvencije 50 Hz.	Navedena sposobnost je jedan od uobičajenih preduslova za uvođenje u opremu novog sredstva ili sistema, zbog toga što će se moći napajati iz jednog od tipiziranih elektroagregata čiji napon i frekvencija odgovaraju naponu i frekvenciji električne mreže.
Dokumentacija za održavanje	Kompletnost dokumentacije.	Mogućnost napajanja iz akumulatora ili baterije jednokratne upotrebe sa standardizovanim vrednošću napona i kapaciteta.	Navedena sposobnost je jedan od uobičajenih preduslova za uvođenje opreme koja u svom radu koristi izvor jednosmerne struje.
		Autonomija rada sa ugrađenim izvorom jednosmernog napajanja.	Na položaju, a pogotovo u toku izvršenja zadatka, nije moguće vršiti zamenu akumulatora ili baterija jednokratne upotrebe. Zbog toga autonomija rada sa jednim od izvora jednosmerne struje, ne sme biti manja od one koja je propisana u SNO 1096/92.
Dokumentacija za održavanje	Ako se analizom prezentirane dokumentacije utvrdi da se u velikoj meri ne mogu zadovoljiti njegove karakteristike, onda se može postaviti pitanje		

1	2	3	4
Dokumentacija za održavanje		— uputstvo za ugradnju proizvoda u složeno sredstvo (ako je predviđeno), — naknadne izmene (usavršavanja) korišćenih softverskih programa.	opravdanosti nabavke ponuđenog proizvoda. Pri tome problem je veći za složenije proizvode.
	Prilagođenost dokumentacije.	Dokumentacija je prilagođena ako je u njoj izložena tematika usaglašena sa potrebama postojećih nivoa održavanja.	
	Potpunost dokumentacije.	Dokumentacija je potpuna ako iz nje nisu izostavljeni uobičajeni opisi ili informacije za čije bi se dobijanje morao koristiti drugi priručnik ili dokument.	
	Jednostavnost primene.	Dokumentacija se može jednostavno primenjivati ako su forma i način izlaganja usklađeni sa ostalim vojnim uputstvima za remont i održavanje.	
Indivdualni i grupni kompleti r/d, alata i pribora (RAP)	Potpunost.	Kompleti RAP-a su potpuni ako se u njihovom sastavu nalaze svi, postupcima osnovanog održavanja predviđeni alati i pribor, i ako zalihe r/d i p/m u njima obezbeđuju intenzivnu petnaestodnevnu eksploataciju proizvoda.	Ako se osnovno održavanje proizvoda (u prvom redu vozila i artiljerijskih oruđa) ne može izvoditi bez odgovarajućeg kompleta RAP-a, onda je veoma važno da ovaj komplet zadovoljava navedene karakteristike. Ukoliko to nije slučaj, mora se odlučiti da se, zajedno sa nabavkom sredstva, razviju i/ili nabave kompleti zadovoljavajućih karakteristika.
	Pogodnost primene.	Jednostavnost terenskog korišćenja svih u RAP-u predviđenih alata i pribora.	
	Pogodnost pakovanja.	Pakovanje u koje je smešten komplet RAP-a pogodno je ako je: — trajno, — pogodno za prenošenje i transport (za individualni komplet RAP-a pogodnije je da je smešten i ugrađen na samom sredstvu), — onemogućeno gubljenje ili oštećenje delova, alata i pribora.	

1	2	3	4
Oprema za održavanje i ispitna oprema	Kompletnost.	Pod kompletnošću se podrazumeva da je za svaki od predviđenih nivoa održavanja ponudena, dokumentacijom opisana nedostajuća, oprema za održavanje i ispitna oprema. Pogodnost terenske primene je obezbeđena: — ako je kompletna oprema toliko laka da je može prenositi jedno lice, — ako se svi uređaji, koji koriste električnu energiju, napajaju iz akumulatora ili baterija jednokratne upotrebe, — ako je oprema za terensku primenu upakovana u lako prenosivu torbu ili kutiju koja pruža sigurnu zaštitu od oštećenja, — ako se oprema može koristiti u svim klimatskim i vremenskim uslovima (da se na vrlo niskim temperaturama ne lepi za ruke, da su hermetizovani uređaji osetljivi na vlagu, itd.).	Pošto se radnje održavanja i opravki ne mogu obavljati bez odgovarajuće opreme, za ponudeno sredstvo treba da postoji ili se mora odmah nabaviti sva oprema. Ako to nije slučaj, odnosno ako se za jedan ili više nivoa održavanja ne nudi specijalno namenjena oprema, biće nemoguće obezbediti održavanje, a samim tim i pravilnu eksploataciju ponuđenog sredstva.
	Obezbeđenost svih snabdevačkih resursa. Realnost normativa.	Svi resursi su obezbeđeni ako su za sve nivoe održavanja ponuđene ratne rezerve i mirnodopske zalihe delova. Normativi su realni ako su: — u njih uključene samo asortimanske stavke r/d, podsklopova, sklopova, delova pribora i/ili agregata, koje propisana dokumentacija predviđa za zamenu na određenom nivou održavanja, — u toku njihovog proračuna uzeti u obzir očekivani ili njima približni podaci o intenzitetu eksploatacije, broju sredstava oslonjenih na jedan izvor snabdevanja, vremenskom periodu za koji treba obezbediti snabdevanje i koeficijentu snabdevenosti.	Bez ovih podataka ne mogu se blagovremeno sagledati sposobnost i spremnost prodavca da: — obezbedi odgovarajuće asortimane i količine rezervnih delova u pakovanjima koja odgovaraju potrebama, — garantuje dugogodišnju isporuku delova.

1	2	3	4
Rezervni delovi	Kvalitet ambalaže.	Ambalaža je kvalitetna: — ako obezbeđuje sigurnu dugogodišnju zaštitu delova, — ako omogućava lako pronalaženje i identifikaciju, — ako ima dovoljnu trajnost. Pored toga, kutije ili sanduci za smeštaj trupnih ratnih rezervi moraju biti: — jasno označene, — pogodine za prenošenje i transport, — dovoljne za smeštaj svih normativom predviđenih delova, — izvedene na način koji omogućava jednostavno pronalaženje i vađenje potrebnog dela, — otporne na atmosferske uticaje.	
	Mogućnost dugogodišnje isporuke.	Mogućnost dugogodišnje isporuke je ponuđena i ugovorom garantovana obavezno za dugogodišnje prodaje potrebnih rezervnih delova. Ova obaveza otpočinje od dana kada je isporučen zadnji primerak sredstva ili sistema, a ne može biti kraća od 5 godina.	
Početna obuka	Realnost plana i programa.	Realnost plana i programa je stepen usklađenosti tema sa odredbama dokumentacije po kojoj treba izvršiti održavanje.	Pošto se bez kvalitetno obavijenih neophodnih vrsta obuke ne može realizovati odgovarajuće održavanje, a samim tim ni eksploatacija nabavljenih proizvoda, jasno je da se pre donošenja konačne
	Materijalna obezbeđenost obuke.	Materijalna obezbeđenost je jedan od osnovnih preduslova za izvođenje kvalitetne nastave. Da bi se on zadovoljio, za svakog slušaoca mora biti obezbeđen po jedan primerak potrebne dokumentacije, dovoljan broj sredstava za imitaciju, najčešćih otkaza (najmanje po jedno na 4 slušaoca), dovoljno opreme propisane za održavanje, vizuelna i audiovizuelna oprema za prikazivanje detalja, slika ili toka radnih postupaka.	

1	2	3	4
Početna obuka	Osposobljenost slušalaca.	Osposobljenost slušalaca je nivo usvajanja specifičnih znanja i/ili uvežbanost za automatsko obavljanje operacija, koji je neophodan za određeni nivo održavanja. Osposobljenost je zadovoljavajuća ako su slušaoci, nakon završene obuke u mogućnosti da samostalno realizuju predviđene radnje održavanja.	odluke moraju obostrano sagledati i prihvatiti obaveze obuke koja će po svom kvalitetu zadovoljiti potrebe kupca.
	Najduže vreme obuke.	Najduže vreme obuke za kupca je prihvatljiva dužina osposobljavanja slušalaca za obavljanje radnji određenog nivoa održavanja. Ova dužina zavisi od grupe u koju spada nabavljeno sredstvo i nivoa održavanja, propisana u SNO 1096/92.	

Zaključak

U ovom radu navedene su najvažnije karakteristike ITOb-a koje su detaljno razrađene i precizirane u SNO 1096 Taktičko-tehnički zahtevi za sredstva i sisteme NVO. Za korisnika je značajno da pre početka ugovaranja razvoja ili pre donošenja odluke o nabavci propiše i proveri vrednost svih karakteristika. Ako se to ne učini, ne može se očekivati da će razvijeno ili nabavljeno sredstvo ili sistem NVO imati željeni stepen radne gotovosti niti se mogu sagledati problemi koje će izazvati uvođenje ovakvog proizvoda u

naoružanje i vojnu opremu. Blagovremeno propisivanje i provera vrednosti navedenih karakteristika znatno smanjuje rizik donošenja pogrešne odluke i istovremeno pruža mogućnost da se pre nabavke ili proizvodnje konkretnog sredstva sagledaju sve poteškoće, i utvrdi da li će njegovo uvođenje u NVO zahtevati određene organizaciono-formacijske promene. Time se obezbeđuje dovoljno vremena da se pre početka korišćenja sredstva završe sve neophodne pripreme ili promene, što će umanjiti probleme početne eksploatacije i održavanja.

Dr Miloš Čolaković,
pukovnik, dipl. inž.

PRILOG IZUČAVANJU STRUKTURNE ANALIZE RAKETNOG GORIVA

Rezime:

Dat je kratak pregled mogućih naprezanja i deformacija kojima je raketno gorivo izloženo za vreme čuvanja u skladištu, pripreme za eksploataciju i u toku eksploatacije. Opisan je postupak realizacije strukturne analize i navedeni nedostaci proračuna koji se zasniva na osobini viskoelastičnosti materijala. Na osnovu vlastitih istraživanja i iskustva u drugim zemljama istaknuta je potreba da se za dobijanje tačnijih rezultata strukturna analiza vrši uzimajući u obzir nelinearnu viskoelastičnost raketnog goriva.

Ključne reči: vreme upotrebe, predviđanje, modul relaksacije, struktura analiza, raketno gorivo, analitički postupak, metoda konačnih elemenata.

CONTRIBUTION TO STUDYING THE STRUCTURAL ANALYSIS OF ROCKET FUEL

Summary:

A brief review of possible stresses and deformation of rocket fuel while stored, in its preparation for exploitation and in the course of exploitation. The procedure of its structural analysis is described and shortcomings of the calculation based on the visco-elasticity of material are listed. On the basis of own research and experience from the other countries is underlined the need that for getting the more precise results in the structural analysis it should be performed with taking into account the non-linear visco-elasticity of the rocket fuel.

Key words: utilization time, relaxation module, structural analysis, rocket fuel, analytic procedure, final elements method.

Uvod

U uslovima skladištenja, povišene borbene gotovosti, u fazi pripreme za eksploataciju i u toku eksploatacije gorivo u raketnom motoru je izloženo različitim vidovima naprezanja i deformacija koja utiču na promenu mehaničkih osobina, a samim tim i na stvaranje uslova za nepravilno funkcionisanje sistema, eksploziju u trenutku paljivanja ili za vreme leta raketa.

S obzirom na složenost raketnog goriva, kao kompozitnog polimernog materijala, istaknute su karakteristike homogenih i kompozitnih goriva. Da bi se dobio jasniji uvid u to šta je do sada kod nas i u svetu urađeno u vezi sa predviđanjem vremena upotrebe raketnog goriva, data je šema strukturne analize, analize loma i verifikacije proračunom dobijenih rezultata. Neslaganje rezultata strukturne analize i analize loma dobijenih proračunom, uz raz-

matranje goriva kao viskoelastičnog materijala, nametnulo je ideju o proračunu koji će se zasnivati na nelinearnoj viskoelastičnosti. Na osnovu eksperimenata i podataka iz literature dati su dijagrami koji ukazuju na neophodnost proračuna, s obzirom na to da raketno gorivo ima osobine nelinearnog viskoelastičnog materijala.

Način proračuna naprežanja, pomoću metode konačnih elemenata, takođe utiče na vrednost dobijenih rezultata. Razlog tome je način formiranja mreže konačnih elemenata, što zavisi od vida naprežanja, odnosno oblika, konfiguracije zrna i načina njegove laboracije u raketni motor.

Korišćene oznake:

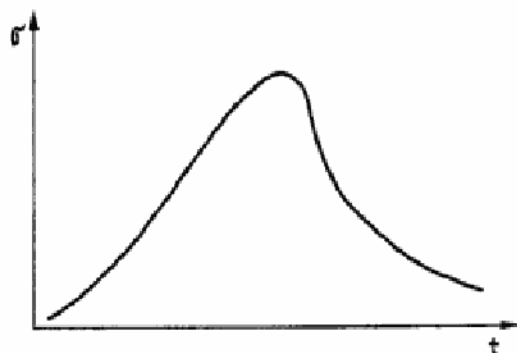
- E — modul elastičnosti,
- E(t) — modul relaksacije,
- G — modul smicanja,
- K — modul kompresibilnosti,
- μ — Poissonov broj,
- α_1 — temperaturni koeficijent dilatacije,
- λ — toplotna provodljivost,
- C_p — specifična toplota,
- ρ — specifična masa,
- v — brzina kidanja,
- t — vreme,
- α_T — faktor temperaturno-vremenskog pomaka,
- σ — napon,
- ϵ — deformacija,
- σ_m — maksimalni napon,
- ΔV — promena volumena,
- ϵ_m — maksimalna deformacija.

Karakteristike goriva za raketne motore

Materijal na bazi polimera vremenom gubi svoje početne karakteristike, čak i u uslovima starenja na normalnoj temperaturi, a ovi procesi se ubrzavaju ako se temperatura menja i ako je materijal izložen bilo kom vidu optereće-

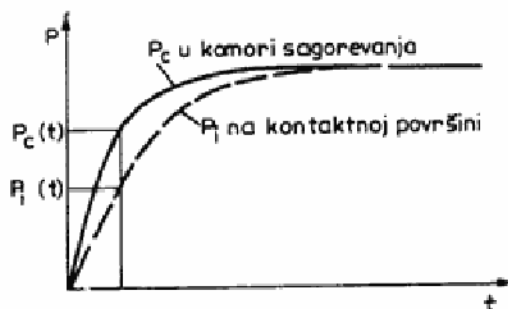
nja ili deformacija. Promene se manifestuju u mehaničkim osobinama i pojavom pukotina ili odlepljenja inhibitora, koja u trenutku pripaljivanja prouzrokuje porast pritiska i, najčešće, eksploziju raketnog motora. Kolika i kakva odlepljenja i deformacije će nastati zavisi, pre svega, od vrste materijala od kojeg je gorivo izrađeno, kompatibilnosti goriva sa ostalim elementima motora, a najviše od vrste i veličine naprežanja i deformacija kojima je gorivo izloženo. Pojavljuju se:

— temperaturna naprežanja koja su najizrazitija kod goriva ulivenog u raketni motor, a javljaju se i kod slobodnih punjenja za vreme dok se ne postigne termička ravnoteža, nakon čega nestaju (slika 1);



Sl. 1 — Promena napona sa vremenom

— naprežanja usled porasta pritiska za vreme pripaljivanja, koja se povećavaju u slučaju nestabilnog sagorevanja (slika 2);



Sl. 2 — Porast pritiska u fazi pripaljivanja

— naprezanja nastala usled akceleracije i rotacije;

— naprezanja kao posledica cikličnog opterećenja (temperatura, vibraciona, usled nestabilnog sagorevanja, i sl.).

Svi vidovi naprezanja mogu se izračunavati analitičkim i numeričkim metodama.

Da bi se naprezanja odredila treba raspolagati osnovnim mehaničkim, reološkim i termičkim karakteristikama goriva kao što su: modul kompresibilnosti (K), modul elastičnosti (E), Poissonov broj (μ), modul smicanja (G), toplotna provodljivost (λ), temperaturni koeficijent dilatacije (α_t), specifična toplota (C_p), specifična masa (ρ) i faktor temperaturno-vremenskog pomaka (a_T).

U proračunu se moraju uzeti u obzir zakonitosti ponašanja materijala, i to:

— elastično i elastoplastično, koje se karakteriše nezavisnošću mehaničkih i reoloških parametara,

— viskoelastično i viskoplastično, na koje utiču brzina i vreme.

Elastično i viskoelastično ponašanje može biti linearno i nelinearno. U prvom slučaju mehaničke i reološke osobine materijala zavise samo od brzine i vremena, a u drugom i od stepena deformacije i pritiska.

Pre početka proračuna mora se utvrditi zakon promene mehaničkih veličina sa vremenom. Za ovo utvrđivanje najjednostavniji je test kidanja sa rasterećenjem i praćenje povratnog hoda krive σ (ϵ).

Raketna goriva su, uglavnom, kompozitna i homogena. Pri deformaciji kompozitnih goriva dolazi do pojave vakuola, što je posledica odlepljenja polimera od oksidatora, a kao rezultat se javlja promena volumena, odnosno promena Poissonovog broja. Homogena goriva (dvobazna) homogena su po prirodi, ali ih tehnologija čini nehomogenim. Karakterišu se prisustvom tečne

faze koja pri naprezanju doprinosi disipaciji energije, što im daje više ili manje izražen viskozni karakter, čija posledica je diskontinuitet i nekompresibilnost, odnosno Poissonov broj $\mu = 0,5$.

Mehanička svojstva goriva definišu se u zavisnosti od stepena deformacije, brzine deformacije, pritiska i temperature, metodama kao što su: kidanje, relaksacija, puzanje, deformacija — relaksacija — kidanje i deformacija — prekid opterećenja — kidanje.

Postupak određivanja veka upotrebe

Procena veka upotrebe raketnog goriva, u pogledu njegove mehaničke izdržljivosti, zasniva se na upoređenju rezultata strukturne analize sistema motor-gorivo u trenutku proizvodnje i nakon određenog vremena. Opšta šema procene veka trajanja data je na slici 3.

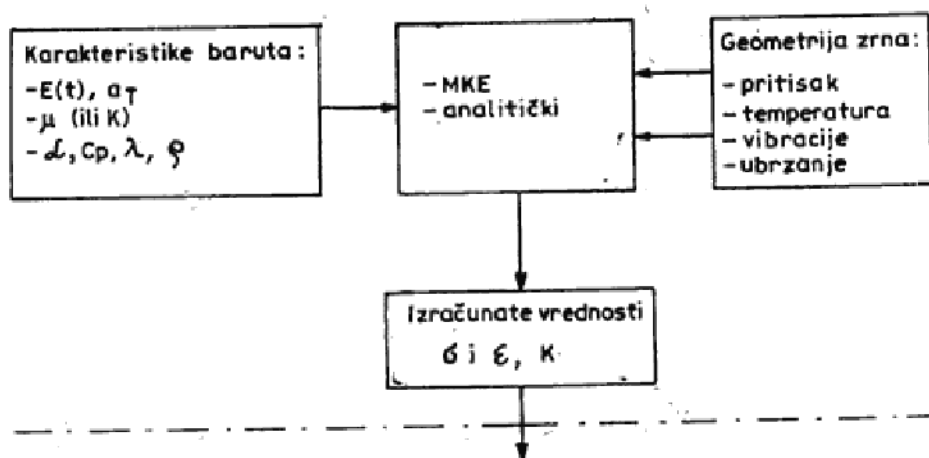
Strukturna analiza se radi za sistem gorivo, inhibitor, lajner, termozaštita, komora.

Priložena opterećenja i geometrija zrna zavise od vrste motora, njegove namene i načina laboracije. Analitička metoda, kao način izračunavanja stvarnih napona i deformacija, daje vrednosti po poprečnom preseku zrna, ali ne i njihovu promenu duž ose zrna. Dobijene vrednosti množe se sa koeficijentom koncentracije napona i deformacija koji se moraju odrediti pomoću metode konačnih elemenata ili fotoelastičnom metodom.

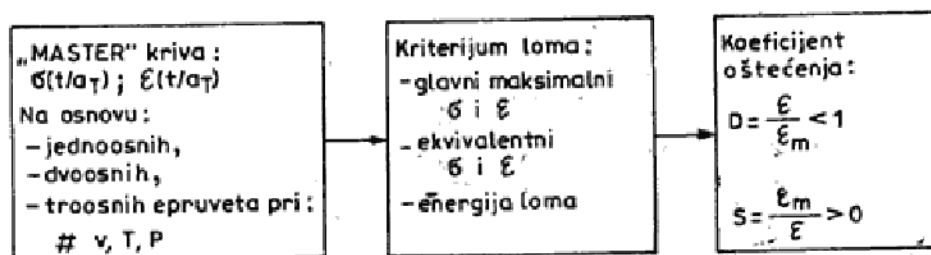
Metoda konačnih elemenata daje napone i deformacije po celom volumenu zrna i na kontaktnim površinama. Ona je rutinska za linearni viskoelastični i elastični materijal, ali nije razrađena, bez nedostataka do inženjerske primene, u slučaju kada se materijal ponaša nelinearno viskoelastično.

Kriterijumi loma definišu se na osnovu maksimalnih višeosnih napona i

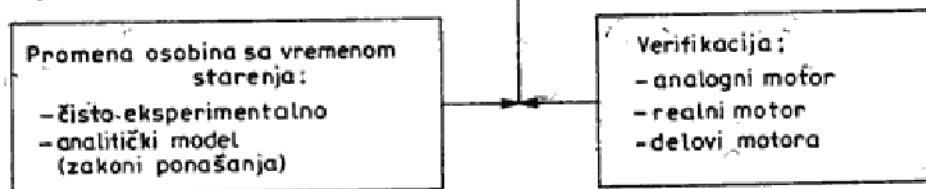
STRUKTURNA ANALIZA



ANALIZA LOMA



VERIFIKACIJA



Sl. 3 — Sematski prikaz postupka za realizaciju strukturne analize raketnog goriva

deformacija, ili na osnovu ekvivalentnih za različite temperature i brzine deformacije. Upoređivanjem stvarnih sa ovim naponima i deformacijama, dobija se koeficijent oštećenja (D) ili koeficijent sigurnosti (S):

$$D = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_m} < 1; \quad S = \frac{\varepsilon_m}{\varepsilon} > 1; \quad (1)$$

Na osnovu analize loma, preko D ili S, određuje se vek trajanja prema trendu promene ovih vrednosti u zavisnosti od vremena.

Do vrednosti ovih koeficijenata nakon nekog vremena dolazi se:

— eksperimentalno, ponavljanjem kompletnog postupka prikazanog na slici 3, na istom materijalu nakon od-

ređenog vremena provedenog u uslovi-
ma skladištenja,

— analitičkim modelom kojim se opisuje ponašanje ovog materijala tokom vremena. Model predstavlja krivu dobijenu na osnovu analitičkih izraza koji predstavljaju zakon ponašanja materijala izloženog različitim vidovima opterećenja tokom vremena.

Zbog uočenih odstupanja izračunatih i stvarnih napona i deformacija, poželjna je verifikacija rezultata dobijenih strukturnom analizom. Verifikacija se obavlja eksperimentalnim određivanjem napona i deformacija u:

— analognim ili eksperimentalnim motorima,

— realnim motorima, odmah nakon proizvodnje ili nakon određenog vremena skladištenja,

— delovima eksperimentalnog motora.

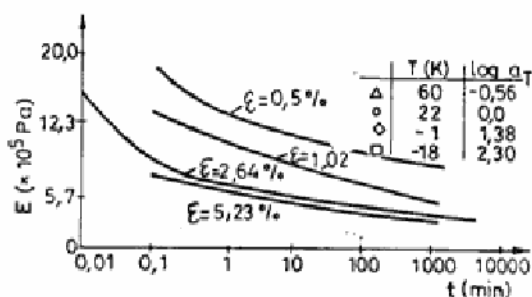
Nelinearno ponašanje baruta

Primećena znatnija odstupanja ponašanja raketnih motora za vreme eksploatacije od predviđenih na osnovu proračuna preko strukturne analize, zahtevala su ozbiljan pristup analizi postojeće metodologije.

Najčešće se dolazi do zaključka da do odstupanja dolazi zbog toga što se proračuni vrše uz pretpostavku da se materijal ponaša linearno, a ne nelinearno viskoelastično. Kada se radi o području većih napona i deformacija neminovna je nelinearna viskoelastična analiza koja nije najuspešnija. Kod nekih materijala nelinearnost je toliko izražena da njeno zanemarivanje može izazvati neprihvatljivo velike greške pri proceni veka upotrebe. Na osnovu raspoloživih podataka može se konstatovati da se nelinearnost kod raketnih goriva izražava kroz njihove sledeće karakteristike:

— osetljivost modula na promenu stepena deformacije.

Na slici 4 prikazana je zavisnost modula od vremena i stepena deformacije na temperaturi od $+50^{\circ}\text{C}$. Za tu temperaturu i stepen deformacije od 0,5 do 5,2% u vremenu od 0,1 minuta, razlika iznosi oko 100%. Modul relaksacije konvencionalno se određuje pri deformaciji od 2,6% što se, takođe, uočava na slici 4, gde je prikazan u funkciji vremena t , odnosno t/a_T . Ako se iz ove »master« krive odredi modul za $t=0,1$ i $T=+50^{\circ}\text{C}$ (pri $a_T \approx -0,3$) dobiće se vrednost od $8,60 \cdot 10^5$ Pa, što je približno 2 puta manje od $18,6 \cdot 10^5$ Pa koji se realno dobije za $\epsilon=0,5\%$, ili 0,2 puta veća od iste vrednosti pri $\epsilon=5,2\%$. Na nižim temperaturama razlike su manje za manje stepene deformacije, a veće pri većim stepenima deformacije i za kraće vreme.



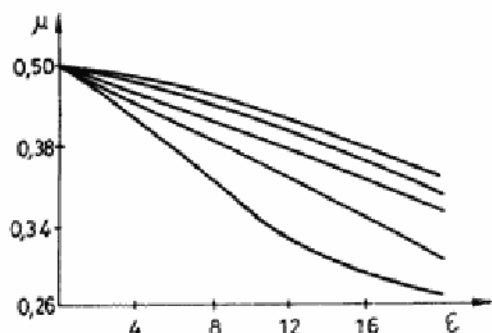
Sl. 4 — Promena modula elastičnosti sa vremenom i stepenom deformacije na 50°C

— promena volumena — dekohezija.

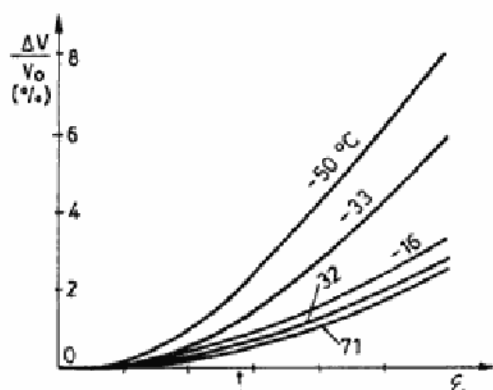
Promena volumena posledica je odlepljenja polimera od čestica oksidatora. Ona je jednim delom odgovorna za promenu modula relaksacije. Sa slike 4 vidi se da je najveći deo promene modula relaksacije upravo u području gde nema dekohezije, odnosno pri malim deformacijama i Poisonovom broju $\mu=0,5$.

Na slici 5 prikazana je promena Poisonovog broja (μ) sa stepenom deformacije (ϵ), a na slici 6 promena vo-

olumena sa deformacijom. Promena volumena za vreme deformacije drastično utiče na promenu modula relaksacije, zbog stvaranja defekata u materijalu.



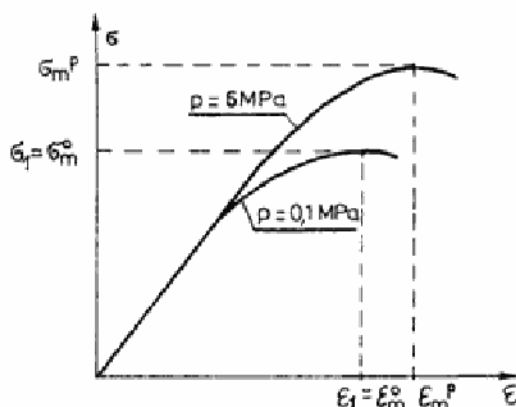
Sl. 5 — Promena Poissonovog broja sa deformacijom



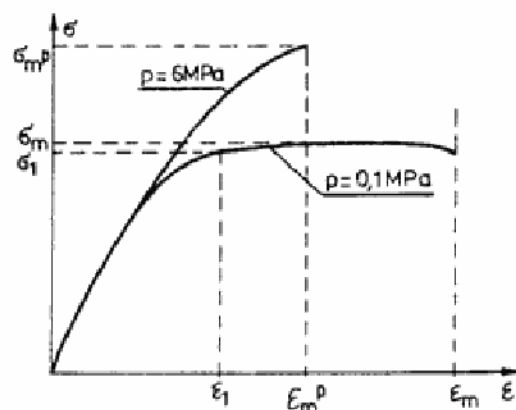
Sl. 6 — Promena volumena sa deformacijom

Promene volumena (ΔV) i maksimalnog napona (σ_m), zavise i od hidrostatickog pritiska. Funkcije $\sigma_m(\epsilon)$ za dve vrste baruta (a i b) i pritiske od 0,1 do 6,0 MPa, prikazane su na slikama 7 i 8. Smanjenje maksimalne deformacije nastaje sa povećanjem pritiska samo u barutima kod kojih je σ_m , pri manjem hidrostatickom pritisku veće od σ_m pri kojem je stvaranje vakuola završeno.

Kod kompozitnih goriva maksimalni napon (σ_m) i maksimalna deformacija (ϵ_m) u funkciji su od hidrostatickog pritiska, i drastično se menjaju pri pro-



Sl. 7 — Dijagram $\sigma_m(\epsilon_m)$ za dve vrednosti hidrostatickog pritiska za barut A



Sl. 8 — Dijagram $\sigma_m(\epsilon_m)$ za dve vrednosti hidrostatickog pritiska za barut B

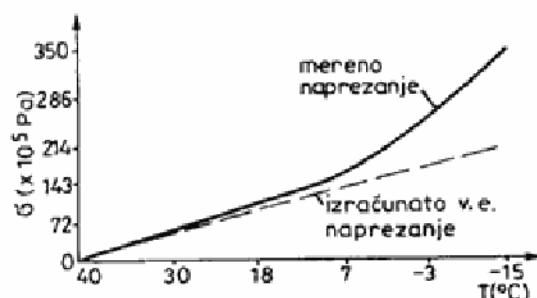
meni brzine deformacije. Pri manjim brzinama promene nastaju samo dok hidrostaticki pritisak ne dostigne određenu vrednost, a kod većih brzina ova promena je kontinualna;

— istovremeno hlađenje i deformacija.

U realnim uslovima skladištenja na niskoj temperaturi raketni motor je opterećen tako što se pothlađivanje i deformacija odvijaju istovremeno. U proračunima termičkih naprezanja po bilo kojoj metodi, ovaj fenomen se ne uzima u obzir, pa se eksperimentalne i izračunate vrednosti razlikuju i do

$\Delta T/\Delta t$ ($^{\circ}\text{C/h}$)	v (mm/mm)	T_f ($^{\circ}\text{C}$)	ε_m (%)	σ_m (MPa)	$\frac{\varepsilon}{\Delta T}$ (%/ $^{\circ}\text{C}$)
10	0,05	-72	55	13,5	0,6
10	0,1	-67,5	105	6,3	1,2
5	0,05	-70,5	109	7,8	1,2
20	0,1	-70,0	54	9	0,6
7	0,1	-65,8	147	4,5	1,71
$T = \text{konst.}$	0,1	-60	11,4	12	—

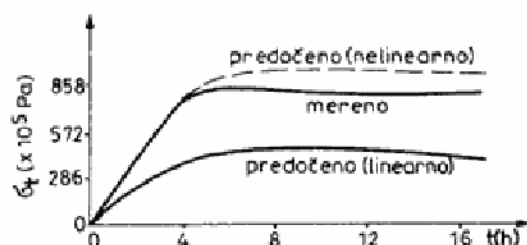
100%, kao što je prikazano na slici 9 [1, 2, 3]. Rezultati ispitivanja, prikazani u tabeli 1, takođe to potvrđuju [5].



Sl. 9 — Promena napona sa temperaturom

Razlike su znatno manje ako se proračun opterećenja obavlja po principu nelinearne viskoelastičnosti, kao što je prikazano na slici 10;

— oštećenja i ponovljeni procesi.

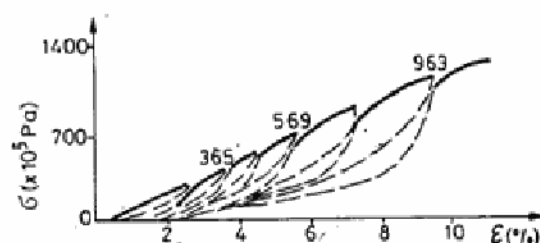


Sl. 10 — Promena napona sa vremenom

U kompozitnom i homogenom barmutu nastaju izrazita oštećenja ako se procesi opterećenja ili deformacija po-

navljaju. To se može ustanoviti testom kidanja ako se krive σ (ε) nakon oslobađanja sile i ponovnog deformisanja nalaze ispod početne krive σ (ε). Slično se događa i kada se uzorak optereti konstantnim naponom do konstantne deformacije nekoliko puta. Svako novo opterećenje istom silom prouzrokuje veće deformacije, što znači da je u prethodnom ciklusu materijal pretrpeo oštećenja.

Ako se nakon nekog stepena deformacije dejstvo sile prekida, a materijal relaksira i ponovo deformiše sa istim stepenom deformacije (slika 11), površina između prve i povratne krive je sve veća, što govori o disipaciji energije, odnosno pojavi pukotina u materijalu.



Sl. 11 — Promena $\sigma(\varepsilon)$ i rasterećenje

Razlike zbog načina izračunavanja naprezanja i deformacija

Do sada primenjivane metode za izračunavanje stvarnih naprezanja i deformacija u gorivu laborisanom u ra-

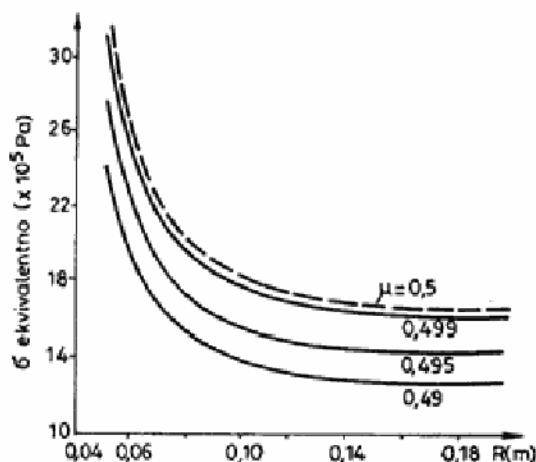
ketnom motoru, analitička metoda i metoda konačnih elemenata, imaju nedostatke zbog kojih se javlja razlika između izračunatih i izmerenih vrednosti.

Analitička metoda zahteva poznavanje koeficijenta koncentracije naprezanja i ne daje raspored naprezanja po uzdužnoj osi zrna.

Metoda konačnih elemenata, ako se radi po sistemu klasičnih elemenata, u području gde se materijal ponaša nekompresibilno (to je područje deformacije oko 10%, a po volumenu zrna preko 90%), daje nereproduktivne i neprihvatljive vrednosti. Područje nekompresibilnosti zavisi i od geometrije pogonskog goriva, odnosno pojave Stasovih ili Von Misovih naprezanja po volumenu, pa se preporučuje da se za sva ulivena goriva, u radu sa metodom konačnih elemenata, koristi specijalni Hermanov postupak.

U ovom slučaju moguće je proračun izvršiti i na nekompresibilnom materijalu čiji je $\mu=0,5$. U suštini ovde se radi o principu da se po Hermanu izračunavaju devijatorni, a po klasičnim elementima srednji naponi.

U sledećim primerima pokazaće se kako nekompresibilnost ($\mu=0,5$) utiče



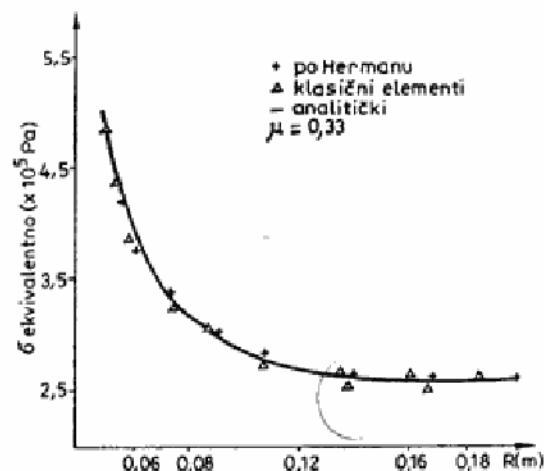
Sl. 12 — Promena ekvivalentnih napona

na rezultate proračuna u zavisnosti od načina formiranja mreže konačnih elemenata.

Razmatran je beskonačno dug cilindar čiji je unutrašnji poluprečnik $r=100$ mm, a spoljašnji $R=400$ mm. Cilindar je podvrgnut promeni temperature od 100°C .

U prvom slučaju na slici 12 data je zavisnost srednjeg ekvivalentnog napona u Stasijevom području, od poluprečnika ($\sigma(R)$) za nekoliko vrednosti μ .

U drugom slučaju barut je razmatran kao veoma kompresibilan ($\mu=0,33$) a proračun je vršen pomoću klasičnih elemenata i po Hermanu. Rezultati su upoređivani sa rezultatima dobijenim analitičkim putem, što je prikazano na slici 13, gde se uočava malo odstupanje.



Sl. 13 — Zavisnost ekvivalentnog napona od spoljašnjeg poluprečnika

U trećem slučaju proračun je vršen za malo kompresibilan barut ($\mu=0,485$) pomoću klasičnih elemenata, po Hermanu i analitičkim postupkom. Dobijeni rezultati po Hermanu i analitičkim postupkom se slažu, dok proračun pomoću klasičnih elemenata daje veoma različite vrednosti.

U četvrtom slučaju računata su pozitivna naprezanja (Von Misova podru-

čja) koja zavise samo od devijatornih, a ne i od srednjih ekvivalentnih naprezanja, pomoću klasičnih elemenata, po Hermanu i analitičkim postupkom za skoro nekompresibilan materijal ($\mu = 0,499$). Dobijeni rezultati ukazuju da se korektan proračun naprezanja metodom konačnih elemenata može obaviti samo izračunavanjem srednjeg ekvivalentnog naprezanja u svakom elementu.

Pošto su Von Misova naprezanja pozitivna i zavise samo od devijatornih naprezanja, da bi rezultati bili korektni proračun se može obaviti i klasičnim putem.

U volumenu zrna daleko veća naprezanja nalaze se u Stasijevom području (cilindrični deo paraboloidea) i imaju negativan predznak. S obzirom na to da zavise samo od srednjih ekvivalentnih naprezanja, moraju se računati po Hermanu. Ovaj vid naprezanja izrazito se javlja kod ulivenih kompozitnih goriva, naročito pri promenama temperature, pa ih je zbog toga neophodno izračunavati uz uslov nekompresibilnosti pri svim deformacijama koje su manje od 10%.

Zaključak

Za predviđanje veka upotrebe potrebno je odrediti strukturni integritet

goriva u raketnom motoru, postupkom koji će omogućiti korektno izračunavanje svih vrsta stvarnih naprezanja i deformacija. Eksperimentalnim putem treba odrediti njihove maksimalne veličine, pa iz odnosa stvarnih i maksimalnih ekvivalentnih naprezanja doći do koeficijenta sigurnosti.

Izračunavanja se mogu sprovoditi numeričkim ili analitičkim postupkom. Analitički postupak zahteva da se unapred odredi koeficijent koncentracije naprezanja i promena naprezanja duž aksijalne ose zrna.

Kod proračuna stvarnih napona i deformacija mora se voditi računa o ponašanju goriva, kao kompleksnog materijala kod kojeg dolazi do izražaja nelinearna viskoelastičnost. Zbog problema u primeni zakona nelinearne viskoelastičnosti, u metodi konačnih elemenata preporučuje se pretpostavka da se materijal ponaša linearno elastično, a zatim izvrše korekcije zbog uticaja parametara nelinearnosti.

Pri upotrebi metode konačnih elemenata, za negativna naprezanja (Stasi), kojih je daleko najveći deo u zrnu ulivenom u raketni motor, treba koristiti Hermanov princip, koji se zasniva na izračunavanju srednjih ekvivalentnih naprezanja. To je neophodno kada se radi o nekompresibilnom materijalu, odnosno pri deformaciji manjoj od 10%, tj. u područje gde je $\mu = 0,5$.

Literatura:

- [1] Schapery, R. H.: A Theory of Nonlinear Thermoviscoelasticity based on Irreversible Thermodynamics, Proceedings of the 5-th US National Congress of Applied Mechanics, 1966.
- [2] Francis, E. C., Briggs, W. E.: Use of Structural Analysis in Optimum Design of Improved Stresse Transducers, 23 — International Instrumentation Symposium, Las Vegas, NV, May, 1977.
- [3] Buswell, H. J., Owens, A.: Solid inclusion stresse gänge in composite propellant charges, Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 12, No 8, Aug. 1975.
- [4] Francis, G., Buswell, J.: Service Life Prediction and testing of Composite Propellant Rocket Motors, 20-th International Annual Conference of ICT, Karlsruhe, 1989.
- [5] Davens, A. et collaborateurs: Technologie des propulseurs solides, Masson, Paris, 1989.

Mr Miloslav Savanović,
potpukovnik, dipl. inž.

VEK UPOTREBE VOĐENIH RAKETA KoV I POUZDANOST UGRAĐENIH ELEMENATA

Rezime:

Analizirane su protivoklopne i protivavionske vođene rakete KoV i utvrđena korelacija između starosti raketa, uslova čuvanja i broja registrovanih neispravnih raketa, i uticaj grupa ugrađenih elemenata na ukupnu pouzdanost rakete. Rezultati su pokazali da je starosna struktura raketa nepovoljna, postupci ispitivanja neadekvatni i nesveobuhvatni, i da je neophodno sprovođenje verifikacionih ispitivanja raketa.

Ključne reči: vođene rakete KoV, starosna struktura, laboračna serija, pouzdanost ugrađenih elemenata.

UTILIZATION LIFE SPAN OF ARMY GUIDED ROCKETS AND RELIABILITY OF INBUILT ELEMENTS

Summary:

In the article are analysed Army anti-armour and anti-aircraft guided rockets and the correlation between the age of rockets, conditions for their storage, and the number of registered malfunctioning rockets is established. Also the impact of the inbuilt elements to the overall reliability of rockets is considered. Results have shown that the age structure of the rockets is not favourable, that the procedures of their testing are not adequate and comprehensive, and that the verification testing of rockets is necessary.

Key words: Army guided rockets, age structure, laboration series, reliability of inbuilt elements.

Uvod

Raketno naoružanje, zbog svoje preciznosti, velikog dometa i udarne moći, predstavlja važan faktor vatrene moći svake moderno opremljene i organizovane vojske. Vođene i samonavođene rakete svih vrsta (z-z, z-v, v-v, v-z) predstavljaju najsloženija operativna ubojna sredstva (UbS), a uzmu li se u obzir i lansirna oruđa, sistemi vođenja, odgovarajući radari, sredstva veze, računari, navigaciona oprema i ostali prateći uređaji, raketni sistemi predstav-

ljaju najviši dostignuti nivo integracije znanja iz svih oblasti tehničkih nauka i odgovarajućih tehnologija (elektro, mašinska, hemijska, informatička).

Značajne specifičnosti vođenih raketa, u osnovi, proizilaze iz činjenica da su najčešće u vrlo malim fizičkim dimenzijama integrisani najosetljiviji uređaji navedenih tehnologija; i po pravilu, radi se o sistemima za jednokratnu upotrebu, koji se odlikuju relativno dugim prosečnim vekom čuvanja pre upotrebe.

Prva činjenica određuje brojne specifičnosti u radu sklopova i uređaja kao što su: velika dinamička napreznja izazvana radnom okolinom i potrebom za postizanjem vrlo velikih brzina i ubrzanja (savremene PA rakete i do 4 Maha); velika temperaturna napreznja zbog potrebe rada u širokom dijapazonu temperatura okoline; visoka radna opterećenja ugrađenih elemenata zbog problema nedostatka prostora pri dimenzionisanju elemenata. Upravo nabrojani faktori dominantno utiču na pouzdanost ugrađenih elemenata, tj. na rad same rakete u toku leta.

Jednokratnost upotrebe određuje specifičnosti u proveri i ispitivanju gotovih raketa, jer je, prvenstveno zbog ugrađenih pirotehničkih elemenata, nemoguće ispitati rad kompletne rakete, već se to obavlja parcijalno i praktično se svodi samo na ispitivanje elektro i mašinskih elemenata.

Prosečno dug vek čuvanja zahteva od vođenih raketa da uprkos prisutnosti različitih tehnologija mora biti obezbeđena pouzdanost tj. visoka vremenska stabilnost karakteristika ugrađenih elemenata.

Verifikaciona ispitivanja raketa koje se nalaze na čuvanju, radi produženja veka upotrebe, predstavljaju važan segment praćenja stanja UbS i njihovog održavanja, kojem u dosadašnjoj praksi nije posvećivana potrebna pažnja.

Starosna struktura vođenih i samonavodećih raketa KoV

Proces modernizacije naoružanja kod nas, tj. uvođenje raketnih sistema u KoV-u, započet je 1968. godine i može se pratiti u oblastima PO raketnih sistema i PA raketnih sistema.

U PO raketnim sistemima KoV proces je započet uvođenjem u naoružanje raketa 3M6 ŠMELJ prve generacije, te preko rakete 9M14M prve generacije i 9M14P1 druge generacije iz

sistema MALJUTKA i domaće licencne proizvodnje došlo se do rakete 9M111M iz sistema FAGOT druge generacije sa prenosnim sistemom vođenja. Danas, s izuzetkom sistema ŠMELJ, koji je u potpunosti izbačen iz VJ, kod ostalih raketa starosna struktura prikazana je u tabeli 1 [6].

U PA raketnim sistemima KoV proces modernizacije je započet uvođenjem u naoružanje PARS STRELA 1M i rakete 9M31M 1976. godine, te preko rakete 9M32M iz PARS STRELA 2M i raketom 9M37M iz PARS STRELA 10M proces je trajao do 1991. godine (tabela 1).

Tabela 1

Starosna struktura vođenih i samonavodećih PO i PA raketa KoV

Tip rakete	Broj laboračnih serija	Ukupan broj godina proizvodnje raketa	U kolekciji
PO rakete			
9M14M	88	12	DA
9M14P1	49	10	DA
9M14P1 (s)	15	2	NE
9M111M (s)	3	3	NE
PA rakete			
9M31M (s)	6	3	NE
9M32M/A	1	1	DA
9M32M	61	11	DA
9M32M (s)	4	3	NE
9M37M (s)	2	2	NE
UKUPNO	241	—	—

U tabeli je prikazan i broj laboračnih serija, zbog toga što, sa stanovišta proizvodnje raketnih goriva i pirotehničkih smesa, samo laboračna serija,

tj. partija proizvodnje i broj šarže, može garantovati istovetnost karakteristika raketnog goriva i pirotehničkih elemenata ugrađenih u raketu. Za precizno praćenje stanja UbS, pa i PO i PA raketa, osnovni entitet bi morala biti laboračna serija, a ne godina proizvodnje koja, u smislu uniformnosti karakteristika ili reprezentativnosti, nema potrebnu stabilnost. Iz poređenja broja laboračnih serija i broja godina tokom kojih su rakete proizvedene, vidi se da veći broj laboračnih serija predstavlja i precizniji kriterijum za praćenje stanja UbS. U tabeli 1 je prikazan samo ukupan broj godina u kojima su raspoložive rakete proizvedene. U Kolekciji za praćenje stanja UbS kolekcionirani su samo uzorci raketnog goriva raketa proizvedeni u Jugoslaviji, što se, sa stanovišta potrebe praćenja stanja svih raspoloživih raketa, ne može prihvatiti. Pored raketnih goriva koji se čuvaju u Kolekciji, deo pirotehničkih elemenata (upaljači, traseri, usporači, elektrodetonatori i upaljačke glavice) čuva se u fabrici — finalizatoru i njihov status u normativnom i tehnološkom smislu nije sasvim definisan i jasan.

Većina raketa KoV ima verifikacioni vek 10 godina [3]. Uporede li se godine proizvodnje iz tabele 1 i verifikacioni vek iz tabele 2, može se zaključiti da je jednom broju raketa vek upotrebe istekao, a izvesnom broju raketa istekao je čak i dvostruki verifikacioni vek. Ako bi se striktno pridržavali propisa o radu sa UbS, upotreba ovih raketa morala bi biti zabranjena dok se ne izvrše relevantna verifikaciona ispitivanja prema odgovarajućem Propisu o kvalitetu proizvoda i na odgovarajućem uzorku raketa saglasno JUS № 029. Da bi pitanje upotrebe ipak bilo regulisano, za korisnike, rok upotrebe ovih raketa je na preporuku proizvođača administrativno produžavan čak i dva puta. Međutim, pitanje upotrebe ovih raketa i njihov kvalitet nemoguće je pouzdano oceniti bez izvođenja odgovarajućih verifikacionih ispitivanja.

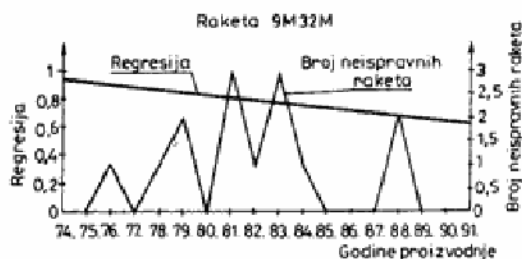
Tabela 2

Pregled stanja vođenih raketa KoV

Vrsta raketa	Uslovno skladišteno (%)	Transport na duže relacije (%)	Neispravno (promila)	Verifikacioni vek (god.)
9M14M	90	25	3	10
9M14P1	90	27	0,9	10
9M111M	70	12	0	10
9M32M	84	30	0,9	10
9M31M	100	23	15	10
9M37M	100	59	0	7

U analizi podataka prikupljenih iz jedinica, a prikazanih u tabeli 2, nameće se potreba za ispitivanjem korelacije između broja registrovanih neispravnih raketa i njihove starosti, broja neuslovno skladištenih raketa i broja raketa transportovanih na duže relacije [1]. Međutim, provedena regresiona analiza ne pokazuje korelaciju između ovih podataka, što nije očekivan rezultat.

Ispitivanja su provedena za sve navedene vrste raketa. Kao primer na slici su prikazani dobijeni rezultati za raketu 9M32M, gde je prikazan broj neispravnih raketa po godinama proizvodnje registrovanih prilikom izvođenja



Broj neispravnih raketa u korelaciji sa godinama proizvodnje

tehničkih pregleda, i regresiona prava koja pokazuje korelaciju između godina proizvodnje (starosti raketa) i broja neispravnih raketa. Iz nagiba regresione prave vidi se da ovi podaci nisu u korelaciji.

Objašnjenje se može tražiti u činjenici da se vrlo mali procenat uskladištenih raketa pregleda i da njihov broj opada zbog manjka kapaciteta za održavanje, kao i zbog činjenice da se prilikom tehničkih pregleda raketa ispituju samo neke funkcije i, uglavnom, električne karakteristike, dok se funkcije svih pirotehničkih elemenata u pirotehničkom lancu, zbog jednokratnosti upotrebe, uopšte ne ispituju [2].

Pouzdanost ugrađenih elemenata

Analizu pouzdanosti raketa, kao složenih tehničkih sistema, čini složenijom činjenica da su primenjene različite tehnologije (elektro, mašinska,

hemijska), i postojanje velikog broja ugrađenih nestandardnih elemenata za koje ne postoje poznati intenziteti otkaza, već ih proizvođač mora u toku konstruisanja definisati, ali i proveriti nakon ugradnje. Međutim, ovi podaci najčešće nisu dostupni, naročito ako se radi o uvoznim uređajima.

Pouzdanost elektronskih elemenata

Poznato je da se po pitanju pouzdanosti i ispitivanja intenziteta otkaza najdalje otišlo u tehnologiji proizvodnje standardnih elektronskih elemenata. Ovi elementi se, po pravilu, proizvode u velikim serijama i po standardizovanim tehnologijama i tipovima. Velike serije omogućile su kvalitetna statistička ispitivanja na dovoljnim uzorcima, kao i izgradnju različitih analitičkih modela za proračun intenziteta otkaza koji su empirijski provereni. Jedan od

Tabela 3

Korekcionni faktori

Uslovi okoline	Vrednost faktora	Odnos radnog i nominal. opter.	Vrednost faktora	Temperatura (°C)	Vrednost faktora
Idealni, statički uslovi	0,1	1,4	4,0	0	1,0
Kontrolisani uslovi bez vibracija	0,5	1,2	2,0	20	1,0
Opšta primena na zemlji	1	1,0	1,0	40	1,3
Brodovi	2	0,8	0,6	60	2,0
Vozila na zemlji	3	0,6	0,3	80	4,0
Železnica	4	0,4	0,2	100	10,0
Letelice (avioni, helikopteri)	10	0,2	0,1	120	30,0
Rakete	100	—	—	—	—

Vrednosti intenziteta otkaza za milion časova rada za neke karakteristične elemente (prema MIL STD 217 B)

Sastavni element	Lab. uslovi	Stac. uslovi	Brodski	Prevozni	Avionski	Na raketi
Kondenzator keramički	0,1	0,11	0,8	1,7	3,0	10,0
Kondenzator elektrolitski	0,15	0,165	1,2	2,55	4,5	15,0
Magnetron	100	110	800	1 700	3 000	10 000
Klistron	3,0	3,3	24	51	90	300
Sinhroni motor	0,15	0,165	1,2	2,55	4,5	15
Kristal kvarca	0,1	0,11	0,8	1,7	3,0	10,0
Releji opšti	0,25	0,275	2,0	4,25	7,5	25,0
Otpornik slojni	0,026	0,029	0,209	0,442	0,78	2,6
Otpornik promenljivi	5,0	5,5	40,0	85,0	150,0	500
Dioda silicijumska	0,1	0,11	0,8	1,7	3,0	10,0
Tranzistor germanijumski	0,6	0,66	4,8	10,2	18,0	60,0
Tranzistor silicijumski	0,2	0,22	1,6	3,4	6,0	20,0
Preklopnik opšti	0,5	0,55	4,0	8,5	15,0	50,0
Preklopnik mikro	0,1	0,11	0,8	1,7	3,0	10,0

najjednostavnijih analitičkih modela dat je izrazom [6]:

$$\lambda = \lambda_0 K_1 K_2 K_3 \quad (\text{otkaza/h})$$

gde je:

- λ — intenzitet otkaza elemenata u stvarnoj okolini,
- λ_0 — osnovni intenzitet otkaza,
- K_1 — faktor sredine u kojoj element funkcioniše,
- K_2 — faktor opterećenja elementa,
- K_3 — faktor temperature elementa u radu.

Pregled korekcionih faktora dat je u tabeli 3. Vidi se da su uslovi rada na raketama opisani najvećim faktorom čija je vrednost 100, što dovoljno govori o zahtevima koji se postavljaju pred elemente ugrađene u raketama.

Suština drugih modela je ista, a to je korekcija osnovnog intenziteta otkaza

za u zavisnosti od sredine u kojoj uređaj funkcioniše, složenosti uređaja, radne temperature, kvaliteta, itd. Najrasprostranjeniji je model primenjen u standardima američke vojske MIL — HDBK — 217 B, C, D, E. Ovi standardi se stalno ažuriraju i izdaju nove verzije sa pojavom novih elemenata.

U tabeli 4 dat je pregled prosečnih vrednosti intenziteta otkaza nekih elektronskih i električnih elemenata, izraženih u broju otkaza na milion časova rada, koji se često sreću u raketama.

Pouzdanost mašinskih elemenata

Na polju proračuna intenziteta otkaza mašinskih elemenata, delova konstrukcije i uređaja na raketi situacija je složenija. Zbog relativno manjeg broja standardnih mašinskih elemenata, ugrađenih u konstrukciju rakete, i složenosti njihovih ispitivanja, teže ih je

sistematizovati, izdati odgovarajuće preglede intenziteta otkaza ili proračunati analitičkim metodama. Kod mašinskih elemenata znatan je uticaj trošenja, zamora materijala, povećanja naprezanja i drugih fenomena koji ruše koncept konstantnosti intenziteta otkaza tokom veka upotrebe koji važi kod elektronskih elemenata, zbog čega je otežan proračun intenziteta otkaza, što rezultira prisutnošću većeg broja složenijih funkcija raspodele intenziteta otkaza. Zbog toga su u prvom planu ispitivanja proizvođača. Zbog dugog vremena čuvanja kritični mogu biti elementi skloni koroziji i delovi konstrukcije od raznih sintetičkih masa, zaptivni gumeni materijali i sl., čije karakteristike mogu biti narušene.

Pouzdanost pirotehničkih elemenata

Na polju proračuna pouzdanosti pirotehničkih elemenata stanje je najteže. Za ove potpuno nestandardne elemente uopšte se ne primenjuju koncepti poznati kod elektronskih i mašinskih komponenata. Zbog toga i ne postoje odgovarajući pregledi sa podacima o intenzitetima otkaza kao što su prikazani u tabeli 4, jer se radi o elementima za jednokratnu upotrebu. Kod sistema za jednokratnu upotrebu otkazi ne zavise od vremena njihovog rada, pa je u analizi primerenije koristiti koncept verovatnoće uspeha misije.

Kvalitet ovih elemenata umnogome zavisi od sastava, tehnologije proizvodnje, vremena i uslova čuvanja. Pitanje vremena čuvanja naročito je problematično zbog narušavanja pirotehničkih elemenata.

Za ilustraciju može se izvesti kratka i dosta gruba ali indikativna računica. Ako se uzme u obzir da vreme čuvanja rakete traje nekoliko godina (red veličine 10), a vreme upotrebe nekoliko sekundi (red veličine 10), onda je odnos ovih vremena $3 \cdot 10^7$ [5]. Iako je intenzitet

procesa degradacije parametara i karakteristika elemenata u toku upotrebe (leta) rakete 100 puta veći od intenziteta degradacije u zemaljskim uslovima (tabela 3), zbog $3 \cdot 10^7$ puta dužeg vremena čuvanja od vremena upotrebe, može se zaključiti da na pad ukupne pouzdanosti dominantno utiču fizički procesi starenja. Upravo ovi fizički procesi starenja najsvojstveniji su pirotehničkim elementima.

Problem pouzdanosti pirotehničkih elemenata još je interesantniji ako se zna da se ovi elementi u pirotehničkom lancu nalaze u rednoj vezi, i da otkaz bilo kojeg od njih ima za posledicu otkaz čitave rakete.

Na osnovu prethodnog primera za elektronske, pa čak i mašinske delove, može se usvojiti konstantni intenzitet otkaza, tj. eksponencijalna funkcija gustine otkaza. Zbog toga, kao i prisutnosti pirotehničkih elemenata jednokratne upotrebe, u analizi pouzdanosti ovakvih sistema najčešće se primenjuje koncept verovatnoće uspeha misije.

Među raketama u Vojsci Jugoslavije nalaze se i takve kojima je »tajming« i čitav niz drugih funkcija rešen pomoću velikog broja pirotehničkih elemenata, kao što su usporači, pojačavači, brave, razni aktivatori, izvori napajanja i sl. Tipičan predstavnik je PO raketa 9M111M iz sistema FAGOT u koju je ugrađeno oko 20 pirotehničkih elemenata, počevši od raketnog motora, pogona žiroskopa, raznih osiguranja u upaljaču i lansirnoj cevi do izvora napajanja na lansirnoj cevi i samoj raketi.

Prema navedenim činjenicama, na pouzdanost rakete ili verovatnoću misije dominantno utiču vreme čuvanja i uslovi skladištenja, a može se pretpostaviti da od ugrađenih elemenata na pouzdanost dominantno utiče grupa pirotehničkih elemenata. Ovakva pretpostavka može se potvrditi ili opovrgnuti samo studiozno provedenim verifikacionim ispitivanjima.

Zaključak

Starosna struktura analiziranih raketa je nepovoljna s tendencijom pogoršanja, proporcionalno sa vremenom. Za produženje veka upotrebe raketa potrebno je organizovati verifikaciona ispitivanja odgovarajućeg uzorka po sveobuhvatnoj i precizno propisanoj tehnologiji koja je data u propisima o kvalitetu proizvoda.

Za praćenje stanja vođenih raketa, kao i za ostala UbS, neophodno je da osnovni entitet bude laboračna serija.

Iz analize raspoloživih podataka ne vidi se korelacija godina starosti i us-

lova čuvanja sa brojem neispravnih raketa registrovanih na tehničkim pregledima, što nije očekivan rezultat, a objašnjava se nesveobuhvatnošću tehničkih pregleda, tj. činjenicom da pirotehnički elementi nisu obuhvaćeni tehničkim pregledima niti ispitivanjem uzoraka kod proizvođača ili u laboratoriji Kolekcije za praćenje stanja UbS.

Na osnovu analize vremena čuvanja, uslova skladištenja i fizičkih procesa starenja, pretpostavlja se najveći uticaj pirotehničkih elemenata na ukupnu pouzdanost rakete, što se može potvrditi samo redovnim izvođenjem verifikacionih ispitivanja.

Literatura:

- [1] Grupa autora: Analiza stanja i mogućnosti produženja roka upotrebe PO vođenih raketa i PA samonavodenih raketa, Beograd, novembar 1993.
- [2] CPSMRE, Praćenje stanja raketa KoV i trupne PVO — Analiza stanja i predlog mera, Beograd, novembar 1992.
- [3] TU SSNO: Održavanje i remont raketa KoV i trupne PVO — Studija — Analiza, Beograd, 1991.
- [4] TU SSNO: Pregled ubojnih sredstava OS SFRJ, Tom 1 i 2, TU-V, 5001, 5002, 5004, 1988. i 1989.
- [5] Savanović, M.: Statistička analiza utjecaja parametara na kvalitet sistema samovođenja PA rakete, NTP, Vol. XL, 1990. br. 4, Beograd.
- [6] Barković, M.: Tehnologija održavanja telekomunikacijskih uređaja, VVTS, Zagreb, 1988.

Dr Miloško Jevtović,
profesor, dipl. inž.

PARAMETRI KVALITETA KANALA VEZA ZA PRENOS PODATAKA

Rezime:

U radu su sistematizovana pitanja kvaliteta prenosa podataka i data analiza preko dvadeset različitih parametara koji određuju kvalitet kanala veza neophodan za efikasan prenos podataka. Analiziran je uticaj pojedinih parametara, date njihove kvantitativne vrednosti, koje zadovoljavaju zahteve za pouzdan prenos podataka, kao i osvrt na metode merenja pojedinih parametara kvaliteta. Navedeni su primeri nekih rezultata merenja karakteristika telefonskih kanala koji se koriste za prenos podataka.

Ključne reči: prenos podataka, kanali veza, parametri kvaliteta, održavanje kvaliteta.

QUALITY PARAMETERS OF DATA TRANSMISSION COMMUNICATION LINKS

Summary:

In the article are systematized matters concerning the quality of transmission of data, and an analysis is presented of over twenty different parameters that establish the level of quality of communication links necessary for transmission of data. The influence of individual parameters is analysed, and are presented their quantitative values that satisfy demands for reliable transmission of data, as well as a review of measuring of individual quality parameters. Also presented are some results of measuring of characteristics of telephone links utilized for transmission of data.

Key words: data transmission, communication links, quality parameters, maintaining the quality.

Uvod

Mreže za prenos podataka savremenih informacionih sistema realizuju se korišćenjem određenog broja kanala veza, pri čemu se prenosni put obezbeđuje upotrebom: metalnih kablova, optičkih kablova, radio-relejnih veza, kao i VF, VVF i UVF radio-veza. U praktično realizovanim mrežama za prenos podataka obično se koriste analogni i digitalni kanali veze, kao i njihove kombinacije. Efikasan

rad i pouzdano funkcionisanje mreža za prenos podataka u velikoj meri zavisi od kvaliteta kanala veza. U telekomunikacionom sistemu za prenos podataka, najčešće se upotrebljavaju kanali koji su projektovani tako da zadovolje kvalitetan prenos govora. Međutim, za prenos podataka takvi kanali veza moraju posedovati znatno bolji kvalitet u poređenju sa kvalitetom koji se zahteva za prenos govora. Prema međunarodnim standardima [1] kvalitet kanala veza za prenos

Parametri kvaliteta kanala veza

Redni broj	Parametar kvaliteta	Nominalna vrednost parametra i prihvatljive granice promena	Zahtevi i standardi
1	2	3	4
1	Propusni opseg kanala, B_p i slabljenje a	$B_p = 300 \text{ Hz}$ do 3400 Hz $a = A_a \pm 0,5 \text{ dB}$ $A_a = -1,15 \text{ NmO}$ (-10 dBmO) za simpleksni prenos $A_a = -1,5 \text{ NmO}$ (-13 dBmO) za dupleksni prenos	CCITT V.23 i V.27
2	Diferencijalno kašnjenje, $\Delta\tau$	$\Delta\tau = \begin{cases} \text{do } 3 \text{ ms za} \\ 500 \text{ Hz} \leq f < 600 \text{ Hz} \\ \text{do } 1,5 \text{ ms za} \\ 600 \text{ Hz} \leq f < 1000 \text{ Hz} \\ \text{do } 0,5 \text{ ms za} \\ 1000 \text{ Hz} \leq f < 2600 \text{ Hz} \\ \text{do } 3 \text{ ms za} \\ 2600 \text{ Hz} \leq f < 2800 \text{ Hz} \end{cases}$	CCITT M.1020
3	Diferencijalno slabljenje, Δa	$\Delta a = \begin{cases} -2 \text{ dB do } 6 \text{ dB za} \\ 300 \text{ Hz} \leq f < 500 \text{ Hz} \\ -1 \text{ dB do } 3 \text{ dB za} \\ 500 \text{ Hz} \leq f \leq 2800 \text{ Hz} \\ -2 \text{ dB do } 6 \text{ dB za} \\ 2800 \text{ Hz} \leq f \leq 3000 \text{ Hz} \end{cases}$	CCITT M.1020
4	Varijacija slabljenja, δa signala na $f=800 \text{ Hz}$	$\delta a = \begin{cases} < \pm 3 \text{ dB kratkotrajna vari-} \\ & \text{jacija} \\ & \text{(nekoliko sekundi)} \\ < \pm 4 \text{ dB za duži period} \\ & \text{(dnevne i sezone)} \\ & \text{promene)} \end{cases}$	CCITT M.1020
5	Povratno slabljenje (EHO), a_r , koeficijent refleksije, k_r	$a_r < -14 \text{ dB}$ u propusnom opsegu B_p , $k_r < 0,20$ za $300 \text{ Hz} \leq f \leq 3400 \text{ Hz}$	CCITT M.1020
6	Harmonijska izobličenja, h_i	za test signal $f=700 \text{ Hz}$, nivoa -13 dBmO $h_i < 25 \text{ dB}$ od prijemnog nivoa za bilo koji harmonik	zahtevi korisnika
7	Impedansa, Z	$Z = 600 \Omega \pm 10\%$ za sve frekvencije u opsegu $300 \text{ Hz} \leq f \leq 3400 \text{ Hz}$	CCITT V. preporuke za moderne
8	Slučajni psfometarski šum, P_s	$P_s \leq 38 \text{ dBmO}$, za kanal dužine $l = 10 \text{ 000 km}$	CCITT M.1020
9	Frekvencijski pomak, ΔF	$\Delta F < 5 \text{ Hz}$ u propusnom opsegu B_p	CCITT M.1020 V.21, V.23 i V.27

1	2	3	4
10	Impulsni šum, P_i	$P_i = \begin{cases} < -18 \text{ dBmO} & \text{za telefonski kanal} \\ < -21 \text{ dBmO} & \text{za specijalni kanal} \end{cases}$	CCITT 0.71
11	Prekidi veze, p	za $\delta_s \leq -6 \text{ dB}$ i manje $p \leq 5$ u 15 min merenja	CCITT 0.61
12	Amplitudski skokovi, A_s	za $\delta_s \geq 4 \text{ dB}$ u 200 ms $A_s \leq 6$ u 15 min merenja	CCITT 0.95 i zahtevi korisnika
13	Fazni skokovi, Φ_s	ako je faza $\phi \geq 100^\circ$ u 20 ms tada je $\Phi_s \leq 6$ u 15 min merenja	CCITT 0.95 i zahtevi korisnika
14	Fazni i vremenski džiter, (ϵ_s, τ_s)	$\epsilon_s \leq 15^\circ$ ako je $\epsilon_s > 15^\circ$ u intervalu od 15 min broj skokova faze treba da bude manji od 5 $\tau_s \leq 900 \mu\text{s}$ za digitalni kanal	CCITT M.1020 i 0.91 i zahtevi korisnika
15	Spori džiter (vonder), τ_v	$\tau_v \leq 18 \mu\text{s}$ za učestanošću varijacija $12 \cdot 10^{-4}$ (dnevna promena) $3 \cdot 10^{-4}$ (godišnja promena)	zahtevi korisnika
16	Šum kvantizacije, P_s	odnos signal / šum kvantizacije: $P / P_s > 22 \text{ dB}$	CCITT M.1020
17	Izobličenja telegrafskog tipa, δ_t	$\delta_t = \begin{cases} 20 \text{ do } 25^\circ & \text{za sistem sa mo-} \\ & \text{demom V.21} \\ 20 \text{ do } 30^\circ & \text{direktni kanal} \\ & 600 \text{ Bd V.23} \\ 25 \text{ do } 35^\circ & \text{direktni kanal} \\ & 1200 \text{ Bd V.23} \\ 25 \text{ do } 30^\circ & \text{komutirani kanal} \\ & 600 \text{ Bd V.23} \\ 30 \text{ do } 35^\circ & \text{komutirani kanal} \\ & 1200 \text{ Bd V.23} \end{cases}$	CCITT V.53
18	Broj pogrešnih bita, b_i i količnik grešaka po bitu, BER	$b_i < 10$ na 10^6 prenetih bita $\text{BER} \leq 1 \cdot 10^{-5}$	zahtevi korisnika
19	Broj pogrešnih blokova, b_b	$b_b < 10$ na $2 \cdot 10^4$ prenetih blokova sa 511 bita	zahtevi korisnika
20	Intervali vremena sa greškama, T_g	$T_g \leq 0,3 \text{ s}$ za žične veze $T_g \leq 2 \text{ s}$ za VF radio veze	zahtevi korisnika
21	Otkaz u prenosu podataka, R_o	$R_o \leq 1$ u 99% radnog vremena	zahtevi korisnika

podataka definiše se sa preko 20 različitih parametara (tabela 1). Svaki parametar utiče na kvalitet, odnosno mogućnost prenosa zahtevanom brzinom i tačnošću. Kvalitet kanala veza za prenos podataka određuju sledeći parametri: propusni opseg kanala, diferencijalno kašnjenje, diferencijalno slabljenje, varijacija slabljenja ispitnog signala frekvencije 800 Hz, povratno slabljenje u kanalu, harmonijska izobličenja, impedansa (ulaza/izlaza) kanala veza, slučajni šum u kanalu, frekvencijski pomak modulišućeg signala, impulsni šum, prekidi veze, amplitudski skokovi, fazni skokovi, fazni džiter, spori džiter (vonder), šum kvantizacije, izobličenje telegrafskog tipa, broj pogrešnih bita i broj pogrešnih blokova podataka u prijemu, trajanje intervala vremena bez grešaka i broj otkaza kanala pri prenosu podataka [2]. U daljem razmatranju pažnju zaslužuje svaki od navedenih parametara.

Parametri kvaliteta kanala veza

Propusni opseg kanala. Telefonski kanal namenjen za prenos podataka treba da ima propusni opseg u granicama od 300 Hz do 3400 Hz. Pri prenosu signala kroz takav kanal dozvoljeno je da se slabljenje, u funkciji frekvencija iz propusnog opsega, menja u granicama od $\pm 0,5$ dB. Vrlo je važno da maksimalna snaga koju uređaj za prenos podataka (modem) otprema u telefonski kanal ne sme preći 1 mW. Nominalni nivo snage za tonske signale koji se otpremaju neprekidno ograničen je pri prenosu podataka korišćenjem frekvencijske modulacije ili faze modulacije. Maksimalni nivo snage na ulazu u kanal veze ne sme preći $-1,15$ NmO (-10 dBmO) za simpleksni prenos, odnosno $-1,5$ NmO (-13 dBmO) za dupleksni prenos. U ovom slučaju reč je o maksimalnom nivou snage koji je meren u tački nultog relativnog nivoa. Prema međuna-

rodnim standardima, kada se prenos podataka prekida za duži period vremena, poželjno je da se nivo snage modulisanog signala smanji na -20 dBmO ili niže [1, 2].

U mrežama za prenos podataka kod kojih se modulisani tonski signali ne otpremaju kontinualno, na primer, koriste amplitudsku modulaciju, mogu se koristiti viši nivoi modulisanih signala do -6 dBmO u tački nultog relativnog nivoa. Ova mogućnost važi pod uslovima da suma srednjih signala direktnog i povratnog kanala, u momentu najvećeg opterećenja na oba smera prenosa, ne prelazi $64 \mu\text{W}$. Ova vrednost snage odgovara srednjem nivou od -15 dBmO na oba smera prenosa istovremeno. Kada je reč o telefonskom kanalu koji se koristi za prenos podataka, definiše se još jedan važan zahtev. To je slabljenje simetrije prema zaštitnom uzemljenju koje mora iznositi najmanje 48 dB.

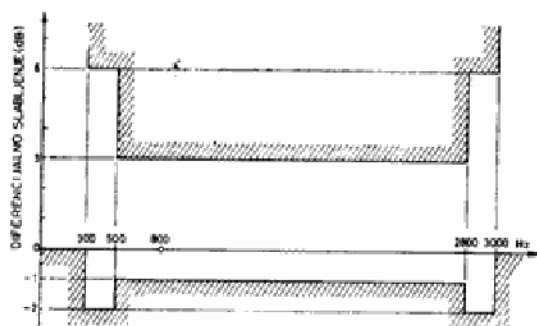
Diferencijalno slabljenje signala je parametar koji ukazuje na to koliko je relativno slabljenje signala u opsegu frekvencija od 300 do 3000 Hz u poređenju sa signalom frekvencije 800 Hz. Dozvoljeno diferencijalno slabljenje signala u kanalu koji se koristi za prenos podataka definiše se međunarodnim standardom. Preporukom CCITT M.1020 definisane su granične dozvoljene vrednosti diferencijalnog slabljenja koje iznose:

— u opsegu frekvencija od 300 Hz do 500 Hz diferencijalno slabljenje može varirati od -2 dB do 6 dB,

— u opsegu frekvencija od 500 Hz do 2800 Hz diferencijalno slabljenje može se kretati od -1 dB do 3 dB u odnosu na slabljenje signala frekvencije 800 Hz,

— u opsegu frekvencija od 2800 Hz do 3000 Hz diferencijalno slabljenje može biti u granicama od -2 dB do 6 dB.

Dozvoljene granice promena diferencijalnog slabljenja naznačene su na slici 1.



Sl. 1 — Granica promene diferencijalnog slabljenja prema 800 Hz

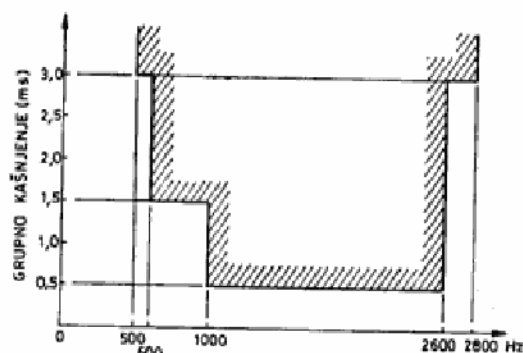
Diferencijalno kašnjenje ili grupno kašnjenje je parametar koji pokazuje koliko je relativno kašnjenje signala u opsegu frekvencija od 300 do 2800 Hz u odnosu na signal frekvencije 800 Hz. Drugim rečima, grupno kašnjenje je parametar koji pokazuje koliko signali iz opsega frekvencija od 300 do 3400 Hz kasne u poređenju sa referentnim signalima čija je frekvencija 800 Hz. Granice promene grupnog kašnjenja, definisane međunarodnim standardima, odnosno CCITT preporukom M.1020, prikazane su na slici 2. U opsegu frekvencija od 1000 Hz do 2600 Hz grupno kašnjenje je konstantno i manje od 0,5 ms.

Varijacija slabljenja ispitnog signala frekvencije 800 Hz u kanalu određenom za prenos podataka treba da bude što manja, ali se zahteva da ne pređe sledeće granice:

- kratkotrajna varijacija (u periodu od nekoliko sekundi) treba da bude manja od ± 3 dB,

- varijacija u dužim periodima vremena (u toku dužeg perioda uključujući dnevne i sezonske promene) treba da bude manja od ± 4 dB.

Ukoliko su varijacije slabljenja iznad navedenih granica u nekom kanalu veze, takav kanal se ne bi mogao koristiti za prenos podataka.



Sl. 2 — Granica promene grupnog kašnjenja

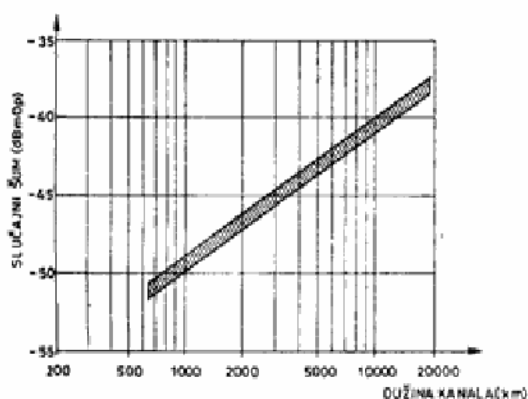
Povratno slabljenje ili slabljenje reflektovanog signala predstavlja parametar koji karakteriše kvalitet kanala veze za prenos podataka. Povratno slabljenje za signale bilo koje frekvencije iz opsega od 300 do 3400 Hz mora biti veće od 14 dB [1]. Umesto slabljenja reflektovanog signala, odnosno povratnog slabljenja, koristi se parametar — koeficijent refleksije koji za sve signale iz pomenutog opsega frekvencije mora biti manji od 0,20.

Harmonijska izobličenja određenog kanala veze definišu se sa ciljem da dati kanal ne utiče na izobličavanje signala koji se prenose. Ovaj parametar definiše se za ispitni prostoperiodični signal određene frekvencije. Tako, na primer, ako se sinusoidalni signal frekvencije 700 Hz, čiji je nivo -13 dBmO, prenese po jednom kanalu (od predajnika do prijemnika), nivo bilo kojeg pojedinačnog harmonika na prijemnom kraju kanala mora biti za 25 dB niži od prijemnog nivoa signala osnovne frekvencije 700 Hz.

Impedansa kanala veze je parametar koji utiće na prilagođenje uređaja za prenos podataka (modema) na dati kanal. To prilagođenje utiće na nivo otpremljene, odnosno reflektovane snage signala. Uobičajeno je da impedansa kanala za opseg frekvencija od 300 do 3400 Hz bude u granicama $600 \Omega \pm 10\%$.

Slučajni šum u kanalu veze, odnosno njegov nominalni nivo zavisi od karakteristika samog kanala. Tačnije, nivo snage slučajnog šuma zavisi od kapaciteta telefonskog frekvencijskog multipleksnog signala u kome se nalazi posmatrani kanal.

Orijentacione dozvoljene granične vrednosti, (preporuka CCITT M.1020), za kanale veza čija je dužina veća od 10000 km iznose -38 dBmOp. Međutim, za kanale čija je dužina kraća zahteva se manji nivo slučajnog šuma. Na slici 3. prikazani su dozvoljeni ni-

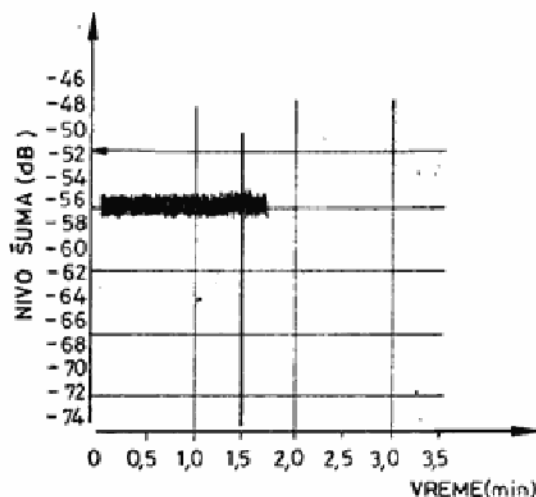


Sl. 3 — Promena nivoa slučajnog šuma

voi slučajnog šuma u zavisnosti od dužine veze. S obzirom na to da se radi o slučajnoj veličini, slučajni šum se meri u intervalu vremena od 3,5 do 35 minuta (sl. 4).

Frekvencijski pomak, odnosno odstupanje frekvencije primljenog signala u odnosu na frekvenciju otpremljenog signala, pokazuje kako kanal ve-

ze utiće na frekvencijski spektar moduliranih signala pri prenosu podataka. Odstupanje frekvencije (pomak) koje unosi kanal veze, prema međunarodnim standardima mora biti ma-



Sl. 4 — Rezultat merenja šuma

nje od ± 5 Hz. Modulišuće frekvencije u modemima za prenos podataka odstupaju od nominalnih vrednosti.

Tako, na primer, kod modema za prenos podataka brzinom 600/1200 (b/s) dopušta se odstupanje karakterističnih frekvencija F_A (simbol 0) i F_Z (simbol 1) od njihovih nominalnih vrednosti najviše za ± 10 Hz, $F_0 = (F_A + F_Z)/2$ ima toleranciju do najviše ± 10 Hz, a za razliku frekvencija $F_A - F_Z$, tolerancija je ± 20 Hz. Ako se ovi modemi priključuju na kanale telefonskog multipleksnog sistema i pri tome duž kanala postoji više NF retranslacija, maksimalno odstupanje može biti do ± 16 Hz da bi prijemnik (demodulator) primio signal. Otuda je važno da pomak frekvencije pri prenosu kroz kanal bude u pomenutim granicama (± 5 Hz).

Kod modema za prenos podataka brzinom 2400/1200 (b/s), koji koristi diferencijalnu četvorofaznu, odnosno dvofaznu modulaciju, noseća frekvencija je 1800 Hz, a najveće dozvoljeno odstupanje (u otpremi modulisanog signala), od ove vrednosti iznosi ± 1

Hz, tako da prijemnik modema (demodulator) treba da omogući uspešan prijem signala, uzimajući u obzir i pomak frekvencije koji unosi dati kanal veze.

Impulсни шум koji se javlja na kanalima veza namenjenim za prenos podataka, meren po postupku koji je definisan CCITT preporukom 0.71, određuje se brojem »pikova« većim od -21 dBmO, koji se pojavljuju u definisanom intervalu vremena. Prema preporuci M.1020 u intervalu vremena od 15 minuta impulсни шум može se pojaviti do 18 puta sa vrednošću većom od -18 dBmO ili -21 dBmO. Impulсни шум se, obično, meri u intervalima vremena promenljivog trajanja od 1 do 60 minuta.

Prekidi veze. Prekidom veze smatra se promena nominalnog nivoa signala određene frekvencije (prema CCITT 0.61 ispitni tonski signal je frekvencije 2000 Hz) za -6 dB ili više. Uobičajeno je da se prekidi proveravaju u vremenskom intervalu od 15 minuta. U ovom intervalu broj prekida treba da bude manji od pet.

Amplitudski skokovi na kanalu veze definišu se kao promena ulaznog signala (na ulazu prijemnika) veća od 4 dB u intervalu od 200 ms (prag promene je ± 2 dB). Ako su promene manje od 4 dB u intervalu 600 ms one se ne računaju kao amplitudski skokovi (preporuka CCITT 0.95). Merenje amplitudskih skokova takođe se vrši u vremenskom intervalu od 15 minuta.

Faznim skokom nekog signala (sa glasno CCITT preporuci 0.95) smatra se svaka promena faza signala veća od 100° u 20 ms. Faznim skokom se ne smatra promena faze signala za iznos manji od 100° u intervalu od 50 ms. Pri merenju prekida veze, amplitudskih i faznih skokova definiše se tzv. »mrtvo vreme« u trajanju od 125 ms ± 25 ms (od registrovanog prekida ili skoka faze, odnosno amplitude), u kome nije moguće registrovati novu promenu stanja signala.

Fazni i vremenski džiter. Pod džiterom takta podrazumeva se fluktuacija položaja impulsa oko nominalnih trenutaka koji su međusobno razmaknuti za celobrojni umnožak digitskih intervala T_d . Drugim rečima, džiter takta određuje se prema teorijskoj, tj. idealnoj vremenskoj poziciji impulsa, određenoj prednjom, odnosno zadnjom ivicom digitskog taktnog signala. Odstupanje impulsa realnog digitskog takta od idealnih pozicija može se izraziti u vremenskom domenu. Tada se kaže da postoji vremenski džiter, ili u domenu faze, kada je reč o faznom džiteru. Kako se uzima da digitskom intervalu odgovara 2π radijana, tzv. vremenskom džiteru τ_n odgovara fazni džiter od

$$\epsilon_n = \frac{2\pi \cdot \tau_n}{T_d} \text{ (rad)}$$

Vremenski, odnosno fazni džiter na digitalnim kanalima veza mere se na većem broju digita, pa se usrednjavanjem trenutnih vrednosti dobija usrednjeni džiter.

Rezultati merenja faznog džitera predstavljaju se, najčešće, krivom izmerenog džitera u funkciji vremena merenja. To vreme kreće se u intervalu od 3,5 do 35 minuta.

Prema CCITT preporuci 0.91 na telefonskim kanalima, koji se koriste za analogni prenos podataka, fazni džiter ne sme preći 15° .

Na digitalnim kanalima veza ostvarenih korišćenjem impulsne kodne modulacije (IKM) dozvoljene vrednosti džitera propisuju se za sve tačke prenosnog puta na kojima se vrši regeneracija digitalnog signala. Dozvoljene vrednosti džitera definišu se u hipotetičnom referentnom kolu u kojem dolazi do većeg broja uzastopnih regeneracija signala. Za pojedine digitalne uređaje, koji predstavljaju elemente prenosnog puta između izvora i

prijemnika podataka, džiter se definiše na tri načina:

— dozvoljene varijacije džitera na ulazu u prijemnik digitalnog uređaja,

— dozvoljene vršne vrednosti džitera na izlazu iz digitalnog uređaja u odsustvu ulaznog džitera,

— prenosna karakteristika džitera merena između ulaza i izlaza digitalnog uređaja.

Pri tome definiše se dozvoljeni nivo džitera na određenim frekvencijama.

Spori džiter (vonder) čine spore varijacije položaja karakterističnih momenata promene (ivica) digitalnog signala, u odnosu na teorijske, odnosno idealne položaje. Te promene nastaju usled uticaja temperaturnih varijacija na kablovske sisteme prenosa, odnosno usled promene pragova u ekstraktorima takta kod lokalnih oscilatora u komutacionim sistemima. Učestanost ovih varijacija iznosi $12 \cdot 10^{-6}$ za dnevne promene, odnosno $3 \cdot 10^{-8}$ za godišnje promene temperature. Digitalni uređaji koji se koriste kao elementi prenosnog puta treba da omoguće ispravan prijem ulaznog signala čiji vonder nije veći od 18 μ s.

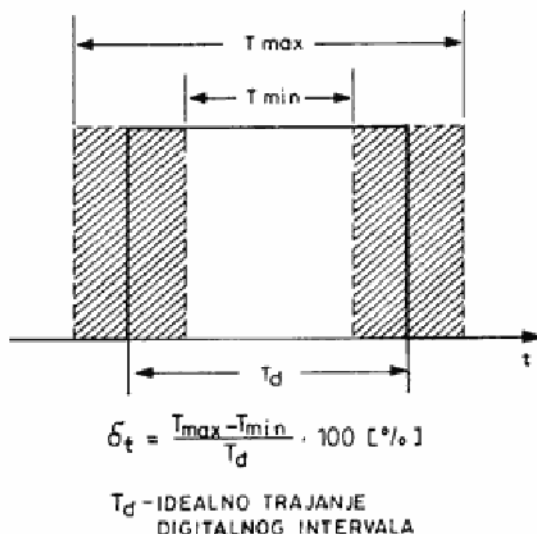
Šum kvantizacije nastaje pri digitalizaciji, tj. impulsno-kodnoj modulaciji analognih, u ovom slučaju modemskih signala, kao i pri prenosu govora i signala televizijske slike. Po definiciji [5] srednja snaga šuma kvantizacije signala (pri uniformnom kvantovanju) jednaka je kvadratu jedne dvanaestine amplitudskog kvanta Δa :

$$P_a = \frac{\Delta a^2}{12}$$

Da bi se obezbedio potreban kvalitet u prenosu modemskog modulisanog signala podataka, nivo šuma kvantizacije mora se učiniti manjim od unapred definisanog nivoa. Prema CCITT preporuci M.1020, minimalni

odnos signal/šum kvantizacije mora biti veći od 22 dB.

Izobličenje telegrafskog tipa definiše se kao mera kvaliteta kanala pri asinhronom prenosu podataka. Granične dozvoljene vrednosti izobličenja telegrafskog tipa na kanalima veze, određuju se između interfejsa korisnika uključujući modeme (slika 5).



Sl. 5 — Granične dozvoljene vrednosti izobličenja telegrafskog tipa

Pomenuto izobličenje razlikuje se po vrednostima, zavisno od tipa kanala veze. CCITT preporukom V.53 preporučene su sledeće vrednosti:

a) za sisteme koji koriste mode-me tipa V.21: 20 do 25‰;

b) za sisteme koji koriste mode-me tipa V.23:

— na direktnim kanalima pri prenosu podataka brzinom 600 Bd: 20 do 30‰;

— na direktnim kanalima pri prenosu podataka brzinom 1200 Bd: 25 do 35‰;

— na komutiranim kanalima pri prenosu podataka brzinom 600 Bd: 25 do 30‰;

— na komutiranim kanalima pri prenosu podataka brzinom 1200 Bd: 30 do 35%.

Navedene su maksimalne dozvoljene vrednosti za naznačene brzine prenosa. Te vrednosti nisu preporučene pri planiranju kanala, odnosno projektovanju mreža za prenos podataka, već kao informacija o kvalitetu održavanja kanala.

Broj pogrešnih bita koji se javlja pri prenosu (ispitivanju) milion bita

treba da bude manji od 10 bita. Uместo broja pogrešnih bita obično se meri količnik grešaka po bitu koji se definiše kao odnos broja pogrešnih prema broju prenetih bita u datom intervalu vremena. Taj parametar često se označava kao BER (Bit/Error Rate). Prethodno pomenuti zahtev za dozvoljeni broj pogrešnih bita, izražen preko BER-a, bio bi $BER < 1 \cdot 10^{-5}$.

Broj pogrešnih blokova na kanalu veze za prenos podataka nije uvek ko-

Tabela 2

Red. br.	Parametri kvaliteta	Zahtevi i norme kvaliteta	Ispitni signali	Vreme merenja
1.	Propusni opseg kanala	CCITT M.1020	Multitonski signal	1 s
2.	Diferencijalno kašnjenje	CCITT M.1020	35 tonskih signala frekvencije	1 s
3.	Diferencijalno slabljenje	CCITT M.1020	$f = n \cdot 100 \text{ Hz}$ $n = 2 \text{ do } 36$	1 s
4.	Varijacija slabljenja	CCITT M.1020		1 s do 60 min
5.	Povratno slabljenje (eho)	CCITT M.1020		1 s
6.	Harmonijska izobličenja	CCITT M.1020	Test signal $f = 0,7/0,8/0,9/1 \text{ kHz}$	1 s
7.	Impedansa		Multitonski signal	1 s
8.	Slučajni šum u kanalu	CCITT P.53		1 s do 35 min
9.	Frekvencijski pomak	CCITT 0.111	Signali frekvenc. 1020 ili 2040 kHz	1 s do 3,5 min
10.	Impulsni šum	CCITT 0.71		10 s do 35 min
11.	Prekidi veze	CCITT 0.61	Signal frekvenc. 2000 Hz	1 s do 60 min
12.	Amplitudski skokovi	CCITT 0.95	Signal frekvenc. 1020 Hz	1 s do 60 min
13.	Fazni skokovi	CCITT 0.95	Signal frekvenc. 1020 Hz	1 s do 60 min
14.	Fazni džiter	CCITT 0.91		3,5 min do 35 min
15.	Spori džiter (vonder)	CCITT 0.91		1 s do 60 min
16.	Šum kvantizacije	CCITT 0.91		2 s
17.	Izobličenje telegrafskog tipa	CCITT V.51, V.53	PSN 511 bita	1 min
18.	Broj pogrešnih bita		PSN 511 bita	15 min
19.	Broj pogrešnih blokova		PSN 511 bita	15 min
20.	Intervali vremena (sekunde) sa greškama		PSN 511 bita	15 min
21.	Broj otkaza u prenosu podataka		PSN 511 bita	30 do 60 min

relisan sa brojem pogrešnih bita, što je uslovljeno karakterom šumova i smetnji koje se javljaju na kanalu veze. Prema CCITT preporuci V.51 blok podataka formira se od sekvence pseudoslučajnog niza koji sadrži 511 bita.

Otkazi u prenosu podataka, ukoliko se javljaju u nekoj mreži, veoma nepovoljno utiču na kvalitet i pouzdanost prenosa podataka. Radi toga se zahteva da se mogu pojaviti samo u malom procentu (oko 1% radnog vremena).

Metode merenja

Metode merenja parametara kvaliteta kanala za prenos podataka podležu strogoj standardizaciji, što obavlja, pre svega, Međunarodna unija za telekomunikacije ITU (International Telecommunication Union), ranije njen konsultativni komitet za telegrafiju i telefoniju — CCITT, a sada Sektor za standardizaciju (ITU-T) u telekomunikacijama (tabela 2).

Propusni opseg kanala, diferencijalno kašnjenje i slabljenje, povratno slabljenje, impedansa i harmonijska izobličenja, mere se u trajanju do 1 sekunde. Rezultati merenja prikazuju se grafički u obliku kontinualnih krivih ili u vidu alfanumeričkih tabela. Slučajni psofometarski šum, fazni džiter, šum kvantizacije, varijacija nivoa i frekvencijski pomak, mere se prema CCITT preporukama kao funkcije vremena. Tranzijentni parametri, za koje se definiše određeni prag, kao što su impulsi šum, prekidi veze, amplitudski i fazni skokovi, prema CCITT preporukama broje se u ograničenom intervalu vremena ili kontinualno.

Količnik grešaka po bitu, broj blokova sa greškama, kao i otkazi u prenosu podataka, mere se istovremeno. Na predaji se generiše sekvenca od 511 bita, a po obavljenom prenosu, ona se u prijemnom uređaju upoređuje sa lokalno generisanom identičnom sekven-

com. Brojačima se registruje broj grešaka. Sekvenca niza od 511 bita periodično se ponavlja. U ovom slučaju sekvenca od 511 bita se smatra blokom »dužine« 511 bita, čime je omogućeno da se »izmeri«, odnosno izbroji ukupan broj blokova sa greškama, ukupan broj prenetih bita i blokova, kao i broj otkaza u prenosu podataka. Rezultati merenja obično se prikazuju na ekranu mernog instrumenta, ali se istovremeno mogu štampati korišćenjem štampača priključenog na merni instrument. U tabeli 3 prikazan je rezultat merenja navedenih parametara na jednom realnom kanalu veze.

Tabela 3

REFERENTNI MODEM PP14496	
brzina prenosa podataka: 2400 b/s	
brzina modulacije: 9600 Bd	
BERT / 511 / 8 / NONE / ASYNC / 2	
TEST SECONDS	1145
BLOCKS SENT	2000
BLOCKS RECEIVED	2000
BITS IN ERROR	7
BLOCKS IN ERROR	2
ERRORED SECONDS	2
NUMBER OF FAULTS	0

Prilikom merenja propusnog opsega, diferencijalnog kašnjenja, diferencijalnog slabljenja i impedanse koristi se multitonski signal (sa 35 tonskih signala) čije su frekvencije:

$$f = n \cdot 100 \text{ Hz}; \quad n = 2 \text{ do } 36.$$

Multitonski signal se otprema simultano, a na prijemnom kraju kanala mere se pomenute veličine. Vreme merenja i prikazivanja rezultata na ekranu mernog instrumenta je oko 1 sekunde. Harmonijska izobličenja mere se korišćenjem sinusoidalnog signala čija frekvencija može biti $f = 0,7; 0,8$ i $0,9$ ili 1 kHz . Predajni nivo ispitnih signala podešava se tako da bude zadovoljen zahtev koji se odnosi na dozvoljenu srednju snagu u kanalu. Va-

rijacija slabljenja meri se korišćenjem sinusoidalnog signala frekvencije $f=0,8$ kHz ili 1 kHz, dok se frekvencijski pomak meri korišćenjem ispitnog sinusoidalnog signala frekvencije $f=1020$ ili 2040 Hz. Pri merenju amplitudskih i faznih skokova koristi se ispitni ton-ski signal frekvencije $f=1020$ Hz, a pri merenju prekida, ton-ski signal kojim se vrši testiranje kanala je frekvencija 2000 Hz.

Tonski signali se ne koriste pri merenju nivoa psfometrijskog šuma i impulsnog šuma. Prilikom tih merenja drugi kraj kanala veze mora biti zaključen karakterističnom impedansom kanala.

Preporukama ITU-T (ranije CCI TT) definišu se metode merenja pomenutih parametara kvaliteta. Savremena merna oprema [3, 4], primenom programskog upravljanja, obezbeđuje automatizovane postupke merenja i prikazivanja rezultata.

Rezultati merenja i održavanje kvaliteta

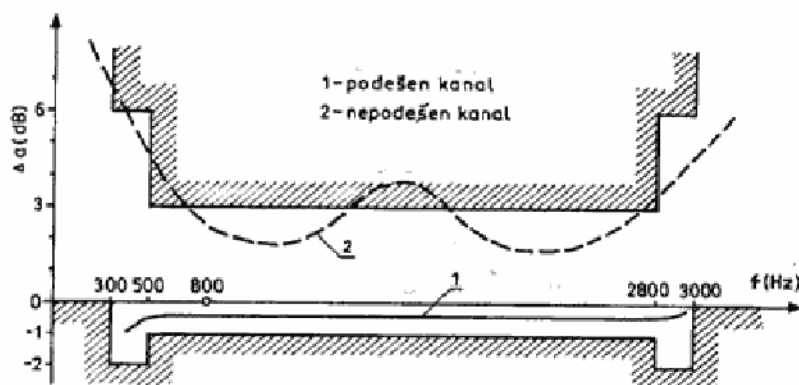
Pri merenju parametara kvaliteta kanala za prenos podataka moguće je da dobijeni rezultati budu u granicama normi koje su navedene u tabeli 1, ili da postoji odstupanje kod pojedinih ili većine pomenutih parametara. Cilj merenja jeste da se obezbedi potreban kvalitet i da se tehničkim odr-

žavanjem on osigura u što dužem periodu vremena.

Ukoliko rezultati ne zadovoljavaju pomenute norme, njihovom analizom može se doći do uzročnika koji je uticao na degradaciju nekog parametra.

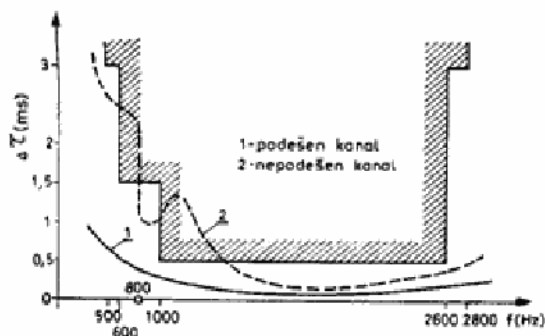
Prilikom merenja kvaliteta kanala veza u jednoj mreži za prenos podataka brzinama modulacije od 1200 do 9600 Bd, na nekim telefonskim kanalima (radio-relejne veze) nekoliko parametara nije zadovoljilo norme kvaliteta. Tako, na primer, rezultati merenja diferencijalnog slabljenja (sl. 6) nisu bili u zahtevanim granicama, pa je analizom rezultata nađeno rešenje problema. Problem je u tome što je kanal veze usmeravan tako da je na trasi vršeno prespajanje na niskofrekventnom nivou (NF) sa 5 pari modulatora/demodulatora. To je uticalo na nedozvoljeno odstupanje diferencijalnog slabljenja i diferencijalnog kašnjenja (sl. 7). Preusmeravanjem posmatranog kanala izbegnuta su tri NF prespajanja (ostala su dva para modulatora/demodulatora tj. dva NF prespajanja). Nakon toga, ponovljeno je merenje oba pomenuta parametra, a dobijeni rezultati bili su u zahtevanim granicama (sl. 6 i sl. 7).

Na jednom od telefonskih kanala pomenute mreže slučajni psfometrijski šum bio je izvan dozvoljenih vrednosti. Analizom rezultata i mogućih

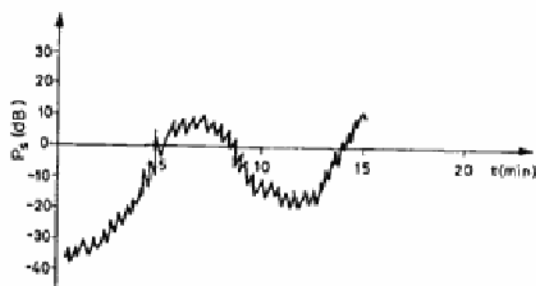


Sl. 6 — Rezultati merenja diferencijalnog slabljenja telefonskog kanala na radio-relejnoj vezi

uzročnika utvrđeno je da radio-relejna trasa nije bila korektno usmerena. Takođe, bili su pogrešno postavljeni parametri automatske regulacije pojačanja korišćenjem grupnog pilotskog signala. Nakon otklanjanja navedenih nedostataka ponovljeno je merenje šuma i dobijen zadovoljavajući rezultat (sl. 8).



Sl. 7 — Rezultati merenja diferencijalnog kašnjenja telefonskog kanala na radio-relejnoj vezi



Sl. 8 — Stučajni šum u telefonskom kanalu radio-relejne veze

Na sličan način, analizom rezultata merenja i otkrivanjem uzročnika koji utiče na degradaciju nekog parametra, obezbeđuje se i održava zahtevani kvalitet u prenosu podataka.

U eksploataciji nekih većih mreža za prenos podataka javljaju se poteškoće u obezbeđenju zadovoljavaju-

će brzine, tačnosti i pouzdanosti u prenosu podataka. Teškoće se uspešno mogu prevazići ako se prihvati prilaz (izložen u ovom radu) da kvalitet kanala veza određuje dvadeset različitih parametara, koji se moraju periodično proveravati i na osnovu dobijenih rezultata preduzimati preventivne i korektivne akcije u smislu dovođenja kvaliteta kanala veza na prihvatljiv nivo.

Drugo pitanje je koje zahteve, odnosno norme ili standarde, treba propisati ili usvojiti kada je reč o vojnim mrežama za prenos podataka. Nije racionalno ni tehnički opravdano da se definišu neki posebni zahtevi ili standardi, već bi trebalo usvojiti međunarodne standarde, odnosno preporuke ITU-T (ranije CCITT) koje su u ovom radu sistematizovane i detaljno analizirane.

Zaključak

U radu su na nov način sintetizovana tehnička pitanja koja se odnose na kvalitet kanala veza za prenos podataka. Analiziran je skup brojnih parametara koji utiču na kvalitet, navedene su metode merenja, i ukazano na mogućnosti da se analizom rezultata dođe do spoznaje o merama koje treba preduzeti pri preventivnom održavanju kanala veza.

Odgovoreno je i na pitanje: čime je određen kvalitet kanala veza za prenos podataka, kako se taj kvalitet meri i koriste rezultati dobijeni merenjem.

Pri projektovanju, eksploataciji i održavanju mreža za prenos podataka parametri kvaliteta kanala veza moraju se imati u vidu ako se želi pouzdan i efikasan prenos podataka.

Literatura:

- [1] CCITT preporuke: M.1020; P.33; 0.111; 0.71; 0.91; 0.61; 0.95; V.51; V.53; V.55 i dr.
- [2] Jevtović, M.: PRENOS PODATAKA u informacionim sistemima (knjiga u pripremi).
- [3] Siemens: K1190 data line analyzer, K1195 Protokol tester, prospektni materijal, Siemens AG, 1988.

- [4] Prospektni materijali za mernu opremu firmi: Hewlett — Packard, Wandel und Goltermann i druge.

- [5] Lukatele G. i dr.: Digitalne telekomunikacije, Građevinska knjiga, Beograd, 1984.

Dr Obrad Šupić,
pukovnik, dipl. inž.

RAZVOJ POGONSKIH BATERIJA ZA ELEKTRIČNA VOZILA

Rezime:

Još jednom se nametnulo kao vrlo važno energetska i ekološko pitanje razvoja akumulatora za električni pogon vozila unutrašnjeg i gradskog transporta kao i putničkih automobila, motocikala i dr. Razvijeni su novi elektrohemijski sistemi kao što su $Zn-Br_2$, $Li-Al/FeS_2$ i $Na-S$, od kojih se očekuju rešenja koja će doprineti masovnoj primeni električnih vozila.

Ključne reči: traktione baterije, električna vozila, akumulatori, razvoj, čvrsti elektrolit.

DEVELOPMENT OF POWER BATTERIES FOR ELECTRICAL VEHICLES

Summary:

Once again a very significant matter of power drive, also an ecological one, in the form of development of batteries for electrical drive of city transportation vehicles, also of passenger automobiles, motorcycles, and the like, has imposed itself. New electro-chemical systems have been developed, such as system using $Zn-Br_2$, $Li-Al/FeS_2$, and $Na-S$, of which are expected solutions that will contribute to a more massive application or utilization of electrically powered vehicles.

Key words: traction batteries, electrical vehicles, development, solid electrolyte.

Uvod

Problem skladištenja električne energije stalno je izražen, kako u zemljama sa razvijenim tehnologijama, tako i u zemljama u razvoju. Uzrokovano je ograničenim količinama primarnih izvora energije, kao što su nafta, uglj i gas. Da bi se iskoristila energija sunca, vetra i talasa treba je pretvoriti u električnu energiju. Korišćenje ovih energija dobija pravu vrednost tek kada se omogući da se koristi ne samo u momentu pretvaranja u

električnu energiju već kada se za to ukaže potreba, zbog čega je neophodno rešiti pitanje njenog skladištenja.

Pronalaskom olovnog akumulatora, 1859. godine, započeta je era elektrohemijskih izvora energije i mogućnosti skladištenja električne energije. Razvoj i poboljšanje kvaliteta olovnih akumulatora tekli su sporo, i još uvek nisu na zadovoljavajućem nivou.

Za pogon automobila poželjni su akumulatori sa visokom specifičnom energijom od 150 Whkg^{-1} pri 20 Wkg^{-1} , (prvi olovni akumulatori ima-

li su specifičnu energiju 9 Whkg^{-1}), što je prvi zahtev koji treba da zadovolje baterije za pogon električnih vozila.

Drugi važan zahtev koji treba da ispunjavaju pogonske baterije je autonomija rada, odnosno udaljenost koju vozilo može da savlada bez punjenja baterije. Autonomija rada električnog vozila može biti definisana vremenski ili pređenim kilometrima između dve lokacije, gde je moguće vršiti ponovno punjenje. Autonomija rada prilagođava se nameni električnog vozila.

Treći zahtev koji treba da ispune baterije za pogon električnih vozila jeste mogućnost brzog punjenja. To vreme treba da je uporedivo sa vremenom punjenja rezervoara gorivom.

Četvrti zahtev je veća brzina kretanja vozila.

Iako je električni automobil osvojen pre motora SUS, ipak nije izdržao razvojnu trku upravo zbog nemogućnosti da ispuni ova četiri najvažnija zahteva.

Do zastoja u razvoju automobila na električni pogon došlo je zbog:

- ograničene rezerve energije u bateriji (5 l benzina omogućava savladavanje razdaljine od 60 km, kao i olovna baterija mase 200 kg);

- male izdržljivosti na usponima i ograničene maksimalne brzine kretanja;

- dugog vremena punjenja baterije u odnosu na vreme popune rezervoara tečnim gorivom;

- masovne produkcije motora SUS što je omogućeno prihvatljivom cenom i potrebnom snagom motora.

Sadašnje stanje razvoja akumulatorskih baterija za pogon električnih vozila

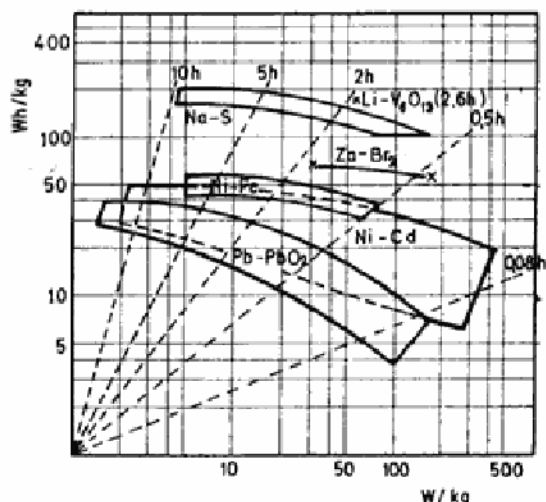
Razvoj električnih automobila traži razrešenje svih ili većine pitanja

zbog kojih je došlo do zastoja u razvoju. Situacija u oblasti elektrohemijskih izvora energije znatno se promenila, tako da danas postoji niz novih sistema sa znatno većom specifičnom energijom, od 90 do 150 Whkg^{-1} i preko 1000 ciklusa rada, kao što su sistemi litijum-gvožđesulfid i natrijum-sumpor.

Pogonske baterije, olovne i kadmijum/nikal oksid, proizvedene su sa aktivnom masom koja može da prihvati veću gustinu struje punjenja, tako da punjenje baterije traje 15 do 30 minuta.

Pregled tipova akumulatorskih baterija za pogon električnih vozila i njihovih proizvođača, prikazan u tabeli 1, ukazuje na interesovanje za razvoj automobila na električni pogon [1].

Različiti elektrohemijski sistemi sa specifičnom energijom i energijom pri različitim uslovima eksploatacije (Ragone-dijagram), prikazani su na slici 1.



Sl. 1 — Ragone-dijagram

Može se zaključiti da postoji relativno veliki broj raznorodnih tipova pogonskih baterija osvojenih za elek-

Tipovi elektrohemijskih sistema akumulatorskih baterija za pogon električnih vozila i njihovi proizvođači

Tip baterije	Proizvođači		
	USA	Evropa	Japan
Olovne, Pb/PbO ₂	Eagle-Pichler Eltra, ESB Globe-Union Gould Westinghouse	Chloride (GB) Lucas (GB) Varta (D)	Japan-Storage Shin-Kobe
Cink-brom, Zn/Br ₂	Jonson Controls Inc. Exxon ERC ECO Inc.	SEA (A)	Meiensa Toyota
Cink-hlor, Zn/Cl ₂	EDA	—	—
Nikal-cink, Ni/Zn	Brookhaven Eagle-Pichler ERC, ESB Livermore General-Motors Westinghouse	AGA (S) DAUG (D) CGA (F)	Furukawa Japan-Storage
Nikal-gvožđe, Ni/Fe	Eagle-Pichler	Nife (S) Varta (D) Inco (GB)	Matsushita
Aluminijum-vazduh	Lawrence Livermore Lockheed	Hoppe Cke. (D) Norweg. Dre.	—
Gvožđe-vazduh	Westinghouse	Swed. Nat. Dev. Simens (D)	Matsushita
Cink-vazduh	General-motors Gulf General	Alsthom (F) CGF (F) Citroen	Sony Corp. Yuasa
Natrijum/sumpor, Na/S	ANL Bell ESB Dow chemical Ford General electric	Harwell (GB) Battelle (D) Brown Boveri (D) British Rail Chloride (GB) CGE (F)	Toshiba Yuasa Hitachi
Legura litijum-alumini- jum-gvožđe-sulfid, Li-Al/FeS ₂	ANL Atomics Int. Research Eagle-Pichler General-Motors Gould	Battalle (D) Varta (D) Harwell (GB)	—
Litijum-titansulfid, Li/TiS ₂	EIC Exxon Bell	—	—

trične automobile kao i onih koji su u fazi osvajanja.

Razvoj pogonskih baterija odvija se u tri pravca [2]:

— poboljšanje fizičko-mehaničkih, električnih i eksploatacionih karakteristika akumulatora klasičnih elektrohemijskih sistema,

— istraživanje i razvoj akumulatora novih elektrohemijskih sistema,

— istraživanje i razvoj elektrohemijskih generatora.

Olovni akumulatori

U oblasti olovnih trakcionih akumulatora, koji se koriste za pogon električnih motora, učinjeni su veliki pomaci.

Povećana je specifična gustina energije na 35 do 45 Wh/kg smanjenjem relativne mase metala od kojeg su izrađene rešetke elektroda. Razvijena je bakarna rešetka za negativnu elektrodu i cevasta pancirna kao pozitivna

elektroda. Na ovaj način dobijen je za 25% veći kapacitet i 31% više energije. Poboljšanja su rezultat manjeg električnog otpora bakra za 12,3 puta u odnosu na olovo, i znatno manja specifična masa bakra (8,9 g/cm³) u odnosu na olovo (11,3 g/cm³). Da bi se sprečilo rastvaranje bakra u kontaktu sa kiseonikom koji potiče iz elektrolita H₂SO₄, po relaciji



rešetka elektrode od bakra zaštićuje se elektrohemijskim slojem olova. Bakarna rešetka se dobija od lima debljine 0,2 do 0,5 mm, postupkom rastezanja.

Trakcioni olovni akumulatori većih dimenzija imaju ugrađene sisteme za mešanje elektrolita i uređaje za hlađenje.

Osnovne karakteristike trakcionih olovnih akumulatora za pogon električnih vozila prikazane su u tabeli 2 [3].

Tabela 2

Trakcioni olovni akumulatori poznatih svetskih proizvođača

Proizvođač i dimenzije elektrode	Za 20 h režim				Br. ploča		Tip legure	Krajnja elektroda	Odnos masa: pozit. negat.	Vrsta separa- tora
	V	Ah	kg	Wh/ /kg	+	-				
Alco 2200, SAD, 153 x 155 mm	6	220	26	32,1	9	10	PbSb5	-	0,74	gume- ni
Besco 822, Australija, 133 x 145 mm	6	190	24	30	12	13	PbSb1,5	+	1,04	PVC
Dunlop, Endurance, Australija, 122 x 142 mm	6	55	15,8	26,4	4	5	PbSb6	-	0,96	dara- mic
Lucas deep, Cycle, N. Zeland, 123 x 145 mm	12	80	27,3	22,2	5	6	PbSb5	-	0,78	celu- loza
Oldham- -Sinclair, V. Britanija 116 x 113 mm	12	36	15	18,2	3	4	PbSb2,5+ PbSb1,5-	-		polie- tilen

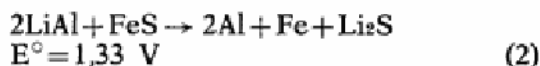
Japanska firma Storage battery Co., u okviru projekta MITI razvila je akumulator sa cevastim pozitivnim i negativnim pastiranim elektrodama od aktivnog materijala visokih performansi. Kućište je izrađeno od poliolefin-ske smole, ugrađen je indikator nivoa elektrolita, ima automatsko dolivanje vode, pumpu za cirkulaciju elektrolita i ventil sa priključkom za zaustavljanje plamena. Akumulator se može duboko prazniti.

Dimenzije ćelije su 1150 x 505 x 375 mm, masa 560 kg, a kapacitet pri desetočasovnom režimu pražnjenja 7500 Ah. Energetska efikasnost DC u DC je 87%, gustina energije 68 Wh/dm³, a vek upotrebe preko 1000 ciklusa.

Sistem Li-Al/FeS₂

Termodinamičke i elektrohemijske karakteristike sistema Li-Al/LiCl-KCl/FeS₂ omogućavaju proizvodnju elektrohemijskih ćelija odličnih energetskih performansi. Ćelije poseduju veliku teoretsku specifičnu energiju (460 Wh/kg), a predloženi elektrolit, rastop soli, ima malu električnu otpornost.

Reakcija pražnjenja može se prikazati sledećom jednačinom:



Konstrukcije ćelija do 1985. godine imale su neprihvatljivo veliki pad kapaciteta, koji je iznosio 0,1 do 0,25% po ciklusu, zbog migracije sumpora iz gvožđe-disulfidne elektrode u oblast separatora, gde se taložio kao Li₂S.

Inovacionim rešenjima u oblasti elektrolita ćelije Li-Al/FeS₂, i u oblasti povećanja gustine punjenja elektrode FeS₂, omogućena je stabilnost ciklusa i povećanje gustine energije i snage za više od 50%. Novi elektrolit ima sledeći molski procenat komponenata: 25% mol LiCl; 37% mol LiBr; 38% mol KBr. Gustina punjenja elektrode FeS₂ je 2,4 Ah/cm³. Sa ovom gustinom punjenja ćelija radi na višem naponskom

nivou koji iznosi 1,75 V, prema reakciji:



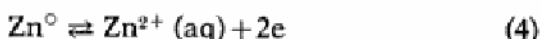
Konvencionalne ćelije funkcionisale su u temperaturnom dijapazonu od 425 do 465°C. Novi elektrolit omogućava rad na temperaturama od 380 do 425°C, ima stabilan kapacitet, tako da za ćelije sa FeS₂ i posle 400 ciklusa iznosi oko 89%. Niže radne temperature omogućavaju duži radni vek kućišta ćelije jer se smanjuje brzina korozije koju prouzrokuje sulfidna elektroda.

Na osnovu ovih poboljšanja može se očekivati da se sledećom konstrukcijom ćelije postigne specifična energija od 175 Wh/kg pri četveročasovnom režimu, i specifična snaga od 200 W/kg pri 80% pražnjenju. Ispitivanja je vršila Argonne national laboratory na ćelijama od 24,48 i 250 Ah, čija je konstrukcija višestruka prizmatična. Kućište ćelije obloženo molibdenom služi kao strujni kolektor i međuelektrodni spoj. Ispitivana su i kućišta obložena titannitridom i titankarbidom, zbog jakog korozionog delovanja FeS₂.

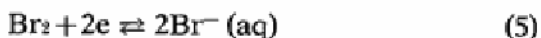
Cink-brom baterije

U elektrohemijskom sistemu cink-brom odvijaju se sledeće reakcije na elektrodama:

katoda:



anoda:



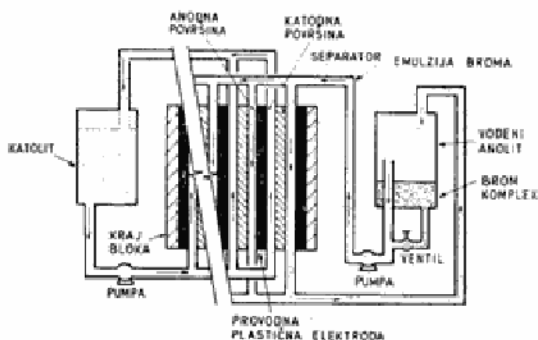
ukupna jednačina:



Ćelija ima napon od 1,82 V, što je vrlo interesantno za upotrebu. Posmatrajući mesto koje zauzima sistem Zn-Br₂ na Ragone-dijagramu (slika 1) uočljiv je dobar energetski položaj, što dovodi do zaključka da je ovaj sistem

već dugo veoma zanimljiv za izradu baterija. Razvoj, ipak, nije tekao očekivanom brzinom zbog korozionog delovanja broma na elektrodni materijal. Preokret je nastao kada su razvijene elektroprovodne plastične mase za elektrode i separatore, i kada su razvijeni kompleksanti broma koji su omogućili kontinualno iznošenje broma iz ćelije uz stabilne uslove rada. Razrešen je i problem nastajanja dendrita cinka.

Šema cink-brom bipolarnе baterije prikazana je na slici 2.



Sl. 2 — Šema bipolarnе cink-brom baterije

Ovaj sistem se sastoji od:

- paketa elektroda bipolarnog tipa sa zasebnim ulošcima,
- elektrolita — vodenog rastvora cink bromida (bromu su dodate organske materije da bi ga učinile stabilnim i radi bolje električne provodljivosti),
- sistema rezervoara, pumpi i cevnog razvoda.

U toku električnog punjenja na katodi se iz elektrolita taloži sloj cinka. Brom se izdvaja na anodi, a preostali elektrolit u obliku organskog kompleksa broma vraća se u rezervoar. Zbog spore reakcije izdvajanja broma, na anodnoj strani bipolarnе elektrode potrebni su aktivatori. U toku električnog pražnjenja vodena emulzija bogata bromom, pomoću pumpe se ubacuje u ćelijski paket da bi elektrohemij-

ski reagovala na elektrodama. Između elektroda nalaze se plastični separatori koji sprečavaju direktan kontakt između broma i cinka, i na taj način sprečavaju samopražnjenje ćelije.

Struja teče poprečnim presekom paketa elektroda ćelije, a pomoću dva kolektora postavljena na krajevima baterije, izlazi iz nje. Napon ćelije je 1,76 V.

Bipolarно izvedena elektroda ćelije je povoljnija je od monopolarne ukoliko se želi veći napon.

Firma Exxon realizovala je bateriju od 80 V i 4 kWh, i bateriju od 130 V i 20 kWh. Pronađen je novi tip separatora koji u sistemu mešanja elektrolita služi kao izmenjivač toplote. Hermetičnost ćelije postignuta je zavarivanjem ćelijskog paketa. Cevasto izvedena elektroda sadrži do 80 cevčica čija je debljina zida 0,5 mm, a postavljene su na rastojanju od 2,5 mm. Svaka polovina ćelije ima svoj elektrolit.

Zn-Br₂ sistem još uvek je u fazi razvoja. Specifična energija baterija, u zavisnosti od načina izvođenja, je oko 60 Wh/kg za tročasovni režim pražnjenja i kapacitet 6 do 20 kWh, a kod nekih konstrukcija dostiže i 72 Wh/kg. Gustina snage ovog sistema iznosi oko 53 W/kg, što je prilično malo u odnosu na konkurentne sisteme.

Povećanje stepena iskorišćenosti cinka do 70% može se postići većom koncentracijom cinka i broma, a primenom poboljšanog tipa separatora i redukcijom mase nekih komponenata može se dostići specifična energija od 100 Wh/kg.

Ispitivanjem je dokazano da vek cink-brom baterije iznosi 2000 ciklusa.

Istraživači koji su razvijali ovaj tip baterije preporučuju je kao rezervoar energije i kao trakcionu bateriju sa sledećim prednostima [4]:

- Zn-Br₂ sistem teoretski ima 2 do 3 puta veću specifičnu energiju od Pb-PbO₂ sistema,

— moguća su višestruka potpuna pražnjenja bez štetnih posledica,

— moguće je egzaktno odrediti stanje napunjenosti,

— moguća je zamena komponenti u modelu.

Naravno, realne rezultate pokazaće praksa. Nema podataka o ceni po kWh, ali se smatra da prednost razvoja ovog sistema predstavljaju i mala investiciona ulaganja koja on zahteva.

Sistem natrijum-sumpor

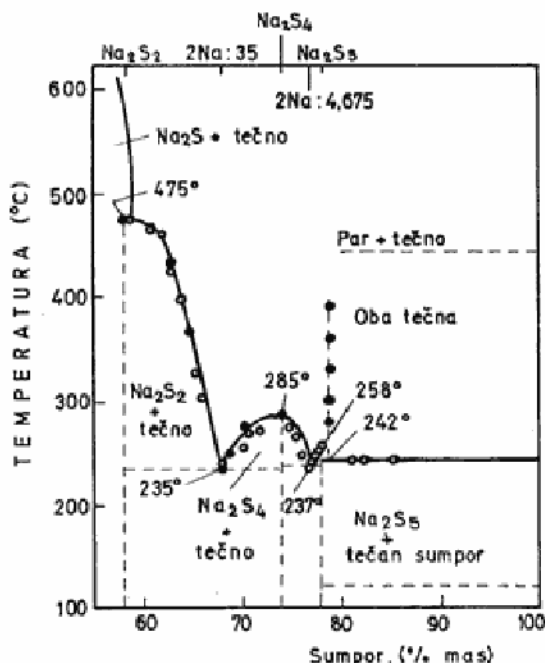
Natrijum-sumpor akumulatori su specifični jer koriste čvrsti elektrolit i tečnu metalnu negativnu elektrodu, a tok reakcije zavisi od radne temperature. Sasvim uprošćeno reakcija se može prikazati sledećim relacijama:



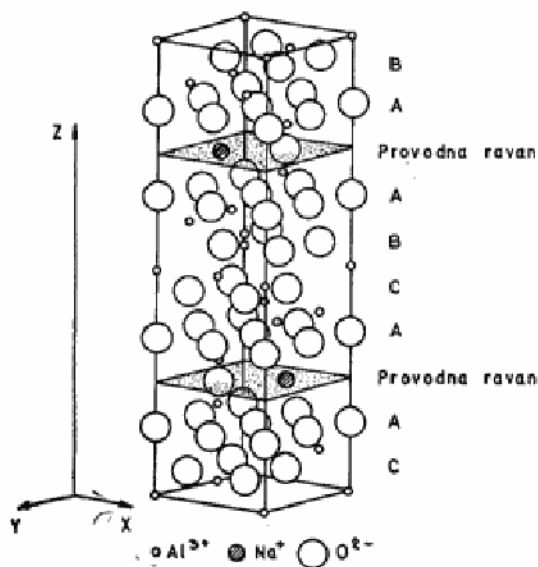
Iz dijagrama stanja, prikazanog na slici 3, može se zaključiti da je potrebna mnogo veća temperatura od 600°C da bi Na_2S ostao u tečnom stanju. Međutim, stvarna radna temperatura je između 300 i 400°C . Da bi se izbeglo taloženje čvrste faze, pražnjenje akumulatora se završava kada se formira polisulfid natrijuma sastava Na_2S_3 .

Kao elektrolit koriste se čvrsti složeni oksidi aluminijuma i natrijuma sa strukturom β -glinice koja je veoma dobar provodnik struje, a u akumulatoru ima funkciju elektrolita i separatora. To se postiže zahvaljujući polikristalichnosti β -glinice koja je složen oksid aluminijuma i natrijuma, a kome odgovara formula $(\text{Na}_2\text{O})_1 + x \cdot 11\text{Al}_2\text{O}_3$.

Idealizovan izgled elementarne ćelije elektrolita prikazan je na slici 4, a



Sl. 3 — Dijagram stanja $\text{Na}_2\text{S-S}$

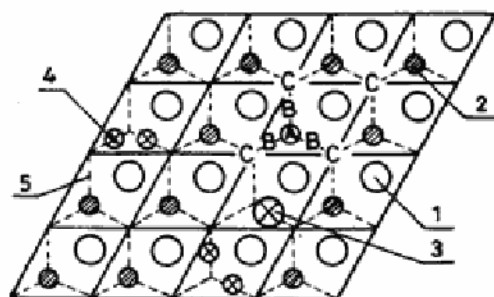


Sl. 4 — Idealizovana elementarna ćelija β -gline

na slici 5 struktura provodne površine sa položajem prisutnih jona Al^{3+} , Na^+ i O^{2-} .

Čvrsti elektrolit dobija se sinterovanjem Al_2O_3 na 1660°C . Elektrolit ima

pore veličine 25 do 50 mm, i specifičnu masu 2,9 do 3,1 g/cm³ koja zavisi od temperature sinterovanja.



Sl. 5 — Struktura provodne površine β -gli- na-keramika

1 — vezani joni kiseonika, 2 — nespareni joni Na, 3 — međuugli joni kiseonika, 4 — spareni međuugli joni Na, 5 — putevi difuzije jona Na

Za analizu EMS neophodno je definisati polazne komponente i njihove produkte. Standardne komponente biraju se tako da budu tečne pri radnoj temperaturi akumulatora, a rastop polisulfida posmatra se kao smeša $\text{Na}_2\text{S}(t)$ i $\text{S}(t)$ [5].

EMS se izračunava iz sledećih elektrohemijskih sistema [5]:

EMS 1 iz $\text{Na}(t)$ β -glinica/
/ $\text{Na}_2\text{S}_x(t)/\text{C}$ $0,29 < x < 1$

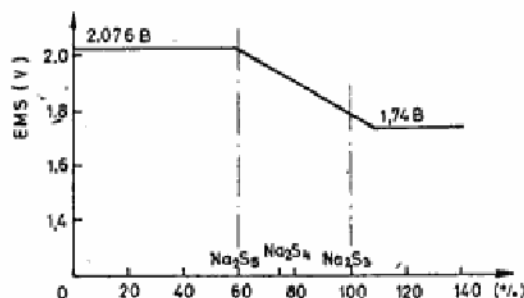
EMS 2 iz $\text{Na}(t)$ β -glinica/
/ $\text{Na}_2\text{S}_y(t) + \text{S}(t)/\text{C}$ $0,6 \leq y \leq 0,8$

Analizom dijagrama na slici 3 vidi se da rastop sadrži od 78 do 100% (mas) sumpora i da obrazuje dve faze koje se ne mešaju; fazu bogatu sumporom i rastop polisulfida koji poseduje provodne jone približnog sastava $\text{Na}_2\text{S}_{2,2}$. Pražnjenje se odvija pri 350°C, dok se sastav $\text{Na}_2\text{S}_{2,2}$ ne izmeni u $\text{Na}_2\text{S}_{2,7}$. Pri daljem pražnjenju pojavljuje se čvrsta faza Na_2S_2 . Kao što se vidi sa slike 6, napon pri obrazovanju $\text{Na}_2\text{S}_{2,7}$ iznosi 1,74 V, a to znači da više nema tečne faze.

Za dobro funkcionisanje akumulatora sa natrijumovom i sumpornom elektrodom postoji niz zahteva koje

mora zadovoljiti čvrsti elektrolit, a najvažniji su sledeći:

— elektrolit mora biti visoke jonske provodnosti pri odsustvu provod-



Sl. 6 — Pražnjenje u odnosu na Na_2S_2

nih elektrona, što se postiže dodatkom Na^+ ,

— visoka koroziona otpornost prema aktivnim materijalima akumulatora (sumporu i natrijumu),

— hermetičnost,

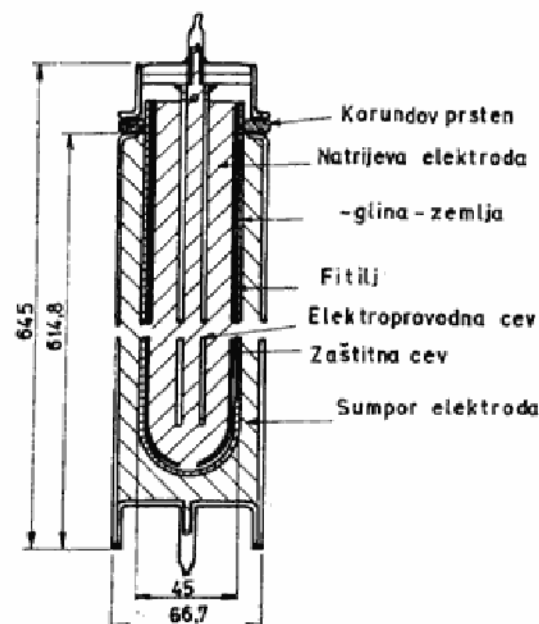
— zadovoljavajuća mehanička otpornost.

Navedene zahteve ispunjavaju samo dva materijala koja su do sada ispitana, a to su boratno staklo i β -glinica. Proizvodnja staklenih vlakana je relativno skupa, pa je u primeni ostala β -glinica za sumpor-natrijum konstrukcije akumulatora. Konstrukcija akumulatora određuje formu čvrstog elektrolita. Obično se β -glinica izrađuje u obliku cevi ili diskova. Kod cevne forme elektrolita moguće su dve varijante konstrukcije akumulatora: sa centralnom anodom, kada je Na u unutrašnjoj cevi (slike 7 i 8) i sa centralnom katodom, kada je u unutrašnjoj cevi sumporna elektroda.

Na osnovu dosadašnjih ispitivanja prednost je na strani akumulatora sa centralnom anodom, jer koristi kućište akumulatora kao strujni kolektor. Njegova specifična energija je veća nego kod akumulatora sa centralnom katodom. Sa ovakvim rešenjima nije bilo problema sa korozijom ni posle 1000 ciklusa punjenja—pražnjenja.

Pri izboru materijala i konstrukciji akumulatora, mora se voditi raču-

na o radu na povišenim temperatura-
ma i merama bezbednosti. Entalpija



Sl. 7 — Cevasti akumulator sa centralnom
Na-anodom General Electric Co

obrazovanja Na_2S_3 je 432 kJ/mol. Pri
adijabatskim uslovima moguće je po-
većanje temperature i preko 2000°C , a
srazmerno tome i porast unutrašnjeg
pritiska u ćeliji. Zbog mogućih havari-
ja, a da bi se ograničio porast tempe-
rature, konstrukcija se izvodi tako da,
ukoliko dođe do havarije na jednoj će-
liji, ona se ne sme preneti na ostale će-
lije u bateriji. Količina Na i (ili) S, ko-
ja stupa u reakciju neposredno posle
razaranja čvrstog elektrolita, mora
biti minimalna, a osnovna masa rea-
genata u akumulatoru mora biti odvo-
jena. Dotok Na ili S u zonu reakcije
mora biti ograničen. Ovde se, takođe,
mora voditi računa o korozionoj agre-
sivnosti komponenata.

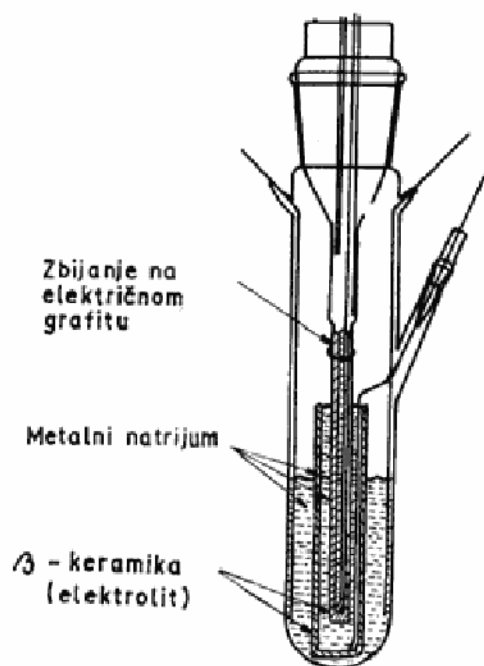
Pregled najvažnijih komponenata,
njihove mase i specifične energije raz-
ličitih konstrukcija Na-S akumulatora
prikazane su u tabelama 3, 4 i 5.

Tabela 3

Najvažnije komponente i njihova masa u
akumulatorima sa centralnom anodom

Komponente	Masa (g)	Odnos mase i snage (kg/kW)	Maseni % u od- nosu na akumu- lator
Elektrolit β-glina	181	1,706	17,82
Aktivni ma- terijali (Na i S)	423,7	4,00	41,71
Anodni fitilj	54,4	0,513	5,36
Ugljenična obloga	38,3	0,361	3,77
Komponente za hermeti- zaciju (korund, staklo-metal spoj)	131,76	1,24	12,97
Kućiste aku- mulatora	186,7	1,76	18,38
Ukupno	1015,86	9,58	100

cev od β-keramike dužine 30 cm; preč-
nik 3,0 cm; debljina zida 0,2 cm; speci-
fični otpor 5 Ω cm; debljina S-elektrode
0,8 cm; brzina pražnjenja 2 h; specifična
energija akumulatora 209 Wh/kg.



Sl. 8 — Na-elektroda sa dve koncentrične
cevi od β-keramike (β-elektrolit)

Tabela 4

Najvažnije komponente i njihova masa u akumulatorima sa centralnom katodom

Komponente	Masa (g)	Odnos mase i energije (kg/kWh)	Maseni %
Elektrolit β -glin	181,0	2,25	20,18
Aktivni materijali (Na i S)	285,2	3,55	31,81
Ugljenični delovi	34,6	0,43	3,86
Kućiste akumulatora	275,6	3,44	30,75
Strujni kolektor	22,8	0,284	2,54
Komponente za hermetizaciju	97,40	1,21	10,87
Ukupno	896,6	11,16	100

cev od β -keramike dužine 30 cm; prečnik 3 mm; debljina zida 0,2 cm; specifični otpor 5Ω cm; debljina S-elektrode 1,2 cm; brzina pražnjenja 2 h; specifična energija 179 Wh/kg.

Tabela 5

Specifična energija akumulatora sa centralnom anodom i centralnom katodom

Brzina pražnjenja (h)	Akumulator sa centralnom katodom		Akumulator sa centralnom anodom	
	(Wh/kg)	(Wh/dm ³)	(Wh/kg)	(Wh/dm ³)
1	172	276	159	310
2	179	331	209	407
3	218	350	226	440
4	223	359	234	456
5	227	365	239	466
8	231	373	247	480

Baterije za pogon električnih vozila

Prvu akumulatorsku bateriju za pogon električnog automobila izradila je, oktobra 1972. godine, firma Elec-

tricity Council Research Centre (EC RC). Akumulator je imao centralnu anodu, kapacitet 30 Ah i specifičnu energiju od 160 Wh/kg. Imao je i niz nedostataka, kao što je korozija kućišta izrađenog od nerđajućeg čelika, pod dejstvom rastopa polisulfida natrijuma. Hermetizacija je bila izvedena kompresionim postupkom, primenom mekog grafita, što je imalo za posledicu stvaranje interkalacionog jedinjenja sa natrijumom, i prouzrokovalo je kratak vek akumulatora.

Bateriju je sačinjavalo 960 akumulatora. Svaki akumulator bio je smešten u staklenu cev, a zatim u aluminijumski kontejner po 24 komada. Osnovne karakteristike Na-S baterije za pogon električnog automobila prikazane su u tabeli 6.

Tabela 6

Karakteristike Na-S baterije za pogon električnog automobila

Napon otvorenog kola	100 V
Kapacitet	50 kWh
Srednji radni napon	84 V
Srednja radna struja	186 A
Srednja snaga	15,5 kW
Napon pri minimalnoj brzini	72 V
Struja pri minimalnoj brzini	330 A
Snaga pri maksimalnom usporanju	24 V
Vršno opterećenje	50 V
Vršna struja	581 A
Masa akumulatora	317 kg
Ukupna masa baterije sa kontejnerom	800 kg
Specifična energija po masi	63 Wh/kg
Specifična energija po zapremini	33 kWh/m ³

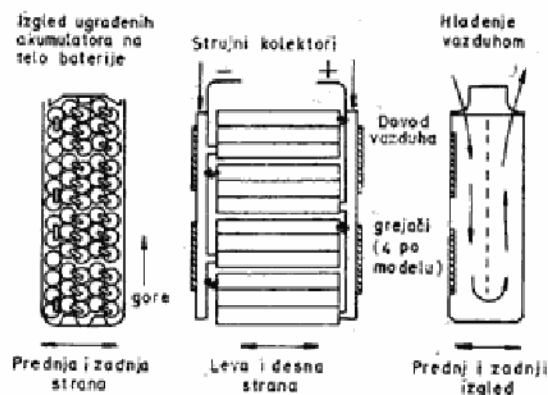
Opisana Na-S baterija šematski je prikazana na slici 9.

Karakteristike Na-S baterija za pogon putničkih električnih vozila firme EVEM, prikazane su u tabeli 7.

Upoređujući prikazane karakteristike za natrijum-sumpor akumulatore sa drugim sistemima, a naročito upoređujući specifičnu energiju i gustinu energije, može se uočiti prednost ovog sistema povećala se novim konstrukcionim rešenjima u oblasti hlađenja (tečno umesto vazduhom) a smat-

Tabela 7
Karakteristike Na-S baterije za pogon putničkog električnog automobila

Nominalni konstantan napon	240 V
Kapacitet pri tročasovnom pražnjenju	160 Ah
Odavanje energije pri tročasovnom pražnjenju	36 kWh
Odavanje energije pri tročasovnom pražnjenju i šestoclasovnom punjenju	89%
Snaga pri 80% dubokom pražnjenju	16 kW
Masa	402 kg
Zapremina	283 dm ³
Vek trajanja — broj ciklusa (godina)	200 (1)



Sl. 9 — Baterija Na-S

raju se najlakšim akumulatorima koji se danas mogu nabaviti za pogon električnih vozila. Poseduju potpunu efikasnost punjenja, a samopražnjenje im je zanemarljivo malo. BMW je razvio Na-S akumulator od 120 V i 160 Ah, koji omogućava autonomiju kretanja od 160 do 240 km i maksimalnu brzinu od 120 km/h.

Tabela 8
Karakteristike akumulatora za pogon električnih vozila u 1992. i 2000. godini prema konzorcijumu USABC

Akumulator	Vek trajanja (broj ciklusa)	Vek trajanja (godina)	Wh/kg pri C/5	W/kg	Cena (USD/kWh)	Iskorišćenje Ah(%)	Iskorišćenje Wh(%)
Olovni 1992. 2000.	50 do 1500 200 do 2000	20 20	30 50	250 400	200 150	85	75
FeNi 1992. 2000.	300 do 1000 1200	6 10	53 60	100 110	500 200	74	58
NiCd 1992. 2000.	2000 3000	20 25	40 55	260 300	2000 1500	75	55
NiMH 1992. 2000.	500 1000	5 10	60 65	100 150	3500 2500	90	80
ZnBr ₂ 1992. 2000.	200 do 2000 1000	1	70 80	70 100	110	93	75
NaS 1992. 2000.	800 1200	1 10	80 do 100 175	250 400	2000 150	100	90
LiFeS ₂ 1992. 2000.	1000	1 6 do 10	115 175	600 600			

Karakteristike novih sistema akumulatora koji su postavljeni u oblasti razvoja do 2000. godine, prikazani su u tabeli 8 [6]:

Zaključak

Kod električnih vozila najteže je kvalitetno rešiti pitanje izvora pogonske energije, pa su akumulatorske baterije dobile prvorazredni značaj. Prednost u razvoju dobili su, svakako, oni elektrohemijski sistemi koji imaju najveću specifičnu energiju, a mogu se koristiti za izradu trakcionih baterija. Takvi elektrohemijski sistemi razvijeni su kao Li-Al/FeS₂; Zn-Br₂ i Na-S i imaju specifičnu energiju u trakcionim baterijama od 95 Wh/kg; 70 Wh/kg i 150 do 250 Wh/kg respektivno.

Li-Al/FeS₂ i Na-S rade pri temperaturama od 350 do 420°C, što predstavlja njihov nedostatak, ali se intenzivno radi na sistemima za hlađenje i na snižavanju temperature. Osvojeni su takvi konstrukcioni materijali koji su koroziono i temperaturno otporni i u ovim sistemima.

Pogonske baterije Pb/PbO₂, Ni/Cd i Ni/Fe, izrađene za pogon električnih vozila, izvode se sa poboljšanim fizičko-mehaničkim, električnim i eksploatacionim karakteristikama. Za baterije Pb/PbO₂ poboljšanja su navedena, a kod Ni/Cd ogledaju se u primeni novih sunderastih materijala za Ni-rešetku, poboljšanju aktivne mase i primeni lakših materijala za kućišta i druge metalne delove.

Upoređujući podatke za specifičnu snagu, specifičnu energiju, vek trajanja i vreme ponovnog punjenja, dobijene merenjem na baterijama za električna vozila, sistema Li-Al/FeS₂ Na-S i Zn-Br₂, sa primarnim kriterijumima koje je dao američki konzorcijum USABS kao željene vrednosti [6], može se konstatovati da Li-Al/FeS₂ i Na-S sasvim zadovoljavaju, dok Zn-Br₂ ne zadovoljava u potpunosti, zbog male gustine snage od 53 W/kg.

Novi sistemi, Na-S, Li-Al/FeS₂ i Zn-Br₂ imaju niz prednosti u odnosu na klasične olovne akumatore, ali im se mora povećati vek. Do tada će olovni akumulatori, zahvaljujući, pre svega, niskoj ceni i solidnoj bezbednosti u eksploataciji ostati dominantni.

Literatura:

- [1] Kordes, K.: OZE, Jg40, Heft 1, januar 1987.
- [2] Vojnović, M. V.: Izvori električne energije No 1/95.
- [3] Čekerevac, M.: Tehnička studija, VTI, TS-6474730.
- [4] Tomažić, G.: OZE, Jg40, Heft 1, januar 1987.

- [5] Sudworth, J. I. and Tilley, A. R.: The Sodium Sulfur Battery, London, New York, Chapman and Hall, 1988.
- [6] Živanović, L.J., Tešanović, D., Teodorović V. i Živanov, M.: Izvori električne energije, No 2/94.

Rade Biočanin,
potpukovnik
Mr Dragan Nikolić,
kapetan I klase

SORPCIONI PROCESI U CEDILU ZAŠTITNE MASKE

Rezime:

Zaštita organa za disanje od prevashodnog je značaja u uslovima upotrebe NHB oružja i N i H nezgoda u miru. Odlučujuću ulogu kod zaštitnih maski i respiratora imaju sorpcioni procesi (adsorpcioni i absorpcioni) u zaštitnom cedilu čiji je mehanizam delovanja opisan u ovom radu.

Adsorbovana voda na aktivnom uglju pozitivno utiče na sorpciju jedinjenja koja su podložna hidrolizi (fozgen). Međutim, prevelika količina adsorbovane vode negativno utiče na sorpciju zbog zauzimanja većeg dela sorpcionog prostora, što je slučaj pri korišćenju zaštitne maske u uslovima visoke vlažnosti vazduha i magle.

Ključne reči: aerosol, aktivni ugalj, aerodinamički otpor, dinamička adsorpcija, katalitički dodatak, sorpcioni kapacitet, hemisorpcija.

SORPTION PROCESSES IN THE FILTERING PROTECTIVE MASK REGENERATION CARTRIDGE

Summary:

Protection of respiratory organs is of paramount importance both in the NBC battlefield and in N & C accidents in the time of peace. The decisive role in the filtering protecting masks and respirators is played by sorption (adsorption and absorption) processes in the regenerating cartridge. The mechanism of their functions is described in this article.

The water adsorbed on the active carbon positively affects the sorption of compounds that can be hydrolized (phosgene). An excessive quantity of the adsorbed water, however, has a negative impact to the sorption, because it fills a major part of the sorption space, which is the case when the protective mask is used in an environment of highly humid air or when the fog is present.

Key words: aerosol, active carbon, aerodynamic resistance, dynamic adsorption, catalytic additive, sorption capacity, chemical sorption.

Uvod

Sigurnost zaštite od nuklearnih, hemijskih i bioloških uticaja osnovni je uslov koji treba da ispuni zaštitna maska. Ona se ostvaruje filtracijom aerosola, adsorpcijom para i gasova, i pravilnim korišćenjem u različitim uslovima i sredinama.

Eksplotacione karakteristike zaštitne maske treba da zadovolje sledeće

zahteve: mogućnost pravilnog izbora i nošenja, mogućnost brzog postavljanja u zaštitni položaj, sigurna i dugotrajna upotreba, korišćenje bez štetnih uticaja na zdravlje ljudi (disanje, vid, sluh, krvotok, izgovor, pritisak na glavu, izolacija glave od spoljašnjeg uticaja, i sl.).

Pri udisanju i izdisanju pri korišćenju zaštitne maske javlja se aerodi-

namički otpor. Pri udisanju otpor pružaju ulazni otvor, aerosolni filter, aktivno punjenje cedila, delovi za spajanje, ventil za udisanje i obrazina, a pri izdisanju obrazina i podsklop ventila za izdisanje. Otpor predstavlja razliku pritiska spoljašnjeg vazduha i pritiska unutar obrazine. On je uvek veći pri udisanju, što zavisi od kapaciteta pluća, psihofizičkog naprezanja, čistoće vazduha, prisustva aerosola na protivaerosolnom filteru cedila, i sl.

Zaštitna moć cedila zaštitne maske zasniva se na principu *adsorpcije* para i gasova visokotoksičnih jedinjenja iz vazduha, tj. na dinamičkoj adsorpciji i filtraciji aerosola na protivaerosolnom filteru.

Dinamički principi adsorpcije

Za zaštitu organa za disanje mogu se koristiti zaštitne maske, polumaske i respiratori, čija se zaštitna moć zasniva na principu adsorpcije para (gasova) i filtraciji aerosola. Adsorpcija para (gasova) odvija se na aktivnom uglju, a filtracija aerosola na filteru izrađenom od staklenih vlakana.

Aktivni uglj u cedilu zaštitne maske predstavlja punjenje koje može biti stalnog ili promenljivog preseka. Vazдушna struja kroz punjenje stalnog preseka kreće se paralelno sa osom cedila, dok kroz punjenje promenljivog preseka prolazi upravno u odnosu na osu. Pojava para (gasova) iza punjenja cedila predstavlja njegov proboj. Posle proboja cedila koncentracija para (gasova) iza punjenja neprekidno će da raste i može dostići početnu vrednost. Masa para (gasova), koja se adsorbuje u punjenju cedila do momenta proboja, predstavlja sorpcioni kapacitet punjenja, koji je različit za različite vrste toksičnih materija. Do momenta proboja cedila pare (gasovi) adsorbuju se na aktivnom uglju, a aerosoli zadržavaju na PA-filteru, tako da čist vazduh dolazi ispod obrazine zaštitne maske i disajnih organa.

Nakon nastanka proboja cedila zaštitne maske ono postaje neupotrebljivo, mada njegova sorpciona moć nije potpuno iskorišćena, odnosno, deo sorbenta u cedilu mogao bi se koristiti i za adsorpciju para (gasova). Deo neiskorišćenog sorbenta označava se kao mrtav sloj (h), a analogno njemu javlja se gubitak vremena zaštitnog dejstva (τ).

Matematički model za proračun vremena zaštite idealnog cedila može se predstaviti izrazom:

$$T = k \cdot L$$

gde je:

T — vreme zaštitnog delovanja,

k — koeficijent zaštitnog delovanja,

L — dužina cedila.

Međutim, pošto se u realnim uslovima javlja gubitak vremena zaštitnog delovanja, odnosno mrtav sloj sorbenta, realna zaštitna moć cedila iznosiće:

$$T = k \cdot (L - h)$$

$$T = k \cdot (L - \tau)$$

gde je:

h — mrtvi sloj,

τ — gubitak vremena zaštite (odgovara visini mrtvog sloja).

Karakteristike aktivnog uglja

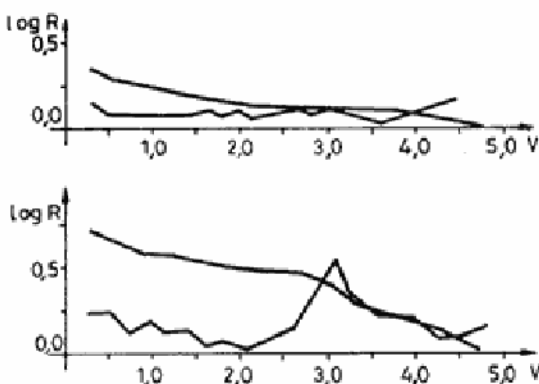
Punjenje cedila zaštitne maske (aktivni uglj) spada u grupu materija koja poseduje visoko razvijenu poroznost. Ugljenični kristali aktivnog uglja sastoje se od šestočlanih ugljeničnih prstenova različite površine. Odlikuju se velikom unutrašnjom površinom koja iznosi 1100 do 1300 m²/g. Ukupna unutrašnja površina i struktura pora od primarnog su značaja za ponašanje aktivnog uglja u funkciji sorpcionog procesa, tj. zaštite disajnih organa u uslovima radioaktivne, hemijske i biološke kontaminacije.

Atomi ugljenika međusobno su povezani kovalentnim vezama u ravni na rastojanjima od $0,344$ do $0,365 \cdot 10^{-9}$ m.

Aktivni ugalj odlikuje se poludisperznom strukturom i polimodalnom raspodelom veličine zapremine pora, čija karakteristika raspodele može imati nekoliko maksimuma. Kristali aktivnog uglja (atomi ugljenika u ravni) međusobno se razlikuju po veličini i nisu pravilno raspoređeni, zbog čega je površina vrlo heterogena.

Vrste i raspodela pora aktivnog uglja

Kristali aktivnog uglja cilindričnog su oblika i dimenzija $H=9 \cdot 10^{-10}$ m, $R=2,3 \cdot 10^{-10}$ m. Deo prostora između kristala pristupačan je molekulama para ili gasova toksične materije.



Sl. 1 — Diferencijalne krive raspodele pora po prečniku za kokosov i drveni ugalj

Kod obe krive (slika 1) raspodela para aktivnog uglja izražena je u efektivnim radijusima. Na koordinatnim osama prikazani su prečnik (R) i zapremina para V .

U zavisnosti od veličine i uloge u adsorpcionim procesima, pore aktivnog uglja dele se na tri osnovne vrste 1 to:

- makropore,
- prelazne pore,

— mikropore (u njima se odvija proces fizičke adsorpcije).

Makropore karakteriše veliki radijus, tako da u njima praktično ne nastaje kapilarna kondenzacija ni pri jediničnom parcijalnom pritisku para adsorptiva. Površina ovih pora u adsorpcionom pogledu jednaka je površini neporoznih ugljeničnih adsorbenata čije su površine, u hemijskom pogledu, slične aktivnom uglju. Adsorpcija na površini makropora nema praktičnog značaja, s obzirom na njihovu vrlo malu specifičnu površinu. U sorpcionom smislu ove pore vrše ulogu transportnih kanala po kojima se molekuli sorptiva kreću ka dubini zrna sorbenta. Sem toga, makropore su predviđene za smeštaj hemisorpcionih i katalitičkih dodataka, koji treba da pospeše proces sorpcije.

Prelazne pore znatno su finije od makropora. Pod uticajem kapilarne kondenzacije ispunjavaju se parama adsorptiva, čiji su molekuli srednjih dimenzija. Pri pritiscima (koncentracijama) nižim od onih koji omogućavaju kapilarnu kondenzaciju, na površini prelaznih pora obavlja se adsorpcija u monomolekulskom sloju. Površina prelaznih pora (kao i makropora) po adsorpcionom učinku ravna je površini ugljeničnih adsorbenata jednake površine. I prelazne pore služe kao transportne arterije po kojima molekule para ili gasova iz vazduha zapljuskuju porozna zrna aktivnog uglja i ulaze u mikropore. Prelazne pore mogu da imaju značajnu ulogu pri adsorpciji isparljivih jedinjenja u oblasti visokih koncentracija toksičnih materija.

Mikropore su najfinije pore radijusa od 15 do $15 \cdot 10^{-10}$ m. Veličina ovih pora odgovara veličini adsorbirajućih molekula, tako da imaju odlučujuću ulogu u fizičkoj adsorpciji toksičnih para ili gasova na aktivnom uglju. Energija adsorpcije u mikroporama, u odnosu na makro i prelazne pore, znatno je veća. U saglasnosti sa vremenskim postavkama (proizilaze iz teorije o zapreminskom ispunjavanju mikropora), čitava zapremina mikropora deluje kao

adsorpciono polje. Zapremina mikropora aktivnih ugljeva iznosi 0,20 do 0,60 cm³/g, a specifična površina 500 do 2500 m²/g. Aktivni ugljevi se proizvode u različitim granulacijama.

Adsorpcioni procesi na aktivnom uglju

Pod izrazom *adsorpcija* podrazumeva se postojanje više koncentracija određene toksične materije na površini čvrste faze nego u ostalom njenom delu. *Adsorpciju* treba razlikovati od *apsorpcije* koja se odnosi na više ili manje zapreminsko prodiranje.

Fizička adsorpcija je privlačenje molekula para i gasova na površini nekog čvrstog tela pod uticajem Van-der-Valasovih sila, koje deluju između molekula adsorbenta i molekula na površini čvrstog tela. Primer fizičke adsorpcije je adsorpcija nekog toksičnog jedinjenja na aktivnom uglju (sastavni je deo filtera ili respiratora).

Adsorpcija na aktivnom uglju odvija se na svim površinama, ali efekti nisu vidljivi ukoliko adsorbent nije porozan i nema veliku površinu. U momentu kada se uspostavi ravnoteža između koncentracije molekula u parno-gasnoj i čvrstoj fazi nastaje *adsorpciona ravnoteža*. Ona zavisi od pritiska (p), koncentracije (c) i adsorbovane materije (a) pri konstantnoj temperaturi, tako da je:

$$a = f(c) \quad \text{ili} \quad a = f(p).$$

Postoji više izvedenih jednačina izoterma i teorija adsorpcije, ali ne postoji jednačina koja bi matematički opisivala sve eksperimentalno dobijene izraze. Neke od jednačina dobijene su teorijski iz razmatranja mehanizma adsorpcione ravnoteže, a neke na osnovu konkretnih eksperimentalnih podataka.

Za opisivanje adsorpcije najpoznatije su:

— molekularno-kinetička teorija Langmira,

— teorija adsorpcije Poljanija,
— BET-teorija adsorpcije,
— teorija zapreminskog popunjavanja Dubinija.

Na slici 2 može se uočiti da, kod raznih adsorbenata, ravnotežna veličina adsorpcije različito zavisi od parcijalnog pritiska pare (gasa). Kod određenih adsorbenata ravnotežna veličina adsorpcije je u blagom, dok je kod drugih u naglom porastu.

Na aktivnom uglju postoje dva oblika adsorpcije, i to:

— fizička adsorpcija,
— hemisorpcija.

Fizička adsorpcija podrazumeva postojanje više koncentracija neke komponente na površini čvrste faze nego u ostalom njenom delu, a uslovljena je fizičkim silama i privlačenjem, tj. Van-der-Valasovim silama.

Teoriju fizičke adsorpcije objašnjavaju tri elektrostatička efekta:

— usmereni efekat W. H. Keesona,
— indukcioni efekat Debaja,
— disperzni efekat Londona.

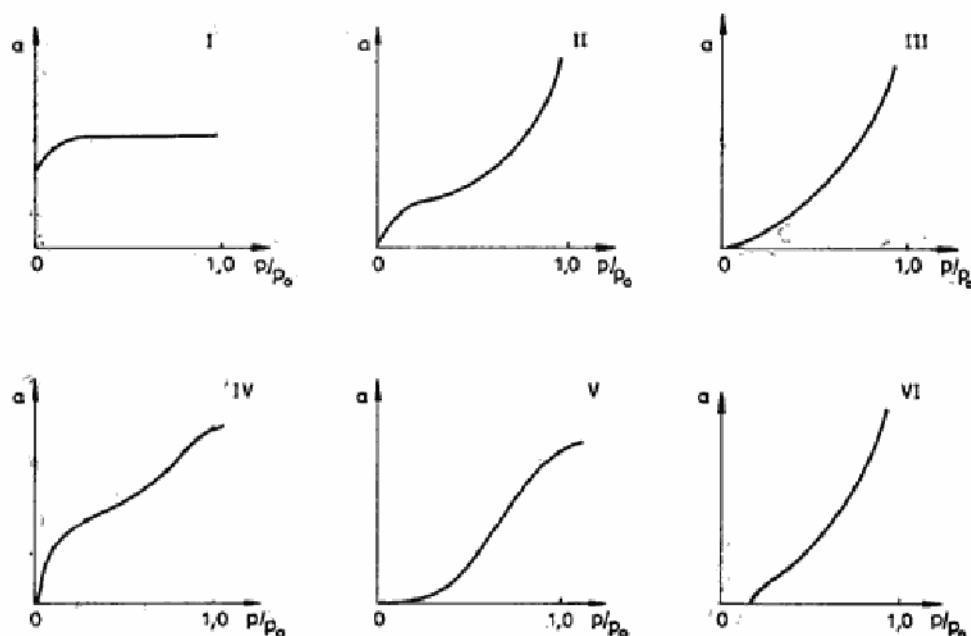
Prva dva efekta nisu od posebnog značaja za adsorpciju para (gasova) toksičnih jedinjenja na aktivnom uglju, jer je on nepolarni adsorbent, a većina toksičnih materija nema jasno izražena polarna svojstva.

Disperzni efekat ima odlučujuću ulogu na proces fizičke adsorpcije. Delovanje disperznih sila znatno je jače u mikroporama nego na ravnim površinama aktivnog uglja, a najslabije je na isturenim delovima. Povećanjem pritiska i smanjenjem temperature povećava se i obim fizičke adsorpcije. Fizička adsorpcija takođe je u funkciji fizičkih osobina para (gasova) koje se adsorbuju, pa je zbog toga opravdano pretpostaviti da disperzne sile imaju važnu ulogu u fizičkoj adsorpciji.

Hemisorpcija je vrsta adsorpcije gde površina adsorbenta teži obrazovanju hemijske veze sa materijom dodir-

ne faze. Ovde nastaju hemijske veze između adsorbenta i adsorbтива, tako da se proces odvija samo na nezauzetim površinama adsorbenta. Adsorbovana materija trpi hemijske promene, i obično se raspada na nezavisne delove.

dena para. Adsorpcija vodene pare odvija se tako što se molekule vode vežu za primarne adsorpcione centre. Molekuli vode se kasnije ponašaju kao sekundarni centri na koje se nadovezuje multimolekularna adsorpcija pri pora-



Sl. 2 — Tipovi adsorpcionih izoterma

a — ravnotežna veličina adsorpcije, p_0 — maksimalni napon para, p — napon para za određenu tačku ravnotežnog stanja

Hemisorpcija, kao hemijska reakcija, zahteva znatnu energiju aktivacije. U stvari, hemisorpcija se zasniva na heterogenim reakcijama molekula para (gasova) sa hemijski aktivnim komponentama aktivnog uglja.

Katalitički princip adsorpcije zasniva se na iniciranju i ubrzanju hemijske reakcije između različitih molekula. Impregnanti, koji se nalaze na aktivnom uglju u ulozi katalizatora, ubrzavaju reakciju hidrolize i oksidacije.

Uticaj adsorbovane vodene pare na zaštitnu moć cedila

Na zaštitnu moć cedila i respiratora, koji su punjeni slojem aktivnog uglja, delimično utiče i adsorbovana vo-

stu pritiska. Kada pritisak postane dovoljno visok ispunjavaju se i mikropore. Daljim povećanjem pritiska molekularna adsorpcija nastavlja se stvaranjem membrane na površinskom sloju, a u dovoljno velikim porama ne povezuje se kapilarna kondenzacija pri pritisku vodene pare dovoljnom za zasićenje.

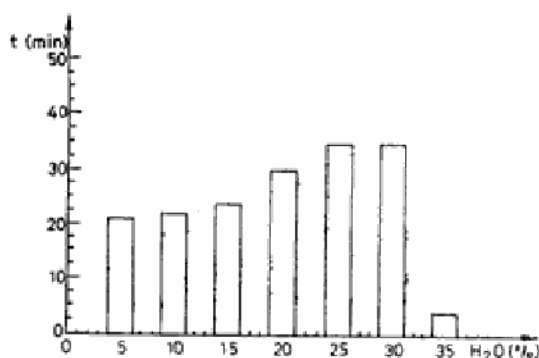
Fiziko-hemičar Dubinin sa saradnicima postavio je osnovu teorije adsorpcije vodene pare zasnivajući je na hemisorpciji na primarno adsorpcionim centrima, odnosno površinskim oksidima. Vodena para hemisorbovana na okside, preko vodonikovih veza, stvara nove sekundarne centre pogodne za dalju hemisorpciju. Kroz eksperimentalni rad uočeno je da aktivni ugljevi, koji imaju razvijene prelazne pore, popunja-

vaju pore kapilarnom kondenzacijom pri visokim relativnim pritiscima. To postaje stalno stanje kod monomolekularne i multimolekularne adsorpcije na zidovima pora. Međutim, uočeno je i da se histerizisne petlje ne mogu uporediti sa kapilarnom kondenzacijom vodene pare, jer se isto dešava na aktivnom uglju koji je bez prelaznih pora, pa histerizisne petlje pokazuju efekat molekularnog sita.

Istraživanje adsorpcije vodene pare navodi da je ona u funkciji hemijske strukture i poroznosti aktivnog uglja.

Reakcija toksičnog jedinjenja sa vodenom parom adsorbovanom na aktivnom uglju složen je proces, jer se očekuje da se adsorpcija kontaminanta smanjuje u prisustvu vodene pare. Istovremeno, kontaminant može da se rastvara, hidrolizuje ili reaguje sa vodenom parom, tako da se može očekivati porast adsorpcije.

Kao primer može poslužiti adsorpcija visokotoksičnog jedinjenja fozgena prema sledećoj reakciji:



Sl. 3 — Uticaj adsorbovane vodene pare na zaštitnu moć cedila pri delovanju fozgena

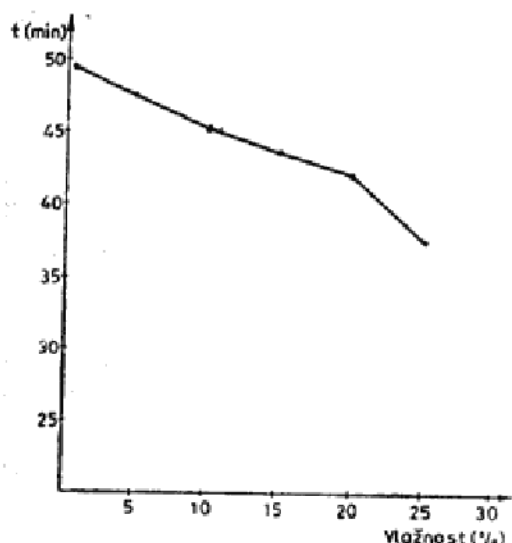
Reakcija se na površini adsorbenta odvija vrlo brzo, jer impregnant, ko-

ji se nalazi na aktivnom uglju, ima ulogu katalizatora.

Ugljen-dioksid se ne zadržava na adsorbentu i slabo reaguje sa vodom, zbog čega odlazi sa strujom vazduha. Hlorovodonična kiselina se rastvara u vodi i reaguje sa impregnantom koji se nalazi na aktivnom uglju.

U prisustvu male količine vodene pare adsorpcija se smanjuje, a sa povećanjem količine adsorbovane vodene pare ostvaruju se povoljni uslovi za hidrolizu fozgena i hemisorpciju hlorovodonične kiseline, tako da je tada adsorpcija u porastu. Međutim, prevelika količina vodene pare na aktivnom uglju postepeno popunjava pore adsorbenta i time otežava adsorpciju fozgena. Ako toksično jedinjenje lako hidrolizuje, adsorbent služi kao katalizator koji ubrzava proces hidrolize, pa se proces adsorpcije znatno komplikuje prelazeći iz jednostavne pojave adsorpcije u složen fizičko-hemijski proces koji se sastoji od adsorpcije, katalitičkog razlaganja na površini aktivnog uglja i adsorpcije produkata realizacije.

Sasvim je drugi slučaj sa toksičnim materijama koje ne hidrolizuju. Kao primer može poslužiti hlor-pikrin (vrlo visoko toksično jedinjenje) koji ne hidrolizuje, a adsorbovanu vodu paru potiskuje sa površine aktivnog uglja. Potiskivanje vodene pare sa površine aktivnog uglja posledica je većeg afiniteta hlor-pikrina na adsorpciju nego što je to slučaj sa vodenom parom. Međutim, adsorbovana vodena para utiče na smanjenje brzine adsorpcije zbog otežane difuzije hlor-pikrina u vlažnom adsorbentu, a samim tim nastaje povećanje visine radnog sloja adsorbenta, tj. povećanje gubitka vremena zaštitnog dejstva (slika 4).



Sl. 4 — Zavisnost vremena zaštite od vlažnosti aktivnog uglja respiratornog filtera pri delovanju hlorpikrina

Zaključak

Aktivni ugalj, kao adsorbent, ima nezamenljivu ulogu u zaštiti respirator-

nih organa uz korišćenje zaštitnih maski ili respiratora.

Na adsorpcionu sposobnost aktivnog uglja utiču brojni faktori, kao što su poroznost, granulacija, impregnansi, itd.

Adsorbovana vodena para na aktivnom uglju za određene toksične i visokotoksične materije (jedinjenja) znatno utiče na proces hidrolize para (gasova) i ima pozitivnu ulogu do određenih granica. Prevelika količina vodene pare postepeno popunjava pore i time otežava adsorpciju para (gasova).

Za toksične i visokotoksične pare (gasove), koje ne hidrolizuju, adsorbovana vodena para negativno utiče, jer se odražava na povećanje gubitka vremena zaštitnog dejstva, odnosno na povećanje visine mrtvog sloja. To je od posebne važnosti pri razmatranju eksploatacionih karakteristika sredstava za respiratornu zaštitu u uslovima magle, odnosno povećane vlažnosti vazduha.

Literatura:

- [1] Dubinin, M. M., Žukovskaja, E. G.: *Izv. SSR erija him.* 1966.
- [2] Dubinin, M. M. i Zaverina, E. D.: *Izvestija akademii nauk. SSSR, OZhN*, 594/1955.
- [3] Melnikova, H.: *Sredstva him. zaštiti*, Moskva.
- [4] Kupčinskij, P. D.: *Rabota protivogaza i jevo račtet.*
- [5] Sregg, S., Sing, K.: *Adsorption, surface area and porosity*, academic press London and New York.



prikazi iz inostranih časopisa

SAMOHODNI TOP 203,2 mm MALKA*)

Serijska proizvodnja i uvođenje u naoružanje KoV Rusije samohodnog topa 203,2 mm MALKA (2S7M) započeto je sredinom osamdesetih godina. Po svojim operativnim i borbenim karakteristikama ovaj samohodni top ispunjava uslove da ostane u naoružanju do 2005. godine, jer prevazilazi sve svoje sadašnje suparnike u svetu. Glavne karakteristike ovog topa su velika vatrena moć, dobra pokretljivost, lako održavanje i visoki stepen borbene gotovosti.

Veliku vatrenu moć određuje veliki kalibar topa (203,2 mm) sa velikim uništavajućim učinkom na cilju (više od 500 kg eksploziva dejstvuje na cilj u toku vatrene udara u trajanju od 10 minuta ili oko 1000 kg u toku jednočasovnog gađanja). Domet razornih artiljerijskih projektila je 37,5 km, a aktivno-reaktivnih 47 km, sa velikom gustinom pogodaka na maksimalnom dometu. Top može da gađa, kako položenom putanjom, tako i pri uglovima elevacije od 0° do 60°.

Komplet municije u vozilu i kratko vreme za prevođenje oruđa iz mar-

ševskog u borbeni položaj obezbeđuju visoki stepen borbene gotovosti. Ovaj samohodni top može brzo da zauzme vatreni položaj, uključujući i kopanje zaklona, bez potrebe za dodatnom inženjerskom opremom. Može da gađa iz pokreta položenom putanjom sa smanjenim barutnim punjenjem, i sa punim barutnim punjenjem pod svim uglovima elevacije, bez isključivanja sistema za elastično oslanjanje vozila. Kombinovani sistem hidrauličkih pojačivača u pogonima ašova i vodećeg točka hodnog dela omogućava promenu njegovog položaja bez prethodnog smanjivanja zategnutosti gusenica, čime se skraćuje vreme podizanja, odnosno spuštanja samohodnog topa.

Velikoj brzini gađanja topa doprinosi, pre svega, mogućnost njegovog punjenja pri svim uglovima elevacije cevi, bez potrebe za njenim postavljanjem u fiksni položaj za punjenje. Automatski brzodejstvujući mehanizam za punjenje sa daljinskim upravljanjem funkcioniše prema prethodno određenom programu. Samohodni top 2S7M MALKA ima veliku stabilnost pri gađanju, tako da nema potrebe za većim popravkama po elevaciji i azimutu posle ispaljivanja svakog projektila.

Kočnice trzajućih delova hlade se pomoću tečnosti koja se upumpava u oblogu kolevke, čime se obezbeđuje vi-

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—juni 1995.

soka brzina gađanja i mogućnost neprekidnog tročasovnog dejstva bez pregrejavanja protivtrajućeg sistema. Kod svakog topa postoji mogućnost upravljanja vatrom iz komandnog vozila sa automatskim prijemom podataka za gađanje preko žičnih ili radio-veza, i pokazivanje proračunatih podataka na digitalnim pokazivačima komandira i nišandžije. Time se omogućava istovremeno otvaranje vatre iz jedne ili više baterija.

Sklop ašova i vodećeg točka, čiji hidraulički uređaji delimično prihvataju, zajedno sa hidrauličkim amortizerima hodnog dela vozila, silu trzanja, poboljšavaju stabilnost topa pri gađanju. Postavljanje artiljerijskog oruđa u zadnji deo vozila i motorno-transmisionog odeljenja u prednji deo, omogućavaju duži hod trajućih delova (do 1400 mm), obezbeđuju relativno malu silu trzanja (oko 1275 kN) za tako snažan top bez vazdušne kočnice, što doprinosi stabilnosti topa i sprečavanju pojave preopterećenja pri gađanju.

Relativno mala borbena masa vozila, poboljšani hodni deo, koji ostvaruje pritisak na tlo od 0,8 bara, specifična snaga od 13,2 kW/t, doprinose velikoj pokretljivosti i mogućnostima kretanja van puteva. Položaj cevi topa

u odnosu na telo vozila, sa neznatnim prelaskom preko prednje ivice, sprečava njeno oscilovanje za vreme kretanja vozila preko ispresecanog zemljišta. Odsustvo gasne kočnice na ustima cevi smanjuje pritisak udarnog talasa i opterećenja na borbenim mestima članova posade, zbog čega nije potrebna nikakva dodatna zaštita. Pored toga, odsustvo gasne kočnice smanjuje stvaranje prašine i zadimljenja na vatrenom položaju pri gađanju sa velikim uglovima elevacije. Bezbednost posluge pri punjenju topa povećana je postojanjem automatskog sistema za kontrolu potpunog i pouzdanog potiskivanja metka u ležište, čime se eliminišu neželjene posledice. Za dotur projektila od mesta istovara do mehanizma za punjenje topa na vatrenom položaju koriste se specijalna kolica.

Samohodni top ima ugrađene automatske sisteme za plansku proveru i kontrolu stanja vitalnih delova topovskog naoružanja, pogonskog motora vozila, pomoćnog uređaja za napajanje električnom energijom i hidrauličkog sistema čime se obezbeđuje njihovo pravovremeno i kvalitetno održavanje.

Top je u znatnoj meri pripremljen da dejstvuje u automatskom režimu. Bobena posada je smeštena u oklop-



Samohodni top 2S7M MALK 203,2 mm

Borbena masa (t)	46,5
Dimenzije (mm):	
— dužina u marševskom položaju	13200
— visina u marševskom položaju	3000
— širina	3380
Specifični pritisak na tlo (bar)	0,8
Posada (članova)	7
Posluga topa (članova)	6
Akcionni radijus (km)	500
Maksimalna brzina po putu (km/h)	50
Savlađivanje prepreka (m):	
— rov (širine)	2,5
— gaz (dubina)	1,2
Prevođenje iz marševskog u borbeni položaj (min)	5 do 6
Prevođenje iz borbenog u marševski položaj (min)	3 do 5
Kalibar topa (mm)	203,2
Tip topa	sa izoliranim cevima
Punjenje topa	automatsko pri svim uglovima elevacije
Uglovi navođenja topa (stepeni):	
— po elevaciji	0 do 60
— po azimutu	± 15
Maksimalni domet razornim projektilom (km)	37,5
Maksimalni domet aktivno-reaktivnim projektilom (km)	47
Brzina gađanja (meta/min)	2,4 do 2,5
Masa razornog projektila (kg)	110
Masa aktivno-reaktivnog projektila (kg)	103
Kadencija gađanja na čas (metaka)	50
Vreme pripreme za ispaljivanje prvog projektila na vatrenom položaju (min)	0,8 do 1,0
Borbeni komplet municije u vozilu (kom.)	8
Pogonski motor vozila	dizel
Snaga (kW)	618,2
Pomoćni motor za napajanje el. energijom	dizel
Snaga pomoćnog motora (kW)	17,6

ljenom upravnom i borbenom odeljenju vozila. Upravno odeljenje opremljeno je uređajima za dnevno i noćno osmatranje i sredstvima za vezu. Oba odeljenja imaju uređaj za zagrevanje i sredstva za zaštitu od hemijskih i bioloških agenasa. Borbeni komplet municije, koja se prevozi u vozilu, omogućava otvaranje vatre bez čekanja na vozilo za dopunu municije. Pomoćni uređaj napaja sve agregate i sisteme topa električnom energijom, kada pogonski motor vozila ne radi. Članovi posade imaju odbrambeno naoružanje, uključujući i mogućnost da dejstvuju neposrednom topovskom vatom sa smanjenim barutnim punjenjem.

P. Marjanović

BORBENO DESANTNO VOZILO BMD-3*)

Rusko borbeno vozilo za desantne jedinice BMD-3, serijski se proizvodi od 1990. godine, radi zamene prethodnih tipova vozila BMD-1 i BMD-2.

BMD-3 je namenjen za vazdušno-desantne i pomorsko-desantne operacije. To je lako oklopljeno vozilo na gusenica, sa amfibijskim karakteristikama, a može se izbacivati iz vazduhoplova pomoću padobrana.

Prema svojim karakteristikama znatno prevazilazi vozila iste namene BMD-1 i BMD-2, prema vatrenoj moći, pokretljivosti, pouzdanosti, ergonomskim aspektima i specijalnim svojstvima za iskrcavanje.

U fazi razvoja borbenog vozila desantnih snaga BMD-3 prvi put je uspešno rešen niz naučnih i tehničkih problema. Dobijeno je vozilo koje se može izbaciti iz aviona pomoću padobrana zajedno sa posadom koja se nalazi u

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, mart-april 1995.



Borbeno desantno vozilo BMD-3

njemu na univerzalnim sedištim, koja se koriste pri prizemljenju i u toku borbenih operacija na zemlji. Rešenje ovog problema radikalno je skratilo vreme koje je potrebno za grupisanje vazdušnodesantnih snaga u rejonu prikupljanja radi neposrednog uvođenja u borbu.

Vozilo BMD-3 može da savladava vodene prepreke bez pripreme, jednovremeno otvarajući vatru iz pokreta. Može se koristiti pri talasima od 3 stepena Boforove skale, tako da može biti efikasno i u jedinicama mornaričke pešadije.

Borbeno odeljenje smešteno je u kupoli u kojoj se nalazi automatski top 30 mm 2A42 stabilizovan u dve ravni, spregnuti mitraljez 7,62 mm PKT, i sistem protivoklopnog vođenog projektila KONKURS. U prednjem delu oklopnog tela vozila ugrađen je automatski bacač bombi 30 mm AGS-17 i mitraljez 5,45 mm RPKS-74 koji se mogu skidati (kao i sistem KONKURS) kada posada zbog vođenja borbe napušta vozilo.

Puškarnice na bočnim stranama tela vozila i na zadnjim vratima imaju kuglasta postolja za gađanje iz pušaka

AKS-74. Za postavljanje maskirnih dimnih zavesa na kupoli je postavljeno šest bacača dimnih bombi 902V. Raketno-topovsko i mitraljesko naoružanje vozila, raspored članova posade i puškarnice za svakog člana, obezbeđuju efikasno dejstvovanje protiv različitih ciljeva, od žive sile do oklopnih vozila, helikoptera i aviona u niskom letu, u svim vremenskim uslovima i na različitim daljinama.

Pokretljivost vozila i njegove manevarske sposobnosti postignute su:

- ugradnjom višegorivnog dizel-motora 2V-06-2 sa turbokompresorom, snage 330 kW, koji obezbeđuje specifičnu snagu od 25,5 kW/t;

- hidromehaničkom transmisijom (sa hidrodinamičkim pretvaračem obrtnog momenta), frikcionom promenom stepena prenosa i hidrostatičkim upravljačkim mehanizmom;

- ugradnjom dva uređaja za kretanje na vodi (hidromlazna motora) u zadnjem delu tela vozila koji obezbeđuju kretanje na vodi brzinom od 10 km/h i mogućnost da savlađuje strme (do 25°) i močvarne obale vodenih prepreka;

— ugradnjom hodnog dela sa visokim tehničkim karakteristikama i jedinstvenim elementima.

Hodni deo ima nezavisno hidropneumatsko elastično oslanjanje, hidrauličke amortizere i pokretač mehanizma za regulaciju klirensa, vodeće točkove sa hidrauličkim mehanizmom, pogonske točkove sa odvajajućim obojima, točkove nosače gusenica, potporne točkove, gusenice sa gumeno-metalnim spojem članaka na koje se mogu postaviti gumene papuče za kretanje po asfaltiranim putevima.

Daljinsko podešavanje klirensa u rasponu od 400 mm i podešavanje gusenica, za 10 sekundi snižavaju siluetu tenka i poboljšavaju njegovo maskiranje na zemljištu.

Podešavanje oslanjanja na minimalnu veličinu klirensa omogućava prevoženje vozila BMD-3 različitim transportnim sredstvima (motornim vozilima, železnicom, plovilima i vazduhoplovima).

Oklopno telo vozila BMD-3 izrađeno je od aluminijumske legure velike čvrstoće, tako da štiti posadu od streličkog naoružanja, topova manjeg kalibra i NHB oružja.

Vozilo je komponovano tako što se borbeno odeljenje nalazi u prednjem delu oklopnog tela, a motorno-transmisiono odeljenje u zadnjem. Posada može ulaziti i izlaziti iz vozila kroz dva otvora na kupoli, tri otvora na prednjem delu vozila, vrata u zadnjem delu iza kupole i kroz uzdužni otvor na krovnoj ploči iznad motornog odeljenja.

U vozilu se nalazi 7 borbenih mesta za članove posade i to: komandir i nišandžija su u kupoli, a vozač i četvoročlana desantna grupa nalaze se u telu vozila.

Uređaj za filtriranje i ventilaciju omogućava zaštitu od NHB oružja, a protivpožarni uređaj u motorno-transmisionom odeljenju obezbeđuje veliki

stepen preživljavanja vozila i članova posade u borbenim uslovima.

Ugrađena oprema za ukopavanje omogućava kopanje zaklona radi zaštite posade od nuklearnih udara, parčadi ubojnih sredstava i bombardovanja.

Grejač motora povećava borbenu spremnost vozila pri niskim temperaturama, mada se motor može lako pustiti u rad bez prethodnog zagrevanja i pri temperaturama ispod -25°C . Konstrukcija vozila predviđa njegovo bezbedno i pouzdano korišćenje u različitim klimatskim uslovima sve do temperature od $+45^{\circ}\text{C}$.

Taktičko-tehnički podaci vozila BMD-3

Masa (t)	12,9+2,5%
Posada (članova)	7
Snaga motora (kW)	330
Akcioni radijus (km)	500
Dimenzije (mm):	
— dužina (sa topom okrenutim napred)	6360
— širina	3134
— visina (sa operativnim klirensom)	2450
Trag gusenica (mm)	2744
Klirens (mm)	100 do 500
Brzina (km/h)	71
Maksimalni uspon (stepeni)	35
Maksimalni bočni nagib (stepeni)	25
Meci za top 30 mm 2A42 (kom.)	500 + (360 u dodatnom spremištu)
Protivoklopni vođeni projektili (kom.)	4 + (2 u dodatnom spremištu)
Bombe za bacač AGS-17 (kom.)	280
Meci za mitraljeze (kom.):	
— 7,62 mm	2000
— 5,45 mm	2325
Brzina gađanja topa 30 mm 2A42 (met./min):	
— mala	200 do 300
— velika	500 do 550
Daljina neposrednog gađanja (m):	
— za top 2A42	2000
— za protivoklopni vođeni projektil	4000
Uglovi elevacije (stepeni):	
— topa 2A42	—5 do +75
— bacača bombi AGS-17	—3 do +60

Projektom je predviđeno korišćenje osnove vozila BMD-3 za familiju vazdušnodesantnih i pomorskodesantnih vozila čija bi borbeni masa iznosila 12 do 18 t.

P. Marjanović

MOBILNI STRATEŠKI RAKETNI SISTEM TOPOL*)

U pedesetogodišnjoj istoriji savremenog raketnog naoružanja, konstruktori su razvili desetine verzija raketnih sistema, koji su, uglavnom, bili najvažnija komponenta sistema naoružanja u oružanim snagama nuklearnih sila. Mobilni raketni sistemi, postavljeni na šasijsku kamiona, zauzimali su posebno mesto među brojnim vojnotehničkim koncepcijama kopnenih raketnih sistema.

Danas u lansiranju savremenih interkontinentalnih balističkih projektila učestvuje samo oprema transportera koji se koristi za prevoženje projektila sa jednog na drugi položaj, čime se izbegava uspešno protivničko izviđanje i mere protivudara.

Među savremenim nuklearnim balističkim raketnim sistemima samo je ruski sistem TOPOL razvijen prema koncepciji mobilnog kopnenog interkontinentalnog raketnog sistema. Istorijska vojno-političkih konfrontacija nuklearnih sila pokazala je da takav sistem u potpunosti odgovara savremenoj koncepciji strateške stabilnosti, što je potvrđeno dogovorima START-1 i START-2. Zbog toga nije slučajno da je nekoliko raketnih sistema, baziranih u silosima, sa višestrukim bojnim glavama koje se usmeravaju na različite ciljeve, bilo zamenjeno mobilnim raketnim sistemima sa jednom bojnom glavom. Ovakav sistem ima veliku verovat-

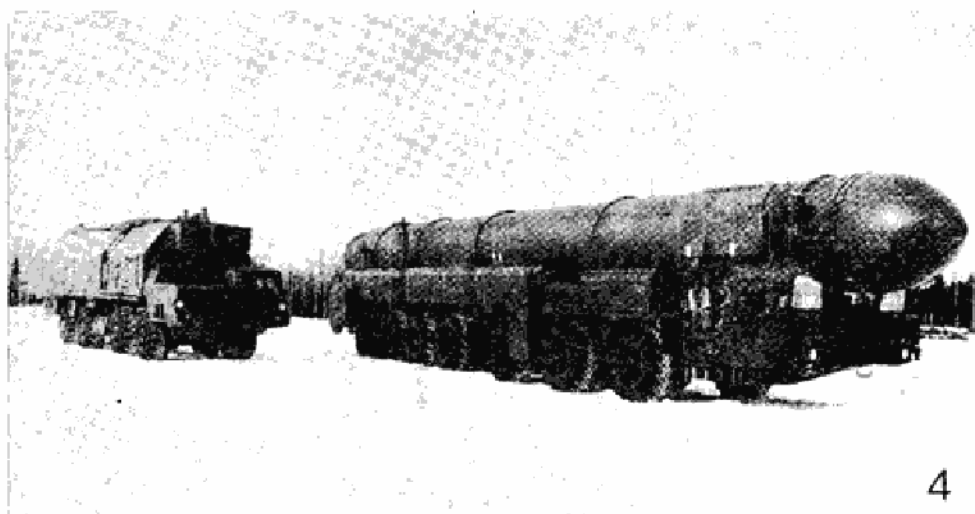
noću opstanka, jednostavnost i efikasnost zahvaljujući pokretljivosti i mogućnosti maskiranja glavnih komponenta sistema — lansera sa raketama.

U Rusiji je razmešten borbeni sastav samohodnih lansera sa trostepenim balističkim raketnim projektilima sa jednom bojnom glavom i sa čvrstim gorivom, RS-12M TOPOL (po NATO klasifikaciji SS-25 ili američkoj SICL). Mada su prvi ovakvi projektili bili isporučeni raketnim snagama pre 10 godina, oni se i danas proizvode. To znači da će do prve decenije sledećeg veka ovi raketni projektili i drugi delovi raketnog sistema sačinjavati deo kopnenih nuklearnih snaga Rusije.

Sa vojnog i tehničkog aspekta raketni sistem TOPOL je izvanredan. Pri kretanju van puteva ili razmeštanju na vatreni položaj ispod maskirne mreže, u gotovosti za trenutni i precizni napad na cilj koji se može naći i na drugom kontinentu, ovaj raketni sistem svojim postojanjem može da utiče na stabilnost u svetu. Poznato je da Rusija ima dovoljan broj nuklearnih raketnih sistema koji mogu, po potrebi, brzo, rastresito i prikriveno da se rasporede, bez gubljenja mogućnosti centralizovanog komandovanja u bilo kojoj situaciji, a zatim za nekoliko sekundi da izvrše vrlo efikasan i precizan napad. Izvanredna sposobnost za brzo kretanje van puteva realizovana je ogromnim vozilom, a bezbednost, pouzdanost i jednostavnost operacija na nivou su koji je tipičan za rusko naoružanje. Optimalna varijanta kombinuje automatizaciju procesa koji su u vezi sa izvršavanjem borbenog zadatka sa učestvovanjem ljudskog faktora, tako da obezbeđuje najveću borbeni i operativnu efikasnost raketnog sistema. Raketni sistem TOPOL danas je optimalan strateški sistem za Rusiju.

Projektovan je i izrađen prema ruskim operativnim uslovima. Međutim, neke komponente, koje nisu neposredno povezane sa borbenim elementima, mogu se uspešno koristiti i za civilne potrebe.

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1995.



4

Interkontinentalni balistički sistem TOPOL

Vozila MINSK, koja služe kao osnova za lansere i druge mobilne elemente raketnog sistema, obezbeđuju veliku pokretljivost raketnog sistema TOPOL. Fabrika u Minsku jedinstvena je po tome što proizvodi terenska vozila čija je nosivost preko 50 t.

Jedinstvene dizalice, snažni pneumatski i hidraulički pogoni koji obezbeđuju brzo reagovanje, u raketnom sistemu namenjeni su za podizanje i nivoisanje lansera i za promenu elevacije teškog kontejnera sa raketom u vertikalni položaj.

Jednostavna i pouzdana električna oprema i različiti pretvarači u raketnom sistemu obezbeđuju napajanje električnom energijom potrošača sa različitim naponima i frekvencijama. Raketni sistem je potpuno autonoman u pogledu snabdevanja električnom energijom, što je od velike važnosti za potrošače koji su odvojeni od centralizovanog izvora napajanja.

Da bi se obezbedila mogućnost održavanja rakete i drugih podsistema u garantovanom radnom veku, postoji podsistem koji održava stanje temperature i vlažnosti vazduha u kontejneru rakete i pojedinim odeljenjima lansera.

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike raketnog sistema TOPOL

Raketa	balistička, sa čvrstim gorivom, trostepena, u lanserukontejneru
Masa pri lansiranju (t)	45
Dužina rakete u lansirnom kontejneru (m)	22,3
Prečnik lansirnog kontejnera (m)	2
Lanser	postavljen na sedmoosovinsko terensko vozilo postavljeno na terensku četveroosovinsku šasiju sa unificiranom karoserijom
Mobilno komandno mesto i oprema za podršku	

Upadljiviji primer visokog nivoa tehnologije, korišćene u raketnom sistemu TOPOL, jeste topogeodezijski i navigacijski podsistem koji obezbeđuje brzo i veoma precizno topografsko povezivanje lansera na položaju, tako da omogućava njegovoj posluzi lansiranje rakete sa bilo koje tačke na patrolnoj marš-ruti.

P. Marjanović

PROTIVVAZDUŠNI RAKETNI SISTEM PANCIR-S1*)

Iskustva iz ratnih konflikata, posebno u Persijskom zalivu, pokazuju da savremena sredstva za napade iz vazdušnog prostora mogu samostalno da izvedu strateške napade i bitno utiču na ishod sukoba pre izbijanja operacija na zemlji, napadima na najvitalnije vojne, ekonomske i industrijske ciljeve.

U organizaciji protivvazdušne odbrane treba uzeti u obzir glavnu karakteristiku napada iz vazdušnog prostora — masovno korišćenje ubojnih sredstava velike preciznosti, vođenih raketnih projektila i avionskih bombi, i intenzivnu primenu protivelektronskih mera.

Organizacija efikasne protivvazdušne odbrane velikog broja objekata, korišćenjem protivavionskih sistema srednjeg i dalekog dometa, kao što su američki PATRIOT i ruski S-300 PMU, nije uvek moguća iz tehničkih ili taktičkih razloga ili se ne može opravdati iz ekonomskih razloga.

Iako su, sa operativnog gledišta, veoma efikasni u širokom spektru visina i daljina dejstva, pomenuti sistemi ne mogu se koristiti za borbu protiv malih ciljeva koji lete na malim visinama u bliskoj zoni i iznad ispresecanog zemljišta. Takvi napadi mogu se uspešno izvoditi korišćenjem sofisticiranih, pa, prema tome, i skupih, vođenih projektila zemlja-vazduh, protiv masovno proizvedenih i jeftinih letelica različite namene.

Najzad, takvi sistemi nikad ne mogu potpuno zadovoljiti potrebe (zbog velikih troškova za njihovu proizvodnju u uslovima kada su materijalni, finansijski i ljudski potencijali zemlje-proizvođača ograničeni), što znatno umanjuje borbenu stabilnost protivvazdušne odbrane.

Pouzdana zaštita velikog broja vojnih i industrijskih postrojenja može se ostvariti samo masovnim korišćenjem sistema vođenog projektila kratkog dometa, koji mora da zadovolji najstrože uslove i obezbedi veliku efikasnost uz relativno nisku cenu, zahvaljujući velikoj serijskoj proizvodnji.

U tom slučaju sistemi protivvazdušne odbrane kratkog dometa bi nosili najveći teret u protivvazdušnoj odbrani, sa aspekta raspodele ciljeva koji treba da budu napadnuti. Za izvršenje ovih zadataka mogao bi da bude korišćen protivvazdušni sistem TUNGUSKA, kao i integrisani artiljerijsko-raketni sistem PANCIR, čiji je razvoj i ispitivanje u toku. Ovi sistemi su po principu delovanja slični, ali se razlikuju po nameni.

Sistem TUNGUSKA karakteriše velika specifična snaga radi obezbeđenja brzog navođenja pri gađanju iz pokreta. Oklopna kupola služi za zaštitu članova posade u toku borbenih operacija na isturenim položajima. Sistem je ugrađen na guseničnom motorom vozilu sa hidromehaničkom transmisijom i hidropneumatskim elastičnim oslanjanjem radi obezbeđenja potrebne pokretljivosti.

Ove karakteristike sistema TUNGUSKA potrebne su kada se sistem koristi kao elemenat motorizovanih i mehanizovanih jedinica u svim vrstama borbenih operacija, uključujući i pratnju konvoja.

Sistem PANCIR-S1 (slika 1) odlikuje se savremenim informacionim sistemom radi obezbeđenja visokog stepena otpornosti na ometanje, može da napada ciljeve koji imaju malu refleksionu površinu i ima visoke borbene karakteristike.

Sistem PANCIR-S1 sačinjavaju dve vrste naoružanja (vođeni projektili i topovi) kojima se upravlja pomoću jednog višerežimskog i višespektra-

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, mart-april 1995.



Sl. 1 — Mobilni protivvazdušni raketni sistem PANCIR-S1

lnog radara i optroničkog komandnog sistema. Ovaj sistem obezbeđuje:

- višestruko dejstvo po ciljevima, tj. napad na široku lepezu ciljeva u vazдушnom prostoru, od aviona i helikoptera do malih vođenih projektila, kao i lakooklopljenih kopnenih ciljeva i žive sile (slika 2);

- nezavisnost u borbenom korišćenju zahvaljujući objedinjenim funkcijama otkrivanja, praćenja i napadanja;

- visoku pouzdanost u rešavanju problema u različitim taktičkim situacijama i uslovima ometanja, zahvaljujući višerežimskom funkcionisanju i integraciji radarskog i optroničkog kanala;

- korišćenje vođenih projektila zemlja-vazduh sa komandnim sistemom vođenja, čime je omogućen razvoj veoma malih vođenih projektila sa velikim manevarskim sposobnostima;

- veliku taktičku efikasnost, zahvaljujući kratkom vremenu reagovanja, velikoj brzini leta vođenog proje-

ktila i postojanju dva kanala za vođenje;

- potpuno automatske borbene radnje pojedinačnih borbenih vozila i jedinice u celini, što poboljšava vremenske karakteristike i smanjuje psihološka i fizička naprezanja članova posade;

- veliku preciznost vođenja kada radi u radarskom režimu;

- pasivni režim rada i superprecizno vođenje preko IC kanala u dugotalasnom području, sa logičkom obradom signala i automatskim praćenjem cilja.

Sistem PANCIR-1 je racionalne konstrukcije i ima mogućnost biranja kanala, čime se omogućuje jednovremeno praćenje cilja jednim radarskim i jednim optroničkim kanalom.

Omogućeno mu je da jednovremeno prati u radarskom režimu dva vođena projektila ka jednom cilju, čime se garantuje njegovo uništenje i u situacijama kao što su iznenadni napad sa malog odstojanja ili pojava opasnog cilja velike brzine.

Borbena jedinica sistema PANCIR-S1 sastoji se od:

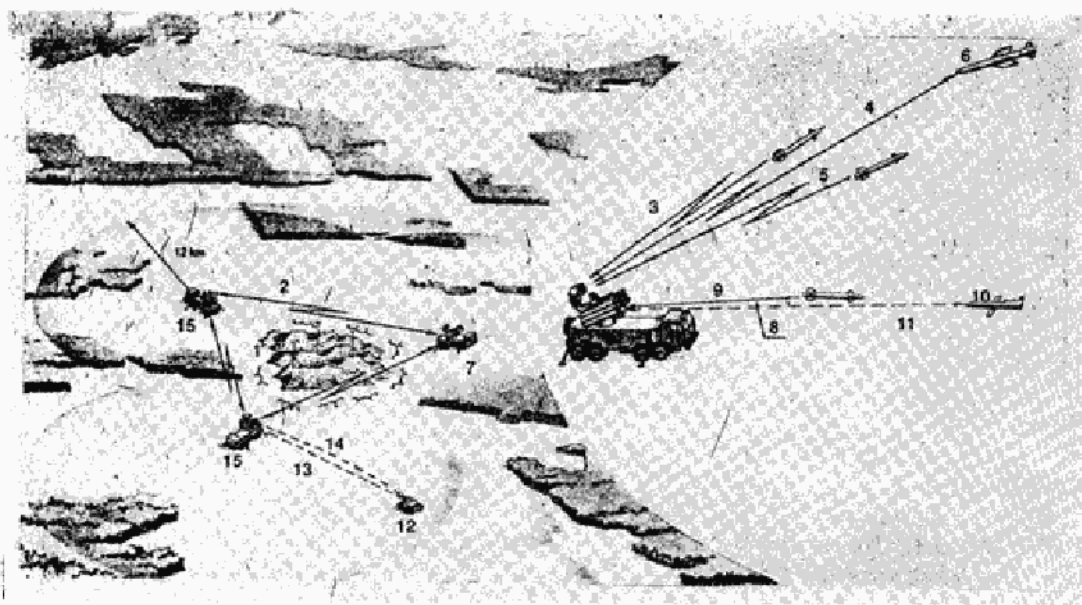
- izviđačkog radara,
- radara za praćenje i vođenje projektila koji radi u dva područja,

- dugotalasnog optroničkog sistema za automatsko praćenje cilja i goniometrisanje položaja vođenog projektila,

- digitalnog računarskog komandnog sistema koji obrađuje borbene karakteristike za potrebe funkcionalne dijagnostičke kontrole i obuke posade,

- sistem za navigaciju, osmatranje, održavanje veze i napajanje električnom energijom.

Što se tiče strukture sistema, PANCIR-S1 sastoji se od naoružanja smeštenog u kupoli sa pripadajućim uređajima, informacionim sistemom za



Sl. 2 — Šematski prikaz funkcionisanja PANCIR-S1

1 — objekat koji se štiti; 2 — razmena informacija između borbenih vozila; 3 — gonimetroisanje vođenih projektila u radarskom režimu; 4 — praćenje cilja 1 u milimetarskom radarskom talasnom području; 5 — prenos komandi do vođenih projektila; 6 — cilj tipa vazduh-zemlja u poniranju; 7 — borbeno vozilo 1; 8 — gonimetroisanje položaja vođenog projektila pomoću optroničkog sistema; 9 — prenos komandi do projektila; 10 — cilj u niskom letu; 11 — praćenje cilja 2 pomoću IC sistema; 12 — kopneni cilj; 13 — praćenje kopnenog cilja pomoću optroničkog sistema; 14 — gađanje topom kopnenog cilja; 15 — borbeni vozila 2 i 3

otkrivanje i praćenje, i specijalnog kontejnera za smeštaj članova posade i komandne opreme.

Tehnička rešenja i modularna konstrukcija sistema PANCIR-S1 obezbeđuju lako dejstvovanje i održavanje naoružanja. Tehničke i strukturalne karakteristike sistema omogućavaju izradu velikog broja vozila u toku njegove serijske proizvodnje. Sistem PANCIR-S1 može se postaviti na postojeće šasije kamiona.

Vođeni projektil zemlja-vazduh sistema PANCIR-S1 je dvostepene konfiguracije sa dvokalibarnim telom i odbacujućim startnim motorom (busterom). Ovaj projektil sastoji se od lansirnog stepena i marševskog stepena koji su spojeni pomoću mehanizma za razdvajanje. U marševskom delu nalazi se ubojni deo projektila, uključujući boju glavu, kontakti i blizinski

upaljač i ugrađenu opremu (pokretač komandi, žiroskopski koordinatorski, elektronska oprema, predajnik i radio-oprema).

Sistem PANCIR-S1 u svome sastavu ima i dva automatska topa 30 mm 2A72. Ovaj top proizvodi se masovno, a nalazi se i u naoružanju borbenog vozila pešadije BMP-3. Topovsko naoružanje u sistemu PANCIR-S1 obezbeđuje uništavanje ciljeva u vazдушnom prostoru na daljinama do 4 km i visinama do 3 km, a služi i za samoodbranu lakooklopljenih kopnenih vozila i žive sile na daljinama do 2 km (sl. 2). Što se tiče principa konstruisanja, sistem PANCIR-S1 pripada novoj generaciji protivavionskih sistema, zasnovanoj na korišćenju najnovijih tehnoloških dostignuća u razvoju vođenih projektila i elektronskih komandnih sistema, koji mu donose veliku kon-

Borbeni komplet vođenih projektila (kom.)	12
Borbeni komplet municije 30 mm (kom.)	750
Zona uništenja cilja vođenim projektilom (m): — na daljini — na visini	1000 do 12000 5 do 6000
Zona uništenja cilja topovima 30 mm (m): — na daljini — na visini	do 4000 do 3000
Broj kanala cilja	2
Broj projektila vođenih jednovremeno	3
Vreme reagovanja sistema (s)	5 do 8
Posada (članova)	3
Vreme stupanja u borbu (min)	3
Vreme razvijanja na vatrenom položaju (min)	5
Masa sistema (t)	20
Tip šasijske	Kamion URAL-5323.4
Maksimalna brzina vođenog projektila (m/s)	1100
Masa vođenog projektila (kg): — u transportnom kontejneru — pri lansiranju	90 65
Masa bojne glave (kg)	16
Tip bojne glave	rasprskavajuća, sa šipkama
Dužina vođenog projektila (mm)	3200
Prečnik vođenog projektila (mm)	170
Kalibar topova (mm)	30
Masa topa (kg)	80
Brzina gađanja topa (metaka/min)	350
Početna brzina projektila topa (m/s)	960
Uvođenje municije	redeni, selektivno
Vrsta municije za top	pancino-osvetljavajuća, rasprskavajuće-osvetljavajuća, razorno-rasprskavajuće-zapaljiva

kurentnost na međunarodnom tržištu i vodeću ulogu u svetu za tu vrstu naoružanja.

Pored samohodne (motorizovane) verzije, postoji i stacionarna varijanta sistema PANCIR-S1, čija posluga može da ostane u organizovanom skloništu i upravlja borbenim dejstvima preko daljinskih komandi što je od velike važnosti prilikom vazдушnih udara. Moguće je da se razviju i druge verzije sistema PANCIR-S1 na bazi postojećeg taktičkog koncepta.

P. Marjanović

MODERNIZACIJA LOVAČKOG AVIONA MiG-21*)

Lovački avion MiG-21, uveden je u naoružanje krajem pedesetih godina, a do kraja sedamdesetih godina proizvedeno je ukupno 12000 aviona. Pored toga mnoge zemlje proizvode ovaj avion po licenci. Više od 5500 aviona ovog tipa nalazi se u naoružanju preko 40 zemalja izvan Zajednice Nezavisnih Država. Što se tiče performansi, ovaj avion i dalje zadovoljava savremene zahteve.

Konstrukcija aviona MiG-21 mu omogućava dug radni vek, tako da će ostati u naoružanju i u sledećem veku u periodu od 2005. do 2015. godine. Međutim, avionska elektronika, razvijena krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina kao prva generacija, mnogo zaostaje za savremenom elektronskom opremom. Sa razvojem nove elektronske opreme i naoružanja za avione MiG-29, avioni MiG-21 mogu da budu radikalno modernizovani.

*) Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1985.

Modifikacije aviona MiG-21 bis, pod oznakom MiG-21-93 prikazani su u prototipskom obliku 1993. godine.

MiG-21-93 se, u osnovi, razlikuje od osnovnog aviona po potpuno novoj garnituri elektronske opreme i naoružanja.

Modernizovana verzija ima:

- novi sistem za upravljanje naoružanjem na bazi radara KOPLJE i pokazivač ciljeva ugrađen u šlem pilota,

- nove sisteme za navigaciju, vezu i prenos podataka, radio-visinomer, automatski radio-goniometar, marker i radio-prijemnik.

U varijante naoružanja spadaju sredstva za protivelektronska dejstva, podvesni kontejneri sa ubojnim sredstvima protiv ciljeva na zemlji, vođeni projektili vazduh-vazduh i vazduh-zemlja, nevođene rakete, inostrane zamene za avionsku opremu ruskog porekla.

Radi se na poboljšavanju vidljivosti, tako što se postavlja jednodelno vetrobransko staklo, pilotska kabina oprema se savremenim instrumentima i displejima, radi se na obezbeđenju projektovanog radnog veka aviona u celini i njegovih sistema.



Modernizovani avion MiG-21-93

Avion je naoružan sledećim savremenim vođenim projektilima vazduh-vazduh: aktivnim samonavodećim projektilima RVV-AE, R-27T1 i R-27T1 i IC samonavodećim vođenim projektilima kratkog dometa R-73E.

Protiv ciljeva na zemlji mogu se koristiti protivradarski vođeni raketni projektili H-31P i H-25MP, protivbrodski projektili (vazduh-brod) H-31A i bombe sa televizijskim vođenjem KAB-500KR. Avionsko naoružanje i dalje ostaje top 23 mm GŠ-23, nevođene rakete i tradicionalna bombarderska ubojna sredstva.

Za razliku od svoga prethodnika, avion MiG-21-93 može da izvršava sledeće zadatke:

- napad vođenim projektilima daljeg dometa, danju i noću, u svim vremenskim uslovima, u radarskim režimima vazduh-vazduh i vazduh-zemlja, pri čemu pilot jednovremeno dejstvuje protiv dva cilja;

- pronalaženje ciljeva na moru i ciljeva koji emituju radio-zračenja u svim vremenskim uslovima, danju i noću, i dejstvuje na njih vođenim projektilima H-31A, H-31P i H-25MP. Vođeni

Uporedne karakteristike aviona MiG-21bis i MiG-21-93

	MiG-21bis	MiG-21-93
Normalna masa u poletanju (kg)	8700	8800
Tip motora		R-25-300
Potisak motora na probnom stolu pri punom naknadnom sagorevanju (kN)		69,65
Odnos potiska prema masi pri poletanju	0,816	0,81
Maksimalni faktor opterećenja (g)	8,5	8,5
Maksimalna brzina (km/h):		
— na nivou zemlje	1300	1300
— na visini	2175	2175
Praktični dolet (km):		
— bez odbacujućih rezervoara za gorivo:		
— na nivou zemlje	570	560
— na visini	1020	1000
— sa odbacujućim rezervoarom od 800 l:		
— na visini	1560	1530
Tip radara	Almaz-23B	Koplje
Domet akvizicije (cilj tipa lovca), (km):		
— u prednjoj hemisferi (uslovima slobodnog prostiranja/uslovima ometanja od objekata sa zemlje)	20/-	57/57
— u zadnjoj hemisferi (uslovima slobodnog prostiranja/uslovima ometanja od objekata na zemlji)	20/-	30 do 25/30 do 25
Uglovi automatskog praćenja (stepeni):		
— po azimutu	± 30	± 40
— po elevaciji	-2,5 do +18,5	± 40
Broj ciljeva jednovremeno praćenih/napadnutih	1/1	8/2
Uglovi pokazivanja ciljeva (pomoću pokazivača na šlemu pilota) (stepeni):		
— po azimutu	—	± 45
— po elevaciji (ravan simetrije)	—	-7,5 do +45
Ubojna sredstva (broj x tip):		
— vođeni projektili srednjeg dometa vazduh-vazduh	—	4 x RVV-Ae (sa aktivnim radar-skim samonavođenjem), 2 x R-27R1(T1)
— vođeni projektili kratkog dometa vazduh-vazduh	4 x R-13M, 6 x R-60	4 x R-73E, 6 x R-60MK, 1 x H-31A, 1 x H-31P, 2 x H-25MP, 2 x KAB-500KR
Maksimalni teret bombi (kg)	1000	1000

projektili H-31 mogu se lansirati van domašaja protivničke PVO;

— korišćenje ubojnih sredstava velike preciznosti, kao što su vođene bombe i raketni projektili sa laserskim samonavođenjem, pod uslovom da avion ima podvešen kontejner sa lasersko-optičkim sredstvima.

Modernizovani avion MiG-21-93 ima znatno veće mogućnosti:

— za manevarsku borbu na malim rastojanjima, korišćenjem mogućnosti nišanjenja sa preticanjem vođenim projektilima R-73. Za maksimalno korišćenje ove mogućnosti integrisani su radar i pokazivač cilja koji je ugrađen u pilotski šlem;

— za precizno gađanje ubojnim sredstvima pri bombardovanju i gađanju;

— za precizniju navigacijsku podršku, sposobnost da dejstvuje pri minimalnim uslovima za sletanje u svim vremenskim uslovima, danju i noću;

— za održavanje veze, uključujući i opremu koja je potrebna za zadatke grupnog letenja;

— otpornost na ometanje;

— lakše upravljanje avionom (ergonomski faktor);

— za prilagodljivost dodatne letачke opreme i naoružanja.

Pri modernizaciji aviona preduzete su mere za obezbeđivanje minimalnih gubitaka u borbi. Borbena efikasnost aviona u operacijama vazduh-vazduh povećana je osam puta, što je znatno više nego kod aviona F-16A i MIRAGE-2000.

Imajući u vidu budžetske restrikcije kod nekih zemalja koje u svome naoružanju imaju avione MiG-21-93, letачka oprema i naoružanje ovog aviona su optimizirani sa aspekta »cena-efikasnost«.

SISTEM PROTIVPODMORNIČKOG ORUŽJA MEDVEDKA*)

Imajući u vidu manevarski karakter borbenih dejstava u ratu u Perzijskom zalivu, mnoge ostrvske i priobalne zemlje koje zapljuskuju relativno plitka mora zainteresovane su za nabavku malog i efikasnog sistema protivpodmorničkog oružja za zaštitu svojih brodova.

Postojeća zapadna protivpodmornička ubojna sredstva ili nisu u stanju da napadaju protivničke podmornice na dubinama 40 do 60 m, ili nisu oblikovane da ih mogu nositi mali lovci podmornica (350 t), koji se nalaze u naoružanju velikog broja zemalja.

Posle godina provedenih u istraživanju vođenih projektila, uključujući i protivpodmorničke vođene projekte, moskovski institut termotehnike uspeo je da razvije sistem protivpodmorničkog oružja, eliminišući mnoge nedostatke koje imaju postojeći sistemi širom sveta.

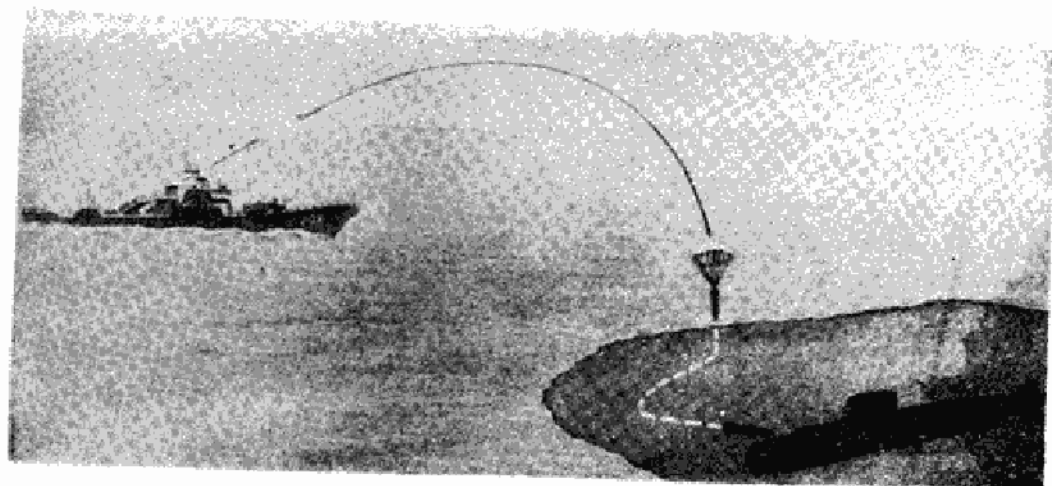
Veoma efikasni sistem vođenog projektila MEDVEDKA (rovač) rezultat je dugih i koordiniranih napora. Moskovski institut termotehnike stvorio je neke nenadmašne sisteme protivpodmorničkih vođenih projektila sa čvrstim gorivom, kao što su URAGAN (1953), BURUN (penušavi val — 1957), SMERČ I (vrtlog — 1961), SMERČ II, SMERČ III, VIHOR (1964), LIVEN (pljusak — 1982) koji su i dalje u naoružanju RM Rusije, Bugarske, Finske, Sirije, Kube i Indije.

U izradi sistema vođenog projektila MEDVEDKA korišćene su najno-

vije tehnologije. Ovaj jedinstveni sistem, namenjen je za ugradnju na brodovima deplasmana 350 t i većim, ima sledeće karakteristike:

— veliki efikasni domet na dubinama od 15 do 500 m,

vođenog projektila, i otvara padobran kojim se usporava spuštanje do vodene površine. Radi stabilnog leta vođeni projektil ima sklapajuća krilca koja se rašire posle lansiranja. Razvije-no je nekoliko verzija vođenog projek-



Lansiranje protivpodmorničkog vođenog projektila sistema MEDVEDKA

— male dimenzije i pogodan oblik,

— modularna konstrukcija sistema za upravljanje gađanjem i drugih sastavnih delova,

— velika pouzdanost i borbena gotovost sistema za izvršavanje napada na podmornice sa jednim ili više projektila.

Sistem vođenog projektila MEDVEDKA je jednostavne konstrukcije. Sastoji se od projektila koji nosi mali torpeda kao bojnu glavu, lansera i sistema za upravljanje gađanjem.

Ovaj protivpodmornički vođeni projektil ima raketni motor sa čvrstim gorivom i promenljivim potiskom, radi smanjivanja vremena leta do cilja i eliminisanja »mrtve zone« pri gađanju na malim odstojanjima.

Mali torpeda smešten je ispod aerodinamičke obloge bojne glave. U određenoj tački putanje on se odvaja od

tila sa zamenljivim bojnim glavama, radi obavljanja različitih zadataka.

Lanser ima pojednostavljenu konstruktivnu koncepciju — višecelni blok izrađen od lake aluminijumske legure. Karakteristično je da nema tradicionalne servo-pogone za pokretanje po visini i pravcu. Lanser može imati nekoliko verzija: kao dvocevna ili četvorocевна grupa, kao fiksno postolje za manje brodove ili obrtno postolje za veće brodove.

Imajući u vidu nemogućnost lansera da obezbedi stabilnost prilikom lansiranja, postoji mogućnost da se pri proračunu tekućih podataka za lansiranje uzmu u obzir oscilacije broda, kao i stanje ambijenta. Celokupni podaci sistema za upravljanje vatrom mogu se pokazati na jednoj tabli postavljenoj u brodskom komandnom centru. Pošto je sistem za upravljanje vatrom modularne konstrukcije, ceo si-

stem vođenog projektila može se lako povezati sa bilo kojim sistemom za akviziciju i označavanje cilja.

Kombinovanim korišćenjem savremenih tehnika konstrukcije i oblikovanja, kao i savremenih tehnologija, ukupna masa sistema i dimenzije smanjene su na minimum. Lanser se

može postaviti na svaki brod koji se danas nalazi u operativnoj upotrebi.

Ispitivanja koja su sprovedena potvrdila su visoki stepen efikasnosti protivpodmorničkog sistema vođenog projektila MEDVEDKA i njegove mogućnosti.

P. Marjanović



tehničke novosti i zanimljivosti

INTEGRISANI ODBRAMBENI SISTEM OKLOPNIH BORBENIH VOZILA*)

Kopnena vojska SAD planira da prikaže savremeni integrisani odbrambeni sistem (IDS — Integrated Defense System) za zaštitu oklopnih borbenih vozila od napada vođenim ubojnim sredstvima. Istraživačko-razvojni centar TARDEC zaključio je ugovor vredan 24,8 miliona dolara sa firmom UNITED DEFENSE za integrisanje IDS u osnovni borbeni tenk M1A1 ABRAMS do kraja 1997. godine, posle čega će se obaviti ispitivanja.

Integrisani odbrambeni sistem sastoji se od senzora za otkrivanje lansiranog ubojnog sredstva. Sistem koristi tehniku veštačke inteligencije za određivanje optimalnog reagovanja i iniciranje odgovarajućih protivmera. Tu mogu biti uključeni laseri i infracrveni ometači koji kasnije mogu da budu pojačani aktivnom samoodbranom, kao što je mali jeftini presretački uređaj SLID (Small Low-Cost Interceptor De-

vice). Ova oprema ugrađuje se na zadnjoj strani kupole tenka. Većina opreme je adaptirana iz postojećih programa. Među senzore spada šest laserskih uređaja za uzbunjivanje, šest optroničkih senzora, IC ometači i jedan senzor vetra kružnog dejstva koji dopunjuje postojeći senzor bočnog vetra. Na okretnom držaču nalaze se izbacivači za vertikalno ispaljivanje dimnih bombi.

Nosilac ugovora, firma UNITED DEFENSE, koristiće svoju novoustanovljenu laboratoriju sistema IDS, zajedno sa procesorom iz varijante A3 borbenog vozila BRADLEY za integrisanje u tenk, sa početkom radova sredinom 1996. godine.

Serijski izrađeni sistemi IDS mogli bi da budu ugrađeni i u samohodnu haubicu M109A6 PALADIN, poboljšano amfibijsko jurišno vozilo (AAAV), poboljšani sistem poljske artiljerije CRUSADER, buduće izviđačko vozilo i budući osnovni borbeni tenk, pored tenkova ABRAMS i borbenih vozila BRADLEY.

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.

PASIVNI LOKATOR ARTILJERIJSKIH ORUDA*)

Kopnena vojska Francuske planira da sprovede ocenska ispitivanja pasivnog lokatora cilja OZA (Optronische Zielortung Artillerie) nemačke proizvodnje. OZA koristi mrežu optičkih senzorskih stanica koje daljinskim putem lociraju protivnička artiljerijska oruđa preko plamena na ustima cevi. Svetlosni blesak se reflektuje u atmosferi, tako da optičke senzorske stanice ne moraju imati optičku vidljivost. Senzorske stanice prosleđuju rezultujuća merenja u stanicu za obrađivanje, gde se upoređuju karakteristike plamena na ustima cevi oruđa sa memorijom optičkih karakteristika, tako da je moguća identifikacija oruđa koje je u pitanju. OZA, takođe, obavlja lociranje cilja u polju dimenzija 10×10 m, što je dovoljno za kontrabaterijsku vatru.

P. Marjanović

BESPILOTNI SISTEM ZA LOCIRANJE CILJEVA I KOREKCIJU ARTILJERIJSKE VATRE*)

Kopnena vojska Južne Afrike planira da koristi bespilotni sistem za osmatranje iz vazdušnog prostora UAOS (Unmanned Aerial Observation System) namenjen za lociranje ciljeva i brzu korekciju vatre vučnih G5 i samohodnih G6 artiljerijskih sistema. Prva letelica poletela je marta meseca, samo 10 meseci posle zaključivanja ugovora. Početna ispitivanja obavljaju se sa poletanjem letelice sa piste. Konačna varijanta, koja će biti na raspolaganju do

kraja 1996. godine, lansirace se sa vozila koje će je prevoziti. Četvoročlana posloga može da pripremi letelicu za 30 minuta. Bepilotna letelica je autonomna, uključujući i automatski povratak u bazu posle obavljenog zadatka. Bepilotni sistem UAOS može da obavlja dnevno i noćno izviđanje, ometanje, obeležavanje ciljeva ili da služi kao rešaj za održavanje veze.

P. Marjanović

LAKI PROTIVVAZDUŠNI RAKETNI SISTEM LeFlaSys*)

Nemačko ministarstvo odbrane pregovara o nabavci protivvazdušnog sistema malog dometa ATLAS, za potrebe nemačkog KoV za laki protivvazdušni sistem LeFlaSys (Leichtes Flugabwehrsystem). Procenjuje se da će vrednost ugovora biti 300 miliona maraka i da će biti realizovan u nekoliko rata.

Većina ovih vatrenih sistema noseće vođene projekte zemlja-vazduh STINGER, a jedinice u francusko-nemačkom korpusu imaju vođene projekte MISTRAL.

Isporuke bi trebalo da počnu 1998. godine, a operativna upotreba 1999. godine.

Planira se da se tri baterije LeFlaSys, svaka sa po tri voda po 5 vatrenih jedinica, postavi na šasijsku borbenu oklopnu vozila WIESEL 1, a u formacije ugradi, pored vatrenih jedinica GEPARD i ROLAND, u mešovitim protivvazdušnim pukovima. Oni će biti dopunjeni sa 10 vozila za izviđanje i upravljanje vatrom, zajedno sa 7 komandnih vozila na šasiji švedskog vozila Bv206.

P. Marjanović

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.



Laki protivvazdušni raketni sistem LeFlaSys

LOVAC-BOMBARDER JH-7 U OPERATIVNOJ UPOTREBI*)

U Kini je objavljeno da je lovac-bombarder JH-7 najzad uveden u operativnu upotrebu. U jednoj od varijanti on može biti naoružan sa dva vođena projektila vazduh-vazduh PL-S postavljenim na vrhovima krila i dva protivbrodska vođena projektila C-801. Ovaj avion opremljen je radarom za praćenje zemljišta iznad kojeg se leti, a treba da zameni zastareli lovac-bombarder JH-6 koji je sada u operativnoj upotrebi. Pretpostavlja se da mu je maksimalna brzina $M=1,7$; maksimalna po-

letna masa oko 27500 kg, kao i da je izrađen u malom broju primeraka, verovatno kao frontovski nosač taktičkog nuklearnog oružja za RV i RM Kine.

Za ovaj avion saznalo se 1988. godine, na izložbi u Farnborou, gde je bio izložen njegov minijaturni model. Prvi letovi prototipa ovog aviona obavljani su 1989. godine, ali je proizvodnja bila odložena za nekoliko godina.

Smatra se da će JH-7 biti u istoj klasi performansi kao avion Su-24 (FENCER). Još nije poznato da li je serijski avion opremljen kineskim ili ruskim motorima. Navodi se da je sva elektronska oprema kineska, ali se ne može isključiti i izraelsko poreklo.

P. Marjanović

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.

MODERNIZACIJA AVIONA HERCULES*)

Pod pokroviteljstvom nacionalne putničke kompanije SABENA, belgijski RV uskoro će početi prijem prvih od 12 modernizovanih aviona C-130, HERCULES.

Cilj belgijskog RV je da produži vek aviona HERCULES najmanje do 2010. godine, a verovatno i do 2015. godine. Ovi avioni su u upotrebi već 22 godine.

U prvoj fazi modernizacije aviona C-130, firma SABENA počela je da menja spoljašnja krila 1990. godine, što je završeno 1993. godine. Primarni cilj procesa modernizacije je pilotska kabina, jer se pokazalo da je postojeća originalna oprema suviše teška i skupa za održavanje i zamenu.

Američka firma HONEYWELL 1992. godine zaključila je ugovor za ugradnju:

- novog digitalnog autopilota HIDAFCS koji je razvijen za avione C-130J,

- integrisanog navigacijskog sistema baziranog na H-423, globalnog sistema za određivanje položaja MAGR 300, referentnog sistema za položaj aviona u vazduhu ili kombinacije integrisanog navigacijskog sistema i globalnog sistema za određivanje položaja (INS/GPS) H-674,

- elektronskog sistema letачkih instrumenata (AFIS) za pilota, kopilota i navigatora,

- potpuno udvojenog sistema za rukovođenje letom sa dve ili tri jedinice displeja, slično kao što je predviđeno za avione C-130J,

- novog meteorološkog i kartografskog radara PRIMUS 701,

- displeja u kabini za posadu,

- zemaljske stanice za planiranje misije aviona.

U novom elektronskom paketu aviona C-130 naglašeno je povezivanje

komercijalne magistrale podataka (data bus) ARINE 429 i magistrale podataka MILSTD 1553 preko procesora koji povezuju nove sisteme i omogućavaju naknadna dodavanja nove opreme u okviru računara 1553B. Jedna od koristi dvojnog rešenja, spajanja komercijalnih komponenata sa vojnim sistemima, jeste znatno smanjivanje troškova. Prvi primer toga je korišćenje komercijalnog vazdušnog transporta EFIS.

Takođe, od velike važnosti je ugrađena ispitna oprema i pokazivači neispravnosti. Očekuje se da će to uticati na značajnu uštedu vremena potrebnog za održavanje i troškova za rezervne delove. Kompatibilnost sistema sa programom aviona C-130J važan je uslov za obezbeđenje rezervnim delovima u toku produženog veka starih aviona HERCULES.

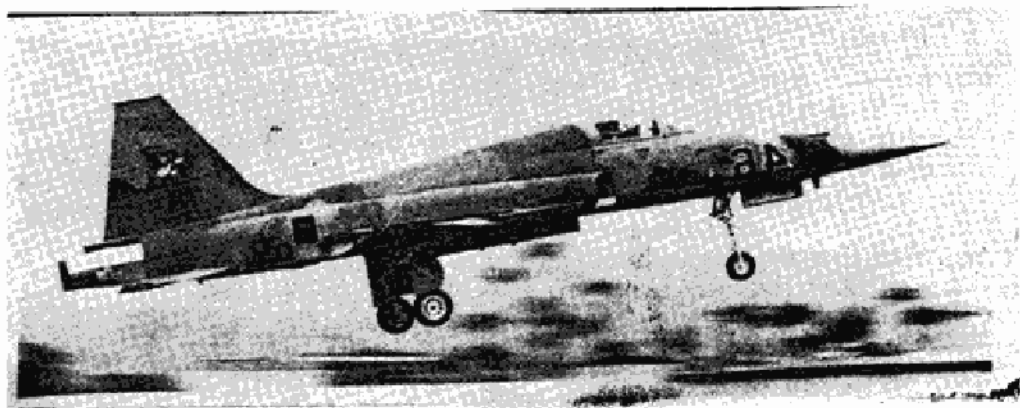
P. Marjanović

ISPITIVANJA MODERNIZOVANOG AVIONA F-5E TIGER IV*)

Avion F-5E TIGER IV, demonstrator savremene avionske elektronske opreme, proći će kroz šestomesečna ispitivanja pre nego što bude predat ratnom vazduhoplovstvu SAD i drugih zemalja u čijem su naoružanju, radi daljih ocenskih ispitivanja. Oko 1600 aviona F-5 nalazi se u naoružanju 26 zemalja.

TIGER IV ima radar za upravljanje vatrom AN/APG-66, standardni računar za podatke o letu, računar za pripremu zadatka (misije), inercijalni navigacijski uređaj, displej-procesor i višefunkcionalne displeje u kabini pilo-

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.



Avion F-5E TIGER IV

ta, sistem za proizvodnju kiseonika, sedište za izbacivanje, sistem za upravljanje naoružanjem, video-rikorder, video-kameru i komande na ručici gasa i palici HOTAS (Hand-On-Throttle-And-Stick). Paralelno se sprovodi program modernizacije konstrukcije aviona, prema trogodišnjem ugovoru čija je vrednost 172 miliona dolara.

P. Marjanović

MOGUĆNOSTI TRANSPORTNOG AVIONA C-17 GLOBEMASTER III*)

Posle uspešnog ispitivanja mogućnosti dopreme formacijskog odeljenja padobranaca sa borbenom opremom, aviona C-17A GLOBEMASTER III prikazan je na pariskoj vazduhoplovnoj izložbi, gde se svojom veličinom isticao između druga 22 američka aviona.

To je prva pojava teškog teretnog aviona dugog doleta na statičnom delu izložbe, kao i u letačkom programu. U toku ispitivanja aviona obavljeno je probno izbacivanje 102 padobranca. Svaki padobranac nosio je kontejner sa naoružanjem i ranac, tako da je ukupna masa bila oko 180 kg po voj-

niku. Svi padobranici bezbedno su napustili avion.

Avion GLOBEMASTER III projektovan je sa nosivošću aviona C-5 GALAXY i mogućnošću kratkog sletanja i poletanja, kao kod turboprop aviona C-130 HERCULES. Sa tovarnim prostorom dužine 25,9 m; širine 5,47 m i visine 3,73 m, avion C-17A može da prevozi mnoge manje američke letelice, uključujući i jurišni helikopter AH-64D APACHE.

Američki RV primio je prvi avion C-17A maja 1992. godine, očekuje se da će se do januara 1997. u upotrebi naći 40 ovih aviona. Sa po 4 motora F-117-PW-100 čiji je pojedinačni potisak 180 kN, avion GLOBEMASTER III može da ponese maksimalni teret od 76557 kg, a brzina krstarenja iznosi 0,77 Maha na visini od 8512 m.

P. Marjanović

ZAVRŠETAK PROTOTIPA HELIKOPTERA NH-90*)

U toku je završetak prvog prototipa helikoptera NH-90, čiji je razvoj započet 1980. godine. Tada je to bila koncepcija NATO helikoptera za deve-

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.

desete godine namenjenog za protivpodmornička dejstva i transportne zadatke sa ukupnom masom između 5000 i 9000 kg. Do izvesne mere ovaj razvoj je bio povezan sa programom razvoja NATO fregate, u kojem je učestvovalo 8 zemalja, radi postizanja višegodišnjeg NATO cilja a to je postizanje kompatibilnosti njihovih oružanih snaga. Kasnije je došlo do prekida ovog programa, ali je nastavljen razvoj helikoptera NH-90.

Do sada je izrađena jedna letelica za statička ispitivanja i pet prototipova za ispitivanje u vazduhu. Prvi prototip je kompletiran u osnovnoj konfiguraciji sa konvencionalnim komandama leta. Sledeće godine drugi prototip imaće komande »fly-by-wire«. Pogon helikoptera obezbeđivaće dva turboosovinska motora RTM322, snage po 1766 kW (za francusku, nemačku i holandsku varijantu), dok Italija želi motore GENERAL ELECTRIC T700/T6E.

Drugi i treći prototip poleteće u toku 1996. godine (oba su urađena kao bazne letelice), a četvrti i peti u toku 1997. Četvrti prototip biće transportna varijanta, dok će peti biti urađen prema mornaričkoj specifikaciji.

NATO helikopterska industrija (NHI) predviđa da će se proizvesti najmanje 1000 helikoptera NH-90, ali krajnja odluka o tome još nije doneta.

P. Marjanović

BUS za ispitivanje u vazдушnom prostoru. Prvi let planira se 1998. godine, a sertifikacija 2000 godine.

Ovaj helikopter, namenjen za 19 do 22 putnika, biće rađen po najnovijim tehnološkim dostignućima, a biće jeftiniji za nabavku, održavanje i korišćenje nego drugi helikopteri iste klase. U putničkoj konfiguraciji putnici će sedeti kao i u putničkom avionu. Za teretne potrebe unutrašnjost se može urediti da primi tri teretna kontejnera LD-3. Razmišlja se, takođe, i o drugim konfiguracijama opšte namene.

Maksimalna masa helikoptera S-92 biće oko 10900 kg. Pogon će obezbeđivati dva turboosovinska motora CT7-6D ili — 8 snage po 1288 kW. Planirana vojna verzija imaće motore CT7-8. Helikopter će imati maksimalni dolet od 740 km, brzinu krstarenja 287,2 km/h, a praktični vrhunac leta biće 4560 m.

Novi helikopter imaće tehnološka rešenja kao i helikopteri iste firme BLACK HAWK i SEA HAWK, uključujući dinamiku glavnog i repnog rotora. Takođe, imaće kostur od aluminijuma i kompozitnih materijala, integrisanu elektroniku, a koristiće software CATIA.

P. Marjanović

RAZVOJ KOMERCIJALNOG HELIKOPTERA S-92 HELIBUS*)

Na vazduhoplovnoj izložbi u Parizu objavljeno je da će firma SIKORSKY razviti komercijalni transportni helikopter S-92 o kome se dugo razmišljalo. Prema tekućim planovima biće izrađeno 5 prototipova S-92 HELI-

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.

PILOTSKI TRENAŽER FIRME DASSAULT*)

Francuska firma DASSAULT AVIATION izložila je na pariskoj vazduhoplovnoj izložbi savremeni sistem za obuku pilota na avionima ALPHA JET. Zasnovan na poznatim trenažerima ALPHA JET i ALPHA JET 2 (prodato preko 500 u 10 zemalja), najnoviji trenažer namenjen je za obuku pilota u adaptiranju na najnovije navigacione sisteme, sisteme naoružanja, i pri-

lagođavanje čovek-sistem. U ovom trenažeru nalaze se neki delovi opreme aviona koji je u razvoju, RAFALE, uključujući headup displej, televizijskog instruktora u zadnjoj kabini, bočne displeje i višefunkcionalne tastature. Oprema u trenažeru je kompatibilna sa senzorima FLIR (Forward Looking Infra Red), kontejnerom sa laserskim obeleživačem cilja, kao i sa sredstvima za elektronska protivdejstva.

P. Marjanović

RADOVI NA BIOLOŠKOJ ODBRANI U SAD*)

Očekuje se da će zajedničke potrebe dovesti do razvoja i nabavke bioloških odbrambenih sistema u SAD.

Dva primerka sistema prve generacije razmeštena su u američkoj KoV — integrisani sistem za biološko otkrivanje BIDS (Biological Integrated Detection System) i u RM — privremeni detektor bioloških agensa IBAD (Interim Biological Agent Detector).

U 1994. godini nabavljeno je 10 prototipova sistema BIDS od kojih je 7 ispitivano ispuštanjem simulanta agensa BG sa zemlje i iz vazdušnog prostora. Nekompletni izveštaji potvrdili su da su sistemi sa tehničkog aspekta dobri, ali ubrzana obuka poslužilaca i manuelno obavljanje nekih radnji i inicijalnih analiza mogu da umanje karakteristike sistema.

Planirano je da se u 1995. godini proizvede 14 sistema, a 1996. 17 serijskih sistema početne verzije BIDS. To će omogućiti opremanje jednog voda od 35 vozila i baze za obuku, kao privremeno rešenje za potrebe otkrivanja i identifikacije. Narednih 86 sistema BIDS poboljšane verzije sa poluautomatskom obradom biće nabavljeno 1997. godine radi obezbeđenja tri korpusne garniture.

Jedan prototip sistema IBAD ugrađen je na brod LASALLE radi ispitivanja u uslovima na moru. Sa aspekta pouzdanosti ispitivanja su dala vrlo dobre rezultate, tako da se očekuje isporuka 15 prototipova. Status »prve opremljene jedinice« sa 25 raspoređenih uređaja očekuje se u periodu januar—mart 1996. godine.

Biro za zajednički program (JPO — Joint Program Office) biološke odbrane ubuduće će kontrolisati razvoj sistema, a postavio je zadatak razmeštaja na nivou vojišta zajedničkog mesta za biološku detekciju do 2001. godine. Veliki napredak u okviru ovog programa predstavlja ustanovljavanje standardizovanih metodologija za ispitivanje i kriterijuma za upoređivanja konkurišućih tehnologija.

Cilj je da se razvije oprema za detekciju i identifikaciju za sve vidove oružanih snaga u periodu od 2000. do 2003. godine. Kao dopuna sistemu BIDS, koji je namenjen za otkrivanje i identifikaciju bioloških agensa na širokom prostoru, lokalni sistem otkrivanja biće jeftiniji. Prema prethodnim procenama biće potrebno oko 1000 kompleta.

P. Marjanović

*) Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, 6/1995.

Godišnji sastanak o tehničkom obezbeđenju

Na osnovu Plana rada Tehničke uprave Sektora pozadine GS VJ i potrebe za sagledavanjem stanja tehničkog obezbeđenja jedinica VJ, ocene postignutih rezultata u 1995. godini i utvrđivanja smernica i zadataka za rad organa i jedinica TSl u 1996. godini, 07. decembra 1995. godine održan je godišnji sastanak.

Radom sastanka rukovodio je general-major dr Jugoslav Kodžopeljić, načelnik TU Sektora pozadine GS VJ. Sastanku su prisustvovali najodgovornije starešine iz TU, načelnici TSl komandi armija, RV i PVO, RM i KSJ, predstavnici PoB GS VJ, direktori TRZ Čačak i TRZ Kragujevac, predstavnik VTA, komandant SVŠ smer TSl, predstavnici sektora KoV, veze, ED i PEB.

Načelnici TSl iz komandi armija, RV i PVO, RM i KSJ referisali su o realizaciji zadataka u prethodnom periodu, stanju TOB-a na kraju 1995. godine, posebno istakavši stanje popunjenosti i ocenu kvaliteta kadra TSl, nivo popune, smeštaja i obezbeđenja RMR, stanje ispravnosti TMS u odnosu na 1994. godinu, stanje kadrova i opreme informatičke podrške.

Izveštavano je i o stanju sredstava i opreme koja je dopremljena iz otcepljenih republika prethodne Jugoslavije, kao i o njenom smeštaju, knjiženju i štetama, i inventarisanju MS.

Doprinos radu skupa, svojim diskusijama, dali su i predstavnik PoB, direktori TRZ Čačak i TRZ Kragujevac, predstavnik VTA, komandant SVŠ, smer TSl, kao i rukovodeće starešine iz TU.

U referatima su posebno naglašeni problemi TSl koji su povezani sa finansijskim sredstvima koja su zbog restriktivnog budžeta i porasta cena u 1995. godini bila nedovoljna za pokrivanje realnih troškova. Neophodna materijalna sredstva, kao što su rezervni delovi i pogonska sredstva, teško su obezbeđivana upravo zbog nedostatka finansijskih sredstava. Predstavnici TRZ istakli su da je visina finansijskih sredstava uticala na programe osvajanja rezervnih delova i remonta TMS.

Zbog potreba za ostvarenjem što većeg stepena ispravnosti TMS dolazilo je do prelivanja kapaciteta iz viših u niže nivoe održavanja, što svakako treba izbegavati.

Predstavnici institucija koje školuju kadar za TSl govorili su o problemu u vezi sa kvalitetom izvođenja nastavnog procesa, posebno sa aspekta smeštaja nastavne opreme i formiranja odgovarajućih kabineta, i merama koje su preduzimane za njihovo prevazilaženje. Naglašeno je da povezanost jedinica TSl i školskih institucija mora biti još bolja u razmeni informacija o kvalitetu otškolovanog kadra.

Učesnicima sastanka prezentiran je automatizovani sistem za podršku odlučivanju (ASPO), kojim će se unaprediti rad TSl.

U završnoj reči general-major dr Jugoslav Kodžopeljić istakao je da se na osnovu podnetih referata i diskusija može zaključiti da je, i pored vrlo teških i složenih uslova u kojima je TSl izvršavala svoje zadatke u 1995. godini, tehničko obezbeđenje jedinica VJ uspešno sprovedeno. Organi TU sumiraće podatke iz referata i diskusija, sačiniti zaključke i dostaviti ih svim učesnicima sastanka.

Svi organi TSl moraju i dalje savesno, odgovorno i stručno da obavljaju postavljene zadatke. Može se predvideti da će u narednoj godini vojno-politička situacija biti stabilnija, ali se u finansijskom pogledu ne može očekivati poboljšanje. U 1996. godini posebna pažnja moraće se posvetiti implementaciji mirovnog sporazuma u delu obaveza VJ i, u skladu sa tim, jedinica i organa TSl.

Redakcija

**NOVINSKO-IZDAVAČKA USTANOVA »VOJSKA«
REDAKCIJA IZDAVAČKE DELATNOSTI »VOJNA KNJIGA«**

ZA VAŠU BIBLIOTEKU

1. Aleksandar Radić
BORBENI AVIONI
Format 14×20. Strana 96.
Povez broširan. Ćirilica.
Cena 25 dinara.
2. Ćedomir Višekruna
**VAZDUHOPLOVNI POGONSKI
MATERIJALI, I deo GORIIVA**
Format 17×24. Strana 216.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 15 dinara.
3. Predrag Pejćić
VOJNI HELIKOPTERI
Format 17×24. Strana 466.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 40 dinara.
4. Metodija Hristovski
**EKSPLOZIVNE MATERIJE
— rećnik**
Format 17×24. Strana 320.
Povez broširan. Latinica.
Cena 70 dinara.
5. Dušan Banjac
ELEKTRONSKA BORBA U PVO
Format 14×20. Strana 292.
Povez platno. Latinica.
Cena 10 dinara.
6. Aleksander Razingar
**ELEKTRONSKO IZVIDANJE
I MASKIRANJE**
Format 13×21. Strana 419.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 15 dinara.
7. Milan Jovanović
**ZAŠTITA LJUDI OD JONIZUJUĆEG
ZRAĆENJA HEMIJSKIM
SREDSTVIMA**
Format 14×20. Strana 350.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 10 dinara.
8. Milan M. Šunjevarić
RADIO-GONIOMETRIJA
Format 17×25. Strana 608.
Povez platno. Latinica.
Cena 20 dinara.
9. Zlatko Rendulić
**RATOVODSTVO I
NAUĆNO-TEHNIĆKI PROGRES**
Format 17×24. Strana 298.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 15 dinara.
10. Nikola Vujanović
**TEORIJA POUZDANOSTI
TEHNIĆKIH SISTEMA**
Format 17×24. Strana 592.
Tvrd povez. Latinica.
Cena 25 dinara.

NARUDŽBENICA

NIU »Vojska«, Birčaninova 5, 11000 Beograd

Telefon: (011) 645-020, telefax: (011) 644-042

Žiro-račun: 40823-849-0-2393

Naručujem(o) knjige broj/primeraka

Naručene knjige plaćam(o):

a) odjednom — plaćanje unapred.

b) u mesečnih rata (najviše tri rate) po dinara
(najmanji iznos rate je 50,00 dinara).

Prilikom kupovine na kredit priložiti potpisanu i pečatom overenu narudžbenicu i dokaz o uplati prve rate, a penzioneri prilažu odrezak čeka na kome se nalazi broj predmeta. Ostale rate uplaćuju se na 30 dana administrativnom zabranom.

Reklamacije za neuručene knjige primamo u roku od 30 dana.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Kupac

Matični broj

Ulica i broj Telefon

Mesto i broj pošte

Dana

Potpis naručioca

Ovim se potvrđuje da je naručilac knjiga zaposlen u

M.P.

Overava:

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokal: 22-584
Telefax: 644-042, žiro-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za 1996. godinu, i to:

primeraka

1. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 50,00 dinara, polugodišnja pretplata 25,00 dinara;
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ), izlazi dvomesečno, u koloru, sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Godišnja pretplata 100,00 dinara, polugodišnja pretplata 60,00 dinara.
3. VOJNO DELO (opštevojni teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 60,00 dinara, polugodišnja pretplata 30,00 dinara.

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun NIU »VOJSKA«: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopise slati na adresu:

Kupac
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br.

Dana: 199..... god.

M.P.

.....
Potpis naručioca

LEKTOR

Dobriša Miletić, prof

KORICE

Milijko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

Cena: 10,00 dinara

Tiraž: 1500 primeraka

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis »Vojnotehnički glasnik« je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.
