

VOJNOTEHNIČKI ZAVOD

DIREKTOR

Pukovnik
SLAVKO BRSTINA

UREDIVACKI ODBOR

General-major
dr JUGOSLAV KODZOPELIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)General-major
dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)General-major
dr NOVICA BORDEVIĆ, dipl. inž.General-major
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.General-major
dr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.General-major
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.Profesor
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr DRAGAN LAZAREVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
MIROSLAV GOJBASIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.Pukovnik
MILAN UZELAC, dipl. inž.Potpukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIKPukovnik
Miroslav Gojbašić, dipl. inž.
(tel. 648-277, 23-59-133 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 33-258)ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Biričaninova 3.
Pretpлата: 645-020 i 23-124, žiro-račun:
40818-637-9-6319 za VIZ/VTG, poziv na
broj 963/054. Godišnja pretpлата 60,00
dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa:
Vojna štamparija — Beograd, Generala
Ždanova 40 b.STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
G L A S N I K

3

S A D R Ž A J

Dr Vidoje Pantelić, general-potpukovnik, dipl. inž.	269	Model zaliha popravljivih agregata
Mr Dušan Korolija, potpukovnik, dipl. inž.	281	Optimizacija korektivnog održavanja elektronskog uređaja nabavljenog na tržištu
Sima Savić, potpukovnik, dipl. inž.	295	Metodologija osvajanja proizvodnje rezervnih delova
Ljubiša Brkić, potpukovnik, dipl. inž.	302	Određivanje optimalnog veka upotrebe vozila
Dr Jovan Todorović, profesor, dipl. inž.	308	Alternativna goriva za motorna vozila — moda ili potreba?
Sc Momčilo Đorović, potpukovnik, dipl. inž.	320	Simulator tekućeg prijemnog signala radarskog senzora prepreka za niskoletne platforme
Dr Dragoljub M. Brkić, dipl. inž.	326	Metoda intervalnog ocenjivanja pouzdanosti tehničkih sistema za slučajnu promenljivu koja ima dvoparametarsku Vejbulovu raspodelu
Zdravko Marjanović, potpukovnik, dipl. inž.	335	Novine u zaštiti od groma — hvataljka sa uređajem za rano startovanje
Dr Miroslav Draganjac, potpukovnik	341	Optimizacija oblika metalne supstrukture metalokermičkog konusnog teleskop-sistema
Dr Dragutin Jovanović, pukovnik, dipl. inž.	347	Vreme prevoženja masovnih tokova tereta kao kriterijum optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja
Dr Vlado Radić, potpukovnik, dipl. inž.	361	Protivoklopna sredstva i oklopna zaštita

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

369	Koncept borbenog sistema budućnosti za vojsku SAD — M.S.
370	Snajpersko oružje — M.K.
373	Osvajanje proizvodnje vođenih artiljerijskih projektila 155 mm — M.S.

- 374 Sistem ŠTURM s raketom ATAKA — M.K.
- 376 »Novi život« za tela projektila — M.K.
- 378 Teški oklopni transporter BTR-T — M.K.
- 379 Nova rešenja za uništavanje utvrđenih objekata — M.S.
- 380 Sistem obalskih patrolnih brodova i čamaca — M.K.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 384 Nova inženjerska i artiljerijska municija — M.K.
- 385 Proizvodnja protivtenkovskog oružja u Iranu — V.R.
- 386 Sistem avio naoružanja S-13 — M.K.
- 387 Američki senzori za izraelsku protivraketnu odbranu — M.S.
- 388 Laki izviđački tenk STORMER 30 — V.R.
- 389 Kineski eksplozivni reaktivni oklop — V.R.
- 390 Promotivni let helikoptera Ka-226 — M.K.

Dr Vidoje Pantelić,
general-potpukovnik,
dipl. inž.
Operativno-pozadinska uprava
GŠ VJ, Beograd

MODEL ZALIHA POPRAVLJIVIH AGREGATA

UDC: 658.78.012.12:355.3

Rezime:

U procesu održavanja složenih sredstava, radi ubrzanja procesa opravke, koristi se zamena agregata ili modula, koji se kasnije obnavljaju (popravljaju) u radionici i vraćaju na zalihe u skladište. S obzirom na zahtev ekonomičnosti u ulaganju novčanih sredstava u zalihe, potrebno je istražiti model za optimizaciju visine zaliha popravljivih agregata. U radu je prikazana mogućnost i metodologija određivanja parametara razvijenog modela, pri proračunavanju visine optimalnih zaliha popravljivih agregata primenom teorije masovnog opsluživanja, kao i mogućnost izrade i primene nomograma u procesu odlučivanja o visini zaliha i verovatnoći opsluge popravljivih agregata.

Ključne reči: zalihe, model, intenzitet potražnje, intenzitet obnavljanja, trošak, nomogram.

INVENTORY MODEL OF CORRIGIBLE AGGREGATES

Summary:

In the process of complex systems manufacturing, in order to make repair faster, aggregates or modules are replaced. Having been repaired later on in a workshop, they are stocked in a warehouse. Taking into consideration inventory cost effectiveness, it is necessary to examine a model for the optimization of corrigible-aggregates inventory-quantity. This paper presents a procedure of the developed model parameters determination by applying the queuing theory in order to calculate the quantity of optimal inventory of corrigible aggregates. The possibility to make and apply a nomogram in the decision making process concerning the inventory quantity and corrigible aggregates service probability has been presented as well.

Key words: inventory, model, intensity of demand, intensity of renewal, cost, nomogram.

Uvod

Rezervni delovi, u vojnom sistemu, sastavni su delovi složenih tehničkih sredstava koji se čuvaju u rezervama (zalihama), i u procesu održavanja služe za zamenu neispravnih, dotrajalih, uništenih ili izgubljenih delova na neispravnom sredstvu. Uslovljeni su konstrukcijom i tehnologi-

jom svakog pojedinačnog sistema, a mogu biti u najprostijem nedeljivom obliku, zatim kao niže modularne celine u obliku podsklopova ili modula ili više modularne celine kao sklopovi, u obliku agregata ili blokova od kojih se formira tehnički sistem.

Cilj svakog korisnika jeste da se neispravna sredstva u što kraćem vre-

menu opravke, odnosno da se **MTBF**¹ vreme maksimizira. To se jednostavno može postići ako se pri opravci menja kompletan agregat (blok u elektonskom uređaju) na kojem je došlo do neispravnosti nekog od sastavnih delova, a da se neispravan agregat — blok uputi na opravku (obnavljanje) u radionicu. Na taj način se, pored ubrzanja procesa opravke sredstva, pokriva nestacionarnost u angažovanju radioničkih kapaciteta i umanjuju ulaganja sredstava u zalihe. Stručno ljudstvo, kada nema poslova na održavanju, opravljajući neispravne agregate i vraća ih u zalihe.

Sve to podrazumeva potrebu čuvanja određenog broja agregata na zalihama skladišta, iz kojeg se snabdeva radionica. Time se obezbeđuje njihova raspoloživost radionici u trenutku potrebe. Takođe, da bi se neispravan agregat kasnije mogao opraviti u radionici, skladište mora posedovati i potrebne rezervne delove. Problem za nabavnu službu jeste — kako da smanji ukupne troškove zaliha. Poznato je da su pojedinačno nabavljeni delovi uvek skuplji od delova kupljenih u samom sredstvu ili nekom agregatu, što može dovesti do toga da ukupna nabavna cena delova potrebnih za opravku nekog agregata bude, a najčešće i jeste, veća od cene samog agregata kao rezervnog dela. Pri tome ne mora biti zadovoljen uslov da su svi sastavni delovi agregata planirani i kao rezervni delovi za nabavku. Zato je nabavka agregata povoljnija, jer su u njima zastupljeni delovi koji ne moraju biti u optimalnoj strukturi zaliha.

Cilj nabavnih organa, odnosno snabdevačke ili skladišne službe, jeste da se uz manja ulaganja postigne veća pouzdanost snabdevanja u sistemu. Da bi se to postiglo, zadatak planera je da se odredi početni dovoljan, odnosno za određene uslove optimalan

broj agregata na zalihama u sistemu snabdevanja. Taj broj agregata treba da se proračuna prema mogućnostima radionice da u određenom vremenu izvrši obnavljanje agregata, uz odgovarajući stok rezervnih delova koji je radionici na raspolaganju. Ako se sistem dobro postavi, broj agregata na zalihama u određenom vremenu može se čak i uvećavati.

U ovom radu prikazan je teoretski model po kojem je moguće proračunavati potrebnu količinu nekog agregata koji se čuva na zalihama, uz korišćenje matematičkog aparata teorije masovnog opsluživanja. Analizom uticaja i variranjem zavisnih parametara moguće je izraditi nomograme koji u praksi mogu, za određene uslove, poslužiti pri odlučivanju o visini stoka zaliha agregata, odnosno o potrebnim ulaganjima prema željenoj sigurnosti snabdevanja, izraženoj kroz stepen opsluge sistema.

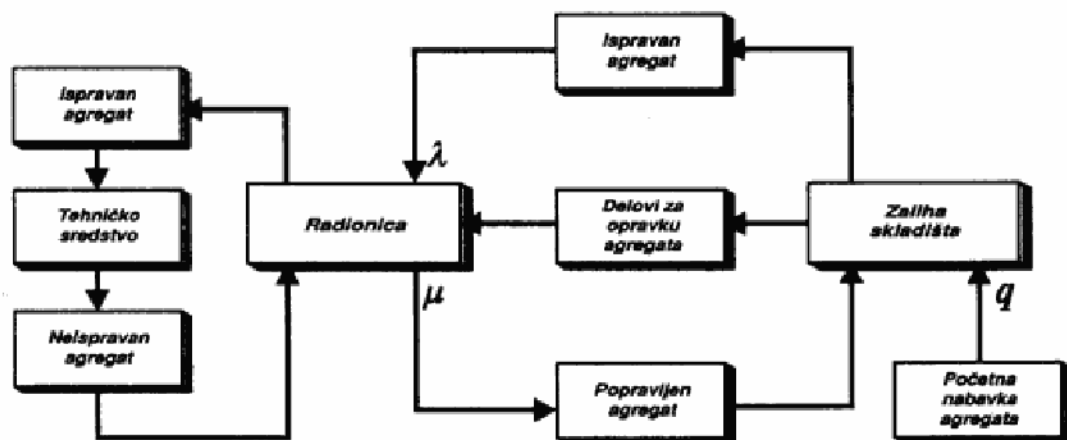
Opis funkcionisanja modela

Agregati se u modelu razmatraju kao zamenljivi rezervni delovi za sredstvo, odnosno radionicu, a kao popravljivi rezervni delovi za skladišni sistem. U tehnologiji popravke uvek se pri izdavanju ispravnog agregata vraća neispravan agregat u radionicu, gde se opravljajući. Opravljeni agregat se vraća na zalihu u skladište (slika 1). Za model, sa teoretskog aspekta, nije bitno da li opravku agregata obavlja ljudstvo koje i opravljajući sredstva ili posebno ljudstvo.

Za funkcionisanje modela značajno je izvršiti početnu optimizaciju potrebnog broja agregata (q), da bi se dalje, vremenom, oni sami obnavljali u sistemu.

Za teorijsku podlogu modela poslužio je višekanalni sistem masovnog opsluživanja (SMO) sa čekanjem Kandlove oznake $M_\mu/M_\lambda/n/m$ [1], na osnovu kojeg su razvijeni modeli [3] i izvršena istraživanja upravljanja zali-

¹ MTBF: Mean Time Between Failure — srednje vreme između otkaza.



Sl. 1 — Ilustracija toka agregata u modelu

hama u složenim hijerarhijskim sistemima snabdevanja [4].

U predloženom modelu *kanal* predstavlja ispravan agregat na zaliham, zahtev za agregatom predstavlja potražnju radionice i razmatra se kao *klijent*, a vreme obnove (opravke) neispravnog agregata kao *vreme opsluge*. Karakteristike modela opisuju se na sledeći način:

1. Optimalna zaliha agregata q^* razmatra se kao optimalan broj kanala n u SMO.

2. Tekuće zalihe agregata q predstavljaju količinu slobodnih (nezauzetih) kanala.

3. Sistem ima n kanala i m mesta u redu i otvoren je u vremenu, $t \rightarrow \infty$.

4. Zahtevi za agregatima pojavljuju se na slučajan način, sa raspodelom intervala koji se može opisati nekom od raspodela verovatnoća, za koju postoji razvijen SMO. Ulazni potok zahteva za agregatima (intenzitet potražnje) jeste prost sa intenzitetom λ (jed/dan), a potrošač svaki put kada dolazi po novi agregat vraća neispravan, koji zauzima mesto ispravnog u sistemu i odmah se opravljia radi obnove (zauzima se kanal).

5. Vreme obnove agregata raspoređeno je saglasno raspodeli verovatnoće kojom je matematički model SMO projektovan. Potok obnovljenih agregata iz svakog kanala je prost potok sa intenzitetom μ (jed/dan).

6. Troškovi postojanja zalihe jednog agregata po danu iznose T_1 , a ukupni troškovi su proporcionalni broju agregata na zaliham, pri čemu se ne analizira uzrok nastajanja troška (nabavka — opravka, skladištenje, transport, zamrzavanje obrtnih sredstava, kamate i sl.).

7. Troškovi nedostatka agregata po jednom agregatu iznose T_2 , a ukupni troškovi nedostatka agregata zavise od veličine deficita i od dužine perioda u kojem nedostatak postoji.

8. Svi zahtevi za agregatima realizuju se preko jedinstvenog sistema, a ako u trenutku ispoljavanja zahteva nema ispravnog agregata, neispravan u redu čeka da se prvi agregat opravi. Realizacija zahteva sprovodi se po principu »FIRST IN — FIRST OUT«,² a svaki zahtev se opslužuje jednim kanalom (agregatom).

² Prvi prispeo — prvi opslužen.

9. Skladište obezbeđuje sve potrebne delove za opravku agregata u radionici.

Stanja predloženog modela, kojih može biti $n+m+1$, sa intenzitetom prelaza iz jednog stanja u drugo, prikazana su na slici 2.

U proizvoljnom momentu vremena t posmatrani sistem se, prema broju zahteva, može naći u jednom od sledećih stanja:

- x_0 — u sistemu nema zahteva (svi agregati i red su slobodni),
- x_k — u sistemu ima k zahteva ($0 < k \leq n$) i svi se opslužuju,
- x_{n+r} — u sistemu se nalazi $(n+r)$ zahteva ($0 < r \leq m$) od kojih se n opslužuje, a r čeka u redu.

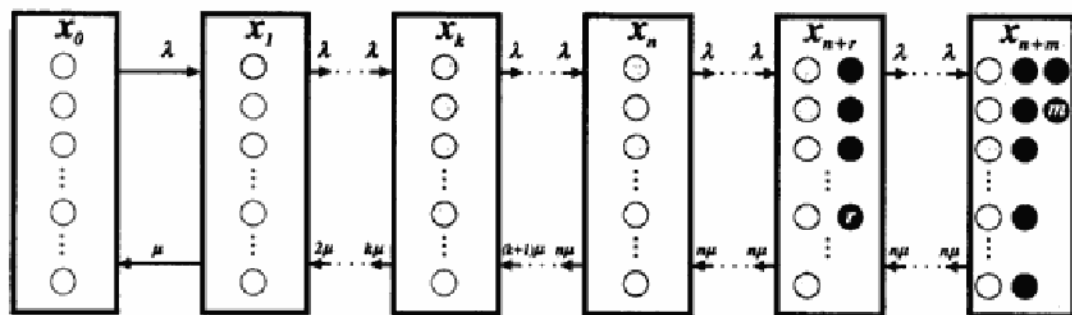
$$0 = -(\lambda + k \cdot \mu)p_k + \lambda \cdot p_{k-1} + (k+1) \cdot \mu \cdot p_{k+1}; \quad k=1, 2, \dots, n-1$$

$$0 = -(\lambda + n \cdot \mu)p_{n+r} + \lambda \cdot p_{n+r-1} + n \cdot \mu \cdot p_{n+r+1}$$

gde je:

$p_k, k=0, 1, \dots, m$ — verovatnoća stanja sistema (verovatnoća da se sistem u nekom vremenskom trenutku t nađe u stanju x_k);

λ — intenzitet zahteva potrošača za agregatima (intenzitet potražnje) predstavlja intenzitet Poasonovog potoka doga-



LEGENDA:

- - deo postoji - kanal slobodan
- - deo na opravci - kanal zauzet
- - deficit - neudovoljeni zahtevi

Sl. 2 — Stanja modela zaliha za popravljive agregate

Postupak određivanja parametara modela

Koristeći matematički aparat sistema masovnog opsluživanja za stacionarni režim rada sistema, kada je $\lambda = \text{const}$, $m = \text{const}$, $t \rightarrow \infty$, može se formirati sledeći sistem algebarskih jednačina:

$$0 = -\lambda \cdot p_0 + \mu \cdot p_1$$

đaja koji sistem prevodi iz prethodnog u naredno stanje (iz nižeg u više stanje);

μ — intenzitet obnavljanja agregata, predstavlja intenzitet Poasonovog potoka događaja koji sistem prevodi iz narednog

u prethodno stanje (iz višeg u niže stanje).

Do rešenja sistema jednačina može se doći uz smenu:

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}; \alpha = \frac{\lambda}{n \cdot \mu} = \frac{\rho}{n}; P_{k,\rho} = \frac{\rho^k}{k!}; R_{k,\rho} = \sum_{i=0}^k \frac{\rho^i}{i!} = \sum_{i=0}^k P_{i,\rho}$$

Poštovanjem normirajućeg uslova sume verovatnoća svih stanja:

$$\sum_{k=0}^n p_k + \sum_{r=1}^m p_{n+r} = 1$$

dobijaju se osnovne karakteristike rada ovog sistema, koje se opisuju sledećim izrazima:

— verovatnoća obnavljanja agregata (opsluge):

$$P_{ops} = 1 - p_{n+m} = 1 - \alpha^m \cdot p_n \quad (1)$$

Kada $m \rightarrow \infty$ i $\alpha < 1$ očigledno je da $P_{ops} \rightarrow 1$;

— srednji broj zauzetih kanala:

$$\bar{n}_z = \rho \cdot P_{ops} = \rho \cdot (1 - \alpha^m \cdot p_n) \xrightarrow{m \rightarrow \infty} \rho \quad (2)$$

identičan je srednjem broju agregata na zalihama;

— verovatnoća zauzetosti sistema (nema ispravnih agregata):

$$P_{pz} = \sum_{r=0}^m p_{n+r} = p_n \cdot \sum_{r=0}^m \alpha^r = p_n \cdot \frac{1 - \alpha^{m+1}}{1 - \alpha} \quad (3)$$

$$m \rightarrow \infty P_{pz} = \frac{p_n}{1 - \alpha}$$

— verovatnoća zauzetosti nekog kanala:

$$P_{zk} = \frac{\bar{n}_z}{n} \quad (4)$$

— srednje vreme zauzetosti kanala obnavljanja u slučaju postojanja reda:

$$\bar{t}_{zk} = (1 - P_{pr}) \cdot \frac{1}{\mu} + P_{pr} \cdot \left(\frac{1}{\mu} + \bar{t}_{pr} \right) \quad (5)$$

gde verovatnoća postojanja reda ili verovatnoća deficita u sistemu P_{pr} iznosi:

$$P_{pr} = \sum_{r=1}^m p_{n+r} = p_n \cdot \sum_{r=1}^m \alpha^r = p_n \cdot \alpha \cdot \frac{1 - \alpha^m}{1 - \alpha} \quad (6)$$

a srednje vreme postojanja reda u sistemu (srednje vreme postojanja deficita agregata), kada se sistem nalazi u grupi stanja $x_{n+1}, x_{n+2}, \dots, x_{n+m}$, iznosi:

$$\bar{t}_{pr} = \frac{1}{\lambda} \cdot \alpha \cdot \frac{1 - \alpha^m}{1 - \alpha} \quad (7)$$

— srednji broj neispunjenih zahteva za agregate (veličina deficita), koji se jednovremeno nalaze u redu za $m \rightarrow \infty$ određuje se prema izrazima:

$$\bar{k}_r = \frac{\rho^n}{n!} \cdot P_0 \cdot \frac{\alpha}{(1 - \alpha)^2} \text{ za } \alpha \neq 1$$

$$P_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{\rho^k}{k!} + \frac{\rho^n}{n!} \cdot \frac{\alpha}{1 - \alpha}} \quad (8)$$

— srednje vreme koje zahtev provede u redu:

$$\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r}{\lambda} \quad (9)$$

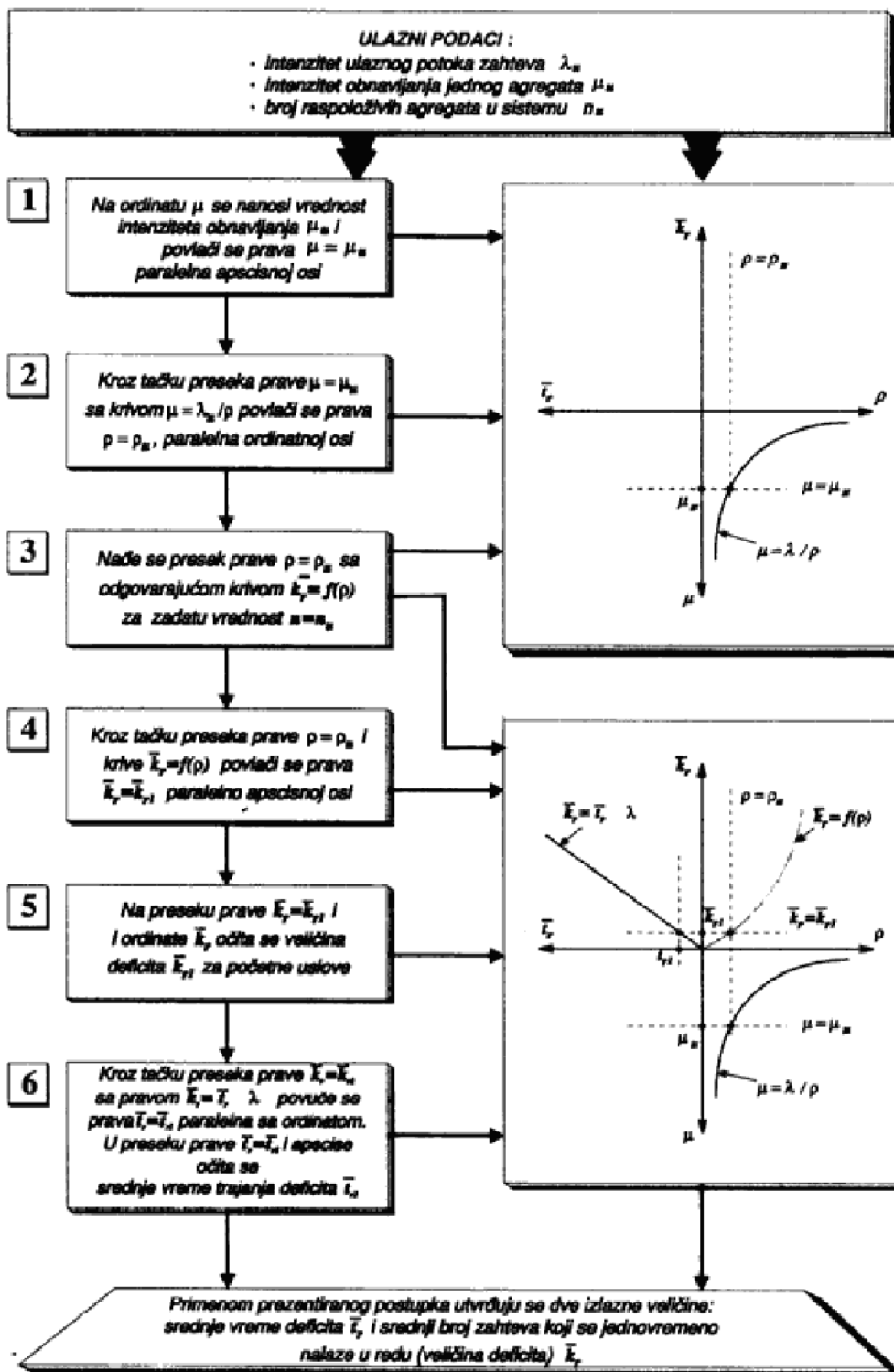
— srednje vreme koje jedan zahtev ukupno provede u sistemu kada nema obnovljenih agregata je:

$$\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r + \bar{n}_z}{\lambda} = \frac{\bar{k}}{\lambda} \quad (10)$$

gde je:

$\bar{k}$ — srednji broj zahteva za agregat.

Za analizu ponašanja sistema može se konstruisati dijagram međusob-



Sl. 3 — Postupak određivanja deficita u modelu

ne zavisnosti koji omogućava da se sagledaju veze:

- $\mu \leftrightarrow \rho$ preko λ ,
- $\rho \leftrightarrow \bar{k}_r$ preko n ,
- $\bar{t}_r \leftrightarrow \bar{k}_r$ preko λ .

To omogućava da se za određene uslove rada sistema može analizirati ponašanje deficita u zavisnosti od broja ispravnih agregata u sistemu. Mogućnost korišćenja ovog dijagrama prikazana je algoritmom na slici 3.

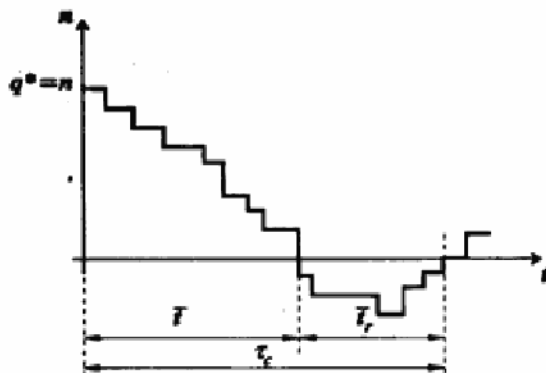
Korišćenjem računara u primeni ove metodologije mogu se uraditi različite varijante za donosioca odluke u praktičnom izboru najpovoljnijih parametara za sistem.

Za određivanje optimalne količine agregata potrebno je formirati funkciju ukupnih troškova u nekom srednjem ciklusu vremena τ_c i pronaći njen minimum, za koji je onda broj agregata (kanala) u sistemu optimalan. Za kriterijum optimizacije uzima se minimum ukupnih troškova koje prouzrokuje postojanje agregata na zalihama i troškovi koje sistem snabdevanja trpi u slučaju nastajanja deficita. Određivanje trajanja troškova prema jednom ciklusu raspolaganja zalihama je opravdano, jer se agregati naručuju samo jednom, a kasnije obnavljaju.

Troškovi zaliha agregata uslovljeni su postojanjem agregata u sistemu u vremenu t , a troškovi deficita njihovim nedostatkom u vremenu t_r , odnosno nemogućnosti sistema da pravovremeno izvrši obnovu neispravnih agregata. Očito je da do deficita dolazi u slučaju kada je $n \cdot \mu < \lambda$. Opis stanja agregata u proizvoljnom ciklusu može se prikazati dijagramom (slika 4).

Funkcija troškova zaliha agregata u ciklusu je:

$$T_{zu(q)} = T_{z(q)} + T_{x(d)} \quad (11)$$



Sl. 4 — Dijagram stanja agregata na zalihama u jednom ciklusu

Troškovi prouzrokovani postojanjem zaliha mogu se odrediti iz proizvoda:

$$T_{z(q)} = T_A \cdot \bar{t} \cdot \lambda \quad (12)$$

Troškovi prouzrokovani postojanjem deficita mogu se odrediti preko proizvoda:

$$T_{x(d)} = T_s \cdot \bar{t}_r \cdot \lambda \quad (13)$$

Funkcija ukupnih troškova dobija se zamenom u izrazu (11):

$$T_{zu(q)} = T_A \cdot \bar{t} \cdot \lambda + T_s \cdot \bar{t}_r \cdot \lambda \quad (14)$$

gde je:

- T_A — (din/jed · dan) troškovi postojanja agregata na zalihama,
- n — (jed) srednja količina agregata u sistemu,
- T_s — (din/jed · dan) cena troška pri nedostatku ispravnog agregata (troškovi sredstva, jer sredstvo ne radi),
- q — (jed) tekuća količina zaliha u skladištu,
- $\bar{t}_r$ — (dan) srednje vreme koje zah-tevi provedu u redu (srednje vreme trajanja deficita),
- $\bar{t}$ — (dan) srednje vreme slobodnih kanala (raspoloživosti zaliha —

identična srednjem vremenu zauzetosti kanala).

Kada se u izrazu (14) za broj mesta u redu $m \rightarrow \infty$, kakav je uvek slučaj, uvede smena $\bar{t} = \frac{\bar{n}}{\lambda}$ i $\bar{t}_r = \frac{\bar{k}_r}{\lambda}$, dobija se:

$$T_{zu(q)} = T_A \cdot \left(\bar{n} + \frac{T_s}{T_A} \cdot \bar{k}_r \right) \text{ (din/dan)} \quad (15)$$

Srednja količina agregata u sistemu određuje se iz izraza (2), dok se broj zahteva za agregatima (veličina deficita) $\bar{k}_r$ određuje preko izraza (8).

Logička kontrola funkcije troškova pokazuje ispravnost rezultata kroz proveru ponašanja funkcije za granične vrednosti:

$$T_s \rightarrow 0 \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow T_A \cdot n$$

$$T_s \rightarrow \infty \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow \infty$$

$T_A \rightarrow 0 \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow 0$, pri čemu $n \rightarrow \infty$, (kada nema troškova zalihe mogu biti proizvoljno velike)

$$T_A \rightarrow \infty \Rightarrow T_{zu(q)} \rightarrow \infty$$

Iz izraza (15) može se izračunati potrebna količina agregata n kao q^* za početne uslove, ili se varijacijom zavisnih varijabli mogu odrediti grafovi funkcije optimalne količine zalihe u obliku nomograma.

Analiza praktične primene modela

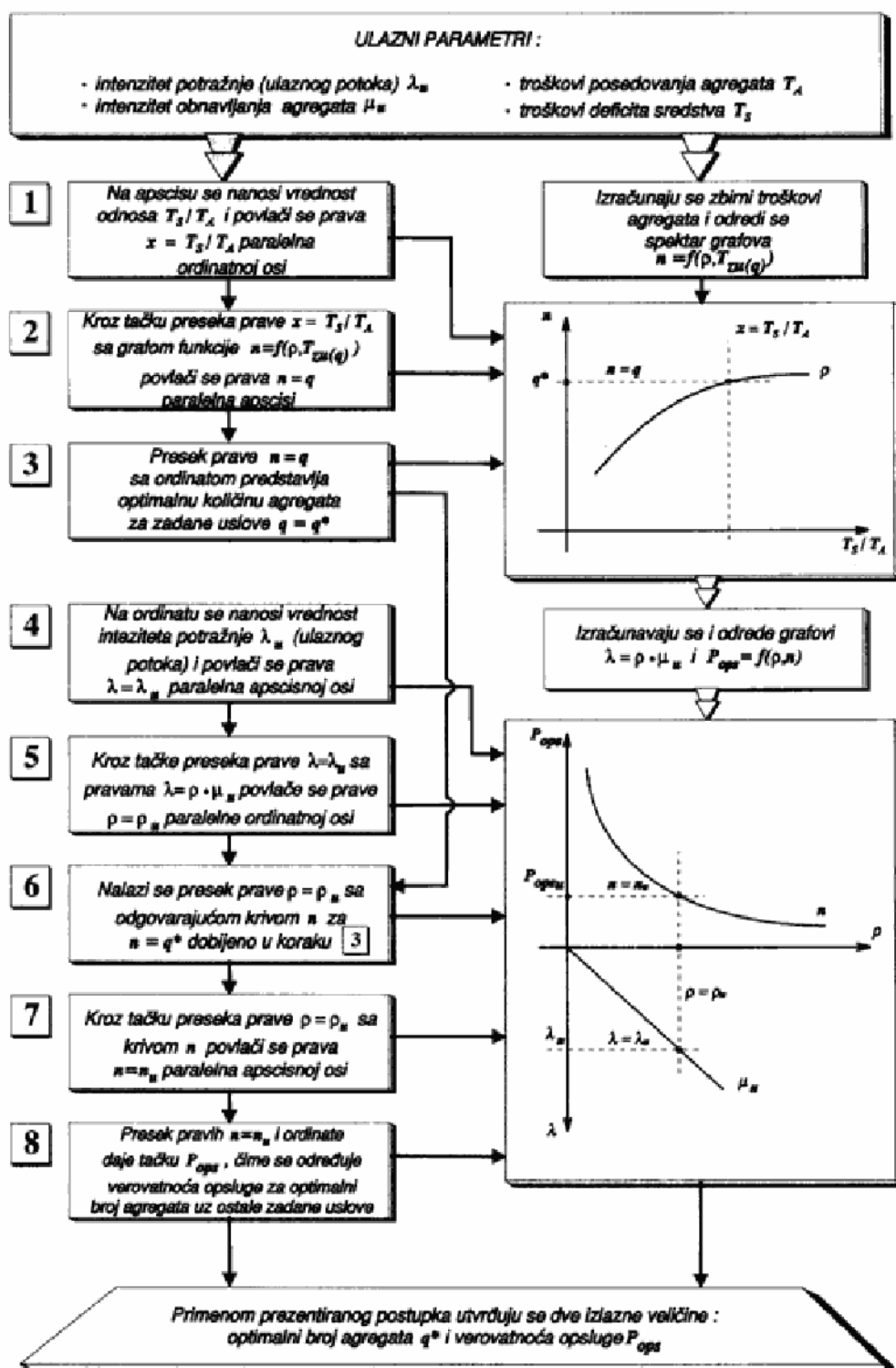
Model omogućava izradu nomograma na osnovu kojih se mogu određivati optimalne količine agregata uz određene uslove i posledično utvrditi verovatnoća opsluge zahteva radio-nice u tim slučajevima. Postupak određivanja optimalne količine agregata i verovatnoće opsluge najkraće je opisan kroz proceduru prikazanu na slici 5, a rezultati testova nomograma sa stvarnim parametrima na slikama 6 i 7.

Iz nomograma funkcije optimalnih zaliha u odnosu na troškove neispravnog sredstva po danu i troškove postojanja rezervnog agregata na zalihama po danu, u odnosu na početne uslove definisane preko koeficijenta ρ (slika 6), može se analizirati zavisnost optimalnog broja agregata u odnosu na zavisne parametre.

Sa grafa funkcije za proizvoljno izabranu vrednost ρ može se zaključiti: što je manji odnos cene troškova pri nedostatku agregata i troškova postojanja agregata na zalihama (T_s/T_A) potrebno je držati manje agregata na zalihama. To je logično jer T_A se može smatrati konstantom za određeni agregat, dok je trošak neispravnog sredstva varijabilan od slučaja kada ga nema (neispravnost agregata ne utiče na funkciju sredstva) pa do situacije kada je on jednak ceni novog sredstva. Odavde se može zaključiti da je cena troškova neispravnog sredstva dominantna za utvrđivanje optimalne količine agregata.

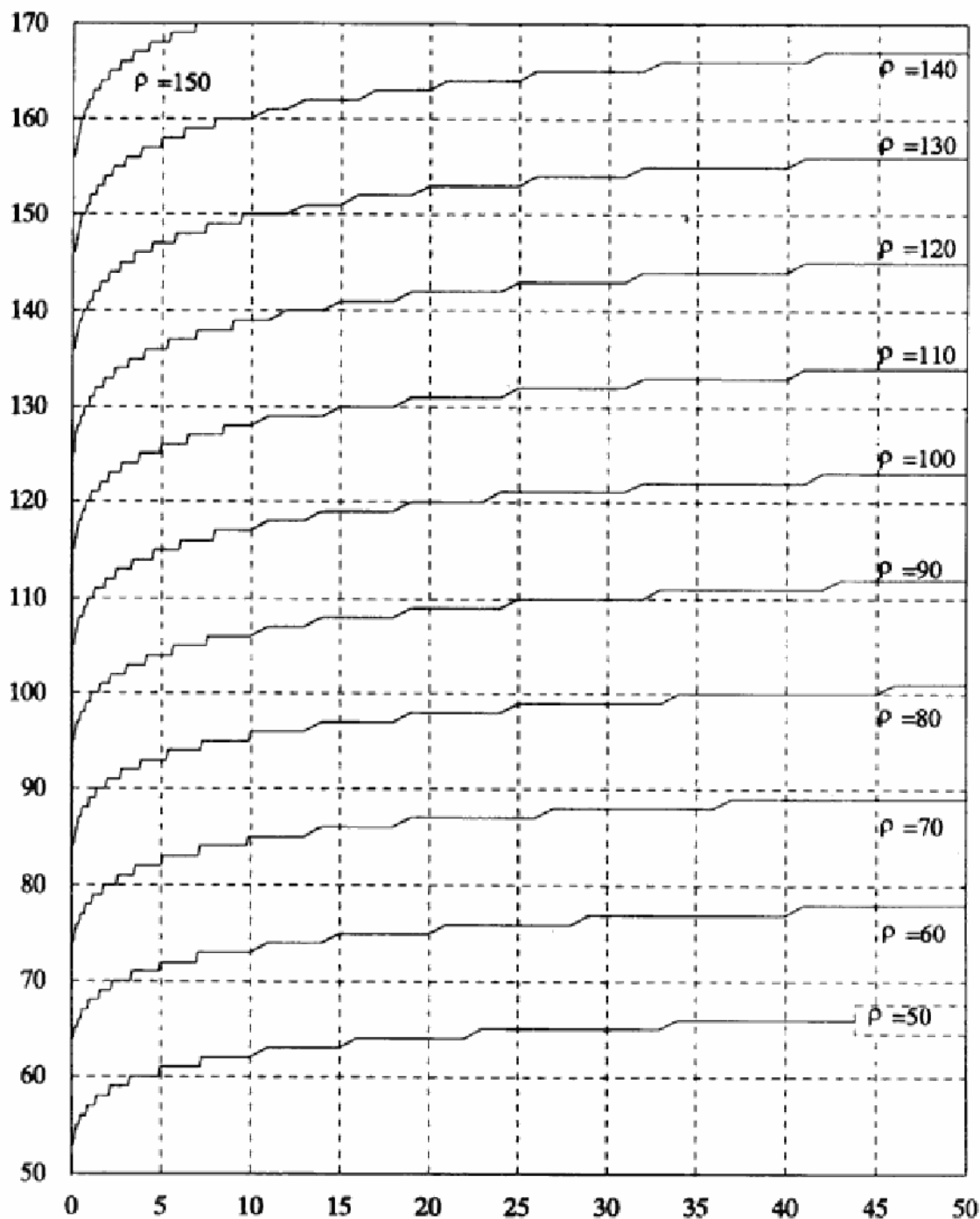
S druge strane, ako je trošak neispravnog sredstva konstantan očito je da što je agregat jeftiniji treba ga nabaviti u većoj količini, odnosno, što je cena agregata veća, to je odnos T_s/T_A manji, pa je potrebno nabaviti manje agregata.

Iz dijagrama se može zaključiti da povećanje parametra ρ utiče na povećanje broja agregata koje treba držati na zalihama. Povećanje ρ može nastati povećanjem intenziteta potražnje uz zadržavanje intenziteta obnavljanja, ili smanjenjem intenziteta obnavljanja u odnosu na zahtevanu potražnju. Rezultati dobijeni ovim dijagramom realno opisuju očekivano ponašanje zaliha u odnosu na vreme obnavljanja, odnosno, ako je veća brzina obnavljanja na zalihama treba držati manje agregata, i obratno.



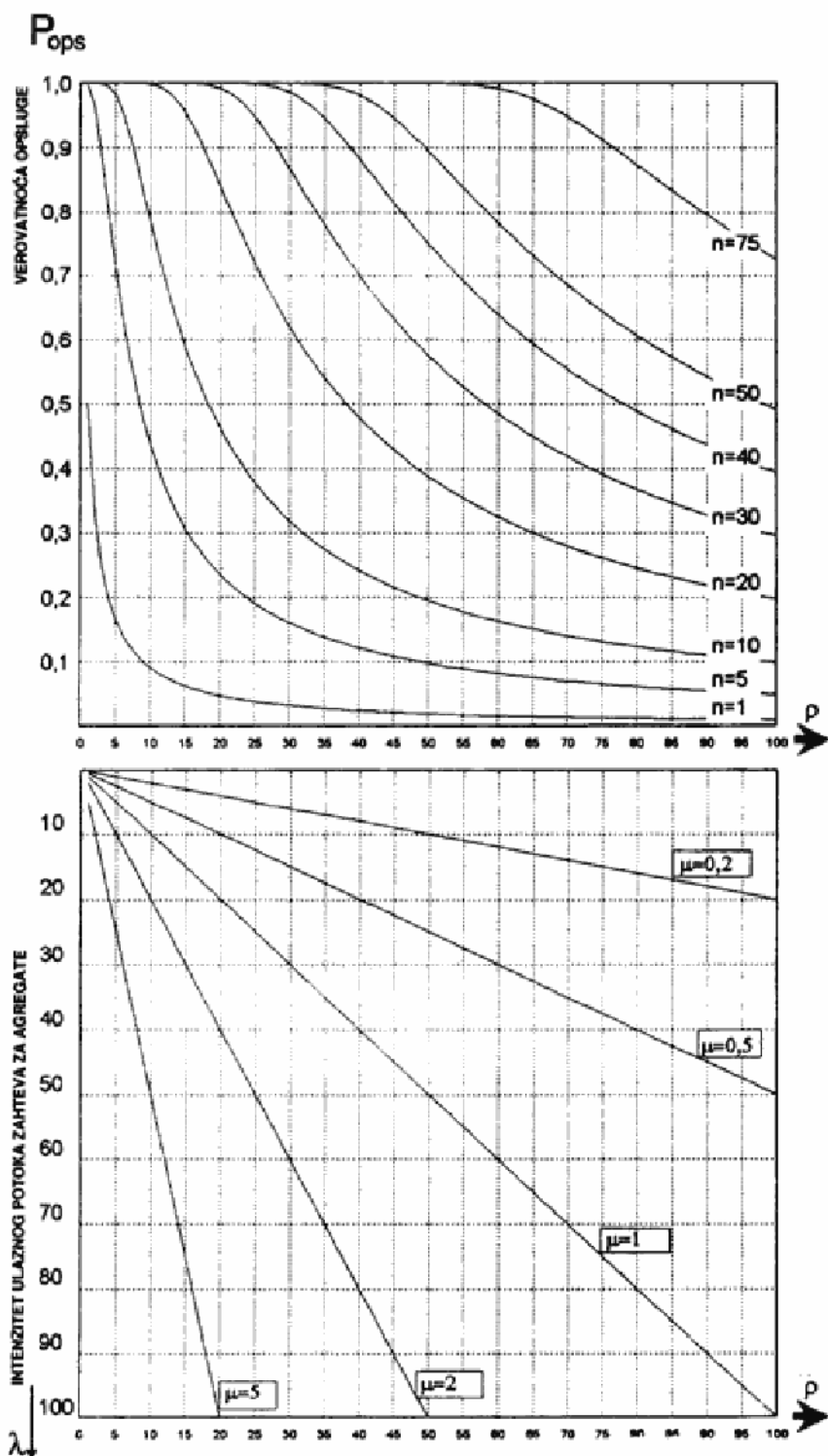
Sl. 5 — Postupak određivanja optimalne količine agregata i verovatnoće opsluge

OPTIMALNI BROJ AGREGATA



ODNOS IZMEĐU TROŠKOVA NEISPRAVNOG SREDSTVA NA OPRAVCI PO DANU I
TROŠKOVA REZERVNOG AGREGATA PO DANU

Sl. 6 — Nomogram funkcije optimalnih zaliha u odnosu na ukupne troškove zaliha agregata



Sl. 7 — Dijagram zavisnosti verovatnoće opsluge i broja agregata na zalihama

Iz analize odnosa na dijagramu sa slike 7 može se uočiti da se za veći μ (veću brzinu obnavljanja) povećava verovatnoća opsluge, odnosno sa smanjenjem μ u odnosu na iste ostale ulazne veličine smanjuje se i verovatnoća opsluge. Logičnost dobijenih rezultata može se potvrditi iz primera u kojem je intenzitet ulaznog potoka zahteva za agregate (potražnje) $\lambda_a = 10$ (jed/dan), brzina obnavljanja agregata $\mu = 5$ (jed/dan), a u sistemu se čuva $q^* = 5$ agregata. Tada je verovatnoća opsluge $P_{ops} = 1$, odnosno, dnevno se zahteva 10 agregata, 5 je na zaliham, a 5 se obnavlja, što znači da se svi zahtevi realizuju bez deficita.

Ovakvi dijagrami, ako se urade za dovoljno široku lepezu ρ , μ i n , mogu se veoma jednostavno koristiti u donošenju odluka pri određivanju optimalne veličine zaliha agregata i verovatnoće opsluge koja se može postići u sistemu upravljanja zaliham, pri čemu se ne zahtevaju šira matematička znanja. Dijagram može poslužiti i za obratnu proceduru, odnosno da se preko željene verovatnoće opsluge određuje broj agregata na zaliham.

Zaključak

Primena tehnika, metoda i modela za optimizaciju u logističkim procesima uvek je usmerena na postizanje ekonomičnosti i racionalnosti. Prikazani model je u funkciji iznalaženja pogodnog postupka upravljanja zaliham za popravljive rezervne delove. Pokazano je da se teoretski matematički a-

parat SMO efikasno može upotrebiti u oblasti upravljanja zaliham za određivanje najpovoljnije količine zaliha radi postizanja ekonomičnosti sistema.

Prednost primene prikazanog modela, u odnosu na klasične metode upravljanja zaliham, može biti predložena metodologija logičke analize zavisnih parametara u odnosu na repne veličine modela, koja omogućava optimalno upravljanje i željenu pouzdanost u snabdevanju.

Model omogućava rukovodećoj (menadžerskoj) strukturi da troškove zaliha ovakvih vrsta rezervnih delova, ili drugih zaliha koje se na isti način ponašaju, može usaglašavati sa željenim (definisanim) koeficijentom opsluživanja, čime se procenjuje rizik za organizaciju, uz definisane uslove.

Iz modela je evidentna potpuna međuzavisnost problema snabdevanja popravljivim agregatima i problema obnavljanja neispravnih agregata, odnosno funkcije snabdevanja i održavanja. Kada se istražuju sistemi održavanja i snabdevanja u borbenim dejstvima, gde su slučajni procesi značajna karakteristika funkcionisanja, neminovno je kreiranje simulacionih modela. U daljem istraživanju predloženi model može se prilagoditi za simulacije, čime bi se približio realnosti. U tom slučaju bi se raspodele verovatnoća intervala, značajnih za istraživanje, mogle opisati realno snimljenim ili pretpostavljenim podacima. Prikazani model SMO može poslužiti za ocenu povoljnosti simulacionog modela.

Literatura:

- [1] Stojiljković, M., Vukadinović, S.: Operaciona istraživanja, VIZ, Beograd, 1984.
- [2] Vukadinović, S.: Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike, Privredni pregled, Beograd, 1988.

- [3] Vukićević, S.: Skladišta, Preving, Beograd, 1995.
- [4] Pantelić, V.: Upravljanje zaliham u hijerarhijskom sistemu snabdevanja rezervnim delovima, doktorska disertacija, VTA, Beograd, 1996.

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

OPTIMIZACIJA KOREKTIVNOG ODRŽAVANJA ELEKTRONSKOG UREĐAJA NABAVLJENOG NA TRŽIŠTU

UDC: 621.38-7:658.7

Rezime:

U radu je razvijena metoda optimalnog definisanja korektivnog održavanja elektronskog uređaja, koji je kupljen na tržištu. Ova metoda zasniva se na generisanju logičnih varijanti nivoa opravke i, za svaku od njih, varijanti optimalnih početnih zaliha rezervnih delova. Na osnovu proračuna vrednosti kriterijuma korektivnog održavanja određuje se optimalna varijanta korektivnog održavanja. Postupak optimizacije korektivnog održavanja pokazan je na primeru jednog hipotetičkog elektronskog uređaja.

Ključne reči korektivno održavanje, varijante nadležnosti korektivnog održavanja, varijante početnih zaliha rezervnih delova, optimizacija, optimalna varijanta početnih zaliha rezervnih delova, optimalna varijanta nadležnosti održavanja.

CORRECTIVE MAINTENANCE OPTIMIZATION OF AN ELECTRONIC DEVICE, BOUGHT AT THE MARKET

Summary:

In this work a method for the optimal establishing of a corrective maintenance of an electronic device, bought at the market, is developed. The basis of this method is the generation of logical level-of-repair variants and, for each of them, the optimal initial spare parts variants. According to the corrective maintenance validity criteria calculation result, the optimal variant of corrective maintenance is established. The procedure of corrective maintenance optimization an example of one hypothetical electronic device is shown.

Key words: corrective maintenance, level-of-repair variants, initial spare parts variants, optimization, optimal initial spare parts variant, optimal level-of-repair variant.

Uvod

Korisnik elektronskog uređaja može zadovoljiti potrebu za novim uređajem na više načina: vlastitim razvojem i proizvodnjom, licencnom proizvodnjom ili nabavkom postojećih uređaja na domaćem ili inostranom tržištu. Sa aspekta integralnog tehničkog obezbeđenja najbolje rešenje je sopstveni razvoj. Naime, u toku sopstve-

nog razvoja, na osnovu poznatih uslova i načina eksploatacije, sistema održavanja korisnika, potrebnog nivoa operativne gotovosti, itd., u razvijani uređaj može se ugraditi optimalni nivo pouzdanosti i pogodnosti održavanja, razviti optimalna tehnologija održavanja i optimizirati koncept održavanja.

Bez obzira na ovu i još neke prednosti sopstvenog razvoja uređaja, ko-

risnik će se, opravdano ili neopravdano, odlučiti za nabavku uređaja na tržištu. Ovakav uređaj razvijen je za nekog drugog korisnika, pa su i pouzdanost, pogodnost održavanja, tehnologija održavanja i koncept održavanja projektovani za tog korisnika. Stoga se pred stručnjaka, koji definiše održavanje kupljenog uređaja, postavlja relativno težak zadatak — da izvrši optimizaciju održavanja takvog uređaja u korisnikovom sistemu održavanja, s ciljem da ukupni troškovi životnog veka uređaja budu minimalni, uz postizanje potrebnog zastoja uređaja zbog održavanja. Stručnjaci koji definišu održavanje često nemaju adekvatnu metodologiju i programsku podršku za ovu optimizaciju, pa se kopira održavanje kupljenog uređaja ili se održavanje definiše po uzoru na neko slično sredstvo [1]. Jasno je da ovakvo rešenje može biti daleko od optimalnog.

Zbog slučajne pojave otkaza, najčešće u toku trajanja misije uređaja, problem optimizacije korektivnog održavanja je težak od ovog problema kod preventivnog održavanja, a zbog potrebe da se otkaz otkloni u kratkom vremenskom periodu, kako bi se misija uređaja mogla nastaviti, optimizacija korektive je važnija za operativnu gotovost od optimizacije preventive. U ovom radu prikazana je jedna metoda optimizacije korektivnog održavanja kupljenog uređaja, za korisnikove uslove eksploatacije uređaja i korisnikov sistem održavanja. Podloga ove metode je matematički model korektivnog održavanja elektronskih uređaja [2], u kojem su objedinjeni procesi održavanja i snabdevanja rezervnim delovima.

Metoda optimizacije korektivnog održavanja kupljenog uređaja

Kod kupljenog uređaja karakteristični su parametri, koji su definisani i »ugrađeni« u uređaj u toku njego-

vog razvoja, a koji su na određeni način povezani sa njegovim korektivnim održavanjem. To su:

- modularna konstrukcija uređaja,
- pouzdanost uređaja,
- pogodnost održavanja uređaja i njegovih sastavnih delova,
- koncept korektivnog održavanja uređaja i njegovih sastavnih delova.

Iako ovi parametri najčešće nisu optimalni za korisnika, njegovi stručnjaci za održavanje uglavnom nemaju mogućnosti da ih prilagode uslovima eksploatacije i održavanja. Navedeni parametri mogu se koristiti kao ulazni za moguće optimizacije korektivnog održavanja kupljenog uređaja. Uz uređaj kupac dobija i dokumentaciju za korektivno održavanje, u kojoj je definisana oprema za održavanje i potrebna stručnost ljudstva. Tako se prostor za optimizaciju korektivnog održavanja kupljenog uređaja sužava na rešavanje sledeća dva važna pitanja: na kojim nivoima održavanja opravljati uređaj i njegove sastavne delove i koje i koliko rezervnih delova držati na nivoima održavanja?

Rešavanjem prvog pitanja definiše se nadležnost svakog nivoa održavanja pri korektivnom održavanju uređaja, a rešavanjem drugog definiše se početne zalihe rezervnih delova po nivoima održavanja. Ova dva pitanja su tesno povezana, i njihovo parcijalno rešavanje ne bi dalo optimalne rezultate [2]. Ideja za njihovo optimalno rešavanje jeste formiranje više logičnih varijanti nadležnosti korektivnog održavanja i za svaku od ovih varijanti određivanje skupa optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova, i to optimalnih sa aspekta snabdevanja rezervnim delovima. Iz ovog skupa potrebno je izabrati varijantu koja je optimalna sa aspekta korektivnog održavanja uređaja. Na kra-

ju, upoređivanjem varijanti nadležnosti održavanja bira se najbolja. Na slici 1 prikazan je postupak optimizacije korektivnog održavanja kupljenog elektronskog uređaja.

— KO-1 : popravak uređaja jednostavnim zamenom pribora ili samostalnog dela;

— KO-2 : popravak uređaja zamenom viših modularnih celina (VMC)



Sl. 1 — Postupak optimizacije korektivnog održavanja kupljenog elektronskog uređaja

Formiranje korektivnih programa održavanja

Korektivni programi održavanja formiraju se grupisanjem operacija korektivnog održavanja prema dubini zahvata [1]. Za rešavanje ovog zadatka stručnjaku za održavanje stoji na raspolaganju tehnologija održavanja uređaja, koja je propisana u tehničkoj dokumentaciji za održavanje kupljenog uređaja, i maksimalni skup korektivnih programa održavanja.

U tehničkoj dokumentaciji za održavanje, dobijenoj od prodavca uređaja, potrebno je identifikovati operacije korektivnog održavanja po dubini zahvata i formirati skup korektivnih programa održavanja, pomoću kojih se može otkloniti svaki otkaz na uređaju i njegovim popravljivim sastavnim delovima. Najčešće je to u dokumentaciji i urađeno, samo što operacije iste dubine zahvata nisu grupisane u korektivne programe već su pridružene određenom nivou održavanja.

Maksimalni skup korektivnih programa za korektivno održavanje elektronskog uređaja je:

i/ili nižih modularnih celina (NMC) bez podešavanja;

— KO-3 : popravak uređaja zamenom VMC i/ili NMC sa podešavanjem;

— KO-4 : popravak pribora;

— KO-5 : popravak VMC zamenom NMC i/ili samostalnog elementa bez podešavanja;

— KO-6 : popravak VMC zamenom NMC i/ili samostalnog elementa sa podešavanjem;

— KO-7 : popravak NMC zamenom ili regeneracijom elementa bez podešavanja;

— KO-8 : popravak NMC zamenom ili regeneracijom elementa sa podešavanjem;

— KO-9 : popravak uređaja zamenom VMC, NMC i zamenom i/ili regeneracijom elementa sa podešavanjem (najsloženije opravke).

Ovaj skup korektivnih programa održavanja dobijen je manjom korekcijom maksimalnog skupa korektivnih programa definisanog u [1], radi njegovog prilagođavanja tehnologiji održavanja elektronskih uređaja.

Identifikovanim grupama korektivnih operacija održavanja, sa istom

dubinom zahvata, potrebno je pridružiti nazive (KO-1 do KO-9). Uređaj ne mora imati sve navedene programe iz navedenog skupa, što najviše zavisi od njegove konstrukcije i potrebe za podešavanjem nakon zamene sastavnih delova.

Formiranje logičnih varijanti nadležnosti korektivnog održavanja

Generisani korektivni programi održavanja mogu se na različite načine raspodeliti po nivoima održavanja. Svaki ovakav način predstavlja varijantu nadležnosti korektivnog održavanja uređaja i njegovih sastavnih delova. Broj ovih varijanti S teoretski iznosi:

$$S = Z^N \quad (1)$$

gde je:

Z — broj definisanih korektivnih programa održavanja,

N — broj nivoa održavanja.

Za analizu i izbor najbolje varijante ovaj broj varijanti je prevelik, pa ih je potrebno svesti na razuman

broj. Neke od varijanti su nelogične, te se mogu eliminisati. Tako, na primer, nisu logične one varijante u kojima se niži programi izvode na višim nivoima održavanja, a viši programi na nižim nivoima održavanja. Određeni broj varijanti eliminisao ograničenja, kao što su: realne mogućnosti korisnikovog sistema održavanja, raspoloživa novčana sredstva za ulaganje u korektivno održavanje na početku eksploatacije uređaja, itd. U tabeli 1 prikazan je primer jedne logične varijante nadležnosti korektivnog održavanja uređaja i njegovih sastavnih delova u sistemu održavanja sa četiri nivoa. Ovaj uređaj je urađen tako da pri zameni sastavnih delova, na njemu i njegovim sastavnim delovima, nije potrebno podešavanje. Zbog toga u njegovoj tehnologiji održavanja nema korektivnih programa KO-3, KO-6 i KO-8.

Određivanje ulaznih parametara optimizacije korektivnog održavanja

Da bi se ocenile varijante nadležnosti korektivnog održavanja i varijante početnih zaliha rezervnih delova, neophodno je proračunati vrednosti

Tabela 1

Varijanta nadležnosti korektivnog održavanja elektronskog uređaja i njegovih sastavnih delova

Nivo	KO-1	KO-2	KO-3	KO-4	KO-5	KO-6	KO-7	KO-8	KO-9
I	*	*							
II				*					
III					*				
IV							*		*

kriterijuma valjanosti, za svaku varijantu. Kao ulazni podaci računarskog programa za proračun ovih kriterijuma pojavljuju se: logistički, tehnički i ekonomski parametri.

Logistički parametri su:

- broj uređaja oslonjenih na radionice korektivnog održavanja;
- broj radionica korektivnog održavanja po nivoima održavanja;
- vremena prijavljivanja uređaja za opravku;
- vremena transporta uređaja na opravku;
- vremena čekanja uređaja u radionicama na opravku;
- vremena čekanja uređaja u radionicama na predaju;
- vremena redovnog transporta modularnih celina;
- vremena vanrednog transporta modularnih celina;
- koeficijenti eksploatacije uređaja i njegovih sastavnih delova;
- broj slušalaca za obuku u održavanju po nivoima održavanja;
- trajanje obuke po korektivnim programima održavanja;
- period eksploatacije uređaja.

Većina logističkih parametara vezana je za sistem održavanja, pa se relativno lako određuju. Parametri koji se odnose na broj slušalaca za obuku i trajanje obuke mogu se dobiti od planera obuke, a period eksploatacije uređaja od korisnika.

Tehnički parametri su:

- intenziteti otkaza uređaja i njegovih sastavnih delova;
- vremena opravke uređaja;
- vremena opravke VMC;
- vremena opravke NMC.

Ovi parametri mogu se dobiti od prodavca uređaja, pa ih je potrebno zahtevati pri sklapanju ugovora o kupovini uređaja.

Ekonomski parametri su:

- cene sastavnih delova uređaja;
- cene transporta uređaja na nivo održavanja;
- cene redovnog transporta modularnih celina;
- cene vanrednog transporta modularnih celina;
- cene specijalne opreme po korektivnim programima održavanja;
- cena izrade dokumentacije za korektivno održavanje;
- cene distribucije kompleta dokumentacije po korektivnim programima održavanja;
- dnevni troškovi obuke po slušaocu, po korektivnim programima održavanja;
- cene radnog sata po nivoima održavanja.

Deo ekonomskih parametara vezan je za sistem održavanja, te se kao takvi lako određuju. Elementi parametara mogu se dobiti od prodavca uređaja, planera obuke i izvršioca izrade dokumentacije.

Određivanje skupa optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova

Početne zalihe rezervnih delova, za jednu varijantu nadležnosti korektivnog održavanja, mogu se formirati na više načina. Od svih tih varijanti početnih zaliha rezervnih delova, za analizu i izbor najbolje, značajne su one koje su optimalne sa aspekta snabdevenosti rezervnim delovima. Za dobijanje skupa optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova, jedne varijante nadležnosti korektivnog održavanja, koriste se sledeći kriterijumi [3, 4]:

- vreme zastoja uređaja zbog nedostatka rezervnih delova,
- troškova početnih zaliha rezervnih delova.

Skup optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova može se dobiti metodom približnog dinamičkog programiranja. Suština ove metode je da se, počevši od praznih kompleta rezervnih delova, u komplete uvodi onaj rezervni deo za koji je odnos priraštaja novčanih sredstava za rezervne delove (ΔC) i priraštaja vremena zastoja zbog nedostatka rezervnih delova (Δt_x) minimalan:

$$D = \frac{\Delta C}{\Delta t_x} \quad (2)$$

Postupak se zaustavlja kada se postigne potrebna vrednost izabranog kriterijuma snabdevenosti rezervnim delovima.

Izbor optimalne varijante početnih zaliha rezervnih delova, sa aspekta korektivnog održavanja uređaja

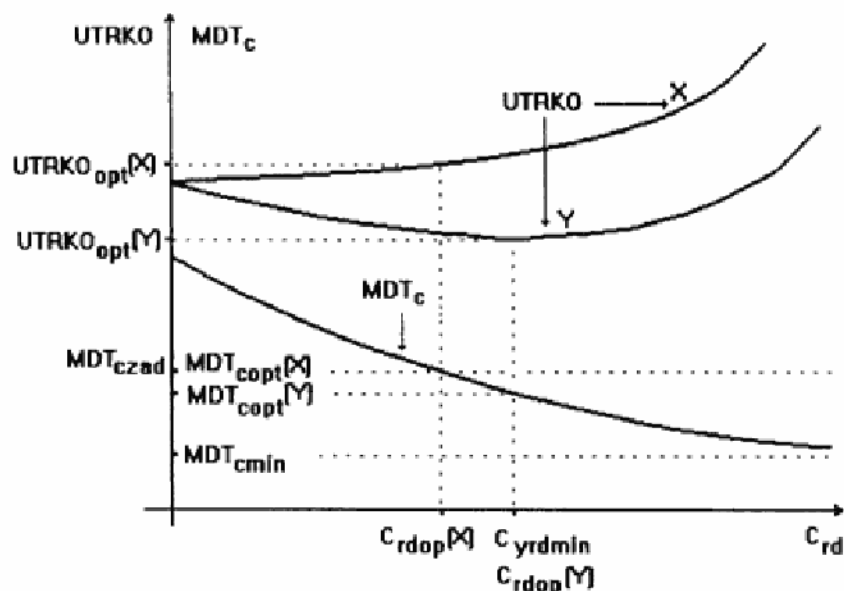
Potreba za korektivnim održavanjem najčešće se javlja u toku traja-

nja misije uređaja, pa se ovo održavanje mora sprovesti, zavisno od upotrebe uređaja, u nekom zadatom vremenskom periodu MDT_{czad} (Mean Down Time), kako bi se misija uređaja mogla nastaviti. Cilj optimizacije korektivnog održavanja jeste postizanje vremena MDT_{czad} , uz što manja finansijska ulaganja u korektivno održavanje u toku životnog veka uređaja. Tako će i optimalna varijanta početnih zaliha rezervnih delova jedne varijante nadležnosti održavanja, sa aspekta korektivnog održavanja, biti ona koja obezbeđuje ovaj cilj. Za izbor ove varijante pogodna je analiza zavisnosti kriterijuma valjanosti korektivnog održavanja od troškova optimalnih početnih zaliha rezervnih delova i to:

— srednjeg vremena zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja MDT_c ,

— ukupnih troškova korektivnog održavanja (UTRKO) u životnom veku uređaja.

U [2] je dobijena ova zavisnost, a njen opšti oblik prikazan je na slici 2.



Sl. 2 — Opšti oblik zavisnosti kriterijuma korektivnog održavanja od troškova optimalnih početnih zaliha rezervnih delova

Može se zapaziti da kriterijumi korektivnog održavanja — ukupni troškovi korektivnog održavanja (UTRKO) i vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja (MDT_c) dosta zavise od optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova, koje su na slici 2 izražene preko troškova tih zaliha C_{rd} . Povećanjem početnih zaliha rezervnih delova smanjuje se vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja asimptotski do vrednosti MDT_{cmin} , koje predstavlja vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja pri neograničenim količinama rezervnih delova. Povećanjem početnih zaliha rezervnih delova smanjuju se troškovi transporta sastavnih delova uređaja, u toku njegove eksploatacije, te funkcija ukupnih troškova UTRKO ne raste linear- no sa rastom početnih troškova rezervnih delova već ima oblik X ili Y. Oblik X je u slučaju manjeg, a oblik Y u slučaju većeg uticaja početnih zaliha rezervnih delova na troškove transporta modularnih celina.

Optimalna vrednost (varijanta) početnih zaliha rezervnih delova je ona za koju je postignuto zadato vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja MDT_{czad} . Na slici je ta vrednost obeležena sa C_{rdop} .

U slučaju da funkcija UTRKO ima oblik Y i ako je MDT_{czad} takvo da je

$$C_{rdop}(Y) < C_{Yrdmin} \quad (3)$$

gde je:

C_{Yrdmin} — vrednost početnih zaliha rezervnih delova za koju funkcija UTRKO oblika Y ima minimum, razumno je uzeti da je

$$C_{rdop}(Y) = C_{Yrdmin} \quad (4)$$

kako bi se za manje ukupne troškove korektivnog održavanja dobilo manje vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja.

Izbor optimalne varijante nadležnosti održavanja

Pomoću karakteristika zavisnosti kriterijuma korektivnog održavanja od početnih zaliha rezervnih delova (slika 2) odredi se vrednost kriterijuma korektivnog održavanja $UTRKO_{opt}$ i MDT_{copt} za optimalnu vrednost početnih zaliha rezervnih delova (C_{rdop}), i to za svaku varijantu nadležnosti korektivnog održavanja.

Ako je $MDT_{copt} \cong MDT_{czad}$ za sve varijante nadležnosti održavanja, najbolja varijanta je ona koja ima minimalne ukupne troškove korektivnog održavanja. U slučaju da je kod neke varijante $MDT_{copt} < MDT_{czad}$, izbor se komplikuje, jer se sada oba kriterijuma razlikuju po varijantama održavanja. Ali, ako se pođe od činjenice da je vreme MTD_{czad} tako izabrano da zadovoljava korisnika, a ne ugrožava misiju sredstva, kriterijum troškova UTRKO će pri upoređivanju biti na prvom mestu. Znači, uvek će se birati varijanta sa minimalnim $UTRKO_{opt}$. Jedino u slučaju da je kod dve varijante (1 i 2) $UTRKO_{opt1}$ neznatno veće od $UTRKO_{opt2}$, a MDT_{copt1} znatno manje od MDT_{copt2} , za optimalnu će se izabrati varijanta 1.

Primer optimizacije korektivnog održavanja kupljenog uređaja

Pomoću računarskog programa realizovanog na osnovu matematičkog modela korektivnog održavanja [2], i primenom razvijenog postupka optimizacije korektivnog održavanja kupljenog uređaja, izvršena je optimizacija korektivnog održavanja jednog hipotetičkog, modularno građenog uređaja, kupljenog na zapadnom tržištu. Ovaj uređaj korišćen je u [2], u primeru proračuna vrednosti kriterijuma korektivnog održavanja.

Formiranje korektivnih programa održavanja

Kupljeni uređaj razvijen je za korisnika koji ima sistem održavanja sa tri nivoa. Iz dokumentacije za održavanje uočeno je da su svakom nivou održavanja dodeljene srodne operacije korektivnog održavanja, i to na sledeći način:

— I nivo — korisnik (organizacional) ; popravka uređaja zamenom blokova (LRU's),

— II nivo — srednji (intermediate) ; popravka blokova zamenom modula (SRU's),

— III nivo — zavod (depot) ; popravka modula zamenom elementa (parts).

Sastavni delovi uređaja su projektovani tako da pri njihovoj zameni nije potrebno nikakvo podešavanje.

Na osnovu ovih podataka i definicija korektivnih programa održavanja (KO-1 do KO-9), mogu se identifikovati sledeći korektivni programi održavanja:

— KO-3 : popravak uređaja zamenom VMC bez podešavanja,

— KO-5 : popravak VMC zamenom NMC bez podešavanja,

— KO-7 : popravak NMC zamenom elemenata bez podešavanja.

Formiranje logičnih varijanti nadležnosti održavanja

Kupac elektronskog uređaja ima sistem održavanja sa četiri nivoa. Korektivni programi KO-3, KO-5 i KO-7 mogu se na mnogo načina raspodeliti po ovim nivoima. Imajući u vidu malu dubinu zahvata kod korektivnog programa KO-3, jasno je da su logične varijante nadležnosti održavanja one u kojima se ovaj program izvodi na nižim nivoima održavanja (I ili II nivo). Za razliku od njega korektivni program KO-7 ima veliku dubinu zahvata, te je logično da se uvek izvodi na najvišem nivou održavanja (IV nivo). Ako se uzme u obzir i pravilo kupčevog sistema održavanja da se, zbog određenih razloga, na I i II nivou ne vrši popravka sastavnih delova uređaja, ostaju samo dve logične varijante nadležnosti korektivnog održavanja. Ove varijante prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2

Varijante nadležnosti korektivnog održavanja kupljenog uređaja

Nivo	KO-3	KO-5	KO-7
Varijanta A			
I	*		
II			
III		*	
IV			*
Varijanta B			
I			
II	*		
III		*	
IV			*

Određivanje ulaznih parametara optimizacije korektivnog održavanja

- broj slušalaca za obuku sa I nivoa održavanja (uređaj) 1

U [2] date su vrednosti logističkih, tehničkih i ekonomskih parametara za varijantu B korektivnog održavanja ovog uređaja. Deo ovih parametara dobijen je od proizvođača, deo je uzet iz sistema održavanja kupca, a manji deo je dobijen od planera obuke, izvršioca izrade dokumentacije i korisnika.

Za razliku od tehničkih parametara, koji su isti za varijante A i B, deo logističkih i ekonomskih parametara kod ove dve varijante se razlikuju, a kod varijante A uvode se dodatni parametri.

Logistički parametri

U varijanti A uređaj se popravlja na I nivou održavanja — kod korisnika, pa su vremena prijavljivanja uređaja za opravku, transporta uređaja na održavanje, čekanja uređaja u radionici na održavanje i čekanja uređaja u radionici na predaju jednaka nuli.

Dodatni logistički parametri varijante A su:

- vreme redovnog transporta VMC od GK-2 do individualnog kompleta (IK) uređaja 10 h
- vreme vanrednog transporta VMC od GK-2 do individualnog kompleta (IK) uređaja 1 h
- vreme redovnog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe uređaja do radionice na III nivou održavanja 30 h
- vreme vanrednog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe uređaja do radionice na III nivou održavanja 5 h

Ekonomski parametri

Kako kod varijante A nema transporta uređaja na održavanje, jer se uređaj popravlja na mestu njegovog korišćenja, ne postoji ekonomski parametar — cena transporta uređaja.

Dodatni ekonomski parametri za varijantu A su:

- cena redovnog transporta VMC od GK-2 do IK 1,00 din
- cena vanrednog transporta VMC od GK-2 do IK 10,00 din
- cena redovnog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe uređaja do radionice na III nivou održavanja 1,00 din
- cena vanrednog transporta neispravne VMC od mesta upotrebe uređaja do radionice na III nivou održavanja 70,00 din

Kod obe varijante uzet je period eksploatacije uređaja od 10 godina, za razliku od primera u [2] kod kojeg period eksploatacije uređaja iznosi pet godina.

Određivanje skupa optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova

Za svaku varijantu nadležnosti održavanja, primenom metode približnog dinamičkog programiranja, određen je skup optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova sa aspekta snabdevenosti rezervnim delovima. U tabeli 3 prikazana je jedna takva, slučajno izabrana varijanta za varijantu nadležnosti održavanja A i jedna za varijantu nadležnosti B.

Tabela 3

Jedna od optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova za varijante nadležnosti A i B

	Varijanta A				Varijanta B		
	Nivoi održavanja — kompleti R/D						
	I IK	II GK-2	III GK-3	IV GK-4	II GK-2	III GK-3	IV GK-4
VMC 1	0	1	2	—	0	3	—
VMC 2	0	1	2	—	1	3	—
VMC 3	0	0	2	—	0	4	—
NMC 11	—	—	2	4	—	2	4
NMC 12	—	—	3	7	—	3	6
NMC 13	—	—	1	2	—	1	2
NMC 14	—	—	1	2	—	1	2
NMC 21	—	—	1	2	—	1	2
NMC 22	—	—	3	8	—	3	8
NMC 23	—	—	1	3	—	1	3
NMC 31	—	—	2	3	—	2	3
NMC 32	—	—	1	2	—	1	2
NMC 33	—	—	1	3	—	1	3
NMC 34	—	—	2	3	—	2	3
NMC 35	—	—	2	3	—	1	3
NMC 36	—	—	1	3	—	1	3
NMC 37	—	—	2	4	—	2	4

U tabeli su prikazane optimalne varijante početnih zaliha rezervnih delova date preko proračunatih količina rezervnih celina, po nivoima održavanja (kompletima rezervnih delova).

Postignuti kriterijumi snabdevanja rezervnim delovima tih varijanti, za varijante nadležnosti održavanja A i B, jesu:

	A	B
— vreme zastoja uređaja zbog nedostatka rezervnih delova	6,0 h	8,3 h
— cena početnih zaliha rezervnih delova	1 238 000 din	1 013 000 din

Izbor optimalne varijante početnih zaliha rezervnih delova, sa aspekta korektivnog održavanja uređaja

Za svaku optimalnu varijantu početnih zaliha rezervnih delova, za obe varijante nadležnosti održavanja, određene su vrednosti kriterijuma korektivnog održavanja. Na slici 3 prikazana je grafička zavisnost ovih kriterijuma od cena optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova, za varijantu nadležnosti korektivnog održavanja A. Ista zavisnost, ali za varijantu nadležnosti korektivnog održavanja B, prikazana je na slici 4.

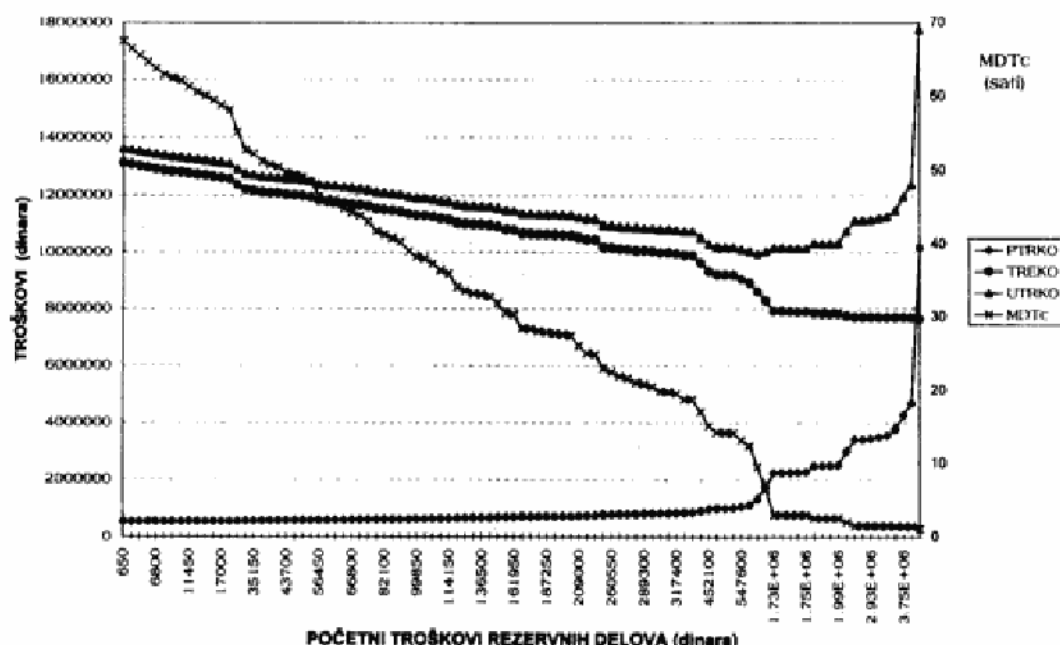
Ukupni troškovi korektivnog održavanja (UTRKO) na obe slike su prikazani kao suma troškova ulaganja u korektivno održavanje uređaja na početku njegove eksploatacije (PTRKO), i troškova korektivnog održavanja u toku životnog veka uređaja (TREKO).

Da bi se odredila optimalna varijanta početnih zaliha rezervnih delova svake varijante nadležnosti održavanja potrebno je poznavati dozvoljeno vreme zastoja uređaja zbog korektivnog održavanja. Razmotriće se tri različita slučaja vrednosti ovog vremena:

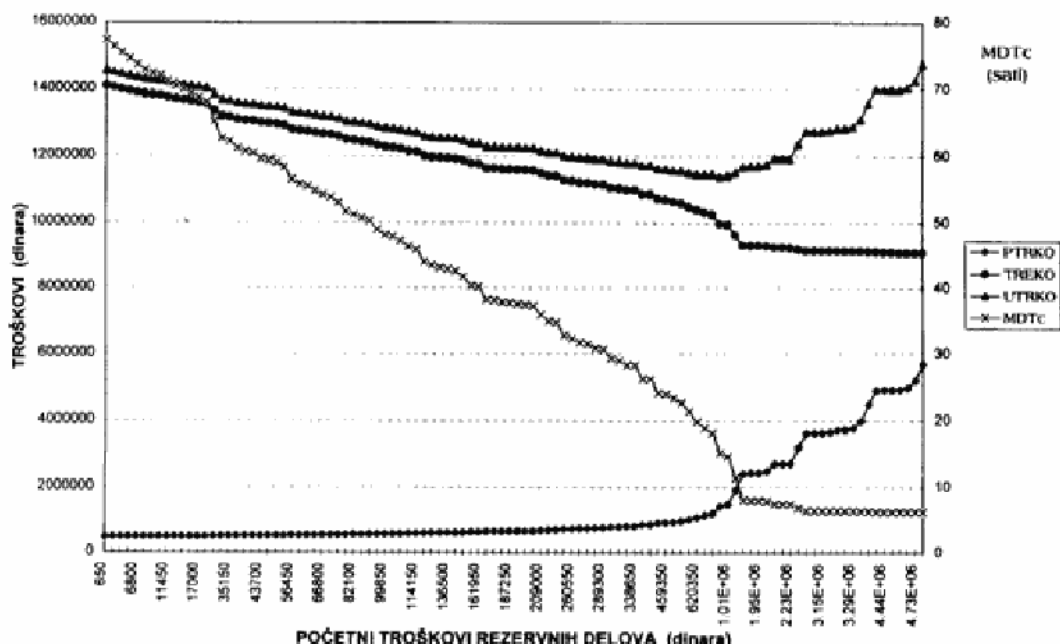
a) $MDT_{c_{zad}} = 20$ h

Kod varijante A ovo vreme postignuto je kod cene početnih zaliha rezervnih delova $C_{rd} = 310\,300$ dinara, za koju su ukupni troškovi korektivnog održavanja $UTRKO = 10\,810\,000$ dinara. Ovi troškovi opadaju sve do $C_{rdmin} = 818\,100$ din, koja predstavlja cenu optimalnih početnih zaliha rezervnih delova ove varijante — C_{rdoptA} .

Kod varijante B dozvoljeno vreme zastoja uređaja postignuto je kod $C_{rd} = 620\,350$ din, za koju su troškovi $UTRKO = 11\,469\,000$ din, koji opadaju do $C_{rdmin} = 952\,100$ din i koja pred-



Sl. 3 — Zavisnost kriterijuma korektivnog održavanja od cena optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova za varijantu A



Sl. 4 — Zavisnost kriterijuma korektivnog održavanja od cena optimalnih varijanti početnih zaliha rezervnih delova za varijantu B

stavlja cenu optimalnih početnih zaliha rezervnih delova ove varijante — C_{rdoptB} .

b) $MDT_{czad} = 10$ h

Kod varijante A dozvoljeno vreme zastoja uređaja postignuto je baš kod cene početnih zaliha rezervnih delova $C_{rdmin} = 818\,100$ dinara, pa ta cena predstavlja cenu optimalnih početnih zaliha rezervnih delova ove varijante C_{rdoptA} .

Kod varijante B dozvoljeno vreme zastoja uređaja postignuto je kod $C_{rd} = 1\,923\,300$ din, za koju su troškovi $UTRKO = 11\,684\,000$ dinara. Kako ovi troškovi rastu sa povećanjem cene početnih zaliha rezervnih delova dobija se da je $C_{rdoptB} = C_{rd} = 1\,923\,300$ dinara.

c) $MDT_{czad} = 3$ h

Kod varijante A dozvoljeno vreme zastoja uređaja postignuto je kod

$C_{rd} = 1\,729\,600$ din, za koju su troškovi $UTRKO = 10\,166\,000$ dinara. Kako ovi troškovi rastu sa povećanjem cene početnih zaliha rezervnih delova dobija se da je $C_{rdoptA} = C_{rd} = 1\,728\,100$ din.

Kod varijante nadležnosti održavanja B dozvoljeno vreme zastoja od 3 h ne može se postići povećanjem zaliha rezervnih delova.

U tabeli 4 prikazane su dobijene optimalne varijante početnih zaliha rezervnih delova, izražene preko njihove cene C_{rdopt} , za varijante nadležnosti održavanja A i B i za tri slučaja vrednosti MDT_{czad} .

Izbor optimalne varijante nadležnosti održavanja

U tabeli 5 prikazane su vrednosti kriterijuma korektivnog održavanja $UTRKO_{opt}$ i MDT_{copt} za optimalne varijante početnih zaliha rezervnih delova

Tabela 4

Optimalna varijanta početnih zaliha rezervnih delova za varijante nadležnosti A i B

MDT _{crad} (h)	C _{rdop} (dinara)	
	A	B
20	818100	952100
10	818100	1433300
3	1728100	—

Tabela 5

Vrednosti kriterijuma korektivnog održavanja za optimalne početne zalihe rezervnih delova

MDT _{crad} (h)	MDT _{copt} (h)		UTRKO _{opt} (dinara)	
	A	B	A	B
20	9,5	15,1	9944000	11388000
10	9,5	8,1	9944000	11684000
3	3,0	—	10166000	—

(C_{rdopt}), za obe varijante nadležnosti korektivnog održavanja A i B i za sva tri slučaja dozvoljenog vremena zastoja uređaja MDT_{crad}.

Iz tabele se vidi da su za MDT_{crad} = 20 h ukupni troškovi korektivnog održavanja varijante A manji za 1 444 000 dinara od varijante B. I vreme zastoja zbog korektivnog održavanja kod varijante A je manje od ovog vremena kod varijante B za 5,6 sati. Na osnovu toga može se zaključiti da je u ovom slučaju *optimalna varijanta A*.

Za MDT_{crad} = 10 h ukupni troškovi korektivnog održavanja varijante A manji su za 1 740 000 dinara. Za razliku od prethodnog slučaja vreme zastoja zbog korektivnog održavanja kod

varijante A veće je od ovog vremena kod varijante B za 1,4 sata. Kako su troškovi korektivnog održavanja znatno veći kod varijante B, i u ovom slučaju se dobije da je *optimalna varijanta A*.

Zadato vreme MDT_{crad} = 3 h se kod varijante B ne može postići povećanjem početnih zaliha rezervnih delova, te za izbor ostaje samo varijanta A. Stoga je i ovde *optimalna varijanta A*.

Zaključak

Optimalno definisanje održavanja je značajna aktivnost, od koje u bitnoj meri zavisi ekonomska efikasnost uređaja u toku njegovog celokupnog ži-

votnog veka. Ova aktivnost je posebno složena u hijerarhijskim sistemima održavanja sa više nivoa, kakvi su u vojsci, pošti, železnici, itd. U takvim sistemima postoji mnoštvo varijanti nadležnosti održavanja uređaja i varijanti početnih zaliha rezervnih delova, što je prikazano i u ovom radu. Zbog toga je značajno da donosioci odluka o održavanju uređaja u ovakvim sistemima poseduju kvalitetnu podršku za donošenje tih odluka. Ta podrška mora biti automatizovana na elektronskim računarima, radi brzog dobijanja rezultata.

Razvijena metoda optimizacije korektivnog održavanja elektronskog uređaja kupljenog na tržištu, sa mate-

matičkim modelom korektivnog održavanja elektronskih uređaja u sistemu održavanja sa više nivoa, datim u [2], predstavlja značajnu teoretsku podlogu za izradu profesionalnog programskog paketa, koji bi se koristio pri definisanju kompletnog procesa održavanja kupljenog elektronskog uređaja. Programski paket trebalo bi da bude korisnički orijentisan, kako bi ga analitičar održavanja lako prihvatio i koristio.

Sama metoda može se u potpunosti primeniti i za definisanje korektivnog održavanja mašinskog uređaja, s tim da se matematički model, dat u [2], može primeniti samo u onom delu gde je intenzitet otkaza, kod ovih uređaja, konstantan.

Literatura:

- [1] Barković, M.: Prilog optimizaciji višenivojskog sistema održavanja elektronskih sredstava, doktorska disertacija, Zagreb, CVTŠ KoV JNA, 1989.
- [2] Korolija, D.: Model korektivnog održavanja elektronskih uređaja u sistemu održavanja sa više nivoa, Vojnotehnički glasnik 6/97, str. 649—661, 1997.
- [3] Korolija, D.: Optimizacija rezervnih delova za održavanje modularno građenih elektronskih sredstava, Vojnotehnički glasnik 5/96, str. 517—524, 1996.
- [4] Model snabdevanja modularno građenih elektronskih uređaja rezervnim delovima, Magistarski rad, Zagreb, ETF, 1988.
- [5] Korolija, D.: Troškovi transporta rezervnih delova za održavanje modularno građenih elektronskih uređaja, Vojnotehnički glasnik 1/97, str. 15—22, 1997.
- [6] Kline, M.: Linking LOR Models to Provisioning Models, 1985 Proceedings Annual Reliability and Maintainability Symposium, New York, IEEE, 1985, 362—368.
- [7] Blanchard, B.: Design and Manage to LIFE CYCLE COST, M/A Press, Portland Oregon, 1978.

METODOLOGIJA OSVAJANJA PROIZVODNJE REZERVNIH DELOVA

UDC: 658.512:62-772

Rezime:

U radu su opisane faze pri osvajanju proizvodnje rezervnih delova, o kojima treba voditi računa pri planiranju, ugovaranju, realizaciji i verifikaciji osvojenosti proizvodnje rezervnih delova. Prikazan je dijagram aktivnosti, kroz analizu faza i dokumenata koji prate proces osvajanja proizvodnje rezervnih delova. Detaljno su obrađena sva potrebna dokumenta kroz faze osvajanja proizvodnje rezervnih delova, kako bi se prevazišle trenutne zakonske i pravilske praznine koje definišu ovu materiju.

Ključne reči: osvajanje proizvodnje, rezervni delovi (r/d), verifikacija.

METHODOLOGY OF CONQUERING THE SPARE PARTS PRODUCTION

Summary:

The paper describes phases during conquering the spare parts production. These phases should be taken into account during planning, making contracts, realization and verification of spare parts production. The activity chart has been given through the analysis of phases and documents accompanying the process of spare parts production conquering. All these necessary documents have been analyzed in details in order to overcome current legal gaps in defining this field.

Key words: production conquering, spare parts, verification.

Uvod

Zbog uslova obezbeđenja rezervnih delova (u daljem tekstu r/d) koji danas vladaju, u Vojski Jugoslavije sve se češće nameće zadatak da se potrebe za r/d podmiruju u tehničkim remontnim zavodima i proizvodno-uslužnim kapacitetima izvan VJ.

Osvajanje proizvodnje r/d obavlja se u tehničkim remontnim zavodima VJ i proizvodno-uslužnim kapacitetima izvan VJ u zemlji, načelno za r/d TMS

stranog porekla, ali sve više i za TMS čija je proizvodnja bila u otcepljenim republikama.

Bez obzira na to ko je nosilac osvajanja proizvodnje r/d (remontni zavod ili proizvodno-uslužni kapaciteti izvan VJ), osvajanje proizvodnje r/d odvija se po metodologiji koja je racionalna i omogućava da se pravovremeno sagledaju i realizuju sve aktivnosti kojima se obezbeđuje sigurno osvajanje proizvodnje r/d određenog tipa sredstava NVO. U daljem tekstu opisane su osnove te metodologije.

Osvajanje proizvodnje r/d obavlja se na osnovu:

- originalne tehničke dokumentacije i propisanih tehničkih uslova;

- snimljene tehničke dokumentacije i zahteva tehničkih uslova koji se kroz osvajanje nadograđuju i upotpunjuju;

- postojećih uzoraka r/d.

Radi određivanja nadležnosti u osvajanju r/d i definisanju potreba za osvajanjem, sastavni delovi TMS dele se na četiri grupe:

- I grupa obuhvata standardne delove TMS, kao i standardnu opremu i alat iz sastava individualnih i grupnih kompleta uz TMS;

- II grupa obuhvata nestandardizovane delove koji, po svojoj funkciji, konstrukciji, kvalitetu materijala i tehnologiji izrade ne zahtevaju posebne tehničke uslove;

- III grupa obuhvata agregate (blokove), sklopove, podsklopove (module) i sastavne delove TMS, kao i opremu i alat iz sastava individualnih i grupnih kompleta uz TMS, za koje se mogu propisati domaći zamenitelji;

- IV grupa obuhvata agregate (blokove), sklopove, podsklopove (module) i sastavne delove TMS za čiju je proizvodnju potrebna razrađena konstrukciono-tehnološka dokumentacija, tehnički uslovi, specijalna oprema, alat i pribor.

Proizvodnja se može osvajati samo za IV grupu delova, odnosno za sve one delove koji se ne mogu svrstati u neku od prethodnih grupa. Predložena metodologija u ovom radu odnosi se samo na IV grupu delova.

Nosilci osvajanja proizvodnje rezervnih delova

Tehnička uprava GŠ VJ (u daljem tekstu TU GŠ VJ) nosilac je zadatka osvajanja proizvodnje r/d za TMS iz

svoje taktičke i tehničke nadležnosti. U vezi s tim, ona ima sledeće zadatke:

- planira i finansijski obezbeđuje zadatke osvajanja proizvodnje r/d;

- odobrava planove i programe osvajanja proizvodnje r/d u remontnim zavodima i kapacitetima izvan VJ u zemlji;

- odobrava programe realizacije za osvajanje proizvodnje r/d;

- sagledava i utvrđuje mogućnosti kapaciteta izvan VJ u zemlji za osvajanje proizvodnje r/d;

- obezbeđuje potrebne uslove za trupna ispitivanja r/d u procesu osvajanja i učestvuje u završnom ispitivanju;

- donosi rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d;

- objavljuje spiskove osvojenih r/d u tehničkom biltenu;

- vrši izmene i dopune u imenicima sastavnih delova i normativima r/d;

- utvrđuje nadležnosti u nabavkama za osvojene r/d.

Tehnički remontni zavod (u daljem tekstu TRZ) nosilac je osvajanja proizvodnje za r/d onih TMS koja su u njegovoj nadležnosti remonta. U vezi s tim, on rešava sledeće zadatke:

- sagledava svoje potrebe za osvajanje proizvodnje r/d za koje je nosilac osvajanja proizvodnje;

- prikuplja predloge svojih i drugih organa (TU GŠ VJ, PoB GŠ VJ, Tehnička struktura strateških grupacija) za osvajanje proizvodnje r/d;

- predlaže TU GŠ VJ osvajanje proizvodnje r/d za koje je nosilac osvajanja proizvodnje, priprema i izrađuje planove i programe osvajanja proizvodnje r/d;

- utvrđuje sopstvene mogućnosti i kapacitete za osvajanje proizvodnje r/d;

- sagledava i utvrđuje mogućnosti kapaciteta izvan VJ u zemlji za osvajanje proizvodnje r/d;

- obezbeđuje uzorke r/d za potrebe snimanja dokumentacije i laboratorijskih ispitivanja materijala;

— pronisuje taktičko-tehničke zahteve koje moraju da zadovolje r/d koji se planiraju za osvajanje;

— izrađuje programe realizacije za osvajanje proizvodnje r/d u TRZ i kapacitetima izvan VJ u zemlji, a po potrebi angažuje na tome VTI, TOC i zainteresovana preduzeća i druge institucije izvan VJ;

— u okviru programa realizacije izrađuje planove i programe laboratorijskih, internih i završnih ispitivanja;

— nosilac je izrade tehničke dokumentacije i tehničkih uslova, koje verifikuje neposredno, preko TU GŠ VJ ili VTI, što se utvrđuje programom realizacije;

— predlaže, donosi i čuva rešenja o osvojenosti proizvodnje r/d;

— prema potrebi, a najmanje jedanput godišnje, dostavlja TU GŠ VJ preglede osvojenih r/d radi objavljivanja u Tehničkom biltenu;

— čuva elaborate predmeta koji se odnose na osvajanje r/d u TRZ i kapacitetima izvan VJ;

— čuva originalnu tehničku dokumentaciju za osvajanje r/d u TRZ i kapacitetima izvan VJ i vodi evidenciju o korisnicima kopija te dokumentacije;

— ustrojava i vodi evidenciju o alatu i opremi, koji služe u procesu proizvodnje r/d u TRZ i kapacitetima izvan VJ.

Proizvodno-uslužni kapaciteti izvan VJ nosilac su osvajanja proizvodnje za r/d onih TMS koja su u njihovoj nadležnosti remonta, i za r/d koja su iz njihovog proizvodnog programa. U vezi s tim, rešavaju sledeće zadatke:

— sagledavaju potrebe za osvajanje proizvodnje r/d;

— predlažu TU GŠ VJ i TRZ osvajanje proizvodnje r/d, pripremaju i izrađuju planove i programe osvajanja proizvodnje r/d;

— utvrđuju sopstvene mogućnosti i kapacitete za osvajanje proizvodnje r/d;



Diagram toka aktivnosti u procesu osvajanja proizvodnje rezervnih delova

— obezbeđuju uzorke r/d za potrebe snimanja dokumentacije i laboratorijskih ispitivanja materijala;

— obezbeđuju taktičko-tehničke zahteve koje moraju da zadovolje r/d koji se planiraju za osvajanje;

— izrađuju programe realizacije za osvajanje proizvodnje r/d, po potrebi sarađuju na tome sa TU GŠ VJ, TRZ, VTI, TOC i drugim institucijama izvan VJ;

— u okviru programa realizacije rade planove i programe laboratorijskih, internih i završnih ispitivanja;

— nosilac su izrade tehničke dokumentacije i tehničkih uslova, koje verifikuju preko TU GŠ VJ, TRZ ili VTI, što se utvrđuje programom realizacije;

— čuvaju tehničku dokumentaciju za osvajanje r/d overenu od TU GŠ VJ ili TRZ;

— čuvaju rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d doneto od TU GŠ VJ ili TRZ;

— ustrojavaju i vode evidenciju o alatu i opremi, koji služe u procesu proizvodnje r/d.

Aktivnosti u procesu osvajanja proizvodnje rezervnih delova

Pri razmatranju mogućnosti za pokretanje predloga za osvajanje proizvodnje rezervnih delova utvrđuje se i analizira:

— da li se osvajanje proizvodnje r/d za određeno TMS vrši prema odredbama Pravilnika o opremanju VJ NVO u miru;

— da li asortiman r/d za koje se pokreće osvajanje proizvodnje spada u IV grupu delova;

— u kojoj meri potrošnja r/d nameće potrebu za osvajanjem njihove proizvodnje.

Uz predlog za osvajanje proizvodnje dostavlja se kratko obrazloženje po elementima iz prethodnog stava.

Predlog spiska r/d za osvajanje proizvodnje pokreću nadležni organi

tehničke službe (TU GŠ VJ, Komanda PoB GŠ VJ, tehnička struktura strategijskih grupacija, tehnički remontni zavod, proizvodno-uslužni kapaciteti izvan VJ), u pisanoj formi prema *Pregledu rezervnih delova za osvajanje proizvodnje*.

Pokretanje predloga za osvajanje proizvodnje r/d obavlja se po potrebi, a najkasnije do 01. juna svake godine za naredni period. Predlog za osvajanje proizvodnje r/d dostavlja se TU GŠ VJ, koja sa Tehničkim remontnim zavodom klasifikuje i analizira dostavljene predloge do 15. jula.

TU GŠ VJ, kao nosilac zadatka osvajanja proizvodnje, *planira* i novčano obezbeđuje *osvajanje proizvodnje r/d*, i to:

— u srednjoročnom planu razvoja i rada službe kroz globalni finansijski pokazatelj;

— u godišnjem planu zadataka i finansiranja kroz izdvajanje sredstava na osnovu usvojenih programa osvajanja rezervnih delova.

Tehnički remontni zavod, kao nosilac osvajanja proizvodnje, izrađuje plan i program osvajanja proizvodnje r/d na osnovu elemenata utvrđenih analizom predloga svih organa-podnosioca predloga.

Plan i program osvajanja proizvodnje r/d sadrži:

— uvodno objašnjenje;

— ciljeve koji se žele postići;

— kratku analizu predloženog plana i programa;

— rekapitulaciju sredstava za finansiranje zadataka osvajanja proizvodnje r/d po sredstvima;

— rekapitulaciju sredstava za finansiranje zadataka po godinama, ako se planira i programira osvajanje proizvodnje r/d u više godina;

— pregled r/d za osvajanje proizvodnje.

Plan i program proizvodnje r/d, TRZ kao nosilac osvajanja proizvodnje r/d dostavlja TU GŠ VJ najkasnije do

Pregled
rezervnih delova za osvajanje proizvodnje

za
(TMS)

Red. br.	Red. broj imenika	Nomenklaturni broj	Fabrički broj	Nomenklaturni naziv dela	Jed. mere	Godišnje potrebe za proizvodnju	Primedba
1	2	3	4	5	6	7	8

15. septembra svake godine, a ona razmatra predložene planove i programe osvajanja r/d najkasnije do 15. oktobra svake godine i donosi odgovarajuće rešenje.

Posle odobrenog plana i programa osvajanja r/d, TRZ kao nosilac osvajanja proizvodnje pristupa *izradi programa realizacije (PR)*.

Program realizacije (PR) obuhvata:

I UVODNO OBRAZLOŽENJE

1. Cilj osvajanja proizvodnje r/d;
2. Potrebe za osvajanje proizvodnje r/d;
3. Mogućnosti za osvajanje proizvodnje r/d;
4. Efekti koji se postižu osvajanjem proizvodnje r/d.

II ANALIZA STANJA I DEFINISANJE POTREBNIH KOLIČINA

1. Perspektivnost TMS za koja se vrši osvajanje proizvodnje r/d;

2. Analiza stanja u snabdevanju r/d;

3. Definisanje potrebnih količina za osvajanje proizvodnje r/d.

III TEHNIČKO-EKONOMSKA ANALIZA ZADATAKA

1. Nužnost osvajanja proizvodnje r/d;

2. Ekonomičnost osvajanja proizvodnje;

3. Mogućnost prodaje;

4. Tehničke mogućnosti osvajanja proizvodnje r/d.

IV ANALIZA I IZBOR PUTA REALIZACIJE ZADATAKA

1. Analiza puta realizacije zadatka;

2. Predlog puta realizacije zadatka.

V PREDRAČUN TROŠKOVA

1. Analiza troškova;

2. Predračun troškova.

VI OPŠTI I POSEBNI TEHNIČKI USLOVI, TAKTIČKO-TEHNIČKI ZAHTEVI

1. Opšti tehnički uslovi;
2. Posebni tehnički uslovi;
3. Taktičko-tehnički zahtevi;
4. Ispitivanje, prijem i garancija.

VII IZBOR PROIZVOĐAČA

1. Analiza mogućih proizvođača;
2. Predlog za izbor proizvođača;
3. Obrazloženje predloga za izbor proizvođača.

VIII OČEKUJUĆI EFEKTI

U ovom delu programa realizacije obrađuju se elementi koji imaju poseban značaj za postizanje većih efekata u sistemu održavanja i remonta, povećanje borbene gotovosti jedinica, osposobljavanje privrede za ratnu proizvodnju, kao i ekonomske efekte.

Tehnička uprava GŠ VJ, u roku od mesec dana od dana prijema programa realizacije, razmatra predložene programe i donosi *rešenje po programu realizacije*.

Program realizacije razmatra stalni stručni savet tehničke službe ili organ koji načelnik TU GŠ VJ ovlasti za obavljanje ovih poslova.

Rešenje po programu realizacije donosi predsednik stalnog stručnog saveta TS1 prema predlogu organa iz prethodnog stava.

Prihvaćen program realizacije finansira se po predloženoj dinamici. Za te potrebe *obezbeđuju se finansijska sredstva* godišnjim planom zadataka i finansiranja TU GŠ VJ.

Prema usvojenom programu realizacije TU GŠ VJ *ugovara osvajanje proizvodnje rezervnih delova* sa TRZ nosiocem osvajanja proizvodnje. Za svaki program realizacije zaključuje se poseban ugovor ili više ugovora, po

sredstvima, ukoliko je to pogodnije za praćenje realizacije.

U ugovoru se utvrđuju ustaljene klauzule o predmetu ugovora, količinama, cenama, rokovima isporuke, načinu plaćanja i sl., čime se regulišu obaveze TU GŠ VJ i TRZ nosioca osvajanja proizvodnje r/d.

TRZ nosilac osvajanja proizvodnje, prema utvrđenom programu realizacije i potpisanim ugovorom sa TU GŠ VJ, pristupa osvajanju proizvodnje ili ugovaranju osvajanja proizvodnje kod proizvodno-uslužnih kapaciteta izvan VJ određenih programom realizacije.

Međusobni ugovori TRZ i proizvodno-uslužnih kapaciteta izvan VJ ne mogu da sadrže odredbe koje su u suprotnosti sa programom realizacije ili ugovorom između TU GŠ VJ i TRZ.

U iznimnim slučajevima, kada to nije u suprotnosti sa programom realizacije, TU GŠ VJ može direktno sklopiti ugovor sa proizvodno-uslužnim kapacitetima izvan VJ za osvajanje proizvodnje r/d.

Posle prijema probne partije i nulte serije, verifikacije dokumentacije za seriju i overe tehničke dokumentacije, TRZ nosilac osvajanja proizvodnje donosi *rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d*. Rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d može doneti i TU GŠ VJ, ako je direktno sklopila ugovor sa proizvodno-uslužnim kapacitetima izvan VJ.

Rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d sadrži:

- broj rešenja;
- nomenklaturni broj osvojenog dela;
- fabrički broj osvojenog dela;
- broj crteža prema tehničkoj dokumentaciji;
- nomenklaturni naziv dela;
- naziv TRZ ili proizvodno-uslužnih kapaciteta izvan VJ, koji je osvojio proizvodnju r/d.

U rešenje, koje se čuva u TRZ, unosi se klauzula o osvojenosti proizvodnje i prelasku na serijsku proizvodnju, a rešenja koja donosi TU GŠ VJ čuva se po jedan primerak u TU GŠ VJ, a jedan u TRZ.

Rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d — *pregled osvojenih r/d*, dostavlja se TU GŠ VJ, USn SMO, PoB GŠ VJ i proizvodno-uslužnim kapacitetima izvan VJ koja su osvojila proizvodnju r/d.

Pregled osvojenih rezervnih delova objavljuje se u Tehničkom biltenu.

Zaključak

Zbog znatnih novčanih sredstava koja se angažuju za nabavku r/d i zbog direktnog uticaja kvaliteta nabavljenih r/d na ispravnost i pouzdanost TMS, a time i na borbenu gotovost VJ, od posebnog je značaja da se r/d nabavljaju od TRZ i proizvodno-uslužnih kapaciteta, koja su sprovedla metodologiju osvajanja proizvodnje r/d datu u ovom radu, odnosno koja poseduju Rešenje o osvojenosti proizvodnje r/d.

Predloženi pristup i data objašnjenja treba da popune trenutne zakonske i pravilske praznine do propisivanja odgovarajućeg uputstva pomoćnika saveznog ministra za odbranu za vojnoprivrednu delatnost.

Literatura:

- [1] Pravilo tehničke službe KoV.
- [2] Uputstvo za snabdevanje oružanih snaga rezervnim delovima, potrošnim i reprodukcionim materijalom iz nadležnosti tehničke službe KoV OS, TU-V, 31.

- [3] Savić, S.: Metodologija osposobljavanja za generalni remont TMS, VTG 5/97, str. 332—338.
- [4] SNO 9000/97: Obezbeđenje kvaliteta.
- [5] Pravilnik o opremanju VJ NVO u miru.

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG VEKA UPOTREBE VOZILA

UDC: 629.113.001.26

Rezime:

U radu je prikazana metoda određivanja optimalnog veka upotrebe vozila. Metoda se sastoji u određivanju funkcije ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila izraženog u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena. Minimalna vrednost te funkcije predstavlja optimalni vek upotrebe vozila. Metoda je pogodna i jednostavna za primenu. Zahteva posedovanje podataka o radu i održavanju, koji se redovno prate u informacionom sistemu.

Ključne reči: vek upotrebe vozila, troškovi, optimizacija.

THE DETERMINATION OF THE VEHICLES OPTIMAL SERVICE LIFE

Summary:

In the paper, the presentation of method determining the service life of vehicles is given. The method determines the function of total costs depending on the vehicle service life and it finds out the minimum of that function which presents the optimal service life. This method is suitable and simple for application. It requires data on service costs and the maintenance costs which are in the information system.

Key words: vehicle service life, costs, operational use, optimization.

Uvod

Osnovno pitanje koje se postavlja pri projektovanju, nabavci i korišćenju vozila jeste koliki je optimalni vek njegove upotrebe. Na veličinu optimalnog veka utiče veliki broj faktora, a najveći uticaj imaju sledeći:

- cena nabavke vozila,
- fiksni troškovi korišćenja (eksploatacije) (uključujući troškove preventivnog održavanja i integralne logističke podrške), koji su proporcionalni vremenu upotrebe,
- promenljivi troškovi korišćenja vozila (eksploatacije) (uključujući

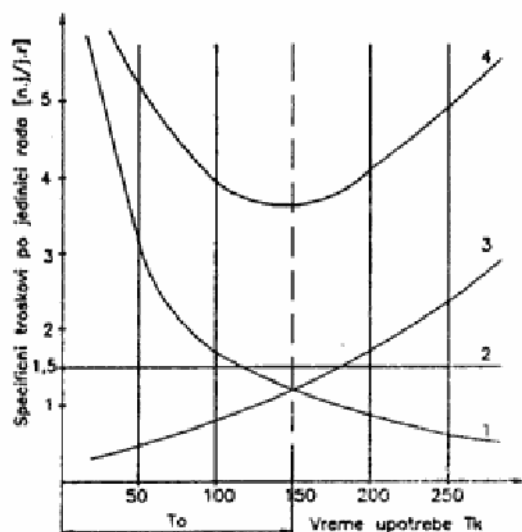
troškove preventivnog održavanja i integralne logističke podrške), koji rastu progresivno sa vremenom upotrebe.

Za određivanje optimalnog veka upotrebe postoji više metoda, kao što su [1, 2, 3]: metoda snižene efektivnosti, metoda Standard IEC »koncept, postupak primena«, metoda proračuna materijalne istrošenosti, metoda proračuna moralne istrošenosti, metoda maksimalne rentabilnosti korišćenja, metoda linearne akumulacije istrošenja, metoda minimalnih ukupnih specifičnih troškova po jedinici rada vozila, u zavisnosti od veka upotrebe, i dr.

Za određivanje optimalnog veka upotrebe vozila veoma je pogodna metoda minimalnih ukupnih specifičnih troškova vozila u zavisnosti od veka upotrebe, jer je relativno jednostavna za primenu.

Određivanje optimalnog veka upotrebe vozila metodom minimalnih ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe

Sušтина ove metode sastoji se u određivanju funkcije ukupnih specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila izraženog u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena. Određivanje minimuma te funkcije predstavlja optimalni vek upotrebe vozila. Principijelna šema ove metode prikazana je na slici 1 [1].



Sli. 1 — Promena specifičnih troškova u zavisnosti od veka upotrebe vozila:

1 — specifični troškovi nabavke, 2 — specifični troškovi eksploatacije koji se ne menjaju sa vekom upotrebe, 3 — specifični troškovi eksploatacije koji progresivno rastu sa vekom upotrebe, 4 — ukupni specifični troškovi

Može se uočiti da specifični troškovi nabavke opadaju hiperbolički sa uvećanjem veka upotrebe, što je prikazano krivom 1.

Specifični troškovi eksploatacije, koji su proporcionalni veku upotrebe, prikazani su pravom 2, koja je paralelna apscisnoj osi, i ne menjaju se sa uvećanjem veka upotrebe. To su troškovi goriva i maziva, potrošnog materijala, opsluživanja, osnovnog održavanja, radne snage, i slično.

Specifični troškovi eksploatacije koji progresivno rastu sa uvećanjem veka upotrebe prikazani su krivom 3 na slici 1, a obuhvataju troškove preventivnog i korektivnog održavanja, (srednji i generalni remont) i slično.

Na slici 1 kriva 4 prikazuje zbir ukupnih specifičnih troškova vozila. Ona u početku opada do minimuma, što je uslovljeno visokim troškovima nabavke vozila, a onda počinje da raste, usled visoke cene i povećane potrebe preventivnog i korektivnog održavanja i ostalih specifičnih troškova koji progresivno rastu.

Pomoću ove metode moguće je, grafičkim putem, odrediti minimalne ukupne specifične troškove koji određuju optimalni vek upotrebe vozila.

Metoda se može analitički predstaviti tako da troškovi nabavke vozila iznose [1]:

$$Y_1 = C_0 = C_N - C_R \quad (1)$$

gde je:

C_N — cena nabavke vozila,

C_R — cena dobijena rashodovanjem vozila.

Troškovi koji su proporcionalni veku upotrebe vozila mogu se predstaviti kao:

$$Y_2 = B \cdot T \quad (2)$$

gde je:

B — godišnji iznos troškova,

T — vreme upotrebe vozila.

Troškovi koji rastu progresivno sa uvećanjem veka upotrebe vozila mogu se prikazati sledećom stepenom funkcijom:

$$Y_3 = C \cdot T^n \quad (3)$$

gde je:

C — iznos troškova u početnom periodu upotrebe,

T — vreme upotrebe,

n — stepen funkcionalne zavisnosti povećanja troškova sa vekom upotrebe vozila.

Ukupni troškovi mogu se izraziti jednačinom:

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 = C_0 + B \cdot T + C \cdot T^n \quad (4)$$

Ako se ukupni troškovi upotrebe (4) podele sa vremenom upotrebe dobiće se ukupni specifični troškovi upotrebe vozila:

$$C_u = \frac{Y}{T} = \frac{C_0}{T} + B + C \cdot T^{n-1} \quad (5)$$

Na slici 1 kriva 1 prikazuje troškove C_0/T , kriva 2, odnosno prava troškove B, kriva 3 troškove $C \cdot T^{n-1}$ i kriva 4 ukupne troškove C_u .

Da bi se dobio optimalni vek upotrebe iz jednačine (5) potrebno je naći izvod po T:

$$\frac{dC_u}{dT} = -\frac{C_0}{T^2} + (n-1)C \cdot T^{n-2} \quad (6)$$

Izjednačavanjem izraza (6) sa nulom dobijaju se sledeće zavisnosti:

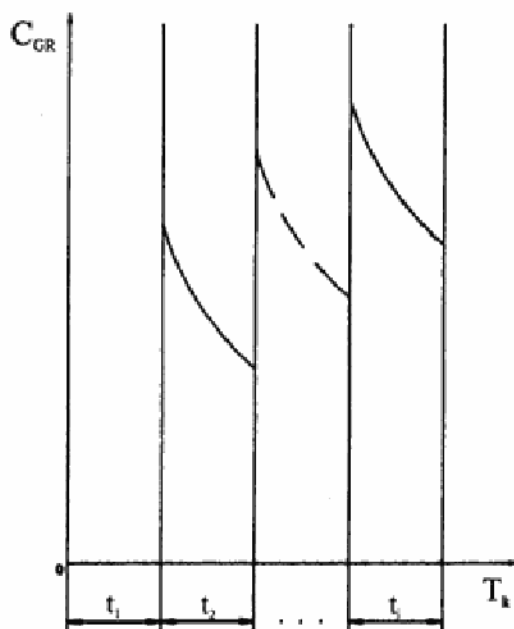
$$-\frac{C_0}{T^2} + (n-1)C \cdot T^{n-2} = 0 \quad (7)$$

$$T^n = \frac{C_0}{(n-1)C} \quad (8)$$

$$T = \sqrt[n]{C_0/(n-1)C} \quad (9)$$

Izračunata vrednost T iz jednačine (9) predstavlja optimalan vek upotrebe vozila u jedinicama vremena rada ili kalendarskog vremena.

Nedostatak ove metode jeste što pretpostavlja da su promene troškova predstavljene monotonim funkcijama, dok su te funkcije diskretne, a njihova diskretnost uslovljena je sprovođenjem korektivnog održavanja (srednjeg i generalnog remonta). Zavisnost troškova generalnog remonta od veka upotrebe prikazana je na slici 2, a zavisnost troškova preventivnog (osnovnog i tehničkog) održavanja od veka upotrebe na slici 3 [1].



Slika 2 — Promena specifičnih troškova generalnog remonta (C_{GR}) u zavisnosti od veka upotrebe vozila (T):

t_i = veličina međuremontnog ciklusa u jedinicama rada vozila

U slučaju diskretnih promena troškova, ukupni specifični troškovi za prvi ciklus korišćenja do generalnog remonta mogu se prikazati jednačinom:

$$C_{u1} = \frac{C_0 + E_1}{t_1} \quad (10)$$

gde je:

E_1 — troškovi korišćenja vozila u prvom ciklusu do generalnog remonta,

t_1 — vreme upotrebe vozila u prvom ciklusu u jedinicama vremena rada.

U tom slučaju vek upotrebe vozila jednak je jednom ciklusu do generalnog remonta.

Ako je vek upotrebe vozila jednak dva međuremontna ciklusa, onda se ukupni specifični troškovi po jedinici rada mogu prikazati kao:

$$C_{u2} = \frac{C_0 + E_1 + R_1 + E_2}{t_1 + t_2} \quad (11)$$

gde je:

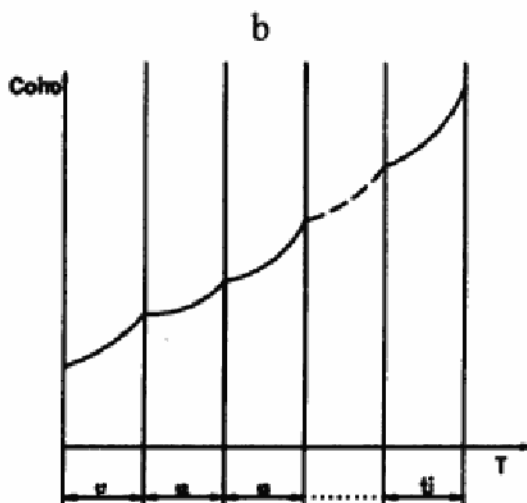
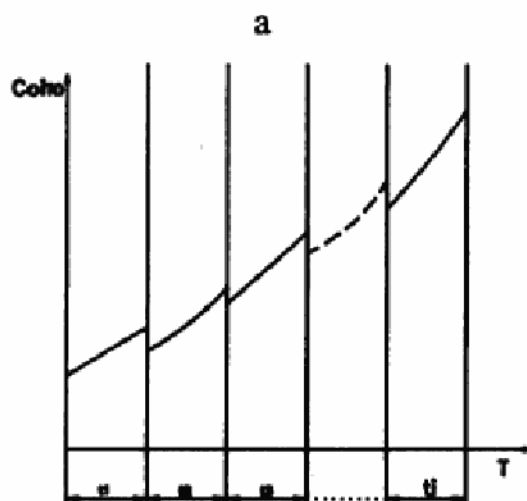
R_1 — troškovi generalnog remonta,

E_2 — troškovi korišćenja od prvog do drugog generalnog remonta,

t_2 — vreme upotrebe vozila između remonta u jedinicama vremena rada.

Ako je vek upotrebe vozila jednak n međuremontnih ciklusa, onda se ukupni specifični troškovi za ceo vek upotrebe mogu prikazati jednačinom:

$$C_{un} = \frac{C_0 + \sum_{i=1}^n E_i + \sum_{i=2}^{n-1} R_{i-1}}{\sum_{i=1}^n t_i} \quad (12)$$



Sl. 3 — Promena specifičnih troškova osnovnog i tehničkog održavanja u zavisnosti od veka upotrebe vozila:

a — u odvojenim međuremontnim ciklusima, b — u proseku od početka upotrebe

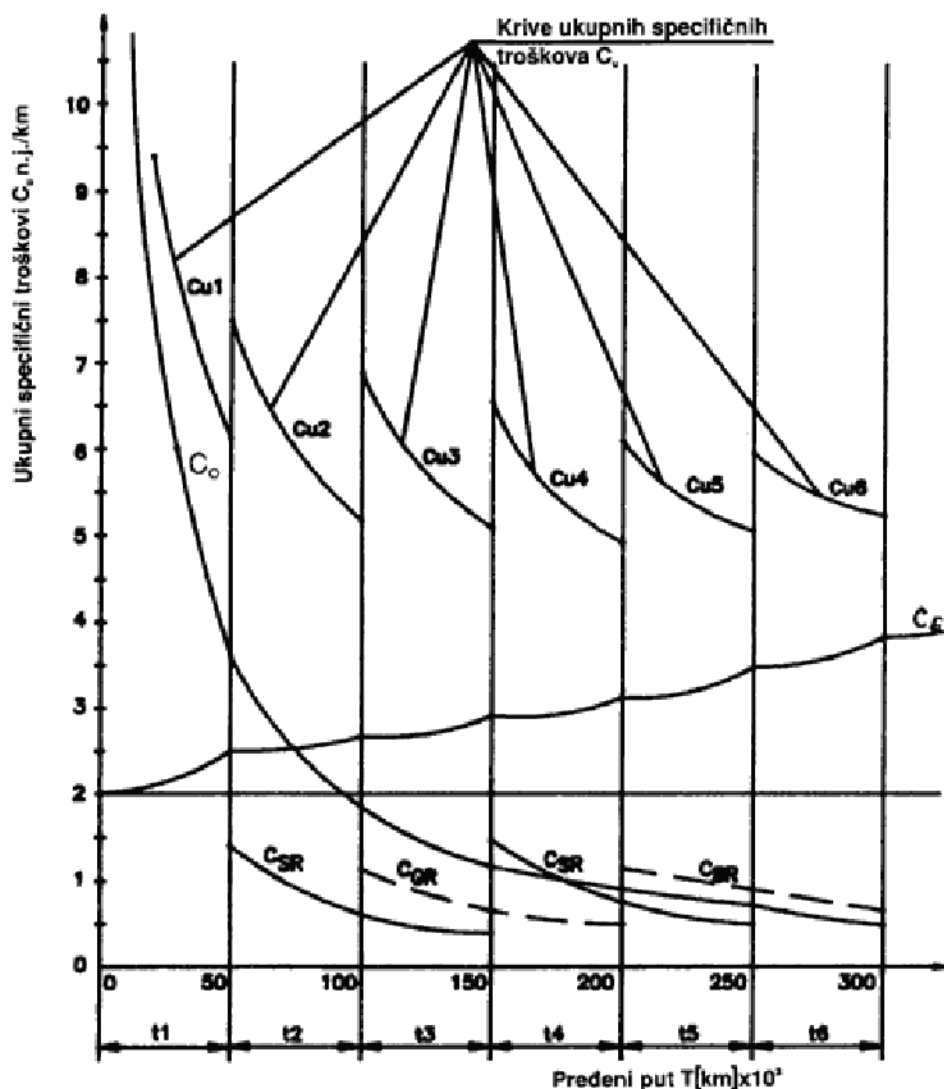
gde je:

E_i — troškovi korišćenja vozila,

t_i — vreme upotrebe u i -tom međuremontnom ciklusu,

n — broj ciklusa korišćenja za vek upotrebe vozila.

Optimalni vek upotrebe vozila je onaj za koji su ukupni specifični troškovi po jedinici rada vozila najmanji, kao što je prikazano na slici 4.



Sl. 4 — Zavisnost ukupnih specifičnih troškova po pređenom kilometru od veka upotrebe vozila TAM 110:

C_o — specifični troškovi nabavke, C_e — specifični troškovi eksploatacije, C_{sr} — specifični troškovi srednjeg remonta, C_{gr} — specifični troškovi generalnog remonta, C_u — ukupni specifični troškovi, t_i — međuremontni ciklus

Zaključak

Navedena metoda određivanja optimalnog veka upotrebe vozila vrlo je laka za praktičnu primenu. Da bi se primenila potrebno je znati cenu na-

bavke vozila i cenu preventivnog (osnovnog i tehničkog) održavanja koja je moguće dobiti iz informacionog sistema o radu i održavanju vozila.

Cenu korektivnog održavanja (srednjeg i generalnog remonta) moguće je

uzeti iz cenovnika za srednji i generalni remont koja se određuje svake godine.

Navedena metoda pogodna je pri proceni koja vozila treba remontovati, a koja rashodovati.

Literatura:

- [1] Kolegaev, N. R.: Opređenje optimalnoj dugovečnosti tehničkih sistema, Sovetskoe radio, Moskva, 1967.
- [2] Krstić, V. B.: Eksploatacija motornih vozila i motora, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1997.
- [3] Todorović, B. J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd, 1993.

Dr Jovan Todorović,
profesor, dipl. inž.
Mašinski fakultet, Beograd

ALTERNATIVNA GORIVA ZA MOTORNA VOZILA — MODA ILI POTREBA?

UDC: 662.73:656.1:504.06

Rezime:

Sve veći zahtevi u pogledu zaštite okoline i očuvanja prirodnih energetske resursa upućuju na korišćenje alternativnih goriva za motore sa unutrašnjim sagoravanjem. Od više mogućih alternativa prirodnom gasu se daju najveće šanse. Ovo gorivo ima vrlo povoljna ekološka svojstva, njegova nalazišta u svetu su vrlo bogata, a cena pristupačna. Zato je u svetu sve više vozila koja rade na komprimovani prirodni gas, a očekuje se da će ih uskoro biti više miliona. Prva pozitivna kretanja u ovom pravcu beleže se i u našoj zemlji. Otuda i potreba da se primena alternativnih goriva, a posebno prirodnog gasa, detaljno analizira i sa stanovišta potreba Vojske Jugoslavije.

Ključne reči: alternativna goriva, motorna vozila, prirodni gas, zaštita okoline, očuvanje energije.

ALTERNATIVE FUELS FOR MOTOR VEHICLES — FASHION OR NECESSITY?

Summary:

The increased levels of requirements related to environmental protection and energy resources conservation point out to alternative fuels for internal combustion engines. Amongst several alternatives, the natural gas in coming years has the largest chances. This fuel has satisfactory ecological properties, the resources are very large and prices acceptable. That's why there are more and more vehicles converted to natural gas and it is estimated that future there will be more millions of compressed natural gas vehicles. The first initiatives in this direction are done in this country as well. It makes a basis to undertake analysis of application of alternative fuels and natural gas in particularly for the Yugoslav army, as it is proposed in this article.

Key words: alternative fuels, motor vehicles, natural gas, environment protection, energy conservation.

Uvod

Poslednjih godina često se, i u raznim prilikama, govori o alternativnim gorivima za motorna vozila. Motivi nastojanja da se, pored benzina i dizel goriva, pronađu i druga goriva za motore sa unutrašnjim sagoravanjem objašnjavaju se, pre svega, potrebom da

se reše dva krupna problema današnje motorizacije:

— smanjenje zagađenja čovekove okoline,

— obezbeđenje sigurnijih i dugoročnijih rezervi goriva u narednim godinama, odnosno u narednom veku.

Svođeci ovu globalnu problematiku na sve vrste borbenih i neborbenih

motornih vozila koja se koriste u Vojsci Jugoslavije korisno je da se okvirno analiziraju realne potrebe i mogućnosti uvođenja alternativnih goriva u ovo specifično i veoma značajno područje.*

Utjecaj motornih vozila na zagađenje okoline

Nužnost razvoja vozila koja će biti ekološki »čista«, tj. koja će što manje zagađivati okolinu, proističe iz dobro poznate činjenice da motorna vozila pogonjena motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, koji koriste benzin i dizel gorivo, zagađuju okolinu u vrlo velikom stepenu. U urbanim sredinama, u kojima je intenzitet korišćenja vozila vrlo veliki, odnosno u kojima se

OUN za Evropu (ECE). Sada su na snazi pravilnici poznati kao EURO2, a uskoro se očekuju još stroži EURO3. Ovi pravilnici, pored ostalog, utvrđuju maksimalne dozvoljene količine štetnih sastojaka u izduvnim gasovima motornih vozila, iskazane u g/kWh. Rezime ovih zahteva prikazan je u tabeli 1 (THC označava sadržaj ukupnih ugljovodonika).

Još stroži propisi na snazi su u SAD, a naročito u Kaliforniji. U ovoj zemlji se traži da do 2003. godine putnička i laka teretna vozila treba da zadovolje veoma stroge LEV zahteve (Low Emission Vehicles), a 15% vozila još strože ULEV zahteve (Ultra Low Emission Vehicles), s tim da već 1998. godine najmanje 20% vozila bude ekološki potpuno »čisto« (Zero Emission

Tabela 1

Dozvoljeni sadržaj štetnih sastojaka u izduvnim gasovima prema evropskim propisima

Pravilnik	NOx	CO	THC	Čestice
EURO I, 1993.	8,0	4,5	1,1	0,36
EURO II, 1996.	7,0	4,0	1,1	0,15
EURO III, 1999.?	5,0	2,0	0,6	0,10

na malim prostorima koristi veliki broj vozila, po pravilu, pri malim prosečnim brzinama, udeo vozila u ukupnom zagađenju okoline znatno prelazi 50, pa i 80% [4, 8].

Zbog toga se emisija štetnih sastojaka u izduvnim gasovima motornih vozila reguliše nacionalnim i međunarodnim propisima [4, 9, 17]. Za nas su posebno važni pravilnici Evropske zajednice (EEC) i Ekonomske komisije

Vehicles). Zahtevi LEV i ULEV izraženi u gramima po jednoj milji prikazani su u tabeli 2 (NMHC su ugljovodonici bez metana).

Zagađenje okoline izduvnim gasovima motornih vozila može se posmatrati sa lokalnog i regionalnog nivoa, kao i u pogledu uticaja na globalno zagrevanje atmosfere i probleme koji su sa tim povezani (porast srednje globalne temperature) [17].

Lokalna zagađenja vezuju se za urbane sredine, gradove i naseljena mesta, kao i za prilazne puteve gradovima. U ovom slučaju problemi su ve-

* Rešenja ovih problema traže se i u novim sistemima pogona vozila, posebno u razvoju električnih i hibridnih vozila različitih konfiguracija i koncepcija. Iako i ovi prilazi zaslužuju punu pažnju, u ovom radu se neće analizirati.

Dozvoljeni sadržaj štetnih sastojaka u izduvnim gasovima prema američkim propisima

Standard	NMHC		CO		NOx	
	putnička	laka teretna	putnička	laka teretna	putnička	laka teretna
'89/90/92	0,401	0,801	3,364	9,932	0,993	1,762
LEV	0,075	0,100	3,400	4,400	0,200	0,400
ULEV	0,040	0,050	1,700	2,200	0,200	0,400

zani za komfor-udobnost (miris, prašina, prljavština i buka) i zdravlje (olovo, CO, HC, oksidi azota i čestice — čađ). Toksični efekti u ovom pogledu su direktni (nadražujući, smetnje) i »dugoročni« (akumulirajući). Direktni toksične efekte izazivaju CO, NOx čestice, aldehidi i ozon (O₃) (koji se ne emituje direktno već se formira fotohemijskim reakcijama između NOx i ugljovodonika). Dugoročno djelujući toksični efekti posle dužeg vremena izazivaju rak. U ove supstance spadaju polinuklearni aromatični hidrokarbonati (PAH), benzen-toulen-ksilen (BTX) i najniži aldehidi.

U pogledu toksičnih efekata benzin i dizel gorivo imaju različita područja najvećih emisija, ali oba ova goriva su uvek najlošija. Dizel gorivo ima daleko najveću emisiju direktnih i dugoročnih toksičnih efekata (izuzev emisije BTX). Veličina emisije dizel goriva, kada je ona najveća, deset puta je veća nego kod drugih goriva. U sprovedenim testovima (TNO Holandija, 1993. i VTT Finska, 1996) komprimovani prirodni gas bez izuzetka ima najmanju emisiju toksičnih komponenta, pri stabilnoj spoljnoj temperaturi od 22°C (pri opadanju temperature emisija toksičnih efekata raste, ali kod prirodnog gasa manje nego kod drugih goriva) [17]. Istovremeno, prirodni gas ima najveću emisiju ugljovodonika (koja, takođe, raste sa padom tempe-

rature), što je, pre svega, rezultat visokog sadržaja metana. Metan, međutim, nije toksičan tako da ova činjenica ne zaslužuje veću pažnju.

Izduvni gasovi motora utiču i na regionalno zagađenje emisijom »kiselih« gasova, posebno NOx i HC koji dovode do formiranja ozona. Kiseli gasovi utiču na zagađenje površinskih voda, vazduha i zemljišta, izazivajući štete vegetaciji i životinjskom svetu. Dokazano je da i ozon nepovoljno utiče na vegetaciju. Pošto su kiseli gasovi i ozon praktično stabilni, oni mogu da izazovu zagađenje i daleko od izvora emisije.

Emisija kiselih gasova (SOx i NOx), izraženih kao ekvivalent NO₂ u g/km i relativno u odnosu na benzin (100%), i dizel gorivo (100%), kao tipična goriva za putnička vozila i autobuse, prikazana je u tabeli 3. Može se uočiti da je u ovom pogledu komprimovani prirodni gas (KPG) bolji od benzina, i mnogo bolji od dizel goriva. Interesantno je da je benzin nešto bolji od tečnog prirodnog gasa (TPG).

Izduvni gasovi motornih vozila utiču i na globalno zagrevanje atmosfere, što je danas veoma aktuelan i ozbiljan problem. Naime, Zemljina atmosfera se sastoji i od prirodnog sloja gasova »staklene bašte« po spoljnim prečnicima. Ovaj sloj podiže srednju temperaturu od -18°C na podnošljivih 15°C. Aktivnosti ljudi u prošla dva ve-

ka zasnovane su na korišćenju ugljovodonika za energiju. Zbog toga se količina »gasova staklene bašte« u atmosferi povećala, i očekuje se da će to izazvati povećanje srednje globalne temperature. Najvažniji od ovih gasova je CO₂ ali značajni su i drugi gasovi, kao što su N₂O, CH₄ i hlorofluorougljovodonici. Drugi gasovi koji direktno doprinose efektu »staklene bašte« zbog svojih hemijskih transformacija u atmosferi su NMHC (nemetanski ugljovodonici), CO i NO_x.

Transportni sektor znatno doprinosi emisiji gasova »staklene bašte«, i to neposredno, zavisno od vrste goriva. Iz tabele 4 se vidi da je i u ovom pogledu komprimovani prirodni gas

(KPG) bolji od benzina i dizel goriva, pa i od prirodnog gasa u tečnom obliku (TPG). Podaci su dati u apsolutnim iznosima i relativno u odnosu na benzin, kao tipično gorivo putničkih vozila, tj. u odnosu na dizel gorivo, kao tipično gorivo gradskih autobusa.

Potrošnja goriva za pogon motornih vozila

Poznato je da je sektor transporta jedan od najvećih potrošača energije i da se najveće potrošnje ostvaruju baš u drumskom saobraćaju, odnosno za pogon raznih vrsta motornih vozila. To se dobro vidi iz podataka koje je nedavno publikovala Asocijacija AIT

Tabela 3
Emisija »kiseli« gasova za različita goriva

Gorivo	Putnička vozila		Gradski autobusi	
	g/km	%	g/km	%
KPG	0,5	80	6	35
Benzin	0,6	100	—	—
TPG	0,7	120	6	35
Dizel gorivo	—	—	18	100

Tabela 4
Emisija gasova »staklene bašte« za različita goriva

Gorivo	Putnička vozila		Gradski autobusi	
	g/km	%	g/km	%
KPG	230	70	1400	88
Benzin	350	100	—	—
TPG	300	90	1500	94
Dizel gorivo	—	—	1600	100

(Međunarodna asocijacija za turizam). Podaci se odnose na 1994. godinu, a potiču od OECD i IRF [2]. Izvod iz ovih pregleda (samo za neke zemlje) dat je u tabeli 5. Ona prikazuje ukupnu potrošnju energije u navedenim zemljama (bez proizvodnje i potrošnje električne energije), kao i raspodelu potrošnje e-

nergije u sektorima industrije i transporta i u grupaciji ostalih potrošača (grejanje, komunalne delatnosti, itd.). Potrošnja energije izražena je u milionima tona ekvivalentne nafte.

Iz tabele 5 se vidi da se od ukupne potrošnje energije u pojedinim zemljama u transportu koristi od 20% (Belgi-

Tabela 5

Potrošnja energije po sektorima u milionima tona ekvivalentne nafte (bez električne energije)

Zemlja	Ukupno	Industrija	Transport	Ostalo
Australija	64,23	26,82	24,07	13,35
Austrija	23,10	7,42	6,22	9,46
Belgija	37,60	15,62	8,73	13,25
Kanada	172,71	66,17	47,45	59,10
Danska	15,16	3,13	4,72	7,31
Finska	23,76	11,64	4,25	7,87
Francuska	158,47	47,64	46,50	64,32
Nemačka	242,32	82,98	63,75	95,85
Grčka	15,59	3,99	6,67	4,93
Italija	120,05	44,41	38,24	37,40
Japan	336,56	155,38	84,27	96,92
Holandija	54,98	21,47	12,09	21,41
Norveška	18,59	7,82	4,77	5,99
Portugal	14,10	6,12	4,85	3,13
Španija	67,23	26,07	26,63	14,53
Švedska	35,28	13,97	7,81	13,51
Švajcarska	19,66	3,99	6,60	9,07
Turska	44,71	14,96	11,04	18,71
Engleska	157,68	49,42	48,36	59,89
SAD	1375,22	411,07	534,78	429,36

ja 23%, Japan 25%, Francuska 29%), pa čak i preko 40% (Grčka 42%, SAD 38,8%, Španija 40%). Interesantno je da se u nekoliko zemalja (Danska, Grčka, SAD, Španija) na transport troši više energije nego u ukupnom sektoru industrije (u Grčkoj čak 1,67 puta više). Isto tako, veoma je indikativno da se praktično u svim zemljama udeo potrošnje energije u saobraćaju stalno povećava. U 1987. godini, na primer, transport je u SAD trošio 35,4%, u Belgiji 20,1%, u Francuskoj 26%, u Španiji 33,6% energije [3]. Očekuje se da će se ove tendencije nastaviti i u narednim godinama.

Sa stanovišta učešća drumskog saobraćaja, odnosno motornih vozila, veoma su indikativni i podaci prikazani u tabeli 6 za nekoliko odabranih zemalja. Podaci za ukupnu potrošnju benzina i dizel goriva dati su u metričkim tonama [2].

Kao što se vidi, naftini derivati — benzin i dizel gorivo, koriste se pretežno samo u motornim vozilima. U mnogim zemljama (Portugal, Španija, Velika Britanija i dr.) benzin se isključivo koristi u motornim vozilima, a u ostalim zemljama drugi potrošači učestvuju samo sa 2 do 5%. U slučaju dizel goriva situacija je nešto drugačija. Ovo

Tabela 6

Učešće motornih vozila u potrošnji benzina i dizel goriva

Zemlja	Benzin		Dizel gorivo	
	Ukupno	Motorna vozila %	Ukupno	Motorna vozila %
Austrija	2 483	95	2 700	70
Finska	1 918	98	1 487	100
Francuska	16 300	98,6	21 900	98
Nemačka	29 801	97,5	25 549	84
Grčka	2 686	98	4 356	48
Japan	37 667	99,7	36 413	95,5
Holandija	4 969	96	4 102	98
Norveška	1 147	98	1 485	100
Portugal	1 852	100	2 881	80
Švajcarska	3 703	98	1 123	70
Španija	9 843	100	10 508	67,8
Švedska	5 589	100	3 044	60
Turska	3 556	100	7 645	64,2
Engleska	22 842	100	12 914	100
SAD	326 297	97	74 726	—

gorivo se koristi u motornim vozilima u proseku oko 70%, mada ima zemalja gde u ukupnoj potrošnji dizel goriva motorna vozila učestvuju sa preko 90% (Francuska, Holandija), pa čak i sa 100% (Finska, Norveška, Velika Britanija). I ove cifre znatno su veće nego u prethodnim godinama. Tako je u 1983. godini potrošnja benzina za pogon motornih vozila u Japanu iznosila 26876 t, u Engleskoj 19247 t, u Nemačkoj 22463 t, a u SAD 272716 t, itd. [3].

Sve prognoze pokazuju da će se u narednim godinama, uporedo sa daljim razvojem tehnologija i ukupnih privrednih aktivnosti, nastaviti stalni porast drumskog saobraćaja, koji će i nadalje preuzimati najveći deo ukupnog prevoza ljudi i roba (i posle 2000. godine oko 90%) [1]. To će zahtevati i sve više energije, odnosno sve veću potrošnju energenata. Iako se predviđa da će zbog razvoja tehnologije potrošnja energije u proizvodnim sistemima, i pored većih obima proizvodnje u narednim godinama, uglavnom stagnirati, procenjuje se da će se zbog sve većih zahteva široke potrošnje i posebno zbog sve većih zahteva za prevoz roba i ljudi tražnja za energijom do kraja ovog i na početku sledećeg veka stalno povećavati za oko 1,5 do 2% godišnje. To znači da će se u periodu od 2000. do 2050. godine potrebe za energijom više nego udvostručiti [4, 5].

Uzimajući u obzir danas dokazane i pretpostavljene rezerve fosilnih goriva, može se proceniti da bi do polovine sledećeg veka sektor saobraćaja i transportnih sredstava bio uglavnom energetski zadovoljen, ali svakako ne i posle 2050. godine, kada bi samo sa današnjim gorivima nastupila nova energetska kriza.

Alternativna goriva za motore sa unutrašnjim sagorevanjem

Već niz godina istražuju se alternativna goriva za pogon motora sa unutrašnjim sagorevanjem. U vezi s tim, velika pažnja poklanja se vodoniku, koji po mnogim svojstvima nesporno predstavlja najbolju alternativu naftinim derivatima. Međutim, primena vodonika za pogon vozila još uvek je onemogućena tehničko-tehnološkim razlozima, vezanim za proizvodnju i skliranje tečnog vodonika u potrebnom obliku. Očekuje se da će se ovi problemi rešiti u narednih 20 do 30 godina, tako da se sa vodonikom kao alternativnim gorivom može eventualno računati tek posle 2030. godine [4].

Propan-butan gas koristi se u otto motorima već mnogo godina. Ovo gorivo dobija se preradom sirove nafte, što me rešava problem očekivanih manjkova energije. Pored toga, propan-butan je kao gorivo za pogon vozila

Tabela 7

Bezbednosno-ekološke osobine goriva za motore sa unutrašnjim sagorevanjem

Gorivo	Vidljivost plamena	Paljenje pare u rezervoaru	Rizik detonacije	Toksičnost	Zagađenje voda	Zagađenje vazduha
Etanol	1	2	2	2	1	2
Metanol	3	2	2	3	3	2
Metan	0	0	1	0	0	1
Propan	0	0	3	1	1	1
Benzin	0	0	3	2	2	3

relativno opasan, pošto je teži od vazduha i pri svakom curenju iz rezervoara lako može da dođe do zapaljenja. U tabeli 7 prikazane su najvažnije bezbednosno-ekološke osobine goriva za motore sa unutrašnjim sagorevanjem (prema podacima firme SULZER), gde »0« označava najbolja svojstva (bez rizika), »1« je mali, »2« umereni, a »3« veliki rizik.

Etanol i metanol su alkoholna goriva, slična po svojim svojstvima, a koriste se već niz godina, posebno u nekim zemljama, kako za otto tako i za dizel motore. Ova goriva, međutim, imaju prilično loše bezbednosno-ekološke osobine, a sa stanovišta troškova proizvodnje ne mogu da konkurišu drugim alternativnim gorivima.

Slična je situacija i sa biogasom. Realne mogućnosti za proizvodnju ovih goriva sasvim su ograničene, a zahtevaju i relativno značajni utrošak energije u proizvodnom procesu. Zbog toga se ne očekuje da će biogas imati veći značaj, čak ni u slučaju izrazite nestišice nafte, osim u sektoru poljoprivrede [4].

Prirodni gas za pogon motornih vozila

Za razliku od drugih alternativnih goriva, prirodni gas, odnosno metan, zbog više svojih osobina, a pre svega zbog veoma velikih rezervi u mnogim zemljama sveta (posebno u Rusiji, Kanadi, Americi i dr.) privlači izuzetnu pažnju ne samo za pogon vozila već i za mnoge druge namene (industrija, grejanje, itd.). Kada je reč o vozilima, primena prirodnog gasa kao alternativnog goriva više je nego izvesna. To pokazuju ne samo istraživanja već i mnogi ostvareni razvojni rezultati [8, 9, 10, 11, 12, 13, 15]. Opšta je ocena da je, pored vodonika, prirodni gas najbolja alternativa naftnim derivatima, energent koji će u narednom veku imati veoma istaknut značaj [14]. Zato se u mnogim zemljama na ovim programima intenzivno radi i već ima dosta

praktičnih rezultata. Veoma je razvijena i međunarodna saradnja (Evropska i Međunarodna asocijacija za vozila na prirodni gas — EANGV i IANGV i dr.). Prirodni gas ima i veoma povoljna bezbednosno-ekološka svojstva. Iz tabele 7 se vidi da je ovo gorivo praktično sasvim bezopasno, sa malim rizicima od zapaljenja vozila, a i ekološki je bolje od svih drugih alternativa.

Prirodni gas može se koristiti kao gorivo u dva osnovna oblika: sabijen na oko 200 bara (tzv. KPG ili engl. CNG — Compressed Natural Gas) ili u tečnom stanju, odnosno »utečnjen«, što znači da mora biti rashlađen na oko -180°C (tzv. TPG ili engl. LNG — Liquefied Natural Gas). Poslednjih nekoliko godina intenzivno se radi na tehnologiji apsorbovanja prirodnog gasa pomoću posebnih absorbenata (tzv. APG ili engl. ANG — Absorbed Natural Gas). Iako korišćenje TPG ima izvesne prednosti, pošto omogućava lakši prelaz na vodonik kao gorivo motora sa unutrašnjim sagorevanjem (koji, takođe, treba da se rashlađuje na veoma niskim temperaturama), u motornim vozilima se danas pretežno koristi KPG. Primena APG je tek počela, demonstracijom na dva vozila u SAD. Ali, i u ove tehnologije se dosta ulaže, pošto se na taj način omogućavaju manji pritisci sabijanja gasa (ranga 30 do 40 bara), a time i slobodnije oblikovanje rezervoara gasa, koji se može lakše ugraditi u vozilo, ne ugrožavajući u većem stepenu korisni prostor (za putnike, teret, prtljag) [17].

Komprimovani prirodni gas se sve više koristi za pogon motornih vozila. Praktično, sve automobilske kompanije razvile su jedan ili više tipova vozila na prirodni gas, mada samo njih nekoliko ova vozila nude tržištu na komercijalnoj osnovi. Ocena je da je tražnja za ovim vozilima još uvek mala, zbog nedovoljnog poznavanja njihovih prednosti, odnosno slabe promocije, posebno od gasne industrije, nedovoljno razvijene regulative u pogledu zaštite okoline, ali i fiskalne politike i tako nedovoljne zainteresovanosti korisnika

vozila. Ipak, i pored ovih ograničenja broj vozila na prirodni gas stalno raste. U 1996. godini ocenjeno je da u 47 zemalja ima preko milion vozila na prirodni gas (od toga u Argentini 385500, Italiji 290000, Rusiji 205000) i preko 3500 kompresorskih stanica za punjenje vozila prirodnim gasom (od toga samo u Americi preko 1100) [17].

Skoro svi veliki svetski proizvođači rade i na razvoju teških teretnih i drugih privrednih vozila na KPG, što je praćeno i razvojem odgovarajuće infrastrukture [15, 17]. Na INTERNETU se danas mogu naći katalogi sa podacima za više desetina privrednih, putničkih i specijalnih vozila na prirodni gas, posebno autobusa, dostavnih i putničkih vozila, vozila za aerodromske servise, industrijska vozila, itd., koja se proizvode u praktično svim razvijenim zemljama i nude tržištu ne sama razvijenog sveta, već i zemljama u razvoju (sistem napojnih stanica za vozila je u izgradnji i u Hrvatskoj [20]. Očekuje se primena KPG i kod poljoprivrednih traktora, traktora za građevinarstvo i kod drugih radnih vozila [8, 14]. Intenzivno se radi na primeni prirodnog gasa i za druga transportna sredstva (avioni, brodovi, železnica) [16].

Pogon na KPG rešava se na više načina. Ako su u vozila ugrađeni benzinski motori adaptacija je jednostavna i omogućava alternativni rad na jedno ili drugo gorivo. Za dizel motore, međutim, s obzirom na to da prirodni gas nema svojstva samopaljenja, ide se ili na zamenu motora čisto gasnim motorom, sa električnim paljenjem smeše gasa i vazduha, ili na tzv. »dvo-gorive« motore, koji rade sa smešom dizel goriva i gasa (obično 10 do 20% dizel goriva i 80 do 90% prirodnog gasa) [8]. Iako su gasni motori znatno povoljniji sa ekološkog stanovišta, pa se zbog toga sve više i primenjuju za pogon vozila, prerada postojećih dizel motora na sistem »dvo-gorivih« motora omogućava relativno brže i bezbolnije uvođenje prirodnog gasa, uz veću fleksibilnost i manje razvojne traškove.

Korišćenje prirodnog gasa u Jugoslaviji

Prirodni gas se već niz godina koristi u Jugoslaviji, kao energent i sirovina za hemijsku industriju. Izgradnjom gasovodne mreže u Vojvodini i centralnoj Srbiji omogućena je znatno veća potrošnja prirodnog gasa u Srbiji. Od sredine sedamdesetih godina do raspada SFRJ potrošnja prirodnog gasa u Srbiji porasla je za skoro četiri puta — od 780 na skoro 2800 miliona m³ godišnje, da bi u periodu sankcija, tokom 1993. godine, ponovo pala na oko 1000 miliona m³. Poslednje tri godine potrošnja ponovo blago raste, približavajući se količini od oko 2000 miliona m³ [8].

U potrošnji prirodnog gasa u Srbiji jednim delom učestvuje i gas iz domaćih nalazišta, koja su locirana u Vojvodini (gde se gas proizvodi i koristi preko četiri decenije). Proizvodnja prirodnog gasa u Srbiji se već više od dve decenije održava približno na istom nivou, od 750 do 800 miliona m³. To znači da je u proteklim godinama domaći gas zadovoljavao 30% (u godinama najveće potrošnje) do 50% potreba (u poslednjim godinama), dostižući najveće učešće u vreme sankcija i zabrane uvoza (čak do 80%). Raspoloživi potencijali prirodnog gasa ne omogućavaju veću domaću proizvodnju, tako da se i u godinama koje slede potrebe moraju zadovoljavati uvozom, i to zbog očekivanog porasta potrošnje još u većem obimu (oko 75% potrošnje). To, međutim, u normalnim tržišnim uslovima, ne bi trebalo da stvara probleme. Tome u prilog ide i nedavno potpisani dugoročni ugovor sa Rusijom, čije su rezerve prirodnog gasa izuzetno velike, kojim se Jugoslaviji garantuje uvoz do 7 milijardi m³ prirodnog gasa godišnje, što će zadovoljiti potrebe u dužem periodu, uključujući i potrošnju u drumskom i, eventualno, drugim vidovima saobraćaja. Pri tome treba imati u vidu i dalji razvoj gasovoda u Rusiji i njegovo povezivanje sa gasovodima Bliskog i Srednjeg istoka [8].

Za veću potrošnju gasa u Jugoslaviji nužno je da se dalje razvija sistem gasovoda i da se on bolje poveže sa gasovodima susednih zemalja. U ovom pravcu već se čine potrebni koraci. U svojenim investicionim programima NIS-GAS-a i NIS-ENERGOGAS-a na postojeću gasovodnu magistralnu mrežu dograđiće se mreža razvodnih gasovoda, čime će se znatno povećati broj gasificiranih gradova i naselja u Srbiji. Smatra se da će se u Srbiji do 2010. godine izgraditi još 1537 km gasovoda, tako da će ukupna dužina svih (magistralnih, dovodnih i razvodnih) gasovoda biti preko 3000 km. Pri tome će se transportni kapacitet sa današnjih 3,8 povećati do 2000. godine na 7,1 milijardi m³ gasa godišnje. Izgradnja gasovoda planira se i u Crnoj Gori. Osim toga, radi izravnjavanja neravnomerne potrošnje i ravnomerne proizvodnje, odnosno kontinualnog uvoza, u planu je i izgradnja podzemnog skladišta prirodnog gasa, koji će u 2000. godini imati kapacitet 850 miliona m³. Porast potrošnje prirodnog gasa dovešće do potrebe da se izgrade i druga skladišta, kapaciteta oko 1 milijarde m³. Svi ovi planovi vezani su, prema predviđanjima Naftne industrije Srbije, za očekivani porast potrošnje prirodnog gasa u Jugoslaviji u narednim godinama (tabela 8) [8].

Po ovako ocenjenoj potrošnji prirodni gas će imati veće stope rasta od svih drugih primarnih energenata u našoj zemlji, što će povoljno uticati na ukupne energetske bilanse i zaštitu životne sredine. Ove prognoze, međutim, nisu obuhvatile primenu prirodnog gasa za pogon motornih vozila, odnosno

u saobraćajnom sistemu Jugoslavije. Velika je verovatnoća da će se i u ovom pravcu uskoro učiniti pozitivni pomaci, što će, svakako, znatno uticati na ukupnu energetska situaciju u zemlji, pa i na planiranu potrošnju prirodnog gasa.

Primena prirodnog gasa za pogon motornih vozila u našoj zemlji

Pre više od dve godine Naftna industrija Srbije i njene članice ENER-GOGAS iz Beograda i NIS-GAS iz Novog Sada, preko Udruženja za gas i gasnu tehniku, započela je istraživanje mogućnosti primene prirodnog gasa u saobraćaju u Srbiji. Rezultati ovih prvih istraživanja [8] nedvosmisleno su ukazali da je primena prirodnog gasa za pogon motornih vozila ne samo opravdana već i izrazito korisna, kako sa ekološkog, tako i sa energetskog stanovišta. Pokazano je da se na taj način najefikasnije i najracionalnije mogu rešiti ozbiljni problemi zagađenja okoline, posebno u urbanim sredinama, uz povoljne energetske i ukupne ekonomske efekte. Polazeći od ovih zaključaka, neposredno zainteresovana preduzeća, uz podršku Privredne komore Jugoslavije, pokrenula su projekte za realizaciju ovih zadataka. Iako u sasvim početnim fazama, dva projekta zaslužuju posebnu pažnju. Reč je o izgradnji pilot-postrojenja u gradskim saobraćajnim preduzećima u Beogradu i Novom Sadu, koja treba neposredno da demonstriraju sve prednosti prirodnog gasa kao alternativnog goriva motora sa unutrašnjim sagorevanjem.

Tabela 8

Planirana potrošnja prirodnog gasa u Jugoslaviji

Godina	1995.	2000.	2005.	2010.	2015.	2020.
Potrošnja (milijardi m ³)	1,7	2,7—3,0	3,5—4,0	4,5—5,0	5,5—6,0	6,5—7,0

Oba pilot-postrojenja imaju nekoliko autobusa na gasni pogon i potrebnu infrastrukturu (kompresorske stanice i drugu opremu). Autobuse će, u saradnji sa izabranim inostranim partnerima, projektovati i proizvesti IKARBUS iz Beograda i NEOBUS iz Novog Sada, ugradnjom gasnih motora isključivo namenjenih radu na komprimovani prirodni gas, rezervoara za komprimovani gas i druge opreme. Sličan projekat planira se i u preduzeću Zastava — kamioni, sa ciljem razvoja dostavnog vozila na komprimovani prirodni gas [19]. Krajnji cilj svih ovih početnih projekata jeste da se u dogledno vreme, u periodu od oko 10 godina, većina gradskih autobusa, komunalnih i dostavnih vozila u svim gradovima Jugoslavije prevede na pogon komprimovanim prirodnim gasom. To podrazumeva da se paralelno izgradi i odgovarajuća infrastruktura, odnosno sistem kompresorskih stanica za napajanje vozila prirodnim gasom.

Da bi ovi poduhvati bili uspešni nužno je da se obezbede odgovarajući uslovi. Pored potrebnih tehnološko-proizvodnih osnova, od presudne je važnosti obezbeđenje snažne podrške saveznih, republičkih i gradskih organa, nadležnih i odgovornih za ekologiju, energetiku i saobraćaj. Nužno je da se na svim nivoima odlučivanja u zemlji stvori svest o neophodnosti primene prirodnog gasa za pogon motornih vozila, kao najefikasnijem i najekonomičnijem načinu za rešavanje sve većih problema zaštite životne sredine, sa svih aspekata posmatranja, uz povoljne energetske i ukupne ekonomske efekte. Podrška države i upravnih organa ne sme biti samo verbalna, već mora uključiti i odgovarajuću regulativu, kako u pogledu standarda i propisa vezanih za zaštitu na radu, bezbednost i opšti kvalitet proizvoda i procesa, tako i u delu fiskalne i cenovne politike, koja bi stimulisala naftnu industriju, proizvođače vozila i opreme i, posebno, korisnike takvih vozila. Pri kreiranju takve politike iskustva drugih zemalja mogu biti od neposredne koristi.

Uvođenje prirodnog gasa za pogon motornih vozila u Vojsci Jugoslavije

Polazeći od realne pretpostavke da će se i u Jugoslaviji, kao i u drugim zemljama, u narednim godinama uvesti i sve više povećavati primena prirodnog gasa za pogon motornih vozila, logično je da se o ovom alternativnom gorivu blagovremeno razmišlja i u Vojsci Jugoslavije. Ima dovoljno osnova da se izradi odgovarajuća prethodna analiza, kako bi se sagledali svi bitni elementi, potrebe i koristi od primene prirodnog gasa za pogon pojedinih vrsta i kategorija neborbenih i borbenih motornih vozila. Pri tome treba usmeriti pažnju na vozila koja danas koriste dizel gorivo, a to je praktično ceo park borbenih i najveći deo neborbenih vozila. Analizom treba obuhvatiti sva značajna pitanja od razvoja, odnosno rekonstrukcije vozila, do potrebnih izmena u sistemu održavanja, snabdevanja i sistema integralnog tehničkog obezbeđenja u celini. Dogradnji pravilnika, standarda i normativa koji regulišu bezbednost i zaštitu na radu, kao i obuci ljudstva, vozača, mehaničara i svih drugih direktnih ili indirektnih učesnika u ovom složenom sistemu, treba, takođe, pokloniti punu pažnju.

Iako je pre izrade početnih studija teško davati konačne ocene, ima osnova za pretpostavku da je uputno početi od izrade projekata za prerađivanje, odnosno rekonstrukciju vozila, tako da mogu da rade na režimu »dvogorivih« motora. Ovako prerađena vozila mogla bi da rade i samo na dizel gorivo, ali bi bila osposobljena da koriste i prirodni gas, s tim što bi se za startovanje i u drugim posebnim režimima koristilo i 10 do 15% dizel goriva. Na taj način ovako rekonstruisana vozila osposobila bi se da koriste prirodni gas u slučajevima nestašice dizel goriva ili u drugim okolnostima koje nameću energetska i druga ograničenja u snabdevanju, posebno u regionima zemlje u kojima treba očekivati veću primenu

prirodnog gasa u saobraćaju. Posle eksperimentalne provere ovih projektnih rešenja pristupilo bi se analizi potrebnih izmena u sistemu ITOb, u svim njegovim segmentima, kao i analizi uticaja na druge značajne elemente.

Opravljanost ove orijentacije temelji se i na činjenici da u našoj zemlji postoji proizvodnja prirodnog gasa koja, iako nedovoljna za ukupne energetske potrebe, u određenim situacijama može da bude presudna za snabdevanje vozila u Vojsci Jugoslavije. Naravno, konačne ocene o svim ovim pitanjima treba da se donesu pošto se detaljno analiziraju svi važni elementi, kako sa stanovišta snabdevanja, energetike, ekologije, tako i sa aspekta doktrine i vojne veštine.

Zaključak

Uvođenje alternativnih goriva za pogon motornih vozila stvarna je potreba, diktirana ekološkim i energetskim razlozima. Od svih alternativa, prirodni gas je u ovom trenutku, a i u godinama koje slede, najpovoljnije al-

ternativno gorivo, što dokazuju i preliminarna istraživanja sprovedena u našoj zemlji, kao i pozitivna iskustva i praksa u drugim zemljama. Prirodni gas ima povoljna ekološka svojstva, stvarajući uslove za zadovoljenje i najstrožih propisa koji regulišu dozvoljene emisije izduvnih gasova motornih vozila. Uz to, prirodni gas ima i nesporne energetske i ekonomske prednosti, zasnovane na velikim rezervama u prirodi i nižim cenama.

Snaga argumenata koji potvrđuju ove stavove sasvim je dovoljna za kreiranje odgovarajuće politike na nivou države i svih nadležnih i posredno ili neposredno zainteresovanih institucija. To se neposredno odnosi i na Vojsku Jugoslavije, koja u okolnostima veće primene prirodnog gasa za pogon motornih vozila u Jugoslaviji mora da obezbedi odgovarajuća rešenja za svoj vozni park. U tom smislu ovaj rad treba shvatiti kao inicijativu za preduzimanje odgovarajućih akcija, a pre svega izradu odgovarajuće prethodne analize, sa elementima studije izvodljivosti za pojedine vrste i kategorije vozila.

Literatura:

- [1] Traffic Growth and Infrastructure Needs in Europe, AIT-FIA Euroconference, Bonn, 1994.
- [2] Evolution of Tourism and the Automobile, Report by the General Secretariat of AIT, Geneva, September 1995.
- [3] Energy Efficiency in Transportation — Alternatives for the Future, United Nations, Dpt. for Dev. Support and Management, Publ. ST/TCD/EB/1, New York, 1993.
- [4] Bertrand, B.: Automobiles, Energy and Environment after 2005, Proc. FISITA Congress/SAE Paper 945111, Beijing, 1994.
- [5] Tichy, von G., Industrie und Energie, Erdöl Erdgas Kohle, No. 12, 1992.
- [6] Patil, P.: Alternative Fuels in Future Vehicles, Automotive Engineering, No. 1, 1996.
- [7] Sierens, R., Rosseel, E.: A Comparison of Alternative Fuels for C.I. Engines, Proc. FISITA Congress/SAE Paper 945147, Beijing/Pittsburg, 1994.
- [8] Mogućnosti primene prirodnog gasa u saobraćaju u Srbiji, Jugoslovensko udruženje za gas i gasnu tehniku, Beograd, 1996.
- [9] Blinge, M., et al.: Environmental Life Cycle Assessment on Natural Gas and Diesel Fuel in City Buses, Proc. The Int. Conf. »Gas in the engines«, Moskva, 1996.
- [10] Frank, G., Brunner, G.: LPG and CNG — Their Use in City Buses and the Effects on the Exhaust Emissions, Proc. FISITA Congress/SAE Paper 945147, Beijing, 1994.
- [11] Mariani, F.: CNG in Italy, Situation and Perspectives, Proc. The Int. Conf. »Gas in the engines«, Moskva, 1996.
- [12] NGV User's Guide, Automotive Engineering, March, Pittsburg, 1994.
- [13] Seisler, J.: NGV Politics: An International Perspective, Proc. The Int. Conf. »Gas in the engines«, Moskva, 1996.
- [14] Perspektivi razvitija, proizvodstva i primenjenija v Rosii motornih topliv i himičkih produktova iz prirodnog gaza do 2010 g., GAZPROM, Moskva, 1996.
- [15] Zwemmer, A.: NGV Refuelling Stations in Europe as well as Worldwide, Proc. The Int. Conf. »Gas in the engines«, Moskva, 1996.
- [16] Gritsenko, A.: Evaluation of the Russian Natural Gas Market for Automotive, Railway and Air Transportation, Proc. The Int. Conf. »Gas in the engines«, Moskva, 1996.
- [17] IGU- 20th World Gas Conf. Proc., Report of Committee K »Utilization of Gases for the Transportation Sector«, Copenhagen, 1997.
- [18] Todorović, J.: Energetska racionalizacija vozila, Zbornik Savetovanja »Racionalno gazdovanje energijom u širokoj potrošnji«, Beograd, 1997.
- [19] Todorović, J., Kokić, M.: Destavno vozilo ZA-STAVA RIVAL na komprimovani prirodni gas, Zbornik Saopštenja »Nauka i motorna vozila«, JUMV, Beograd, 1997.
- [20] Strelec i dr., Plinski priručnik, Zagreb, 1995.

SIMULATOR TEKUĆEG PRIJEMNOG SIGNALA RADARSKOG SENZORA PREPREKA ZA NISKOLETEĆE PLATFORME

Nastavak iz broja 6/97.

UDC: 629.735.052:621.396.963

Rezime:

Razvijeni matematički model i njemu odgovarajući simulacioni model (simulator tekućeg prijemnog signala radarskog senzora prepreka za niskoleteće platforme) verifikovan je kroz osnovna — pilot istraživanja. Ustanovljene su osnovne veze između elektrodinamičkog digitalnog modela terena, brzine i visine leta niskoleteće platforme u modu automatskog praćenja terena, kroz selekciju vidljivih elementarnih površina unutar rezolucionih ćelija, kao i proračun njihovih doprinosa u odbircima tekućeg prijemnog signala na ulazu u prijemnik.

Ključne reči: radarski senzor prepreka, niskoleteće platforme, matematički model, simulator prijemnog signala, odbirak tekućeg prijemnog signala, slučajni procesi, verifikacija modela.

COMPUTER SIMULATION MODEL OBSTACLE RADAR SENSORS FOR LOW-FLYING PLATFORMS

Summary:

A mathematical model has been developed and a corresponding computer simulation model (computer simulation model obstacle radar sensors for low-flying platforms) is verified through elementary pilot researches. It is presented in this paper. The elementary relations between the electrodynamic digital terrain model, speed and height of the flight of a low-flying platform are established through the selection of visual elementary surfaces as well as their contribution to the samples of the current receiving signal at the receiver entrance.

Key words: obstacle radar sensor, low-flying platform, mathematical model, computer simulator received signal, sample of the current receiving signal, causal process, verification models.

Postavke eksperimenta

Radi verifikacije razvijenog simulatora tekućeg prijemnog signala RSP za NLP sprovedeno je niz eksperimenata — simulacija. Kroz osnovna — pilot istraživanja pokazano je koliko je razvijeni simulator pogodan za analizu i sintezu funkcija RSP koje oni obavljaju u sistemima za upravljanje letom NLP.

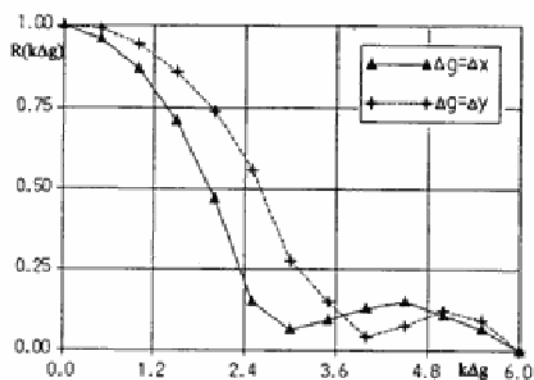
U osnovne i nužne parametre koje treba definisati kod simulatora spada:

- osnovni parametri RSP,
- elektrodinamički DMT sa svojim karakteristikama,
- trajektorije leta i način kretanja NLP, i
- sektor i brzina skeniranja antene.

Za osnovne parametre RSP za NLP uzete su tipične vrednosti iz do-

stupne literature. Simuliran je rad RSP na NLP u modu automatskog praćenja terena sa sledećim osnovnim parametrima: $\lambda=3$ cm, $f_1=3,4$ kHz, $\tau_1=0,2$ μ s, $P_0=300$ W. Snop zračenja antene je igličast, pobuda Gausovog oblika, a dimenzije $\Delta\epsilon=\Delta\beta=1^\circ$ na nivou pola snage.

Simulacije su obavljane na elektrodinamičkom DMT, formiranom po algoritmu datom u [6], sa osnovom na DMV topografske karte sekcije KARLOVAC-3. Iz autokorelacione funkcije reljefa terena određeni su radijusi korelacije u pravcu x i y ose. Sa dijagrama datih na slici 10 vidi se njihova znatna razlika, što znači da nije svejedno u kom pravcu NLP leti.



Sl. 10 — Korelaciona zavisnost visina reljefa terena karte Karlovac-3

Reljef terena aproksimiran je elementarnim površinama dimenzija $\Delta x=3$ m, $\Delta y=4$ m. Karakterizacija raspršivača i dodavanje visina vegetacije i veštačkih objekata na terenu obavljano je po algoritmu datom u [6]. Izvor podataka bila je topografska karta razmere 1:25000. Identifikovano je pet karakterističnih područja sa raspršivačima: niska trava, urbana sredina, asfaltni putevi, niska šuma i zemljište pod ratarskim kulturama. Podaci za $\sigma_0(\theta)$ za raspršivače pohranjeni su u posebnu datoteku sa direktnim pristupom u obliku tabele, a za nisku travu

i šumu vrednosti se generišu pomoću generatora slučajnih brojeva sa: eksponencijalnom, Rajsovom (Rice), log-normalnom, Rejljevom (Rayleigh) ili Vejbulovom (Weibull) funkcijom raspodele. Fluktuacije amplituda simulirane su generatorima slučajnih brojeva na osnovu navedenih funkcija raspodele, zavisno od identifikacionog broja raspršivača koji se nalazi na određenoj elementarnoj površini.

Trajektorija leta NLP definisana je preko početne i krajnje tačke. Podrazumeva se da je RSP čvrsto vezan za NLP i predstavlja jednu elementarnu tačku. Pored toga, NLP leti pravolinijski, jednolikom brzinom ($V_1=\text{const.}$), na konstantnoj visini iznad srednje vrednosti visine elektrodinamičkog DMT ($h_0=\text{const.}$). Radi izbegavanja »udara« o prepreke na terenu u model je ugrađen i potprogram koji simulira rad sistema za automatsko upravljanje letom NLP. Zavisno od zadate brzine leta, svakih $k_1 \cdot T_1$ proverava se razlika između h_i i h_0 . Ukoliko je zadovoljen uslov $h_0 - h_i \geq 0,1 \cdot h_0$ vrednost h_0 se povećava za 10%. Iznosi koeficijenta k_1 u odnosu na tipične brzine leta, dati su u tabeli 1. Pretpostavka je da NLP za $k_1 \cdot T_1$ pređe put od $\sim 5 \cdot \Delta x$.

Tabela 1

$V_1(\text{km/h})$	500	600	700	800	900
k_1	375	300	265	230	200

Snop zračenja antene, s obzirom na to da je simuliran rad RSP za NLP u modu automatskog praćenja terena, skanira sektorski po elevaciji. Tipične granične vrednosti za ove RSP su: $\epsilon_d = -15^\circ$ i $\epsilon_g = 10^\circ$ oko horizontalne ravni leta $\epsilon=0^\circ$, dok je brzina skaniranja $\Omega=360^\circ/\text{s}$.

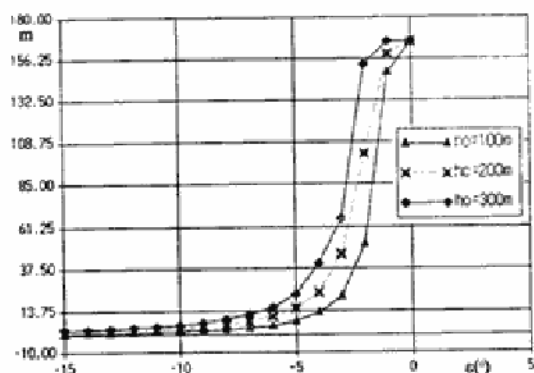
Neki rezultati eksperimenata

Karakteristike tekućeg prijemnog signala zavise od: osobina terena, broja elementarnih površina u rezolucionim ćelijama, vrednosti upadnih uglova elektromagnetskih talasa na elementarne površine, karakteristika RSP, parametara snopa zračenja antene i načina skeniranja antene.

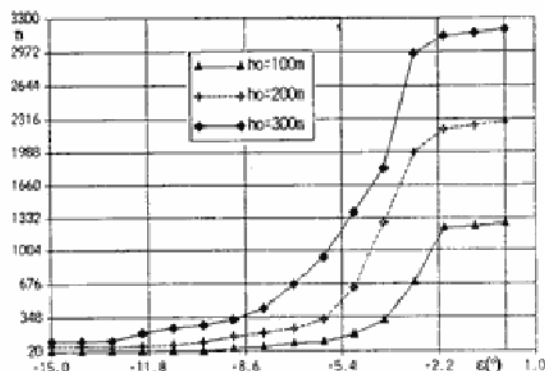
Da bi se testirao rad razvijenog simulatora odbiraka tekućeg prijemnog signala RSP za NLP sprovedena je simulacija na nekoliko proizvoljno odabranih trajektorija leta. Proizvoljan izbor trajektorija izvršen je preko slobodno izabranog pravca i visina leta ($h_0 = 100$ m, 200 m i 300 m). Rezultati dobijeni simulacijom odbiraka tekućeg prijemnog signala prikazani su na slikama 11 do 19.

U zavisnosti od nagiba antene po elevaciji $\varepsilon(t)$, odnosno njenog snopa zračenja, presek DMT sa njim sadrži različit broj rezolucionih ćelija (m). Dijagrami koji pokazuju zavisnost broja osvetljenih rezolucionih ćelija od ugla nagiba antene prikazani su na slici 11, gde je visina leta NLP (h_0) argument.

Zavisnost broja vidljivih elementarnih površina (n), u osvetljenim rezolucionim ćelijama (m), od ugla antene i visine leta NLP, prikazana je na slici 12.

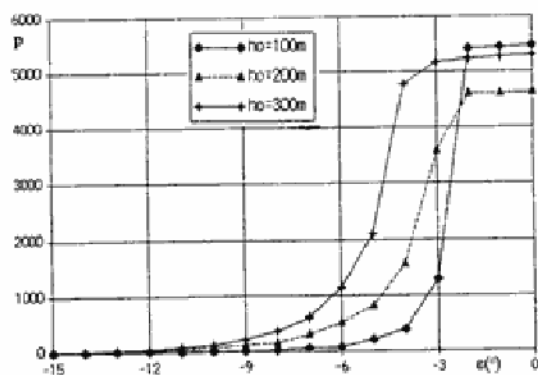


Sl. 11 — Broj osvetljenih rezolucionih ćelija u zavisnosti od ugla nagiba antene i visine leta NLP



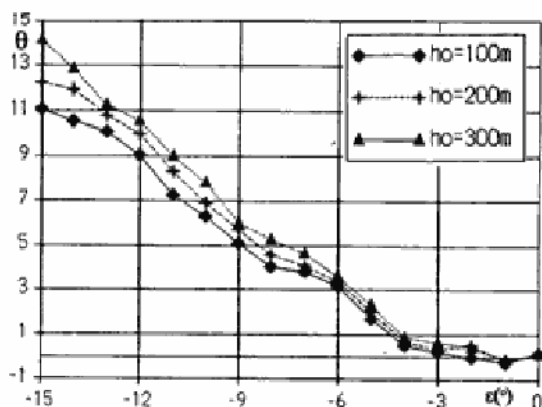
Sl. 12 — Broj vidljivih elementarnih površina u osvetljenim rezolucionim ćelijama u zavisnosti od ugla nagiba snopa zračenja antene

Dijagrami pokazuju da broj vidljivih elementarnih površina u osvetljenim radarskim rezolucionim ćelijama, smanjenjem ugla nagiba antene i povećanjem visine leta, raste. Nagli rast nastaje u oblasti tzv. malih uglova nagiba ($> -6^{\circ}$). Međutim, smanjenjem ugla nagiba antene, još brži je rast broja nevidljivih elementarnih površina, odnosno broja elementarnih površina u »senci«, što pokazuju dijagrami na slici 13. U sprovedenim simulacijama broj vidljivih, odnosno nevidljivih elementarnih površina elektrodinamičkog DMT određivan je do 5 km njihove udaljenosti od NLP.



Sl. 13 — Broj nevidljivih elementarnih površina u osvetljenim rezolucionim ćelijama, u zavisnosti od ugla nagiba snopa zračenja antene

Dijagrami koji pokazuju zavisnost srednjih vrednosti upadnih uglova elektromagnetskih talasa na vidljive elementarne površine DMT unutar osvetljenih rezolucionih ćelija, u odnosu na ugao nagiba snopa zračenja antene i visinu leta NLP, dati su na slici 14.

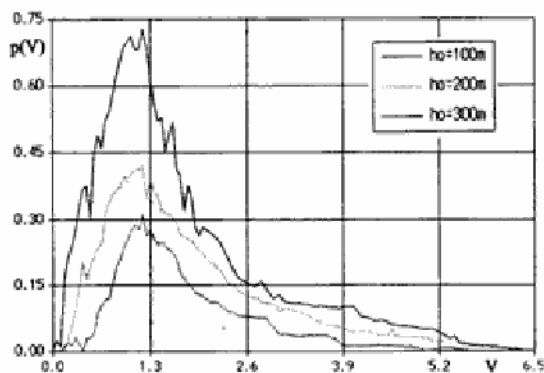


Sl. 14 — Srednja vrednost upadnih uglova elektromagnetskih talasa na elementarne površine rezolucionih ćelija u zavisnosti od ugla nagiba snopa zračenja antene i visine leta NLP

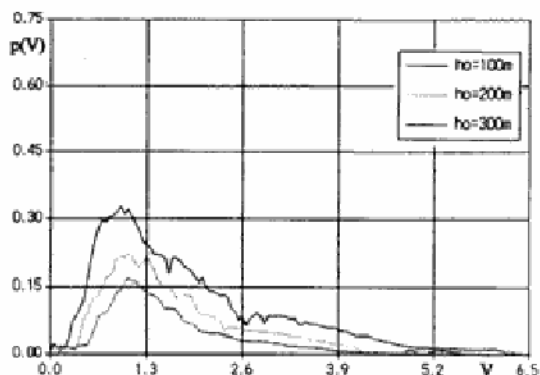
Oni jasno pokazuju postojanje jake korelacije između uglova nagiba i srednje vrednosti upadnih uglova. Međutim, smanjenjem ugla nagiba antene, a pogotovo na prelazu u oblast malih uglova nagiba, zavisnost srednje vrednosti upadnih uglova u odnosu na visinu leta NLP slabi ili skoro potpuno prestaje. Srednje vrednosti upadnih uglova dobijene su usrednjavanjem dobijenih upadnih uglova za proizvoljno odabrane trajektorije i visine leta NLP, iznad konkretnog elektrodinamičkog DMT i proizvoljno odabrane vrednosti uglova nagiba antene ($\epsilon = -15^\circ, -9^\circ, -4^\circ, -2^\circ$ i 0°). Kako se radi o sasvim proizvoljno izabranim trajektorijama leta i uglovima nagiba antene, očigledno je da bi svaki novi izbor dao nove vrednosti srednjih upadnih uglova.

Na slikama 15 do 19 date su funkcije gustine verovatnoće amplituda za različite vrednosti nagibnih uglova snopa zračenja antene i različite visine leta NLP ($h_0 = 100\text{ m}, 200\text{ m}$ i 300 m).

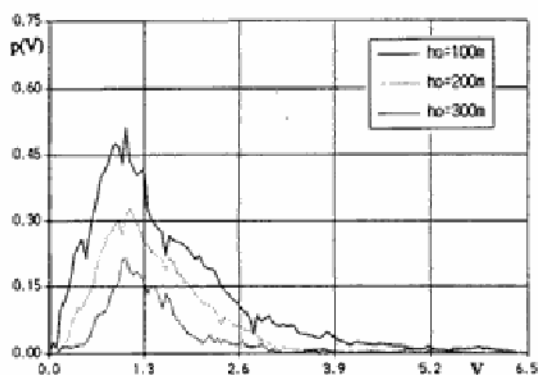
Sprovedena pilot istraživanja pokazuju da simulator funkcioniše, da su uspostavljene osnovne veze između dva simulaciona modela: RSP za NLP i elektrodinamičkog DMT. Međutim, rezultati simulacija samo ukazuju na vezu između funkcija gustoće amplituda signala i slučajnih faktora koji s najvećom težinom utiču na nju: trajektorija NLP, visina i brzina leta NLP, sektor i ravan skanirane antene, teren iznad kojeg NLP leti, parametri RSP, itd.



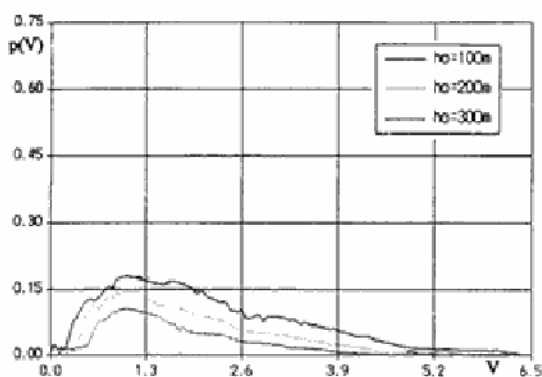
Sl. 15 — Funkcija gustine verovatnoće amplituda odmeraka tekućeg prijemnog signala za ugao nagiba antene $\epsilon = -15^\circ$



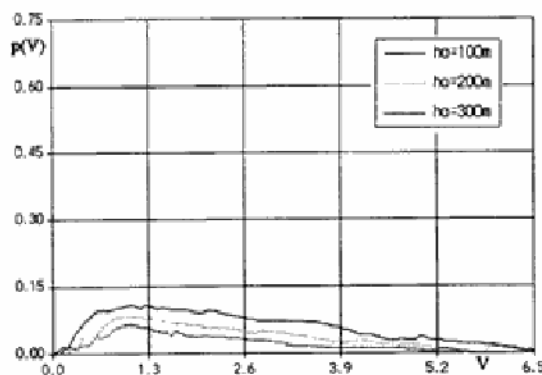
Sl. 16 — Funkcija gustine verovatnoće amplituda odmeraka tekućeg prijemnog signala za ugao nagiba antene $\epsilon = -9^\circ$



Sl. 17 — Funkcija gustine verovatnoće amplituda odmeraka tekućeg prijemnog signala za ugao nagiba antene $\varepsilon = -4^\circ$



Sl. 18 — Funkcija gustine verovatnoće amplituda odmeraka tekućeg prijemnog signala za ugao nagiba antene $\varepsilon = -2^\circ$



Sl. 19 — Funkcija gustine verovatnoće amplituda odmeraka tekućeg prijemnog signala za ugao nagiba antene $\varepsilon = 0^\circ$

Očigledno je da, s obzirom na navedene slučajne faktore, simulacija odbiraka tekućeg prijemnog signala pra-

klično predstavlja generisanje odbiraka slučajnih procesa. Jasno je da će svaka nova realizacija simulacionog programa dati nove rezultate.

Pravi rezultati simulacije, koji bi bili uporedivi sa odgovarajućim teoretskim ili izmerenim vrednostima, dobili bi se tek usrednjavanjem velikog broja takvih realizacija. Ovom prilikom to nije rađeno, jer to nije bio krajnji cilj, a i vreme potrebno za sprovođenje simulacije za pređeni put NLP od 8 km dugo traje. Na računaru tipa PC-386/40 MHz to vreme je iznosilo oko 22 časa.

Zaključak

U radu je opisan simulacioni model RSP za NLP koji je zasnovan na principu njihovog funkcionisanja. Kako je odbirak tekućeg prijemnog signala RSP na NLP određen trenutnim uzajamnim položajem snopa zračenja antene i elementarnih raspršivača-površina terena, to se u svakom momentu vremena t_{vm} formira m odbiraka tekućeg prijemnog signala, pri čemu u formiranju svakog od njih učestvuje n elementarnih površina. Sve vidljive elementarne površine iz osvetljene oblasti formiraju m jedinstvenih raspršnih površina ΔS_m — radarskih rezolucionić ćelija. Vrednosti elementarnih signala dobijaju se na osnovu podataka sadržanih u elektrodinamičkom DMT — bazi podataka o raspršnim karakteristikama pojedinih pokrivača i proračunatih upadnih uglova.

Razvijeni simulator vrlo je pogodan za istraživanja, jer je sasvim otvoren za dalje širenje, variranje i najrazličitije kombinovanje u prostoru parametara koji utiču na karakteristike odbiraka tekućeg prijemnog signala: brzine, visine i trajektorije leta NLP, osnovnih tehničkih parametara RSP, brzine, sektora i ravni skaniranja antene, i vrste reljefa terena i pokrivača-raspršivača na njemu.

Sprovedene simulacije (osnovna pilot istraživanja), radi eksperimental-

ne verifikacije razvijenog simulatora RSP za NLP i elektrodinamičkog DMT, pokazuju njihovu potpunu kompatibilnost. Produkt simulacije su odbirci anvelopa visokofrekventnog video signala u različitim trenucima i odgovarajućim odmercima po rastojanju, koji sadrže sve relevantne podatke o preprekama na trajektoriji leta NLP, parametrima RSP, i omogućavaju formiranje kompletne slike o sistemu u celini. Ovakav simulator ublažava potrebe za eksperimentisanjem sa signalima reflektovanim (raspršenim) od površine terena, što može da donese znatne materijalne uštede.

Realizovani simulator ima generalni karakter za ovu klasu RS, jer ne zavisi od konkretnih rešenja i otvoren je za širenje, ne samo u prostoru parametara već i u prostoru modova rada. Omogućava simulaciju RSP u celini, kao i projektovanje pomoću računara (definisanje parametara RSP, obrade signala, itd.).

S obzirom na podatke dostupne iz svetske i domaće literature, rezultat ovog istraživanja je:

— *koncept simulacionog modela RSP za NLP*, zasnovan na fenomenologiji formiranja tekućeg prijemnog signala, s ciljem da omogućí karakterizaciju prostora (preko detekcije prepreka na trajektoriji leta), kao i ocenu parametara signala (putem merenja daljine i ugla do prepreke);

— *programski paket za generisanje elektrodinamičkog DMT*, pogodan za simulaciju RSP za NLP, a zasnovan je na: polju reljefa terena (u čijoj osnovi je postojeći DMV preuređen 2D interpolacijom uz dodavanje visine vegetacije), i polju raspršivača-vegetacije na terenu (u čijoj osnovi je srednji intenzitet raspršenja ili srednja specifična radarska površina, uzimajući u obzir dimenzije elementarnih raspršivača i upadne uglove elektromagnetskih talasa);

— *matematički i njemu odgovarajući simulacioni model RSP za NLP* (računarski program), koji je, zapravo, simulator odbiraka tekućeg prijemnog signala — nosioca informacija o preprekama na trajektoriji leta NLP.

Literatura:

- [1] Blake, I. V.: FORTRAN computer program to calculate range of a pulse radar, NRL Report — 7448, August 28, 1972.
- [2] Suresh-Babu, B. N.: Simulation of correlated clutter environment, Conference Proceedings, Computer Simulations, Montreal, Quebec, July 1987., pp 246—250.
- [3] Cynemen, J. J.: Radar Computer simulation architecture & organization, Conference Proceedings, Computer Simulations, Montreal, Quebec, July 1987., pp 241—245.
- [4] Potter, K. E.: Experimental desing study of an airborne interferometer for terrain avoidance, Conference Proceedings, Computer Simulations, Montreal, Quebec, July 1987., pp 508—512.
- [5] Rigel, M. B.: An advanced computer calculation of ground clutter in airborne pulse-doppler radar, Proceedings of the IEEE NAECN-77, Dayton, 1981. pp 921—928.
- [6] Đorović, M.: Digitalni model terena za modeliranje radarskih senzora prepreka na niskoletnim platformama, Naučno-tehnički pregled, № 7—8, 1991., str. 58—63.
- [7] Salapura, V.: Analiza dijagrama pokrivača radara na temelju digitalnog modela reljefa, NIR zadatak 516F, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1986.

METODA INTERVALNOG OCENJIVANJA POUZDANOSTI TEHNIČKIH SISTEMA ZA SLUČAJNU PROMENLJIVU KOJA IMA DVOPARAMETARSKU VEJBULOVU RASPODELU

UDC: 519.248:519.676

Rezime:

U ovom radu predložena je metoda intervalnog ocenjivanja pouzdanosti, $R(t)$, primenom kvantila beta raspodele. Predložena metoda upoređena je sa sličnom metodom datom u međunarodnom standardu IEC 61649. Rezultat upoređivanja ukazao je na primenljivost predložene metode. Pokazana je i mogućnost izrade tablica granica poverenja R_1 i R_2 za $R(t)$ i kao primer date su tri tablice. Radi ilustracije praktične primene ove metode navedena su tri primera.

Ključne reči: metoda, pouzdanost, Vejbulova raspodela, kvantil beta raspodele, granica poverenja.

METHOD OF THE INTERVAL EVALUATION OF TECHNICAL SYSTEMS RELIABILITY FOR THE RANDOM VARIABLE WITH THE TWO-PARAMETER WEIBULL DISTRIBUTION

Summary:

The interval reliability evaluation method by applying the beta distribution quantile has been proposed in this paper. The comparison between this method and a similar one given in the international standard IEC 61649 has pointed out the possibility of this method application. The tables of confidence limits R_1 and R_2 for the interval reliability evaluation are possible to be formed which is illustrated by three of them. There are also three examples which illustrate the application of this method in practice.

Key words: method, reliability, Weibull distribution, beta distribution quantile, confidence limit.

Uvod

U međunarodnom standardu IEC 61649 [1] prikazan je postupak intervalne ocene pouzdanosti $R(t)$, za slučaj kada vreme do otkaza, t , kao slučajna promenljiva, ima dvoparametarsku Vejbulovu raspodelu sa parametrom razmere b i parametrom oblika k . U navedenom standardu razmatra se samo donja granica poverenja R_{1-Y} | donja granica, jer se u praksi najčešće postavlja zahtev za vrednost minimalno prihvatljivi-

ve pouzdanosti. Međutim, ponekad je potrebno poznavati i gornju granicu poverenja za pouzdanost $R(t)$, kada se želi saznati šta se u najboljem slučaju može očekivati u pogledu pouzdanosti nekog tehničkog sistema.

U ovom radu predložen je postupak intervalne ocene pouzdanosti, $R(t)$, primenom kvantila beta raspodele. Ovaj postupak zasnovan je na pretpostavci da relativna učestanost, f , pojave otkaza u zadatom vremenu t ima beta raspodelu. Relativna učestanost,

f, predstavlja aproksimaciju nepouzdanosti, $Q(t)$, koja je jednaka funkciji raspodele, $F(t)$. Za usvojene vrednosti parametara b i k Vejbulove raspodele i zadato vreme bezotkaznog rada, t , pomoću računara generisani su pseudoslučajni brojevi t_i koji imaju ovu raspodelu. Broj vrednosti t_i koje su bile manje od zadanog vremena t , podeljen sa ukupnim brojem generisanih vrednosti t_i , predstavlja relativnu učestanost, f , pojave otkaza u vremenu t . Postupak generisanja pseudoslučajnih brojeva t_i ponavljan je dovoljan broj puta radi dobijanja histograma relativne učestanosti, f , pri raznim kombinacijama vrednosti parametara b i k . Dobijeni histogrami upoređivani su sa aproksimirajućom funkcijom beta raspodele. Uočeno je vrlo dobro uklapanje pretpostavljene funkcije beta raspodele u dobijene histograme, što je ukazivalo na opravdanost postavljene pretpostavke da se raspodela relativne učestanosti, f , može aproksimirati beta raspodelom sa parametrima A i B koji se određuju kao funkcije srednje vrednosti m_f i σ_f^2 relativne učestanosti f . Pošto su funkcija nepouzdanosti, $Q(t)$, i pouzdanosti $R(t)$, komplementarne do vrednosti 1, to se lako dobija funkcija beta raspodele kojom se aproksimira relativna učestanost nepojavljivanja otkaza, f' , tako što se uvede smena $f' = 1 - f$, a parametri A i B zamene mesta u funkciji gustine beta raspodele.

Pošto je potvrđeno da se može prihvatiti pretpostavka da f i f' imaju približno beta raspodelu, to se donja i gornja granica poverenja R_1 i R_2 za $R(t)$, respektivno, mogu odrediti pomoću gornjeg kvantila beta raspodele. Usvajajući vrednosti donjeg i gornjeg rizika α_1 i α_2 respektivno, i ukupnog broja otkaza r , moguće je uraditi tablice granica poverenja za R_1 i R_2 (tablice 1, 2 i 3) i na osnovu dobijene tačkaste ocene pouzdanosti $\hat{R} = f'$, u tablici direktno pročitati vrednosti za R_1 i R_2 .

Značenje upotrebljenih oznaka:

A, B	— parametri beta raspodele,
n	— ukupan broj tehničkih sistema podvrgnutih ispitivanju,
r	— ukupan broj otkaza nastalih u toku ispitivanja,
$R(t)$	— pouzdanost,
$\hat{R}, \hat{R}(t)$	— tačkasta ocena pouzdanosti,
$Q(t)$	— nepouzdanost,
$\hat{Q}, \hat{Q}(t)$	— tačkasta ocena nepouzdanosti,
t	— vreme do otkaza; zadato vreme bezotkaznog rada,
$f(t)$	— funkcija gustine raspodele (p.d.f.),
f	— relativna učestanost pojave otkaza,
q	— verovatnoća pojave otkaza,
f'	— relativna učestanost nepojavljivanja otkaza,
$p = 1 - q$	— verovatnoća nepojavljivanja otkaza,
$m_f = E(f)$	— srednja vrednost ili matematičko očekivanje slučajne promenljive f ,
$\sigma_f^2 = V(f)$	— varijansa slučajne promenljive f ,
b, k	— parametri Vejbulove raspodele,
$\hat{b}$	— tačkasta ocena parametara razmere, b ,
$\hat{k}$	— tačkasta ocena parametara oblika, k ,
$B(A, B)$	— beta funkcija,
$\Gamma(A)$	— gama funkcija,
$x_{v_1; v_2; \gamma}$	— gornji kvantil beta raspodele; v_1, v_2 — parametri raspodele, γ — gornji kvant (rizik),
R_1, R_2	— donja gornja granica poverenja za $R(t)$,

- $R_{1-\gamma}$ d.g. — donja granica poverenja
za $R(t)$, [1], d.g.=donja
granica,
 α_1, α_2 — donji, gornji rizik,
 P — poverenje.

Teorijska osnova

Ako vreme do otkaza, t , kao slučajna promenljiva, ima dvoparametar-sku Vejbulovu raspodelu sa parametrima b i k , tada je funkcija pouzdanosti, $R(t)$, data sledećim izrazom, [1]:

$$R(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{b} \right)^k \right]; \quad b; k > 0, t \geq 0, \quad (1)$$

gde je:

b — parametar razmere,

k — parametar oblika,

t — zadato vreme bezotkaznog rada.

Funkcija nepouzdanosti, $Q(t)$, kao komplementarna funkcija pouzdanosti, data je sledećim izrazom:

$$Q(t) = F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{b} \right)^k \right]. \quad (2)$$

$R(t)$ je verovatnoća da do zadatog vremena, t , ne dođe do pojave otkaza, a $Q(t)$ je verovatnoća da se do tog vremena pojavi otkaz. Da bi se odredile ove verovatnoće, potrebno je da se na osnovu vrednosti: $t_1, t_2, \dots, t_r$, koje je uzela slučajna promenljiva t , odrede tačkaste ocene $\hat{b}$ i $\hat{k}$ za parametre b i k , respektivno. Zamenom $\hat{b}$ i $\hat{k}$ njihovim tačkastim ocenama $\hat{b}$ i $\hat{k}$ u izrazima (1) i (2) dobija se:

$$\hat{R}(t) = \exp \left[- \left(\frac{t}{\hat{b}} \right)^{\hat{k}} \right] \quad (3)$$

$$\hat{Q}(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{\hat{b}} \right)^{\hat{k}} \right]. \quad (4)$$

Za određivanje tačkastih ocena najčešće se koristi metoda maksimalne verodostojnosti [1, 2].

Tačkasta ocena nepouzdanosti $\hat{Q}$ može se odrediti kao relativna učestanost, f , broja otkaza r_i do zadatog vremena t i ukupnog broja otkaza r , tj.:

$$\hat{Q}(t) \approx f = \frac{r_i}{r}. \quad (5)$$

Matematičko očekivanje i varijansa relativne učestanosti f , kao slučajne promenljive, date su sledećim izrazima, [3]:

$$E(f) = m_f = q = 1 - p \quad (6)$$

$$V(f) = \sigma_f^2 = \frac{p(1-p)}{r}, \quad (7)$$

gde je:

q — verovatnoća pojave otkaza u zadatom vremenu t ,

$p = 1 - q$ — verovatnoća nepojavlivanja otkaza u zadatom vremenu t .

Iako slučajna promenljiva f nije kontinualna za konačne vrednosti r_i i r , njena raspodela može se aproksimirati zakonom raspodele kontinualne slučajne promenljive u $\in [0; 1]$.

Neka kontinualna slučajna promenljiva u ima beta raspodelu sa parametrima A i B , čija je funkcija gustine raspodele:

$$f(u) = \frac{1}{B(A,B)} u^{A-1} (1-u)^{B-1}; \quad A; B > 0, \quad (8)$$

gde je:

$$B(A,B) = \frac{\Gamma(A)\Gamma(B)}{\Gamma(A+B)},$$

Γ — gama funkcija.

Matematičko očekivanje ili srednja vrednost i varijansa slučajne promenljive u date su sledećim izrazima [4]:

$$m_u = \frac{A}{A+B} \quad (9)$$

$$\sigma_u^2 = \frac{A}{(A+B)^2(A+B+1)} \quad (10)$$

Pošto je usvojeno da slučajne promenljive f i u imaju isti zakon raspodele, to je:

$$m_f = m_u \quad (11)$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_u^2 \quad (12)$$

Zamenjujući m_u i σ_u^2 iz (9) i (10) u (11) i (12) i rešavanjem ove jednakosti po A i B , dobija se:

$$A = m_f \left(\frac{m_f - m_f^2}{\sigma_f^2} - 1 \right) \quad (13)$$

$$B = m_f \left(\frac{m_f - m_f^2}{\sigma_f^2} - 1 \right) \left(\frac{1}{m_f} - 1 \right) \quad (14)$$

Na taj način se zakon raspodele relativne učestanosti f aproksimira beta raspodelom:

$$f(f) = \frac{1}{B(A,B)} f^{A-1} (1-f)^{B-1}, \quad (15)$$

čiji su parametri A i B dati izrazima (13) i (14), respektivno.

Da bi se odredile vrednosti ovih parametara, može se usvojiti da je:

$$m_f = 1 - \exp \left[- \left(\frac{t}{b} \right)^{\frac{1}{k}} \right] \quad (16)$$

$$\sigma_f^2 = \frac{m_f(1-m_f)}{r} \quad (17)$$

Dakle, na osnovu poznatih vrednosti za $\hat{b}$, $\hat{k}$, r i t , jednoznačno se mogu odrediti parametri A i B , a sa njima i zakon raspodele relativne učestanosti f .

Tačkasta ocena pouzdanosti $\hat{R}(t)$ može se, takođe, izraziti relativnom učestanošću f' koja je sa f vezana sledećom relacijom:

$$f' = 1 - f. \quad (18)$$

Kada se u izraz (15) uvede smena $f = 1 - f'$ dobija se:

$$f(f') = \frac{1}{B(B,A)} (f')^{B-1} (1-f')^{A-1}. \quad (19)$$

Pošto je $\hat{R}(t) = f'$, izraz (19) predstavlja raspodelu tačkaste ocene pouzdanosti, $\hat{R}$.

Intervalna ocena pouzdanosti

Kada se u izraz (19) uvedu smene: $f' = x$, $B = v_1$ i $A = v_2$, dobija se:

$$f(x) = \frac{1}{B(v_1, v_2)} x^{v_1-1} (1-x)^{v_2-1}. \quad (20)$$

Izraz (20) predstavlja beta raspodelu slučajne promenljive x sa parametrima v_1 i v_2 . Za usvojenu vrednost donjeg i gornjeg rizika α_1 i α_2 , respektivno, može se odrediti donja i gornja granica poverenja x_1 i x_2 , respektivno, za slučajnu promenljivu x :

$$x_1 = x_{v_1; v_2; 1-\alpha_1} \quad (21)$$

$$x_2 = x_{v_1; v_2; \alpha_2} \quad (22)$$

gde su: $x_{v_1; v_2; 1-\alpha_1}$ i $x_{v_1; v_2; \alpha_2}$ — gornji kvantili beta raspodele date izrazom (20).

Na osnovu uvedenih smena: $\hat{F}' = \hat{R}(t) = x$, $B = v_1$ i $A = v_2$ mogu se napisati izrazi za donju i gornju granicu poverenja pouzdanosti $R(t)$:

$$R_1 = x_{B;A;1-\alpha_1} \quad (23)$$

$$R_2 = x_{B;A;\alpha_2} \quad (24)$$

gde je R_1 donja, a R_2 gornja granica poverenja za pouzdanost $R(t)$, a α_1 i α_2 su donji i gornji rizik, respektivno.

Parametri A i B određuju se pomoću izraza (13) i (14), kao funkcije od m_t i σ_t^2 koje su date izrazima (16) i (17) u kojima figurišu veličine $\hat{b}$, $\hat{k}$, $\hat{r}$ i $\hat{t}$ koje se moraju prethodno odrediti.

Kada se odrede granice poverenja

R_1 i R_2 , tada se sa poverenjem $P = 1 - (\alpha_1 + \alpha_2)$ može tvrditi da interval poverenja $[R_1, R_2]$ prekriva nepoznatu vrednost pouzdanosti $R(t)$.

Ako se u izrazu (16) tačkasta ocena $\hat{R}(t)$, koja je data izrazom (3), zameni promenljivom $R \in [0, 1]$, onda se za usvojene vrednosti rizika α_1 i α_2 i ukupnog broja otkaza r , menjajući vrednosti za R , može uraditi tablica granica poverenja R_1 i R_2 (tabele 1, 2 i 3).

Ove tablice urađene su za broj otkaza $r = 5, 10$ i 20 i rizike $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,10$ sa priraštajem promenljive R : $\Delta R = 0,01$. Vrednosti za granice poverenja R_1 i R_2 , date u tabelama, nalaze se tako što se u preseku desetog i stotog dela od R nalazi vrednost za R_1 , a ispod ove vrednosti nalazi se vrednost za R_2 .

Tabela 1

Numeričke vrednosti granica poverenja, R_1 , R_2 , za pouzdanost, $R(t)$
Broj otkaza, $r=5$ Donji rizik, $\alpha_1=0,10$ Gornji rizik, $\alpha_2=0,10$

$\hat{R}$	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800	0,0900
0,000	—	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0002	0,0004
	—	0,0123	0,0531	0,0937	0,1299	0,1622	0,1915	0,2183	0,2432	0,2665
0,100	0,0007	0,0012	0,0020	0,0029	0,0041	0,0056	0,0073	0,0093	0,0116	0,0141
	0,2885	0,3094	0,3293	0,3484	0,3667	0,3844	0,4015	0,4181	0,4342	0,4498
0,200	0,0169	0,0200	0,0232	0,0268	0,0305	0,0345	0,0387	0,0431	0,0478	0,0526
	0,4650	0,4798	0,4943	0,5085	0,5223	0,5358	0,5491	0,5621	0,5748	0,5873
0,300	0,0577	0,0629	0,0684	0,0740	0,0798	0,0858	0,0920	0,0983	0,1048	0,1115
	0,5995	0,6116	0,6234	0,6350	0,6464	0,6576	0,6686	0,6794	0,6900	0,7004
0,400	0,1184	0,1254	0,1326	0,1399	0,1474	0,1551	0,1629	0,1709	0,1790	0,1873
	0,7107	0,7208	0,7307	0,7405	0,7501	0,7595	0,7688	0,7779	0,7868	0,7956
0,500	0,1958	0,2044	0,2132	0,2221	0,2312	0,2405	0,2499	0,2595	0,2693	0,2792
	0,8042	0,8127	0,8210	0,8291	0,8371	0,8449	0,8526	0,8601	0,8674	0,8746
0,600	0,2893	0,2996	0,3100	0,3206	0,3314	0,3424	0,3536	0,3650	0,3766	0,3884
	0,8816	0,8885	0,8952	0,9017	0,9080	0,9142	0,9202	0,9260	0,9316	0,9371
0,700	0,4005	0,4127	0,4252	0,4379	0,4509	0,4642	0,4777	0,4915	0,5057	0,5202
	0,9423	0,9474	0,9522	0,9569	0,9613	0,9655	0,9695	0,9732	0,9768	0,9800
0,800	0,5350	0,5502	0,5658	0,5819	0,5985	0,6156	0,6333	0,6516	0,6707	0,6906
	0,9831	0,9859	0,9884	0,9907	0,9927	0,9944	0,9959	0,9971	0,9980	0,9988
0,900	0,7115	0,7335	0,7568	0,7817	0,8085	0,8378	0,8701	0,9063	0,9469	0,9877
	0,9993	0,9996	0,9998	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Tabela 2

Numeričke vrednosti granica poverenja, R_1 , R_2 , za pouzdanost, $R(t)$
 Broj otkaza, $r=10$ Donji rizik, $\alpha_1=0,10$ Gornji rizik, $\alpha_2=0,10$

$\hat{R}$	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800	0,0900
0,000	—	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0006	0,0014	0,0027	0,0045	0,0068
	—	0,0266	0,0625	0,0917	0,1169	0,1394	0,1601	0,1795	0,1978	0,2153
0,100	0,0095	0,0127	0,0163	0,0202	0,0244	0,0289	0,0337	0,0387	0,0440	0,0495
	0,2321	0,2483	0,2641	0,2794	0,2943	0,3088	0,3231	0,3371	0,3508	0,3642
0,200	0,0552	0,0612	0,0672	0,0735	0,0799	0,0865	0,0933	0,1002	0,1072	0,1144
	0,3775	0,3906	0,4034	0,4161	0,4286	0,4409	0,4531	0,4651	0,4770	0,4888
0,300	0,1217	0,1291	0,1366	0,1443	0,1521	0,1599	0,1679	0,1761	0,1843	0,1926
	0,5004	0,5119	0,5233	0,5345	0,5456	0,5566	0,5675	0,5783	0,5890	0,5996
0,400	0,2010	0,2095	0,2182	0,2269	0,2357	0,2446	0,2536	0,2628	0,2720	0,2813
	0,6101	0,6204	0,6307	0,6409	0,6509	0,6609	0,6708	0,6806	0,6902	0,6998
0,500	0,2907	0,3002	0,3098	0,3194	0,3292	0,3391	0,3491	0,3591	0,3693	0,3796
	0,7093	0,7187	0,7280	0,7372	0,7464	0,7554	0,7643	0,7731	0,7818	0,7905
0,600	0,3899	0,4004	0,4110	0,4217	0,4325	0,4434	0,4544	0,4655	0,4767	0,4881
	0,7990	0,8074	0,8157	0,8239	0,8321	0,8401	0,8479	0,8557	0,8634	0,8709
0,700	0,4996	0,5112	0,5230	0,5349	0,5469	0,5591	0,5714	0,5839	0,5966	0,6094
	0,8783	0,8856	0,8928	0,8998	0,9067	0,9135	0,9201	0,9265	0,9328	0,9388
0,800	0,6225	0,6358	0,6492	0,6629	0,6769	0,6912	0,7057	0,7206	0,7359	0,7517
	0,9448	0,9505	0,9560	0,9613	0,9663	0,9711	0,9756	0,9798	0,9837	0,9873
0,900	0,7679	0,7847	0,8022	0,8205	0,8399	0,8606	0,8831	0,9083	0,9375	0,9734
	0,9905	0,9932	0,9955	0,9973	0,9986	0,9994	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000

Primeri

Primer 1

Ispitivanju pouzdanosti podvrgnuto je 40 tehničkih sistema. Ispitivanje je prekinuto kada je nastupio 20. otkaz. Dobijena vremena do otkaza bila su sledeća: 5, 10, 17, 32, 32, 33, 34, 36, 54, 55, 55, 58, 58, 61, 64, 65, 65, 66, 67 i 68. Primenom testa saglasnosti po međunarodnom standardu IEC 61649 potvrđeno je sa nivoom značajnosti od 10% da vreme do otkaza, t , kao slučajna promenljiva koja je poprimala navedene vrednosti, ima dvoparametarsku Vejbulovu raspodelu sa parametrima b i k , čije tačkaste ocene, određene me-

todom maksimalne verodostojnosti, imaju vrednosti $\hat{b}=84$ i $\hat{k}=2,091$. Za tri odabrane vrednosti vremena t : 32, 46, 50 i 100, u [1] određene su tačkaste ocene pouzdanosti $R(t)$ i donja granica poverenja za $R(t)$, sa usvojenom vrednošću donjeg rizika $\alpha_1=0,10$ (dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 4). Primenom predložene metode treba odrediti granice poverenja R_1 i R_2 , sa rizicima $\alpha_1=\alpha_2=0,10$ i uporediti dobijene rezultate sa odgovarajućim rezultatima u tabeli 4.

Rešenje:

Za primenu opisanog postupka urađen je računarski program pomoću

Tabela 3

Numeričke vrednosti granica poverenja, R_1 , R_2 , za pouzdanost, $R(t)$
 Broj otkaza, $r=20$ Donji rizik, $\alpha_1=0,10$ Gornji rizik, $\alpha_2=0,10$

$\frac{A}{R}$	0,0000	0,0100	0,0200	0,0300	0,0400	0,0500	0,0600	0,0700	0,0800	0,0900
0,000	—	0,0000	0,0001	0,0008	0,0025	0,0050	0,0084	0,0123	0,0168	0,0217
	—	0,0307	0,0574	0,0790	0,0981	0,1156	0,1322	0,1479	0,1631	0,1778
0,100	0,0270	0,0326	0,0385	0,0447	0,0510	0,0576	0,0643	0,0712	0,0782	0,0854
	0,1921	0,2060	0,2197	0,2331	0,2463	0,2593	0,2721	0,2847	0,2972	0,3095
0,200	0,0928	0,1002	0,1078	0,1155	0,1233	0,1312	0,1392	0,1473	0,1555	0,1638
	0,3217	0,3338	0,3457	0,3576	0,3693	0,3809	0,3924	0,4038	0,4152	0,4264
0,300	0,1721	0,1806	0,1891	0,1977	0,2064	0,2151	0,2239	0,2328	0,2418	0,2508
	0,4376	0,4486	0,4596	0,4706	0,4814	0,4922	0,5029	0,5135	0,5241	0,5346
0,400	0,2599	0,2690	0,2782	0,2875	0,2969	0,3063	0,3158	0,3253	0,3349	0,3446
	0,5450	0,5553	0,5656	0,5759	0,5860	0,5961	0,6062	0,6161	0,6261	0,6359
0,500	0,3543	0,3641	0,3739	0,3839	0,3938	0,4039	0,4140	0,4241	0,4344	0,4447
	0,6457	0,6554	0,6651	0,6747	0,6842	0,6937	0,7031	0,7125	0,7218	0,7310
0,600	0,4550	0,4654	0,4759	0,4865	0,4971	0,5078	0,5186	0,5294	0,5404	0,5514
	0,7401	0,7492	0,7582	0,7672	0,7761	0,7849	0,7936	0,8023	0,8109	0,8194
0,700	0,5624	0,5736	0,5848	0,5962	0,6076	0,6191	0,6307	0,6424	0,6543	0,6662
	0,8279	0,8362	0,8445	0,8527	0,8608	0,8688	0,8767	0,8845	0,8922	0,8998
0,800	0,6783	0,6905	0,7028	0,7153	0,7279	0,7407	0,7537	0,7669	0,7803	0,7940
	0,9072	0,9146	0,9218	0,9288	0,9357	0,9424	0,9490	0,9553	0,9615	0,9674
0,900	0,8079	0,8222	0,8369	0,8521	0,8678	0,8844	0,9019	0,9210	0,9426	0,9693
	0,9730	0,9783	0,9832	0,9877	0,9916	0,9950	0,9975	0,9992	0,9999	1,0000

Tabela 4

Tačkaste i intervalne ocene pouzdanosti $R(t)$

t	$\frac{A}{R(t)}$	IEC 61649 $R_{0,9}$ donja granica	Predložena metoda	
			R_1	R_2
32,46	0,87	0,80	0,7686	0,9562
50	0,71	0,62	0,5757	0,8378
100	0,23	0,12	0,1197	0,3638

kojeg su određene granice poverenja R_1 i R_2 , a dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 4. Kao što se vidi, sve dobijene vrednosti za R_1 su manje, ali približne odgovarajućim vrednostima

za donju granicu poverenja $R_{0,9}$ | donja granica, što ukazuje na primenljivost predložene metode za intervalnu ocenu pouzdanosti $R(t)$.

Primer 2

Pod pretpostavkom da su tačkaste ocene $\hat{b}=84$ i $\hat{k}=2,091$, dobijene u Primeru 1, približne stvarnim vrednostima parametara b i k Vejbulove raspodele, za zadatu vrednost bezotkaznog vremena rada $t=50$ treba odrediti, pomoću računara, niz pseudoslučajnih brojeva $\hat{R}_i = \hat{R}_i(t)$; $i=1, 2, \dots, N=50$, koristeći izraz (3). Grafički prikazati histogram i funkciju gustine raspodele $f' = R(t)$ tačkaste ocene pouzdanosti. Za usvojene vrednosti donjeg i gornjeg rizika $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,10$, koristeći dobijeni histogram, odrediti empirijske granice poverenja r_1 i r_2 za pouzdanost $R(t)$.

Rešenje:

Pomoću računara generisano je $N=50$ vrednosti tačkastih ocena pouzdanosti $\hat{R}(t)$, koristeći zadate vrednosti i izraz (3). Na slici je prikazan histogram i kriva funkcije gustine raspodele $f(\hat{R}) = f(R)$.

Može se uočiti da se usvojena beta funkcija gustine raspodele dobro uklapa u histogram, što znači da je opravdana pretpostavka da tačkasta oce-

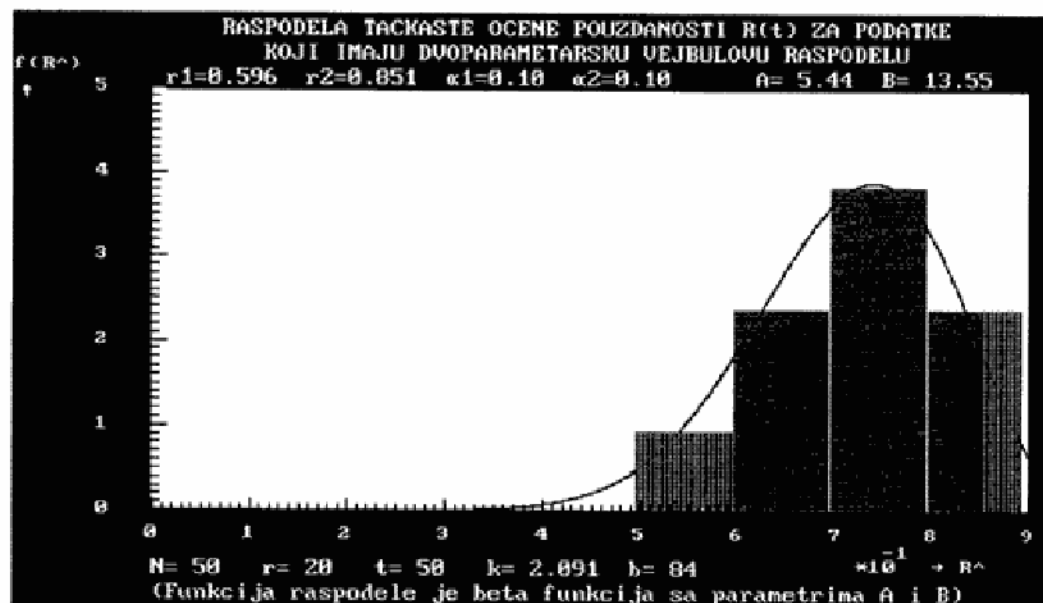
na $\hat{R}$ ima beta raspodelu datu izrazom (19), sa parametrima $A=5,44$ i $B=13,55$. Broj klasa, K , i širina klase, H , histograma, određene su pomoću sledećih izraza [5]:

$$K = 1 + \left\lfloor \frac{1}{2} \sqrt{r} \right\rfloor$$

$$H = \frac{\hat{R}_{\max} - \hat{R}_{\min}}{K}$$

gde je: $\hat{R}_{\min}$ najmanja, a $\hat{R}_{\max}$ najveća vrednost od $N=50$ generisanih pseudoslučajnih brojeva $\hat{R}_i = f'$ koji predstavljaju tačkaste ocene pouzdanosti $R(t)$.

Na slici su prikazane i vrednosti empirijskih granica poverenja r_1 i r_2 za $\hat{R}(t)$, koje su određene pomoću ovog histograma kao apscise histograma od



Grafički prikaz histograma i krive funkcije gustine raspodele $f(\hat{R})$

kojih je levo i desno površina dela histograma jednaka usvojenim rizicima čije su vrednosti jednake 0,10. Ove površine na histogramu imaju vertikalnu šrafuru. Vrednosti za $r_1=0,596$ i $r_2=0,851$, dobijene su pomoću računarskog programa koji je urađen specijalno za ove potrebe. Upoređujući vrednosti za r_1 i r_2 sa odgovarajućim vrednostima za R_1 i R_2 navedenih u tabeli 4, može se zaključiti da su one približne. Time se, takođe, potvrđuje opravdanost pretpostavke da se raspodela za slučajnu promenljivu $f'=\hat{R}(t)$ može aproksimirati beta raspodelom.

Primer 3

Ispitivanje pouzdanosti jednog tehničkog sistema obavljeno je do 5. oktobra. Na osnovu dobijenih rezultata, primenom poznatih metoda zasnovanih na pretpostavci da vremena do otkaza imaju dvoparametarsku Weibulovu raspodelu, utvrđena je tačkasta ocena pouzdanosti $\hat{R}(t)=0,85$. Koristeći tabele navedene u ovom radu odrediti granice poverenja R_1 i R_2 za $R(t)$, sa usvojenim rizicima $\alpha_1=\alpha_2=0,10$.

Rešenje:

Za $\hat{R}=0,85$, $r=5$ i $\alpha_1=\alpha_2=0,10$, u tabeli 1 dobija se da je $R_1=0,6156$ i $R_2=0,9944$.

Zaključak

Metoda predložena za intervalnu ocenu pouzdanosti, $R(t)$, za podatke koji važe za zakon dvoparametarske Weibulove raspodele, zasnovana je na pretpostavci da tačkasta ocena pouzdanosti $\hat{R}(t)$ ima beta raspodelu. Ova pretpostavka proveravana je više puta na pseudoslučajnim brojevima generisanim pomoću elektronskog računara, a koji slede zakon dvoparametarske Weibulove raspodele. Dobijeni rezultati ukazivali su na opravdanost postavljene pretpostavke. Na osnovu nje, granice poverenja R_1 i R_2 za $R(t)$, sa usvojenim rizicima α_1 i α_2 i zadatim vremenom bezotkaznog rada t , određuju se pomoću gornjih kvantila beta raspodele.

Dobijene vrednosti za donju granicu poverenja R_1 upoređivane su sa vrednostima $R_{0,1}$ | donja granica navedenim u primeru međunarodnog standarda IEC 61649 i utvrđena je zadovoljavajuća približnost dobijenih rezultata, što ukazuje na primenljivost predložene metode.

Literatura:

- [1] International standard IEC 61649 — Goodness-of-fit tests, confidence intervals and lower confidence limits for Weibull distributed data, First edition, 1987.
- [2] Chapouille et R. De Pazzis, P.: Fiabilité des Systèmes, Masson, Paris, 1968.
- [3] Van Der Waerden, B. L.: Mathematische Statistik, Springer-Verlag, Berlin, 1965.
- [4] Brkić, D. M.: One Method for Sample Size Evaluation, Microelectronics and Reliability, Vol. 29, No. 5, pp 691—693, 1989.
- [5] Brkić, D. M.: A Method for Evaluation of Number Class Intervals of Histogram, Microelectronics and Reliability, Vol. 32, No. 2/3, pp 245—248, 1991.

Zdravko Marjanović,
potpukovnik, dipl. inž.
VP 8115 Zemun

NOVINE U ZAŠTITI OD GROMA — HVATALJKA SA UREĐAJEM ZA RANO STARTOVANJE

UDC: 621.316.932

Rezime:

U članku je dat prikaz savremenog načina zaštite od atmosferskog pražnjenja primenom hvataljke sa uređajem za rano startovanje. Dati su i rezultati ispitivanja u laboratorijama i na terenu u realnim uslovima.

Ključne reči: atmosfersko pražnjenje, udar groma, udarno rastojanje, zaštitna zona, štapna hvataljka, štapna hvataljka sa uređajem za rano startovanje.

NEWS IN LIGHTNING PROTECTION — EARLY EMISSION ROD

Summary:

In this paper the way of how an early streamer emission lightning rod works is given. Effectiveness assessment in the laboratory and on site testing, using natural lightning conditions, are also presented.

Key words: Atmospheric discharge, lightning stroke, breakdown distance, protection area air-termination rod, early streamer emission rod.

Uvod

U Vojnotehničkom glasniku 4/97 prikazani su novi tehnički propisi i standardi o gromobranskoj zaštiti objekata. Međutim, jedna mogućnost za zaštitu od atmosferskih pražnjenja, zbog svoje specifičnosti i ograničenog prostora, nije obrađena u tom članku. Radi se o hvataljci sa uređajem za rano startovanje, proizvedenoj u Francuskoj, danas vodećoj zemlji u ovoj oblasti tehnike. Hvataljka je patentirana 1986. godine i smatra se najsavremenijim načinom zaštite od atmosferskih pražnjenja.

Upotreba hvataljke sa uređajem za rano startovanje propisana je standardom JUS N.B4.810/96.

Teorijske osnove funkcionisanja i konstrukcija hvataljke sa uređajem za rano startovanje

Za konstrukciju hvataljke sa uređajem za rano startovanje iskorišćeni su poznati elementi mehanizma nastanka atmosferskog pražnjenja [1], tj. saznanje da se formiranjem olujnog oblaka, najčešće između njegove negativne baze i zemlje, influencom stvara prostorni dipol, pri čemu jačina električnog polja ambijenta narasta na vrednost 10 do 15 kV/m. Kada električno polje dostigne nivo od 50 do 100 kV/m javlja se korona efekat, pod čijim uticajem se, sa visokih objekata, obrazuje uzlazni traser, koji se kreće prema oblaku. Susret silaznog i uzlaznog trasera predstavlja atmosfersko

pražnjenje, odnosno »udar groma«, a samo mesto susreta značajno je za razmatranje sa aspekata zaštite.

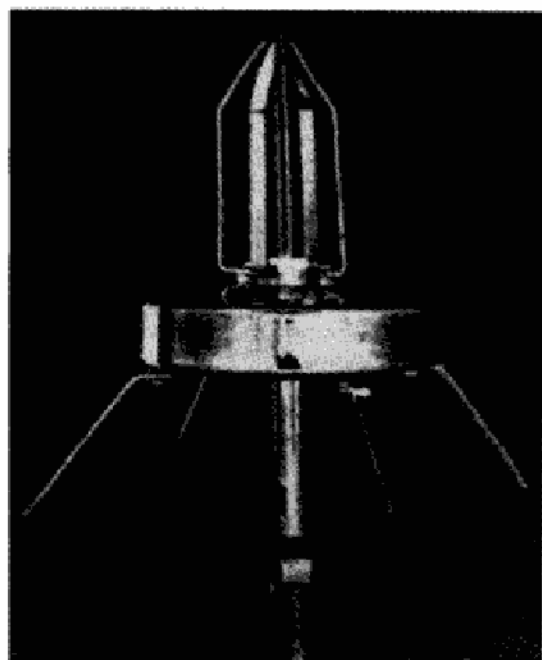
Hvataljka sa uređajem za rano startovanje blagovremeno definiše mesto susreta van objekta, čime se otklanja opasnost direktnog udara u objekat. Struja pražnjenja se, preko sistema spušnih vodova i uzemljivača, bezbedno i amortizovano odvodi u teren.

Hvataljka sa uređajem za rano startovanje je, u stvari, klasičan Franklinov štap (efekat šiljka) na kojem je ugrađen poseban elektronski sklop. U njemu se elektromagnetsko zračenje, koje potiče iz glave silazećeg stepenastog ili strelastog trasera, u pravi čas, transformiše u visokonaponski impuls. Naime, na glavi hvataljke (čija je visina oko 40 cm, prečnik 20 cm i masa oko 3 kg) nalaze se prema zemlji uperene elektrode — sakupljači energije električnog polja, koje prate svaku olujnu aktivnost i napajaju okidački elektronski uređaj. Elektronski okidački uređaj brzo oslobađa akumuliranu

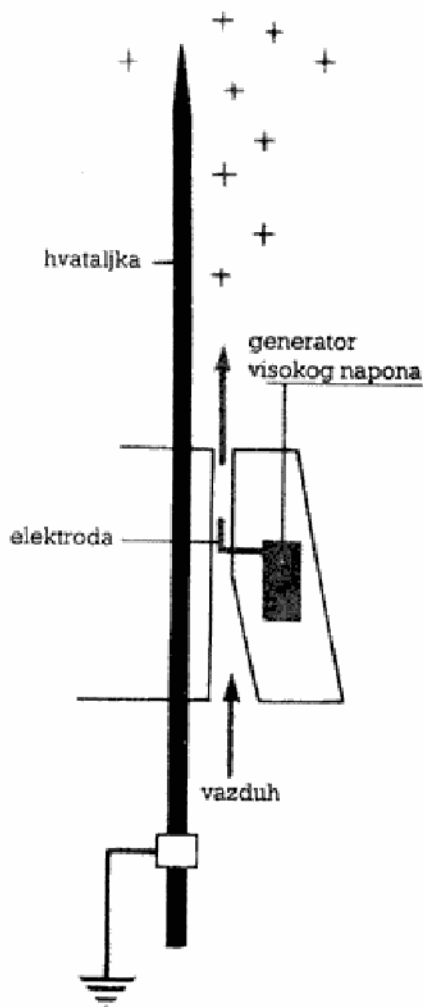
energiju električnog polja preko sistema elektroda uperenih naviše, usled čega generisani joni anticipiraju formiranje uzlaznog trasera. Na taj način ostvaruje se pretpostavka za preferencijalnu definiciju mesta pražnjenja i, što je veoma važno, ona se ostvaruje u pravi čas.

Na slici 1 predstavljena je hvataljka sa uređajem za rano startovanje, koja je poznata pod nazivom PREVECTRON 2, francuskog proizvođača »Indelec«.

Na slici 2 šematski je prikazana slična hvataljka sa uređajem za rano



Sl. 1 — Konstrukcija hvataljke sa uređajem za rano startovanje PREVECTRON 2



Sl. 2 — Šematski prikaz hvataljke sa uređajem za rano startovanje SATELIT

startovanje, pod nazivom SATELIT, francuskog proizvođača »Duval-Messien«, kod koje je napajanje okidačke naprave rešeno solarnim ćelijama u kombinaciji sa nikl-kadmijumovim akumulatorom. Okidačka naprava podiže napon na 12 do 24 kV, a stvoreni joni se injektuju naviše uz pomoć Venturi efekta. Detektor promena električnog polja otvara visokonaponsko strujno kolo čim jačina električnog polja dostigne vrednost od 9 kV/m, koja predstavlja nagoveštaj olujne aktivnosti. Ispod te vrednosti uređaj se nalazi u »stand by« režimu.

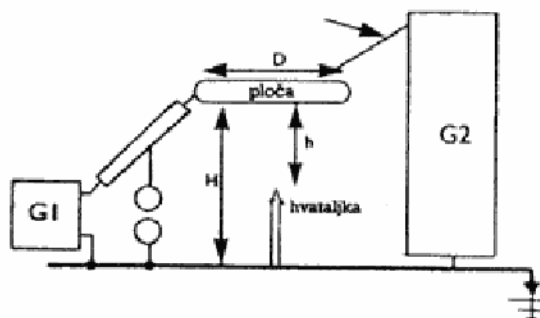
Hvataljka sa uređajem za rano startovanje predstavlja tehnički unapređen deo gromobranske instalacije. Ona predstavlja efikasan prihvatni vod koji se komponuje u ostale elemente i detalje gromobranske instalacije, kao i kod klasične konstrukcije (spusni vodovi i uzemljivački sistem).

Prema katalogima proizvođača, prednosti hvataljke sa uređajem za rano startovanje su: zagarantovan viši stepen zaštite, samoaktiviranje, elektronska kontrola i distribucija naelektrisanja samo kada postoji opasnost od pražnjenja, kompaktnost konstrukcije, jednostavnost, mali instalacioni i troškovi održavanja, veliki izbor stepena zaštite i odsustvo radioaktivnosti.

Ispitivanja uređaja

Hvataljku sa uređajem za rano startovanje ispitale su renomirane institucije (French National Scientific Research Center i HV Laboratory Les Renardières) u laboratorijskim uslovima kao i na terenima u Francuskoj i Floridi (French Atomic Energy Commission iz Grenobla). Rezultati ispitivanja mogu se dobiti od proizvođača ili u Saveznom zavodu za standardizaciju.

U laboratoriji za visoki napon, u kojoj je ispitivan PREVECTRON 2, korišćena su dva generatora (slika 3):



prečnik ploče $D=2\text{m}$
rastojanje od podloge do ploče $H=2,05\text{m}$
rastojanje vrha hvataljke od ploče $h=1,05\text{m}$

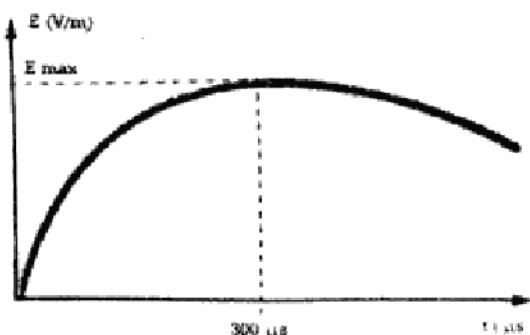
Sl. 3 — Šema ispitivanja u laboratoriji

— generator jednosmerne struje G_1 , namenjen za simulaciju ambijentnog polja za vreme nepogode, jačine električnog polja reda 25 kV/m,

— udarni generator G_2 , maksimalne vrednosti napona impulsa 900 kV i trajanja čela 300 μs .

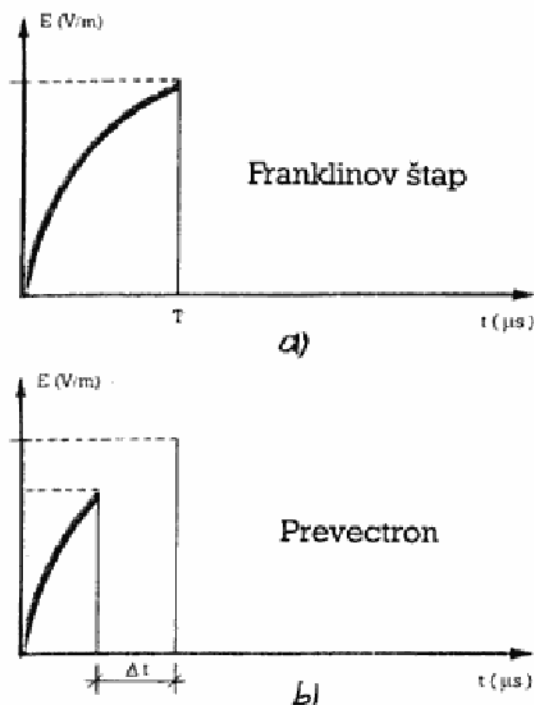
Generatori su bili povezani za ploču postavljenu iznad hvataljke koje su bile testirane jedna za drugom, pri istom vertikalnom rastojanju ispod ploče.

Udarni generator G_2 povećavao je električno polje između ploče i zemlje i superponirao ga na stalno polje generatora G_1 . Prilikom proboja između ploče i vrha testirane hvataljke, generator G_2 je dolazio u kratak spoj, pri čemu je impuls električnog polja imao oblik kao na slici 4.



Sl. 4 — Impuls električnog polja

Eksperimenti su pokazali da, pri istim laboratorijskim uslovima okruženja za hvataljku sa uređajem za rano startovanje i klasičnu Franklinovu hvataljku, proboj kod hvataljke sa uređajem za rano startovanje nastaje pri manjoj vrednosti polja, kao i da se uzlazni traser ranije formira, tj. postoji prednjačenje u vremenu za iznos Δt (slika 5).



Sl. 5 — Impuls pri primeni:

a) — Franklinove hvataljke, b) — hvataljke sa uređajem za rano startovanje

Dobijena vremena prednjačenja statistički su obrađena u skladu sa francuskim nacionalnim standardom NF C 17-02, i kreću se u granicama od 25 do 60 μs . Na osnovu tih vrednosti može se proračunati povećanje udarnog rastojanja, odnosno zaštitne zone, kao i rastojanje ΔR koje je uzlazni traser iz hvataljke za rano startovanje prevalio za vreme prednjačenja Δt .

Udarno rastojanje R je rastojanje od mesta polaska uzlaznog trasera do mesta sudara sa silaznim traserom. Standard ga je definisao kao poluprečnik fiktivne sfere silaznog trasera i koristi ga za iskaz usvojenog nivoa zaštite.

Predeni put uzlaznog trasera za vreme prednjačenja iznosi:

$$\Delta R = v \Delta t \quad (m) \quad (1)$$

gde je:

v — brzina uzlaznog trasera ($m/\mu s$);
 Δt — vreme prednjačenja (μs) — daje ga proizvođač za svaki konkretan tip hvataljke.

U laboratoriji je izmereno prosečno vreme prednjačenja $\Delta t = 13,33 \mu s$ u odnosu na Franklinovu hvataljku, dok je prosečna brzina napredovanja uzlaznog trasera u laboratoriji 0,5 do 1 $m/\mu s$. Kako je brzina trasera u prirodnim uslovima bar 10 puta veća od izmerenih vrednosti, prema izrazu (1) dobija se da je:

$$\Delta R = 133 \text{ m}$$

Toliki put pređe uzlazni traser sa hvataljke sa uređajem za rano startovanje pre susreta sa silaznim traserom. Kod klasične Franklinove hvataljke uzlazni traser bi, eventualno, tek tada startovao.

Standardom je utvrđena minimalna vrednost za brzinu trasera od 1 $m/\mu s$.

Za razliku od Franklinove hvataljke, za koju se poluprečnik zaštitne zone računa prema izrazu:

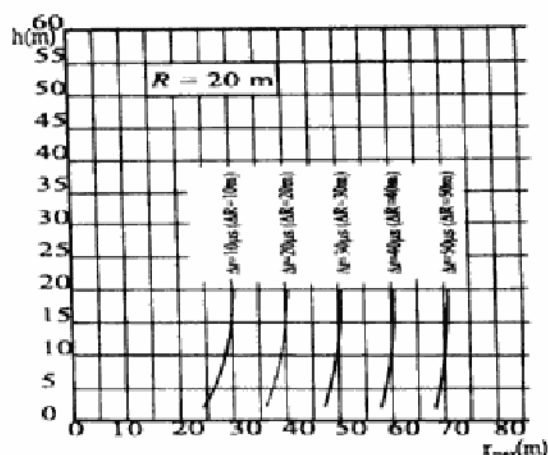
$$r_{\max} = \sqrt{h(2R - h)} \quad (m) \quad (2)$$

poluprečnik zaštitne zone za hvataljku sa uređajem za rano startovanje (slika 6), na nivou koji je za h niži od hvataljke, može se odrediti prema izrazu:

$$r_{\max} = \sqrt{h(2R - h) + \Delta R(2R + \Delta R)} \quad (m) \quad (3)$$

Na slici 6 prikazana je familija krivih koja pokazuje vezu poluprečnika zaštitne zone i visine hvataljke za jedan od standardnih nivoa zaštite ($R=20$ m), pri različitim vremenima prednjačenja (10 do 15 μ s).

Pored laboratorijskih izvedena su i testiranja hvataljke sa uređajem za rano startovanje u realnim uslovima



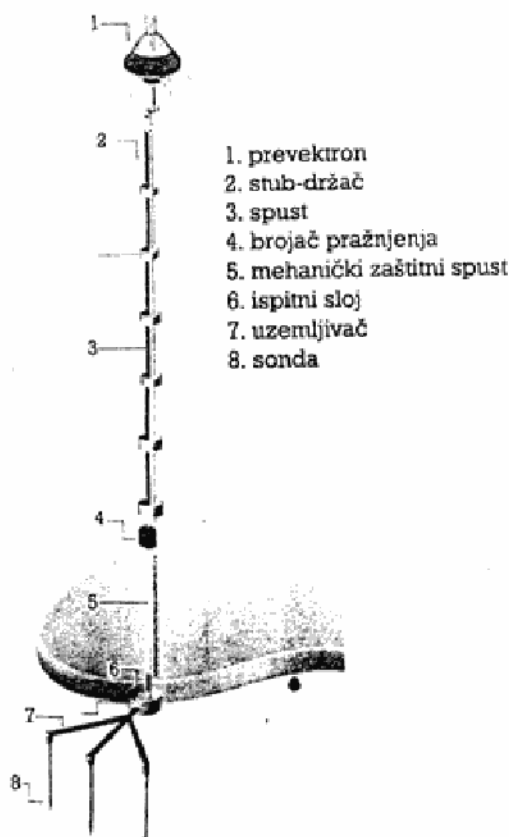
Sl. 6 — Zavisnosti poluprečnika zaštitne zone i visine hvataljke pri različitim vremenima prednjačenja

na terenu, kako bi se proverili dobijeni rezultati. Za ispitivanja na terenu korišćena su prirodna pražnjenja koja su se odigravala u blizini. U povoljnom momentu lansirana je raketa koja je prema oblaku nosila tanak bakarni provodnik presvučen kevlarom, preko koga je ostvaren »kratak spoj« oblak — zemlja (tehnika »visokog uzemljenja«). Na taj način izazvano je više upotrebljivih pražnjenja, kao i centriranje događaja oko testiranih hvataljki, koje su bile ekvidistantno raspoređene oko lansirnog sistema. Hvataljke su, optičkim kablom preko koaksijalnog priključka, bile povezane za merni sistem koji je pratio i beležio električnu aktivnost na vrhu testiranih hvataljki za vreme promena električ-

nog polja. Oscilogrami su pokazali da hvataljke sa uređajem za rano startovanje, u povoljnom momentu, emituju struju reda veličine 1 A koja prethodi glavnom pražnjenju, dok na uporednom oscilogramu, u isto vreme, Franklinova hvataljka nije pokazivala nikakvu aktivnost.

Oscilogrami su, takođe, pokazali da okidački uređaj hvataljke sa uređajem za rano startovanje reaguje u svim slučajevima povećanja električnog polja ambijenta.

Ilustracije radi, na slici 7 prikazana je gromobranska instalacija za zaštitu otvorenog prostora, gde je primenjena hvataljka sa uređajem za rano startovanje.



Sl. 7 — Primena hvataljke sa uređajem za rano startovanje za zaštitu otvorenog prostora

Zaključak

Hvataljka sa uređajem za rano startovanje mogla bi da nađe primenu u zaštiti zgrada, industrijskih objekata, otvorenog prostora, skladišta goriva, tornjeva, objekata kulture i sl. Cena hvataljke sa uređajem za rano startovanje, bez klasičnog dela gromobranske instalacije, iznosi 6000 do 8000 DM, zavisno od tipa. U Jugoslaviji postoje zastupnici pojedinih proizvođača.

Prema raspoloživim podacima u svetu je ugrađeno oko 100000 ovih uređaja, a u Jugoslaviji oko 300. Na ob-

jektima VJ nije ugrađena nijedna hvataljka sa uređajem za rano startovanje.

Teška ekonomska situacija u VJ, loše iskustvo sa nekada mnogo hvaljenim radioaktivnim gromobranima, kao i nedovoljni podaci o okidačkom sklopu hvataljke sa uređajem za rano startovanje, za sada otežavaju donošenje odluke o njenoj ugradnji. Stoga se smatra da još neko vreme, možda ne dugo, treba sačekati sa primenom hvataljke sa uređajem za rano startovanje.

Literatura:

- [1] Marjanović, Z.: Novi tehnički propisi i standardi o gromobranskoj zaštiti, VTG 4/87.
- [2] Gromobranske instalacije, Opšti uslovi, JUS IEC 1024-1.

- [3] Stapna hvataljka sa uređajem za rano startovanje, JUS N. B4. 810.
- [4] Prospekti proizvođača »Indelec paratonnerres«.
- [5] Prospekt proizvođača »Duval-Messien«.

OPTIMIZACIJA OBLIKA METALNE SUPSTRUKTURE METALOKERAMIČKOG KONUSNOG TELESKOP-SISTEMA

UDC: 616.314-089.29:519.22

Rezime:

U radu je, primenom metode konačnih elemenata (MKE), izvršena teorijsko-eksperimentalna analiza oblika i dimenzija metalne supstrukture spoljašnje konusne teleskop-krunice metalokeramičkog konusnog teleskop-sistema. Posmatrana je metalna supstruktura metalokeramičkog konusnog teleskop-sistema smeštenog u model prvog donjeg premolara. Modeli su posmatrani i analizirani sa stanovišta zavisnosti napona i deformacija metalokeramičkog konusnog teleskop-sistema u funkciji od debljine metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice (d_k), granične vrednosti veličine interkrunskog prostora (d_i) i oblika ivice metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice (d_{iv}).

Ključne reči: metoda konačnih elemenata, konusni teleskop sistem, metalna supstruktura, oblik i dimenzije metalne supstrukture.

THE OPTIMIZATION FORM OF THE METAL SUBSTRUCTURES FOR METAL-CERAMIC SYSTEMS

Summary:

In the paper, the theoretic-experimental analysis of the design and thickness of metal substructure of outer conical telescopic crowns of metal-ceramic conical telescopic system was carried out by the application of the finite-element method. The metal substructure of the conical telescopic system placed into the model of the first lower premolar is observed. The models are observed and analyzed on the basis of interdependence of the tension and distortion of the metalceramic conical telescopic system depending of the thickness of the telescopic crowns (d_k), the size of space (d_i), and the design of the edge of the metal substructures of the secondary telescopic crowns (d_{iv}).

Key words: finite-element method, conical telescopic system, metal substructure, design and dimensions of the metal substructures.

Uvod

Zahvaljujući dobrim mehaničkim osobinama, izvanrednom estetskom kvalitetu i biološkoj podnošljivosti keramike, u stomatološkim teorijskim istraživanjima nastoji se da se stvore uslovi za izradu metalkeramičkih konusnih teleskop-sistema [1].

U dosadašnjoj svetskoj praksi, iz anatomske-morfoloških i estetskih razloga, spoljašnje teleskop-krunice fase-tirane su kompozitnim materijalima [3].

Iskustva Klinike za stomatologiju Vojnomedicinske akademije zasnivaju se na dugogodišnjoj i bogatoj praksi primene teleskop-sistema u zbrinjava-

nju suptotalnih i drugih krezubosti [2].

Osnovni cilj navedenih istraživanja je da se teleskop-sistemi koji su fasimirani akrilatnom ili kompozitom zamene sa metalkeramičkim konusnim teleskop-sistemima. U istraživačkom postupku, prvi korak je ispitivanje napona i deformacija metalne supstrukture spoljašnje konusne teleskop-krunice metalkeramičkog konusnog teleskop-sistema,

Eksperimentalni okvir i metodologija istraživanja

Posmatrana je metalna supstruktura metalkeramičkog konusnog teleskop-sistema na prvom donjem premolarnu od legure NiCrCo — nikal-hrom-kobalt (Wiron 88). Kao ulazni parametri definisani su:

1. Geometrijske karakteristike konusnog teleskop-sistema smeštenog u model prvog donjeg premolara (slika 1). Model je posmatran u trodimenzionalnom prostoru. Debljina unutrašnje

teleskop-krunice je konstantna i iznosi 0,3 mm, a konvergentni ugao iznosi 6°.

2. Promenljivi parametri u geometrijskom obliku:

$d_k = 0,1$ do $0,5$ mm — debljina metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice,

$d_i = 0,1$ do $0,3$ mm — visina interkrunskog prostora,

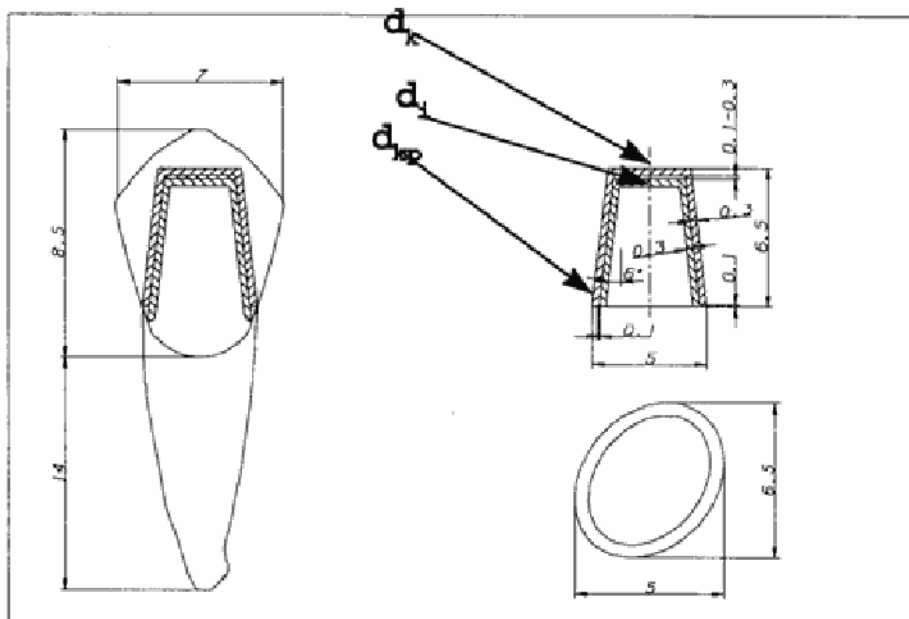
$d_{kp} = 0$ do $0,5$ mm — oblik ivice metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice, (sa zakošenjem).

3. Granični uslovi:

— fizičko-mehaničke karakteristike Wiron 88,

— opterećenje — jačina i pravac dejstva sile opterećenja.

Posmatrana je promena napona i deformacija u odnosu na promenu geometrijskog oblika za silu opterećenja od 500 N duž uzdužne osovine zuba i pod uglom od 25°. Vrednosti sile opterećenja su postepeno unošene [2, 4, 5, 6]. Analiza primenom metode konačnih elemenata (MKE) izvršena je u Centru za efektivnost sistema i logistiku (CESiL) Instituta za motorna vozila



Sl. 1 — Presek konusnog sistema

Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Za interpretaciju raspodela napona i deformacija korišćen je programski paket »R\$M«, razvijen u CESIL. Za statističku obradu podataka primenjena je Vejbulova raspodela [7].

Rezultati istraživanja

U okviru ovog rada izvršen je proračun napona i deformacija u zavisnosti od:

- debljine metalne supstrukture spoljašnje konusne teleskop-krunice,
- visine interkrunskog prostora,
- oblika ivice metalne supstrukture za vrednost dejstva sile od 500 N za slučajeve normalnog dejstva na konusni teleskop-sistem i dejstva pod uglom od 25° . Pri tome je urađeno 12 modela sa različitim dimenzijama: $d_k=0,1$ do $0,5$ mm, $d_i=0,1$ do $0,3$ mm i $d_{kp}=0,0$ do $0,5$ mm. Zbog obimnosti rezultata prikazane su raspodele napona i deformacija samo za dva modela (slike 2 i 3).

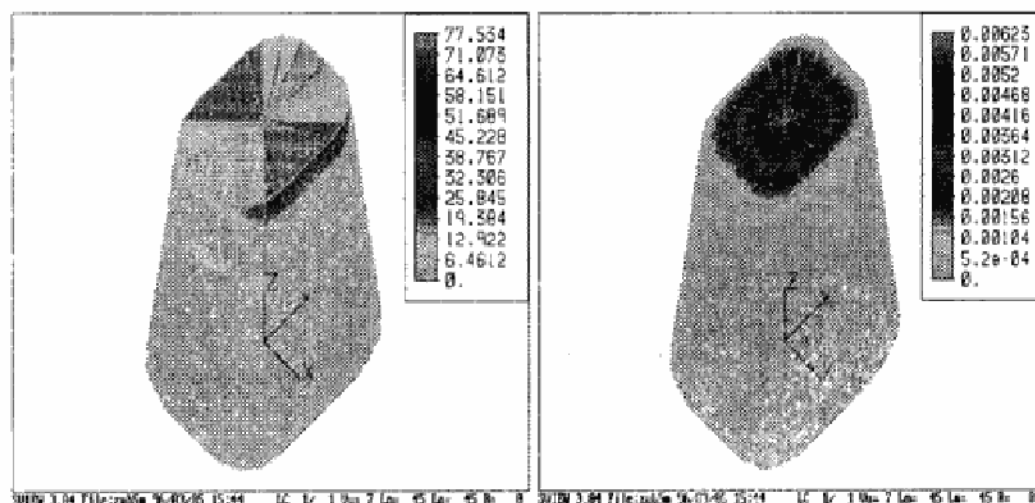
Statistička obrada podataka

Rezultati dobijeni primenom MKE ne obezbeđuju valjanu analizu, pa se pristupilo iznalaženju odgovarajućeg zakona raspodele napona i deformacije metalne supstrukture spoljašnje konusne teleskop-krunice u zavisnosti od d_k , d_i i d_{kp} . Pri tome je ustanovljeno da je najprihvatljivije primeniti Vejbulov zakon raspodele [7]. U okviru ovog rada za svaki posmatrani model određen je teorijski oblik zavisnosti raspodele napona i deformacija od d_k , d_i i d_{kp} .

Na osnovu teorijsko-eksperimentalnih rezultata dobijeni su opšti oblici modela napona i deformacije metalokeramičkog konusnog teleskop-sistema u zavisnosti od d_k , d_i i d_{kp} [2, 8, 9]. Opšti oblici modela su ilustracije radi prikazani na slikama 4 i 5. Na slici 4 prikazana je zavisnost napona od d_k , d_i i d_{kp} , pri čemu je zavisnost d_k data na x-osi, a ostala dva parametra obuhvaćena su krivom gornje i donje granice.

RASPODELA NAPONA

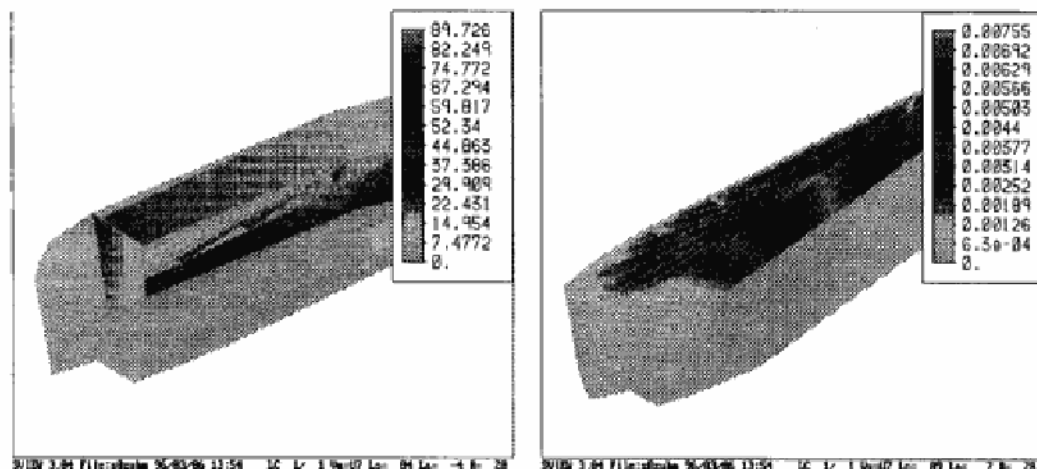
RASPODELA DEFORMACIJA



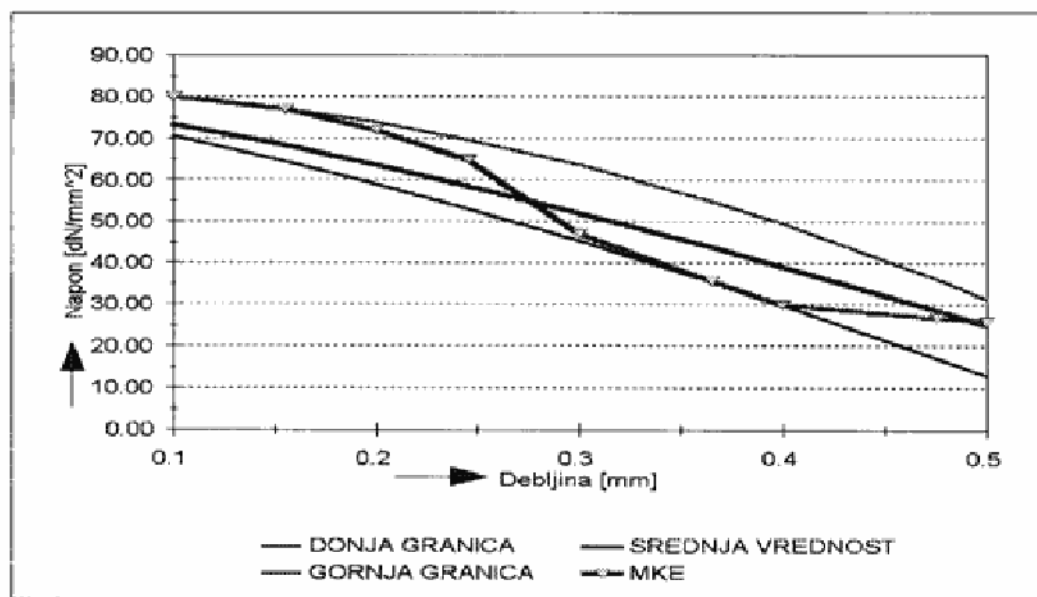
Sl. 2 — Raspodela napona i deformacija za model 1

RASPODELA NAPONA

RASPODELA DEFORMACIJA



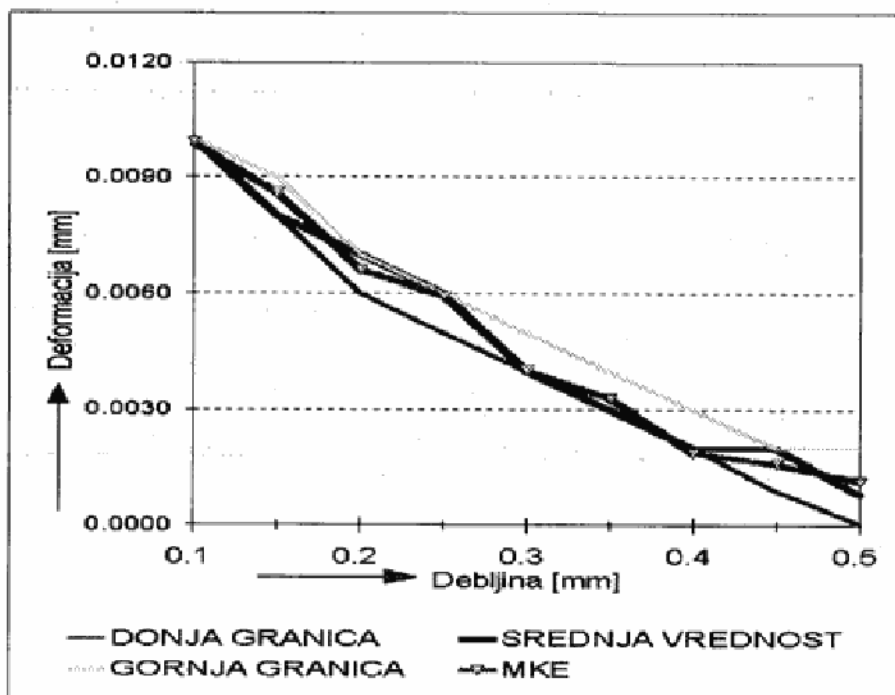
Sl. 3 — Raspodela napona i deformacija za model 2 (presek gornjeg dela sistema)



Sl. 4 — Prikaz modela napona

Na slici 5 prikazana je zavisnost deformacije od d_k , d_i i d_{kp} , pri čemu je zavisnost d_k data na x-osi, a ostala dva parametra obuhvaćena su krivom gornje i donje granice.

Analizirajući posmatrane slučajeve za napone i deformacije proizilazi da geometrijski parametri mogu da se kreću u granicama: $d_k=0,35$ do $0,46$ mm, $d_i=0,0$ do $0,3$ mm i $d_{kp}=0$ do



Sl. 5 — Prikaz modela deformacija

0,5 mm. Pri tome, napominje se da mnogo veći uticaj na povećanje vrednosti debljine metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice ima veličina interkrunskog prostora, dok je uticaj oblika ivice daleko manji, tj. bez uticaja.

Zaključak

Kao osnova za optimizaciju oblika metalne supstrukture metalkeramičkog konusnog teleskop-sistema poslužili su rezultati dobijeni proračunom napona i deformacije sklopa metalne supstrukture spoljašnje i unutrašnje teleskop-krunice primenom savremene MKE. Probleme estetike, biokompatibilnosti i trajnosti fasete moguće je rešiti primenom keramičkog fasetiranja. Oblaganje keramikom moguće je pri-

meniti uz optimizaciju geometrijskih parametara metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice.

Geometrijski oblik metalne supstrukture treba da omogući otpornost na savijanje. S obzirom na to mora se voditi računa o njenoj debljini, kako ne bi došlo do uvijanja. U protivnom, to bi imalo za posledicu uvijanje keramike, koja je vrlo osetljiva na sile uvijanja i zatezanja, pa i odvajanje od metalne supstrukture. Metalna supstruktura u metalkeramičkom sistemu deluje se tako da nema oštih ivica i uglova na leguri, kako se pri kontrakciji keramike ne bi javljale pukotine ili koncentracija napona između keramike i legure.

Na osnovu analize napona i deformacije metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice urađene od NiCr

Co legure, primenom MKE dobijene su optimalne vrednosti geometrijskih parametara za metalokeramički konusni teleskop-sistem: $d_k=0,36$ mm, $d_i=0,12$

mm i $d_{kp}=0,35$ mm (zakošen). Konačan rezultat analize zavisi od datih graničnih uslova i opterećenja, kao i korektnog tumačenja rezultata.

Literatura:

- [1] Draganjac, M.: Optimalna debljina i oblik metalne supstrukture spoljašnje teleskop-krunice metalokeramičkog konusnog teleskop-sistema, Magistarski rad, Vojnomedicinska akademija, Beograd, 1996.
- [2] Draganjac, M., Teodosijević, M.: Metalokeramički konusni teleskop-sistemi, Zbornik radova XX stomatološka nedelja Srbije.
- [3] Körber, K. H.: Konuskrönen — Das rationelle Teleskopsystem Einführung in Klinik und Technik, Heidelberg: Alfred Hutig Verlag, 1983.
- [4] Čukić, R., Ružić, D.: Otpornost materijala, Mašinski fakultet, Beograd, 1992.
- [5] Cheung, Y. K., Yeo, M. F.: A Practical Introduction to Finite Element Analysis, London, 1979.
- [6] Josifović, M.: Izabrana poglavlja iz elastičnosti i plastičnosti, Mašinski fakultet, Beograd, 1970.
- [7] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [8] Bathe, K. J. M.: Large Displacement Analysis of Tree — Dimensional Beam Structures, 1980.
- [9] Zelenović, D., Todorović, J.: Efektivnost sistema u mašinstvu, Naučna knjiga, Beograd, 1990.

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

VREME PREVOŽENJA MASOVNIH TOKOVA TERETA KAO KRITERIJUM OPTIMIZACIJE ORGANIZOVANJA ŽELEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

UDC: 656.2.025.6:519.863

Rezime:

U radu se razmatra vreme prevoženja masovnih tokova tereta železnicom, kao jedan od mogućih kriterijuma optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja. Za određivanje vrednosti tog kriterijuma definisan je matematički model, a osnovu za njegovo koncipiranje predstavlja usvojeni način organizovanja železničkog saobraćaja i period grafikona koji mu odgovara.

Ključne reči: železnički saobraćaj, optimizacija, model, organizacija, vreme prevoženja.

TIME OF TRANSPORT OF MASS COURSES AS A CRITERION FOR THE OPTIMIZATION OF RAILWAY TRAFFIC ORGANIZATION

Summary:

In this work the time of transport of mass courses by railway traffic is dealt with as one of possible criteria for the optimization of railway traffic organization. For the evaluation of this criterion the adequate mathematical model has been defined. The basis for the model represents the adopted way of railway traffic organization and the period of graph which suits it.

Key words: railway traffic, optimization, model, organization, time of transport.

Uvod

Pri prevoženju masovnih tokova tereta železnicom (prevoženje u više vozova) nastoji se da se ono obavi u određenom, po mogućnosti, što kraćem vremenu. Pored tehničko-tehnoških parametara pruge kao prevoznog puta, vreme prevoženja sa više vozova (masovno prevoženje) zavisi umnogome od usvojene — postavljene organizacije saobraćaja vozova. Kod takvih prevoženja, bilo da se radi za potrebe privrede ili vojske, saobraćaj se najčešće organizuje uz promenu tipa grafikona ili uz primenu višestruke vuče ukoliko se obavlja prugom koja po-

seduje deonicu sa nepovoljnim uzdužnim nagibom, odnosno otporom.

Vreme prevoženja masovnih tokova tereta, posmatrano od momenta polaska prvog voza iz stanice do momenta stizanja zadnjeg voza u odredišnu stanicu, predstavlja izuzetno važnu i organima saobraćajne službe potrebnu informaciju.

Za brzo dolaženje do tačne i pouzdane informacije o vremenu prevoženja potrebno je postaviti adekvatan model. Definisanje modela za određivanje vremena prevoženja podrazumeva analizu određenih parametara i usvajanje odgovarajućeg načina organizovanja železničkog saobraćaja.

Karakteristike vremena prevoženja

Vreme prevoženja masovnih tokova tereta železnicom predstavlja jedan od najvažnijih kriterijuma optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja. Ono se može posmatrati kao funkcija propusne moći određene pruge. Naime, pruga sa većom propusnom moći omogućuje da se određeni tokovi prevezu za kraće vreme.

Vreme kretanja (vožnje) jednog voza određeno je tehničko-tehnološkim i eksploatacionim parametrima pruge kao što su:

- vrsta pruge,
- dozvoljena brzina kretanja vozova,
- maksimalno dopušteno opterećenje pruge,
- uzdužni profil,
- dopušteni gabariti vozila i tereta,
- propusna moć (potrebna i postojeća).

Železnička pruga kao šinski put koji međusobno spaja razdelne tačke, može biti jednokolosečna, dvokolosečna ili višekolosečna. Sam broj koloseka utiče na organizovanje železničkog saobraćaja, a u određenoj meri i na vreme kretanja vozova.

Maksimalna brzina kretanja vozova ograničena je u zavisnosti od maksimalnih brzina dobijenih s obzirom na:

- vrstu i sposobnost vučnog vozila,
- karakteristike — sposobnosti pruge,
- vrstu i karakteristike voznih sredstava,
- vrstu kočenja,
- sastav voza,
- položaj i mesto lokomotive u vozu.

Za maksimalnu brzinu kretanja uzima se najmanja brzina dobijena na osnovu navedenih parametara.

Na vrednost dopuštenog opterećenja pruge presudan uticaj ispoljava nosivost donjeg i gornjeg stroja. Opterećenje po osovini železničkih vučnih i voznih sredstava dobija se prema izrazu:

$$P_{os} = \frac{G_v + G_t}{n_{os}} \quad (t/os) \quad (1)$$

gde je:

- G_v — vlastita masa vozila (t),
- G_t — masa tereta na vozilu (t),
- n_{os} — broj osovina na kolima.

Opterećenje od železničkih vozila po dužnom metru dobija se po izrazu:

$$P_{dm} = \frac{G_v + G_t}{l_v} \quad (t/m) \quad (2)$$

gde je:

- l_v — dužina vozila merena od čela do čela nesabijenih odbojnika (m).

Svaka pruga, zavisno od svoje sposobnosti da primi opterećenja od vozila (opterećenja izražena po osovini ili dužnom metru), razvrstava se u jednu od kategorija.

U mirnodopskim, a naročito u ratnim (vanrednim) uslovima javlja se potreba da se određenom prugom preveze teret koji prekoračuje najveće dopušteno opterećenje. Tada se, uz proveru nosivosti koloseka, donosi odluka o eventualnom prevoženju po masi predimenzioniranog tereta. To se izvodi povećanjem dopuštenog napreznja koloseka uz smanjenje zahteva u pogledu ekonomičnosti održavanja pruge i udobnosti vožnje. Tada je moguće brzinu utvrditi izrazom [5]:

$$V_{max} = \sqrt{30000 \cdot \left(\frac{\delta_{dop} \cdot W}{K \cdot P \cdot L} - 1 \right)} \quad (km/h) \quad (3)$$

gde je:

- δ_{dup} — povećano dopušteno naprežanje šina na savijanje (kN/cm^2),
W — moment otpora šine (cm^3),
K — koeficijent čija veličina zavisi od razmaka merodavnih osovina vozila,
P — opterećenje točka (kN),
L — razmak između pragova (cm).

Uzdužni profil pruge sa svojim osnovnim elementima, nagibom i krivinama, utiče na vreme kretanja voza.

Vreme prevoženja određenog toka masovnih tereta (u više vozova) zavisi od usvojene organizacije saobraćaja vozova, intervala sleđenja uzastopnih vozova i dr.

Do izbora — usvajanja organizacije saobraćaja vozova u uslovima masovnih prevoženja dolazi se analizom pruge sa njenim osnovnim elementima, tehničko-tehnološkim parametrima, obimom prevoženja, raspoloživim vučnim i voznim sredstvima, kao i na osnovu iskustva i preporuka datih u odgovarajućoj stručnoj literaturi. Iz skupa mogućih načina organizovanja saobraćaja u takvim uslovima, a za potrebe masovnih prevoženja, kako sa aspekta privrede, tako i vojske, posebno interesantnim izdvajaju se:

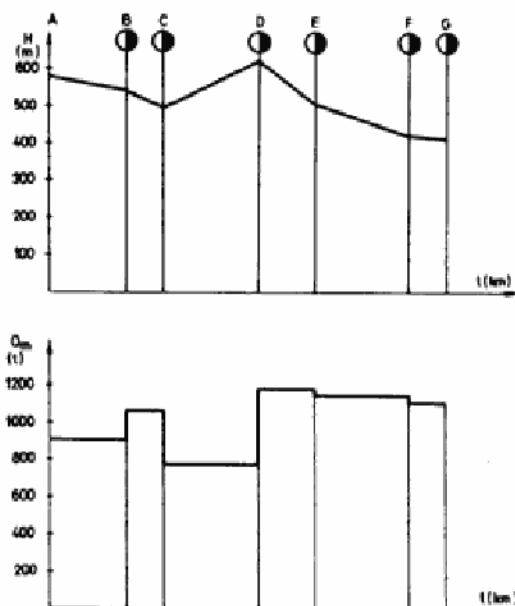
— organizovanje saobraćaja uz primenu višestruke vuče,

— organizovanje saobraćaja putem promene tipa grafikona saobraćaja vozova.

Organizovanje saobraćaja vozova uz primenu višestruke vuče

Višestruka vuča vozova, kao način organizovanja železničkog saobraćaja, primenjuje se na prugama gde postoje deonice sa većim usponom, odnosno otporom. U takvim uslovima, uz upotrebu dve ili više lokomotiva, mo-

guće je formiranje i vuča vozova veće mase, pod uslovom da to omogućava dužina staničnih koloseka. Da bi se na adekvatan način analizirala potreba za višestrukom vučom, potrebno je izvršiti parcijalnu analizu veličine maksimalne mase voza po međustaničnim rastojanjima. Analiza se može izvršiti uz pomoć tzv. tonsko-kilometarskog dijagrama (slika 1).



Sli. 1 — Tonsko-kilometarski dijagram

Iz dijagrama se mogu dobiti podaci za maksimalnu vrednost mase voza na svakom međustaničnom rastojanju. Posebno se analizira deonica sa najvećim otporom i maksimalna masa voza na njoj, pa ako postoji potreba za ojačanjem vuče usvaja se višestruka vuča. Ona se može, zavisno od konkretnih uslova, usvojiti za celu prugu ili samo za pojedina međustanična rastojanja.

Obično se za vuču vozova u takvim slučajevima koriste dve lokomotive, bilo kao zaprežanje, bilo kao potiskivanje. U svetu se, pored ova dva

osnovna vida višestruke vuče, koristi višestruka vuča uz pomoć većeg broja lokomotiva koje se uvrštavaju na čelo, sredinu i začelje voza (Rusija i SAD), čime se znatno više uvećava masa voza. Pri zaprezanju masa voza ne može biti veća od zbira redovnog opterećenja vozne i zaprežne lokomotive, a zbir ovih opterećenja ne može biti veći od graničnog opterećenja lokomotiva na pruzi kojom voz saobraća [1], odnosno:

$$Q_m \leq Q_v + Q_z \leq Q_{gl} \quad (t) \quad (4)$$

gde je:

- Q_m — maksimalna masa voza (t),
- Q_v — opterećenje vozne lokomotive (t),
- Q_z — opterećenje zaprežne lokomotive (t),
- Q_{gl} — dopušteno granično opterećenje lokomotive na pruzi (t).

Pri potiskivanju voza njegova masa ne može biti veća od zbira redovnog opterećenja vozne i potiskivajuće lokomotive, a redovno opterećenje vozne lokomotive ne može biti veće od graničnog opterećenja lokomotive na dotičnoj pruzi, odnosno:

$$Q_m \leq Q_v + Q_p \quad (t) \quad (5)$$

$$Q_v \leq Q_{gl} \quad (t)$$

gde je:

- Q_p — opterećenje potiskivajuće lokomotive (t).

U ređim slučajevima, na velikim usponima radi značajnijeg povećanja mase vozova, za vuču se koriste tri lokomotive. Tada se vuča organizuje na jedan od sledećih načina: dve lokomotive na čelu (vozna i zaprežna), a jedna na začelju voza (potiskivalica), jedna na čelu (vozna) i dve na začelju (potiskivalice), ili jedna od pridodatih lokomotiva u sredini voza.

Kod prvog načina (zaprezanje i potiskivanje), masa voza ne može biti veća od redovnih opterećenja svih radnih lokomotiva u vozu. Zbor redovnih opterećenja vozne i zaprežne lokomotive ne može biti veći od graničnog opterećenja lokomotiva na dotičnoj pruzi, odnosno:

$$Q_m \leq Q_v + Q_z + Q_p \quad (t) \quad (6)$$

$$Q_v + Q_z \leq Q_{gl} \quad (t)$$

Kod drugog načina (dve lokomotive na začelju voza — potiskivalice) masa voza ne može biti veća od zbira redovnih opterećenja vozne lokomotive i potiskivalica, a redovno opterećenje vozne lokomotive ne može biti veće od graničnog opterećenja lokomotiva na dotičnoj pruzi, odnosno:

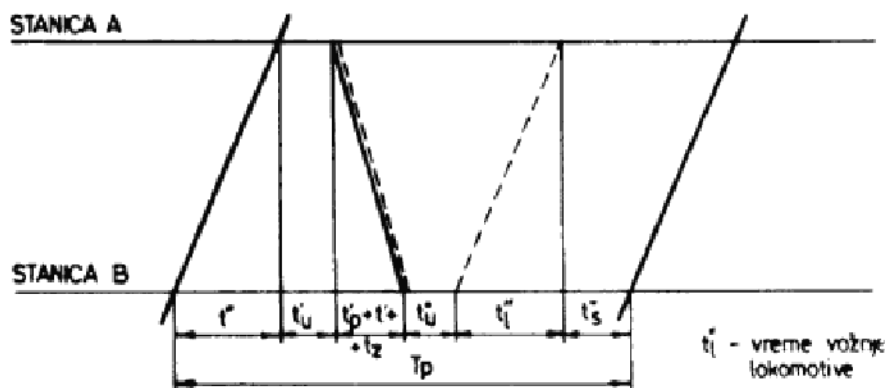
$$Q_m \leq Q_v + Q_{p1} + Q_{p2} \quad (t) \quad (7)$$

$$Q_v \leq Q_{gl} \quad (t)$$

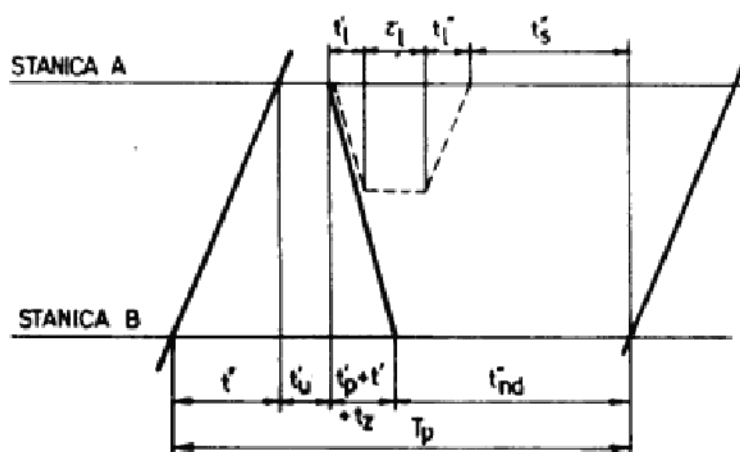
Organizovanjem saobraćaja uz primenu višestruke vuče vozova povećava se masa i broj vozova, ili samo masa odnosno broj vozova. Višestruka vuča, zavisno od profila pruge, primenjuje se na celoj pruzi ili samo na pojedinim staničnim odstojanjima. Kada je na celoj pruzi nepovoljan uspon obično se primenjuje zaprezanje, dok se potiskivanje primenjuje samo kada je na jednom staničnom odstojanju ili na kraćoj deonici nepovoljan uspon.

Za proveru propusne moći pruge pri organizaciji saobraćaja sa višestrukim vučom vozova na celoj deonici ili na celom staničnom odstojanju primenjuje se isti postupak kao i pri jednostrukoj vuči. U takvoj organizaciji saobraćaja mora se pronaći adekvatan period grafikona (slika 2).

Ako je na deonici pruge kraći i veći uspon tada se višestruka vuča organizuje sa nezakačenom potiskivalicom do određene tačke na otvorenoj pruzi (slika 3).



Sl. 2 — Period grafikona kod višestruke vuče od jedne do druge stanice



Sl. 3 — Organizacija višestruke vuče vozova potiskivanjem do određene tačke na otvorenoj pruzi

Za analizu tehničke i ekonomske opravdanosti izbora odgovarajućeg načina organizovanja saobraćaja vozova uz primenu višestruke vuče potrebno je sagledati što veći broj uticajnih faktora. Tako se, na primer, prema Voskresenskom, preduslov za primenu potiskivanja određuje nejednačinom:

$$\frac{Q_{v2} - Q_{v1}}{Q_{v1}} > \frac{l_{pot}}{l} \quad (8)$$

gde je:

Q_{v2} — masa voza sa jednostrukom vučom (t),

Q_{v1} — masa voza sa potiskivalicom (t),

l_{pot} — dužina deonice potiskivanja (km),

l — ukupna dužina pruge (km).

Organizacija saobraćaja vozova uz primenu bilo kojeg vida višestruke vuče opravdana je samo ako se povećava propusna moć, bilo u broju vozova, bilo u masi ili i u jednom i u drugom.

Organizovanje saobraćaja vozova putem promene tipa grafikona

Organizovanje saobraćaja vozova putem promene tipa grafikona jedan je od mogućih načina organizovanja saobraćaja u uslovima masovnih prevoženja, i to prelazak sa parnog na neparni grafikon saobraćaja vozova.

U slučaju paralelnog neparnog grafikona, što može u vanrednim uslovima biti realnost, jer će uvek jedan pravac kretanja — smer biti opterećeniji, a to znači da će u tom smeru biti upućivano više vozova, propusna moć se izračunava uz pomoć koeficijenta neparnosti. Koeficijent neparnosti izračunava se pomoću izraza:

$$\delta_{np} = \frac{N_v''}{N_v'} \quad (9)$$

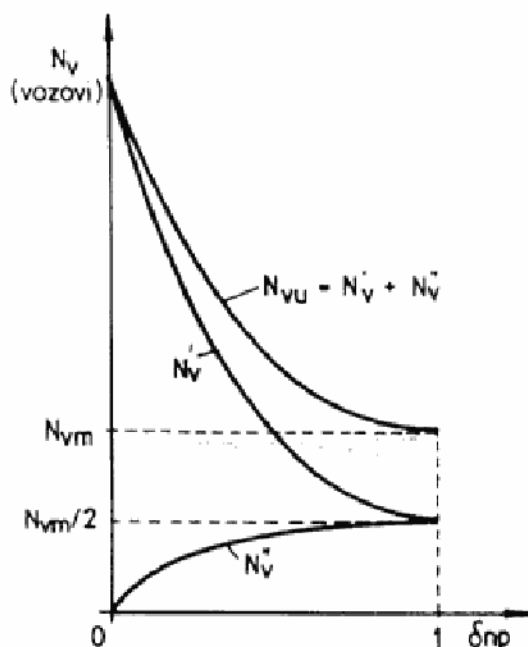
gde je:

N_v' — broj vozova u jednom smeru, na primer tovarnom,

N_v'' — broj vozova u drugom smeru, na primer netovarnom.

Pri označavanju smerova obično se tovarnim smerom proglašava onaj u kojem ima više vozova i obratno. U slučaju prevoženja ka frontu ili u slučaju dotura TS tovarnim smerom se smatra smer koji vodi ka frontu, odnosno mestu dotura. Netovarnim smerom smatra se smer koji vodi od fronta ka pozadini, koji u određenom slučaju može biti tovarni, a to će biti onda kada se obavlja evakuacija.

Pri nepromenjenoj tehničkoj opremljenosti deonice pruge, sa povećanjem broja vozova u jednom smeru, na primer tovarnom — N_v' , smanjuje se koeficijent neparnosti — δ_{np} , a ukupan broj vozova na deonici ($N_{vu} = N_v' + N_v''$) raste i dostiže svoj maksimum pri $\delta_{np} = 0$, a to znači da se svi vozovi kreću u jednom smeru. Sa povećanjem broja vozova N_v' , smanjuje se broj vozova u suprotnom smeru N_v'' , (slika 4).



Sl. 4 — Promena propusne moći jednokolesečne pruge sa promenom koeficijenta neparnosti

Pri prelasku na neparni grafikon saobraćaja vozova postavljaju se određena pitanja na koja treba tražiti odgovor. Kao prvo pitanje nameće se sledeće: kako povećanje broja vozova u tovarnom smeru — N_v' pri nepromenjenoj tehničkoj opremljenosti utiče na smanjenje broja vozova u netovarnom smeru — N_v'' ?

Drugo pitanje koje se nameće je: koliko se vozova može propustiti u tovarnom smeru ako se netovarnim smerom mora propustiti određeni minimalni broj vozova (vraćanje praznih kola sa linije fronta i sl.)?

Kao treće pitanje može se istaći sledeće: kolike su maksimalne vrednosti propusne moći (broja vozova) po pravcima (tovarnom i netovarnom) pri različitim vrednostima koeficijenta neparnosti — δ_{np} ?

Određivanje maksimalne propusne moći kod različitih vrednosti koeficijenta neparnosti moguće je uz postup-

no smanjenje broja vozova u grafikonu kretanja u jednom smeru i iskorišćavanju povećanih intervala sleđenja za dodatno ucrtavanje vozova u drugom smeru.

Sa smanjenjem koeficijenta neparnosti δ_{np} povećava se ukupna propusna moć jednokolosečne pruge, odnosno ukupan broj vozova koji može saobraćati na pruži — N_{vu} . To se može oceniti preko odnosa ukupne propusne moći — N_{vu} prema maksimalnoj mogućoj propusnoj moći, odnosno broju vozova N_{vm} u parnom grafikonu:

$$f(\delta_{np}) = \frac{N_{vu}}{N_{vm}} \quad (10)$$

Za opisivanje funkcije $f(\delta_{np})$ uzet je polinom drugog stepena, i tada se ukupan broj vozova na jednokolosečnim prugama, pri različitim vrednostima koeficijenata neparnosti, može odrediti na sledeći način [2]:

$$N_{vu} = N_{vm} f(\delta_{np}) = \frac{2 \cdot (1440 - t_{tehn}) \cdot \alpha_h}{(2 - \gamma_p) \cdot T_g + (I' + I'') \cdot \gamma_p} f(\delta_{np}) = \frac{2 \cdot (1440 - t_{tehn}) \cdot \alpha_h}{(2 - \gamma_p) \cdot T_g + (I' + I'') \cdot \gamma_p} =$$

$$= (a_0 + a_1 \cdot \delta_{np} + a_2 \cdot \delta_{np}^2) \quad (11)$$

gde je:

t_{tehn} — produženje tehnološkog »okna« u grafikonu saobraćaja vozova za tekuće održavanje pruge (min),

α_h — koeficijent, koji uzima u obzir uticaj otkaza u radu tehničkih sredstava na raspoloživu propusnu moć,

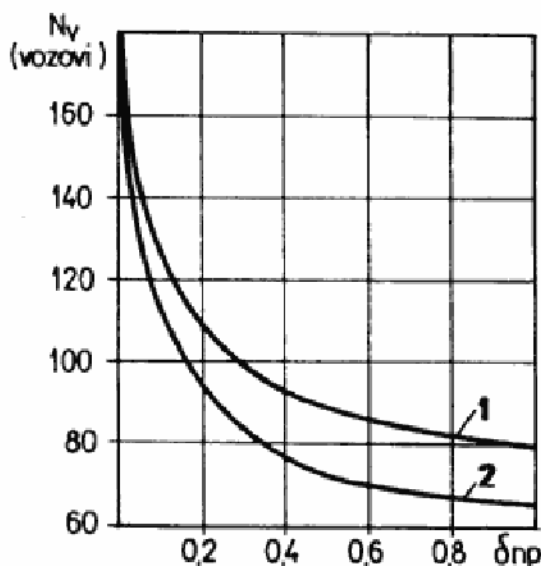
γ_p — koeficijent paketnosti,

T_g — period grafikona (min),

I', I'' — intervali između vozova u paketu (min).

Mogućnosti povećanja propusne moći uz smanjenje koeficijenta nepar-

nosti na dve jednokolosečne pruge prikazana je na slici 5 [2].



Sl. 5 — Promena propusne moći na dve jednokolosečne pruge

U slučaju da se kao ograničenje javlja vreme prevoženja određenog masovnog toka tereta (određenog broja vozova), a to znači da taj tok tereta treba provesti za određeno vreme, potrebno je odabrati takav način organizovanja železničkog saobraćaja koji to omogućuje. Ako ni jedan od mogućih načina organizovanja železničkog saobraćaja ne omogućava da se određeni tok masovnog tereta preveze u zadatom vremenu postavlja se zadatak utvrđivanja takvog načina organizovanja koji će omogućiti da u zadatom vremenu stigne što veći broj vozova.

Zavisno od cilja i uslova prevoženja masovnih tokova tereta železnicom određuje se i važnost pojedinih krite-

rijuma. Vreme prevoženja kao kriterijum ima veću važnost kada se kao cilj postavlja hitnost prevoženja, i u slučaju određenih vanrednih uslova. Vrednost važnosti kriterijuma mora se brojčano izraziti radi adekvatne primene u metodama višekriterijumske optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja.

Definisanje modela za određivanje vremena prevoženja

Pod vremenom prevoženja određenih masovnih tokova tereta podrazumeva se vreme od momenta polaska prvog voza iz polazne stanice do momenta stizanja zadnjeg voza u određenu stanicu.

Pri utvrđivanju vremena prevoženja mora se poći od načina organizovanja železničkog saobraćaja i od perioda grafikona pri takvoj organizaciji saobraćaja vozova.

Kod paralelnog parnog grafikona saobraćaja vozova (slika 6), vreme prevoženja može se utvrditi pomoću izraza:

$$T_{gr} = T_g \cdot N_{vp} + t_v \quad (12)$$

gde je:

T_g — merodavni period grafikona saobraćaja vozova (min),

N_{vp} — planirani (zahtevani) broj pari vozova,

t_v — vreme vožnje jednog voza na posmatranoj deonici (min).

Ukoliko je zahtevani obim prevoženja manji od proračunate propusne moći u jednom smeru, odnosno ukoliko je:

$$N_{vp} < P_m$$

tada se merodavni period grafikona može utvrditi preko proračunate propusne moći:

$$T_g = \frac{T \cdot N_{vg}}{P_m} \quad (\text{min}) \quad (13)$$

gde je:

N_{vg} — broj vozova u periodu grafikona,

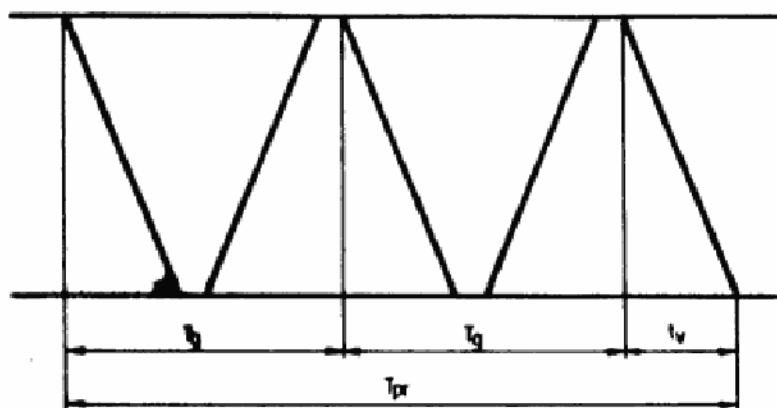
P_m — propusna moć pruge u broju vozova,

T — posmatrani ili zadati period vremena.

Uvrštavanjem izraza (13) u izraz (12) dobija se:

$$T_{pr} = \frac{T \cdot N_{vg}}{P_m} \cdot N_{vp} + t_v \quad (\text{min}) \quad (14)$$

Vreme vožnje voza obuhvata čisto vozno vreme i dodatke za ubrzavanje



Sl. 6 — Prikaz vremena prevoženja pri parnom grafikonu

i usporavanje pri pokretanju i zaustavljanju voza. Ono se određuje za razne kategorije vozova.

Kod neparnog grafikona saobraćaja vozova (slika 7), vreme prevoženja može se utvrditi pomoću izraza:

$$T_{pr} = T_{np} \cdot \left(\frac{N_{vp} - 1}{2} \right) + t_v \quad (\text{min}) \quad (15)$$

Ukoliko se period grafikona T_{np} zameni opštim izrazom (12) tada se vreme prevoženja može utvrditi izrazom:

$$T_{pr} = [T \cdot N_v'' + I \cdot (N_v' - N_v'')] \cdot \left[\left(\frac{N_{vp} - 1}{2} \right) + t_v \right] \quad (\text{min}) \quad (16)$$

Propusna moć pruge u tovarnom smeru pri neparnom grafikonu može se utvrditi izrazom:

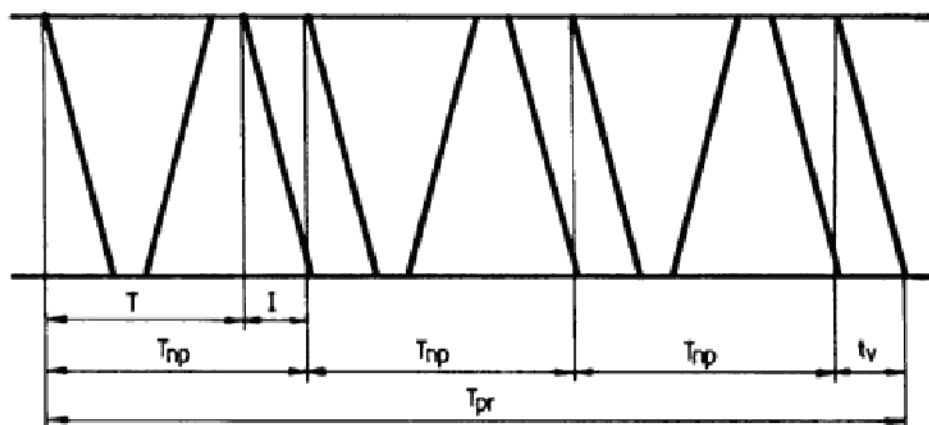
$$P_{tov} = P_{np} \cdot \frac{\delta_{np}}{\delta_{np} + 1} \quad (\text{vozova}) \quad (17)$$

Ukoliko je zahtevani obim prevoženja manji od proračunate propusne moći u tovarnom smeru, odnosno ukoliko je:

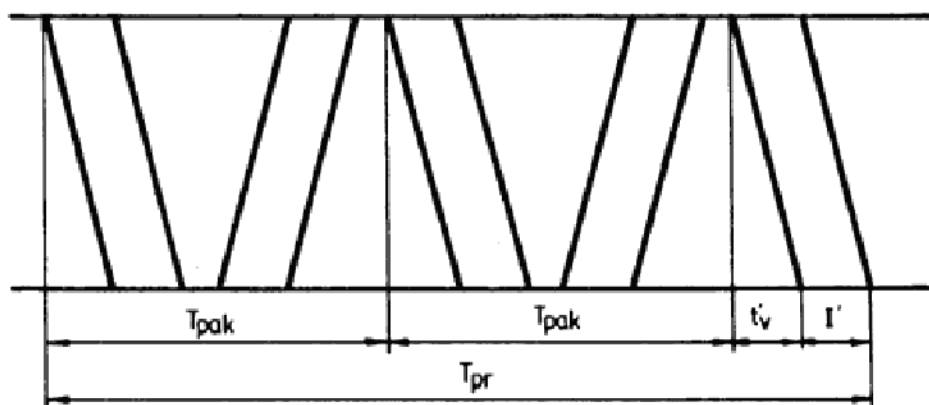
$$N_{vp} < P_{tov} \quad (18)$$

tada se merodavni period grafikona kod neparnog grafikona može utvrditi preko proračunate propusne moći:

$$T_{np} = \frac{T \cdot N'}{P_{tov}} \quad (\text{min}) \quad (19)$$



Sl. 7 — Prikaz vremena prevoženja pri neparnom grafikonu



Sl. 8 — Prikaz vremena prevoženja pri potpuno paketnom grafikonu

Kod potpuno paketnog grafikona saobraćaja vozova, (slika 8), vreme prevoženja može se utvrditi pomoću izraza:

$$T_{pr} = \left(\frac{b_p - 1}{2} \right) \cdot T_{pak} + t' + I' \quad (\text{min}) \quad (20)$$

gde je:

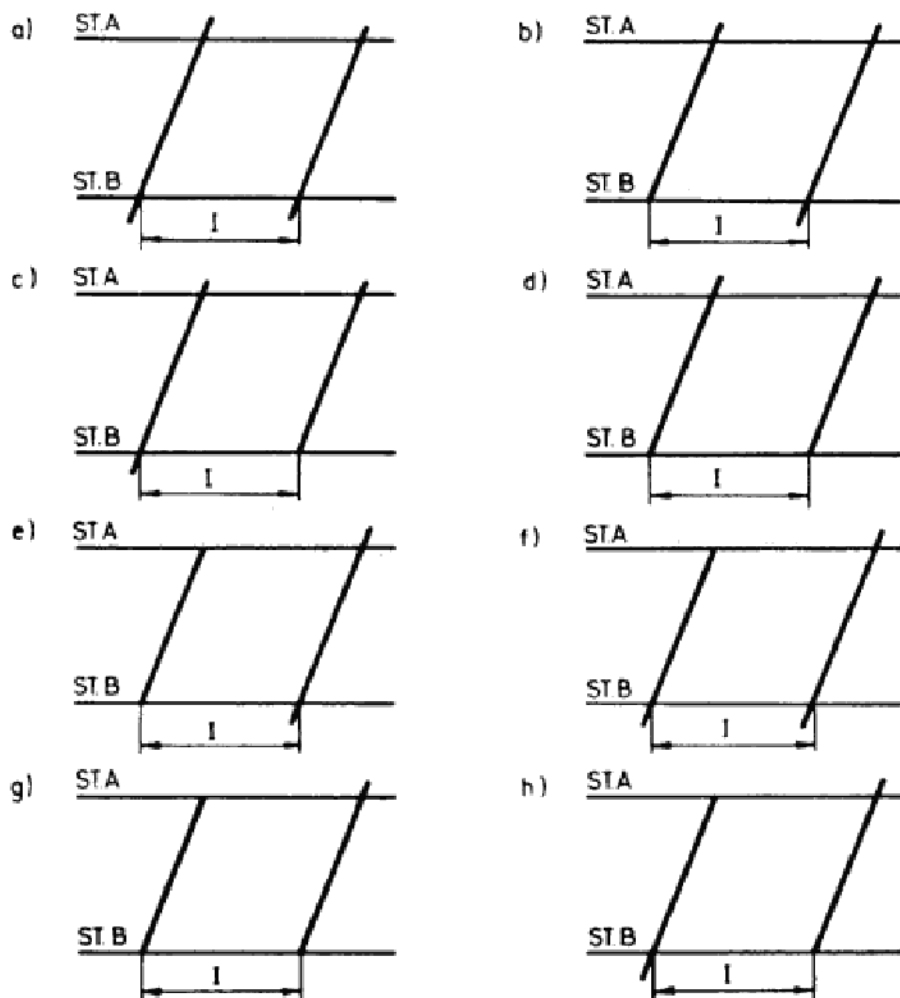
b_p — broj paketa vozova.

Na vreme prevoženja znatan uticaj ispoljavaju vreme vožnje vozova, stanični intervali i intervali sleđenja vozova.

Intervali sleđenja uzastopnih vozova jednakih brzina mogu se utvrditi za saobraćaj vozova u staničnom, odjavnom razmaku i u razmaku signala ARV.

Za uzastopni saobraćaj vozova u staničnom razmaku postoji više mogućih načina saobraćaja od kojih zavisi i vrednost intervala sleđenja. Za saobraćaj vozova prikazan na slici 9 a) i b) interval sleđenja izračunava se prema izrazu:

$$I = t_v + t_{os} + t_{odj} + t_{sig} + t_{ul} \quad (\text{min}) \quad (22)$$



Sl. 9 — Prikaz intervala sleđenja u staničnom razmaku

gde je:

- t_v — vreme vožnje prethodnog voza od stanice B do stanice A (min),
- t_{odj} — vreme koje je potrebno otporniku vozova da saopšti pozadnoj stanici da je voz prošao kroz njegovu stanicu (odjava) (min),
- t_{sig} — vreme koje je potrebno stanici B da obezbedi put vožnje uzastopnom vozu i promeni signalni znak (min).

Za saobraćaj vozova prikazan na slici 9 c) i d) interval sleđenja uzastopnih vozova utvrđuje se izrazom:

$$I = t_v + t_{os} + t_{odj} + t_{ot} \quad (\text{min}) \quad (23)$$

Za saobraćaj vozova prikazan na slici 9 e) i f) interval sleđenja uzastopnih vozova izračunava se prema izrazu:

$$I = t_v + t_{odj} + t_{sig} + t_{ot} \quad (\text{min}) \quad (24)$$

Za saobraćaj vozova prikazan na slici 9 g) i h) interval sleđenja uzastopnih vozova utvrđuje se izrazom:

$$I = t_v + t_{odj} + t_{ot} \quad (\text{min}) \quad (25)$$

Za organizaciju saobraćaja vozova na jednoj pruzi izračunavaju se intervali sleđenja između svih stanica, a kao merodavni interval za celu prugu uzima se najveći:

$$I = \max \{I_1, I_2, I_3, \dots, I_n\} \quad (\text{min}) \quad (26)$$

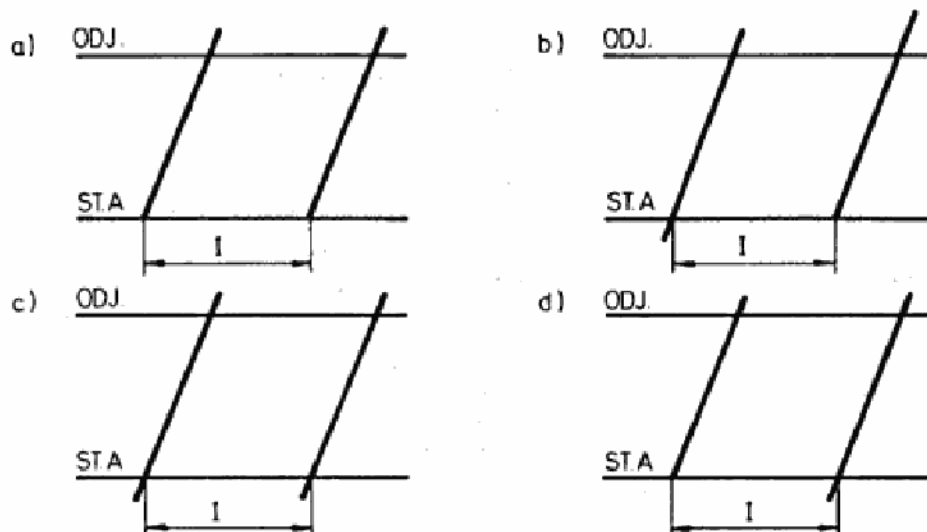
Intervali sleđenja uzastopnih vozova u odjavnom razmaku utvrđuju se između svake razdelne tačke (stanica — odjavnica, odjavnica — stanica, i odjavnica — odjavnica).

Interval sleđenja vozova između stanice i odjavnice za saobraćaj vozova prikazan na slici 10 a) i b) utvrđuje se izrazom:

$$I = t_v + \frac{0,06 \cdot l_n}{2 \cdot V} + t_{odj} + t_{ot} \quad (\text{min}) \quad (27)$$

gde je:

- $\frac{0,06 \cdot l_n}{2 \cdot V}$ — vreme prolaska druge polovine voza pored odjavnice (min),
- l_n — dužina voza (m),
- V — stvarna brzina saobraćaja voza (km/h).



Sl. 10 — Prikaz intervala sleđenja uzastopnih vozova u odjavnom razmaku

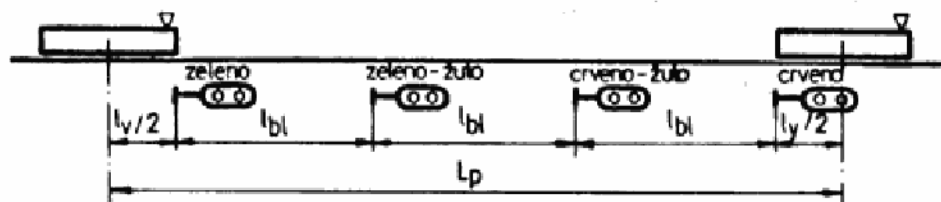
Interval sleđenja uzastopnih vozova prikazan na slici 10 c) i d) utvrđuje se izrazom:

$$I = t_v + \frac{0,06 \cdot l_n}{2 \cdot V} + t_{odj} + t_{sig} + t_{ul} \text{ (min)} \quad (28)$$

Kod pruga opremljenih automatskim pružnim blokom saobraćaj vozova se može organizovati tako da voz ispred sebe ima samo jedan slobodan prostorni odsek (sleđenje na žutu svetlost), ili da voz ima dva slobodna prostorna odseka (sleđenje na zelenu svetlost).

Minimalni interval sleđenja između vozova zavisi od tipa lokomotive, brzine, mase, dužine voza i sl.

Pri određivanju minimalnog intervala sleđenja vozova u paketu treba uzeti u obzir položaj vozova u paketu (slika 11).



Sl. 11 — Položaj vozova u paketu

Minimalni interval sleđenja vozova može se odrediti pomoću izraza:

$$\min I = 0,06 \cdot \frac{3 \cdot l_{bl} + l_v}{V_{sr}} \text{ (min)} \quad (29)$$

Uzimajući u obzir bezbednost vožnje, zaustavni put, odnosno zaustavljanje u slučaju potrebe (tada se za razmak između signala ARV uzima $l_{bl} \geq 1000$ m), može se za $\min I$ napisati:

$$\min I = 0,06 \cdot \frac{3000 + l_v}{V_{sr}} \text{ (min)} \quad (30)$$

Na osnovu izraza (29) na deonicama sa smanjenom brzinom kretanja vozova može se posebno odrediti dužina blokvnog razmaka:

$$l_{bl} = \frac{\left(\frac{I \cdot V_t}{0,06} - l_v \right)}{n_{bl}} \text{ (m)} \quad (31)$$

gde je:

n_{bl} — broj prostornih odseka.

Pri utvrđivanju intervala sleđenja uzastopnih vozova u ARV za svaku stanicu mora se izračunati interval u otpravljanju i interval u dolasku vozova (slika 12).

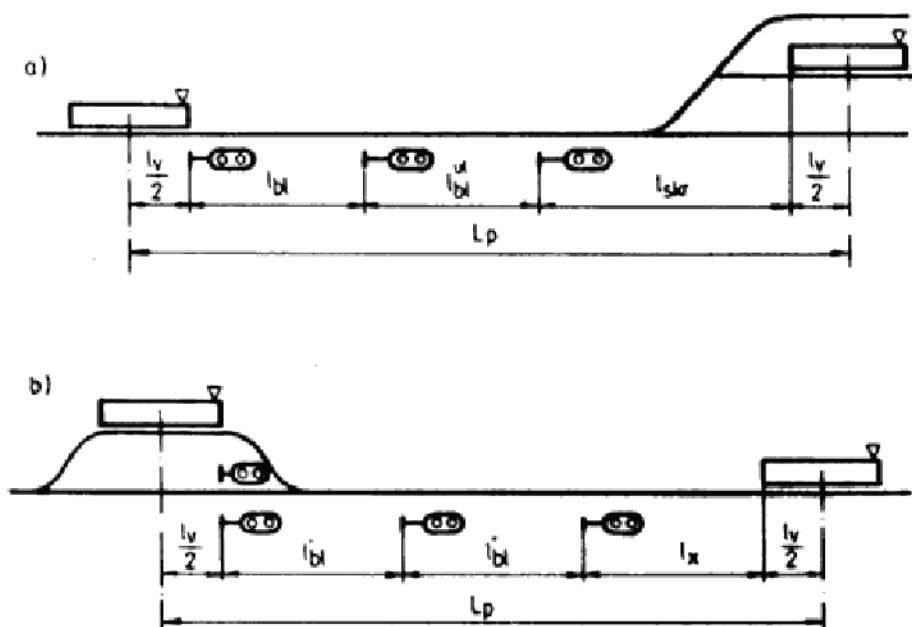
Pri sleđenju vozova sa dva slobodna prostorna odseka (sleđenje na zelenu svetlost) pri dolasku u stanicu

(slika 12a), interval sleđenja vozova može se utvrditi pomoću izraza:

$$I_{do} = 0,06 \cdot \frac{l_{bl} + l_{bl}^{ul} + l_{skr} + l_v}{V_{sr}} + t_0 \text{ (min)} \quad (32)$$

gde je:

- l_{skr} — dužina skretničke zone (m),
- V_{sr} — srednja brzina voza pri dolasku u stanicu (km/h),
- t_0 — vreme potrebno za formiranje puta vožnje pri ulasku voza u stanicu (min).



Sl. 12 — Položaj vozova za proračun intervala sleđenja:
a) — pri dolasku vozova u stanicu, b) — pri otpravljanju vozova iz stanice

Interval sleđenja vozova pri otpravljanju iz stanice (slika 12b), može se utvrditi pomoću izraza:

$$I_{ot} = 0,06 \cdot \frac{l_{bl} + l'_{bl} + l_v}{V_{sr}} + t_{sig} \quad (\text{min}) \quad (33)$$

gde je:

- t_{sig} — vreme potrebno za postavljanje slobodnog izlaznog signala i za njegovo zapažanje (min),
 l_v — put koji prethodni voz pređe za vreme t_{sig} (m).

Kada se saobraćaj uzastopnih vozova organizuje sa sleđenjem na dva blok-razmaka, za utvrđivanje intervala sleđenja koristi izraz:

$$I_{ot} = 0,06 \cdot \frac{l_{bl} + l_{bl}^{st} + l_v}{V_{sr}} + t_{vs} \quad (\text{min}) \quad (34)$$

gde je:

- l_{bl}^{st} — rastojanje između ulaznog signala i izlazne skretnice (m),

t_{vs} — vreme postavljanja ulaznog signala drugom uzastopnom vozu (min).

Za saobraćaj vozova na određenom delu pruge kao merodavni interval sleđenja uzima se najduži interval od proračunatih.

Na vreme prevoženja, pored broja vozova i intervala sleđenja vozova, znatno utiče i vreme vožnje vozova — t_v . Ono obuhvata čisto vozno vreme, kao i dodatke za polazak, odnosno zaustavljanje. Za izračunavanje voznih vremena koristi se više metoda, od klasičnih pa do novijih. Klasične metode su univerzalne za sve vrste vuče, a pripadaju uprošćenim metodama približnog proračuna. Takve metode zasnivaju se na sledećim pretpostavkama i uprošćenjima [3]:

— ukupna masa voza unapred je usvojena i nepromenjena,

— korišćenje vučnog pasoša po njegovoj konturi, sa primenom termičkog kriterijuma do jednočasovne snage kod električnih vučnih vozila,

— kretanje voza u besporemećajnom saobraćaju, bez uticaja drugih vozova,

— logika vožnje svedena na poštovanje ograničenja brzine i na zaustavljanje vozova u stanicama.

Za određivanje voznih vremena u stručnoj literaturi je dat širi skup analitičkih i grafičkih metoda, i metoda sa primenom računarske tehnike.

Nakon izračunatih voznih vremena (prema propisima Pravilnika za izračunavanje voznih vremena 63-s), za sve vrste vučnih vozila i za sve mase vozova izračunavaju se dodatna vremena za polazak i zaustavljanje. Vreme vožnje voza propisano je voznim redom.

Zaključak

Vreme prevoženja kao kriterijum optimizacije organizovanja železničkog saobraćaja u uslovima prevoženja masovnih tokova tereta (prevoženje u većem broju vozova) posmatrano je u funkciji propusne moći pruge. Sam izbor načina organizovanja — organizacije saobraćaja vozova uslovljen je mnoštvom faktora. Iz skupa mogućih načina odabira se optimalni prema utvrđenim kriterijumima, a sve zbog povećanja propusne moći pruge i izvršenja zadatka u što kraćem vremenu.

Predloženi model pruža mogućnost da se nakon usvojene organizacije saobraćaja vozova, odnosno nakon utvrđenog perioda grafikona pri takvoj organizaciji, izračuna vreme prevoženja celokupne količine tereta (svih vozova). Time je omogućen ubrzani postupak dobijanja informacija, neophodnih donosiocu odluke po pitanju saobraćajnog obezbeđenja.

Literatura:

- [1] Uputstvo o tehničkim normativima i podacima za izradu i izvršenje voznog reda, JZ, Beograd, 1988.
- [2] Volkov, B. i dr.: Saveršenstvovanie ekspluatacii železnih dorog, Transport, Moskva, 1984.
- [3] Dinić, D.: Vuča vozova, Zavod za NIP delatnost JZ, Beograd, 1988.
- [4] Jovanović, D.: Optimizacija železničkog saobraćaja pri masovnim prevoženjima za potrebe oružanih snaga, doktorska disertacija, CVTS, KoV JNA, Zagreb, 1991.
- [5] Jovanović, D.: Železnički saobraćaj i transport, skripta, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [6] Erer, S.: Organizacija železničkog saobraćaja I, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1989.
- [7] Čičak, M. i Jokić, M.: Matematičke metode u železničkom saobraćaju i transportu, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1987.

PROTIVOKLOPNA SREDSTVA I OKLOPNA ZAŠTITA

Uvod

Tehnološka oblast oklopnih sistema, vrste bojnih glava i njihove karakteristike probojnosti dve su osetljive oblasti vojne tehnologije. Mnogi projektanti i proizvođači još uvek izbegavaju da daju tačne informacije o svojim oklopnim sistemima, nivoima zaštite oklopnih borbenih vozila ili karakteristikama oružja koja se na njih ugrađuju, dok proizvođači protivoklopnog oružja ipak obelodanjuju izvesne podatke o karakteristikama svog oružja.

Za većinu borbenih vozila najveći stepen oklopne zaštite ostvaruje se na frontalnom (čeonom) i zadnjem delu tela (što je i najosetljivija oblast). Pored direktne vatre oružja drugih tenkova, protivtenkovskih topova i protivtenkovskih vođenih raketa, ostali »protivnici« oklopnih borbenih vozila su mine, oružja za lansiranje iz vazdušnog prostora, kao i veći broj sredstava za napad po oklopnim sredstvima sa gornje strane. Nisu sva oružja usmerena na potpuno uništenje borbenih vozila. Većina projektila koji deluju hemijskom ili kinetičkom energijom ostvariće pogodak koji će učiniti tenk neupotrebljivim za specifične namene ili će mu oduzeti deo uloge u planiranim akcijama. Klasične protivtenkovske mine uništiće ili oštetiti gusenice, kao i ovešenje tenka, što se često smatra i uništenjem pokretljivosti (mobility kill).

Protivoklopna sredstva

Kinetički projektili

Dugo je standardna municija kinetičkog tipa bila APDS (Armor Piercing Discarding Sabot), ali je u mnogim zemljama zamenjena projektilima APFSDS (Armor Piercing Fin Stabilized Discarding Sabot) koji imaju znatno bolje penetracione karakteristike.

Tipičan projektil APFSDS ispaljuje se iz glatke cevi prečnika 120 mm, početnom brzinom oko 1500 m/s i može da probije čelični oklop debljine preko 600 mm. Ovaj projektil ima vrlo položenu trajektoriju i sa dobrim sistemom za upravljanje vatrom ostvaruje veliku tačnost pogađanja na daljinama do 3000 m. U nekoliko poslednjih godina učinjeni su značajni pomaci u povećanju karakteristika penetracije projektila APFSDS. Noviji tipovi ovih projektila imaju veći odnos dužina — prečnik penetratora, poboljšano pogonsko punjenje i mnogo žilavije penetratore. U nekim zemljama, kao na primer, Francuskoj, Velikoj Britaniji i SAD, razvijeni su penetratori od osiromašenog urana, koji omogućavaju za 15% veću probojnost u odnosu na penetratore od konvencionalnih materijala. Međutim, upotreba takvog materijala ima brojne prepreke. Projektili od osiromašenog urana znatno su skuplji od klasičnih projektila APFSDS, ne mogu se koristiti u mirnodopskim uslovima zbog kontaminacije u dome-

tu gađanja, a njihov razvoj i ispitivanje odvija se u otežanim uslovima. U operaciji *Pustinjska oluja* upotreba ovih projektila dovela je do teških posledica. Tada je ispaljen veliki broj projektila od osiromašenog urana kalibra 25 mm (iz borbenih vozila pešadije M2 BRADLEY), 30 mm (iz aviona A-10), 105 mm (iz tenka M61A1) i 120 mm (iz tenka M1A1 ABRAMS). Savezničke snage koje su dolazile u kontakt sa protivničkim vozilima pogođenim tim projektilima mogle su se kontaminirati da nisu primenile odgovarajuće mere zaštite. U pojedinim zemljama, kao na primer u Nemačkoj, projektili od osiromašenog urana ne koriste se na zemljištu, a u budućnosti će, verovatno, razvijati municiju sa konvencionalnim materijalima. U svakom slučaju, vrlo je malo zemalja koje su sposobne da projektuju, razviju i izrade projekte od osiromašenog urana.

Kumulativni projektili

Protivtenkovska vođena oružja oslanjaju se na hemijsku energiju ili kumulativne bojne glave, HEAT (High Explosive antitenk), dok je ta vrsta projektila sekundarna za većinu tenkova, uključujući M1 (M1A1) M1A2 ABRAMS i LEOPARD 2.

Kumulativni projektili imaju konusnu oblogu koja može biti različitog oblika i od različitih materijala. Iza obloge nalaze se eksploziv i upaljač koji se aktivira pomoću elemenata u prednjem delu, kako bi se ostvario maksimalni učinak na cilju. Kada projektil HEAT pogodi cilj, blizu struje gasova nalaze se zagrejani metalni delovi koji prodiru u oklop i raspršuju unutar vozila sa zagrejanim metalom. Dubina penetracije oklopa kumulativnim projektilima iznosi oko 3 do 4 prečnika bojne glave, mada to zavisi i od mnogih drugih faktora.

Pojava eksplozivnog reaktivnog oklopa ERA (Explosive Reactive Armor) prouzrokovala je razvoj novih vrsta

projektila, jer postojeće kumulativne bojne glave ne mogu da probiju osnovni oklop tenkova opremljenih sa ERA. Bofors je, na primer, za svoje masovno korišćeno bestrzajno oružje kalibra 106 mm M40, razvio novi kumulativni projektil sa vrlo čvrstim prednjim delom. Kod većine protivoklopnih oružja i protivtenkovskih raketa osnovni udarac ostvaruje se tandem-kumulativnom bojnog glavom. Uobičajeno je da najpre manje bojne glave eksplodiraju na određenoj udaljenosti od reaktivnog oklopa i omogućavaju glavnoj ili većoj bojnoj glavi probijanje osnovnog oklopa tenka. Kod kumulativnih projektila ne koriste se samo različite vrste eksploziva, nego i nove vrste bakarnih ili čeličnih konusnih obloga različitih oblika koje se razvijaju radi poboljšanja karakteristika probojnosti.

Mada su kinetički APFSDS i kumulativni projektili dve osnovne vrste projektila za uništenje tenkova, postoje i projektili HESH (High Explosive Squash Head) koje je britanska armija dugo favorizovala, a uspešno su korišćeni i u Zalivskom ratu. Projektili HESH imaju nižu početnu brzinu od APFSDS projektila i predstavljaju, projekte opšte namene. Mogu se, osim protivoklopnih vozila, koristiti i za dejstvo po drugim ciljevima na bojištu.

PT mine

Klasične protivtenkovske mine, koje oštećuju oвеšenje oklopnih borbenih vozila, uvek su u upotrebi pre svega zbog niske cene. Danas su mine vrlo efikasne, što je uslovljeno ugrađivanjem elektronike. Starije PT mine imaju upaljač koji se aktivira kada gusenica tenka pređe preko njega. Energija eksplozije usmerava se na trup vozila i obično otkida deo gusenice. Savremene PT mine imaju vrlo osetljive upaljače koji ne aktiviraju minu sve dok tenk ne prođe određenu tačku (obično kada je središnji deo tenka iznad mine). Pojedine mine, preko ugrađenih elektronskih sistema, mogu da razliku-

ju vrstu vozila. Na primer, kamioni mogu da pređu preko mina, dok tenkovi ne mogu, ili prva dva tenka mogu da prođu, ali na treći mina reaguje eksplozijom.

Aktiviranjem starijih tipova mina obično dolazi do probijanja oklopa trupa, ali i aktiviranja municije koja se nalazi u borbenom odeljenju. Ne postoji jednostavna solucija koja će omogućiti kompletnu zaštitu bilo kojeg borbenog vozila od dejstva mina, pa je jedino sigurno rešenje da se ne ulazi u minsko polje.

Sredstva koja deluju na gornju površinu oklopnih vozila

Kako se zaštita čeonog oklopa borbenih vozila povećavala, projektanti su morali da reše problem gornje površine koja je, obično, najtanja.

Prva raketa za dejstvo u gornjoj površini oklopnog vozila (top attack), koja je uvedena u naoružanje, bila je Bofors RBS 56 BILL, sa jednostrukom bojnom glavom. SAD su prve uvele u upotrebu poboljšanu konvencionalnu municiju 155 mm M483, sa 64 granate M42 i 24 granate M46 dvostruke namene, koje mogu da probiju gornje površine mnogih oklopnih borbenih vozila. Pojedine zemlje investiraju znatna sredstva u projektovanje i razvoj inteligentnih projektila 155 mm koji se ispaljuju iz vučnih ili samohodnih artiljerijskih sistema. Ti projektili su namenjeni za napad na tenkove, a njihovi senzori mogu da razlikuju oklopna i neoklopljena vozila.

Tipični primeri ovakve municije su BONUS (proizvođača Bofors/Giat Industries), SMART (Diehl/Rheinmetall) i SADARM (Aerojet/Alliant Technologies), mada nijedna od njih još nije u serijskoj proizvodnji. Cena tih projektila je vrlo visoka, tako da će biti dostupni samo moćnim armijama, a izvoz će se strogo kontrolisati.

Rasprave o zahtevima u vezi sa ovim projektilima mogu se voditi nepre-

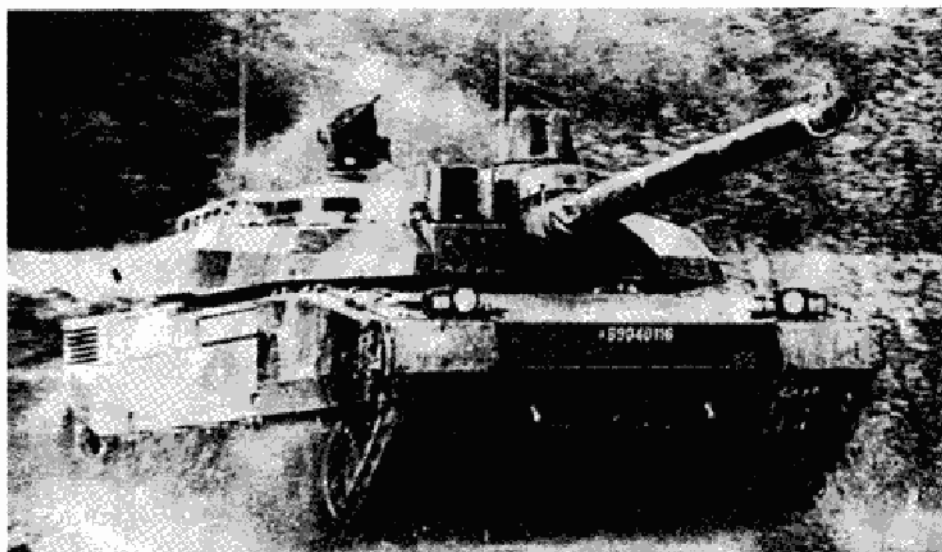
kidno. Međutim, konflikti kao što je *Pustinjska oluja*, u kojem su suprotstavljene snage upotrebile veliki broj tenkova, verovatno će se ponoviti, pa će »pametni« projektili biti vrlo upotrebljivi zbog mogućnosti uništenja velikog broja oklopnih vozila na velikim rastojanjima. Rusija je obelodanila podatke o razvoju municije SADARM u obliku vazduhoplovnih bombi. Poznata kao RBK-500 SPBE-D, ta municija je prilagođena i za upotrebu iz višecevni raketnih sistema SMERČ.

Postoji jasna tendencija razvoja municije koja se može koristiti u širokom dijapazonu primene. Američka municija SADARM, na primer, primenjuje se u artiljerijskim sistemima 155 mm i višecevnim sistemima za lansiranje raketa MLRS (Multiple Launched Rocket System), dok se protivtenkovska granata BANTAM (proizvođača Taas-Israeli Industries) koristi kao minobacačka mina i u širokom dijapazonu artiljerijskih projektila, oružja za dejstvo iz vazdušnog prostora, itd.

Oklopna zaštita

Sve donedavno osnovni borbeni tenkovi imali su oklopno telo i kupolu izrađenu od livenog ili zavarenog čelika različite debljine. Na primer, nemački tenk LEOPARD 1, naoružan topom 105 mm, ima odličnu pokretljivost, ali i oklop relativno male debljine. Britanski tenk CHIEFTAIN, naoružan topom 120 mm, ima veći stepen zaštite, ali manju pokretljivost. Savremeniji tenkovi, kao što su LEOPARD 2 i M1 ABRAMS, poseduju vrlo visoki stepen oklopne zaštite, naoružani su topom 120 mm i imaju odličnu pokretljivost.

Najnovija generacija tenkova poseduje nove vrste ugrađenih kompozitno-laminatnih oklopa koji pružaju vrlo visoki stepen zaštite od dejstva kinetičkih i kumulativnih projektila. Na francuskom tenku LEKLERK (Giat Industries) konstrukcija specijalnih oklopnih kompleta je takva da se oni mo-



Sl. 1 — Specijalni oblik oklopne zaštite na francuskom tenku LECLERK

gu perspektivno menjati, u skladu sa razvojem novih opasnosti i novih oklopa.

Mada nove generacije tenkova poseduju najnovije tipove zaštite inkorporirane u oklopna tela i kupole, starije tenkove je moguće nadograditi dodatnim oklopom kako bi se produžilo preživljavanje na bojištu. Ti oklopni kompleti svrstavaju se u dva tipa — eksplozivne reaktivne oklope i pasivne oklope.

Eksplozivni reaktivni oklop

Tipičan eksplozivni reaktivni oklopni sistem sastoji se od niza panela ugrađenih u tenk, obično s čeonu stranu. Svaki panel, ili njihov blok, sadrži jedan ili više umetaka napunjenih eksplozivom koji se nalazi između dve metalne ploče. Kada kumulativni projektil pogodi tenk, mlaz koji se kreće vrlo velikom brzinom inicira eksploziv između dve ploče i bočno ih pokreće. Te ploče narušavaju i apsorbiraju masu od-

bačenog mlaza koji je tada nesposoban da ostvari bilo kakvu značajnu penetraciju osnovnog oklopa.

Prvi eksplozivni reaktivni oklop, BLAZER, razvijen je sedamdesetih godina i primenjen je u invaziji na Liban 1982. godine. Ugrađen je na izraelske tenkove MERKAVA i sačuvao ih od dejstva ruskih protivtenkovskih oružja AT-3 SAGGER ili ručnih bacača RPG-7. Izraelski eksplozivni reaktivni oklopni sistem BLAZER razvila je kompanija Tass-Israeli Industries i Rafael Armament Development Authority. U mnogim zemljama postoje prilagođeni BLAZER ili slični oklopni sistemi.

Radi ispunjavanja zahteva američke vojske za novim oklopnim sistemom za borbeno vozilo pešadije M2 BRADLEY, kompanija Rafael je zajedno sa firmom Martin Marietta formirala zajednički tim. Drugi konkurenti, uključujući FMC Corporation i Kaman, formirali su tim zajedno sa SNPE iz Francuske. Krajem 1993. godine kompaniji Rafael/Martin Marietta dodeljen je ugovor za isporuku 1500 obloga za vozilo



Sl. 2 — BLAZER eksplozivni reaktivni oklop na izraelskom tenku M60

BRADLEY koje se ugrađuju na oklopno telo i kupolu. Spektar reaktivnih sistema takođe je razvio Giat Industries iz Francuske i sklopio ugovor sa francuskom armijom za razvoj oklopa kojim će biti opremljena dva bataljona tenkova AMX 30 B2. Ti kompleti su, prema Giat Industries, neosetljivi na municiju malog i srednjeg kalibra i pružaju zaštitu od dejstva PT oružja tipa MILAN ili RPG-7. Kompanija SNPE razvila je familiju eksplozivnih reaktivnih sistema za tenkove i laka oklopna borbeno vozila, a u okviru tog ugovora snabdeće reaktivnim oklopima i teška borbeno vozila.

U Velikoj Britaniji kompanije Royal Ordnance i Vickers Defence Systems nude različite oklopne komplete. Royal Ordnance razvio je familiju oklopnih sistema ROMOR koji podrazumevaju reaktivni oklop ROMOR A i pasivni oklop ROMOR C. Italijanska armija je prvi kupac oklopa ROMOR A i 20 dodatnih setova za vozila CENTAURO (8x8).

Prva generacija eksplozivnog reaktivnog oklopa omogućava zaštitu od dejstva kumulativnih projektila, a nove generacije oklopa namenjene su za zaštitu od kumulativnih i kinetičkih projektila. Jedan od problema sa reaktivnim oklopom jeste što su i članovi posade izloženi dejstvu i verovatno postaju žrtve napada.

Neke zemlje opremile su svoja vozila eksplozivnim reaktivnim i dodatnim pasivnim oklopom. Za operaciju »Pustinjska oluja« Vickers Defence Systems izradio je specijalne oklopne obloge za tenk CHALLENGER 1 i borbeno vozilo pešadije WARRIOR. One su izrađene u Velikoj Britaniji, a na borbeno vozila ugrađene su u Saudijskoj Arabiji pre početka borbenih dejstava.

Pasivni oklop

Mnoge kompanije, kao na primer britanska Royal Ordnance ili Vickers Defence Systems, nude pasivne oklope. Nemačka kompanija Blohm + Voss ra-

zvila je dodatni oklopni komplet za tenk LEOPARD 1 koji omogućava dopunsku zaštitu od dejstva kumulativnih projektila. Kasnije je razvijen novi pasivni oklop koji se može ugraditi i na starije tenkove, kao što su T-54/T-55, obezbeđujući im znatno veću zaštitu od dejstva kumulativnih i kinetičkih projektila.

Lakša oklopna vozila, kao što su izviđačka, borbena vozila pešadije i oklopni transporteri, tradicionalno su pružala zaštitu samo od dejstva projektila 7,62 mm, a u nekim slučajevima i od malokalibarskih projektila 12,7 mm. Giat Industries razvio je pasivne oklope za vozila kao što su AMX10 RC (6x6) i PANHARD ERC (6x6), kako bi im povećao zaštitu od dejstva mitralješke vatre.

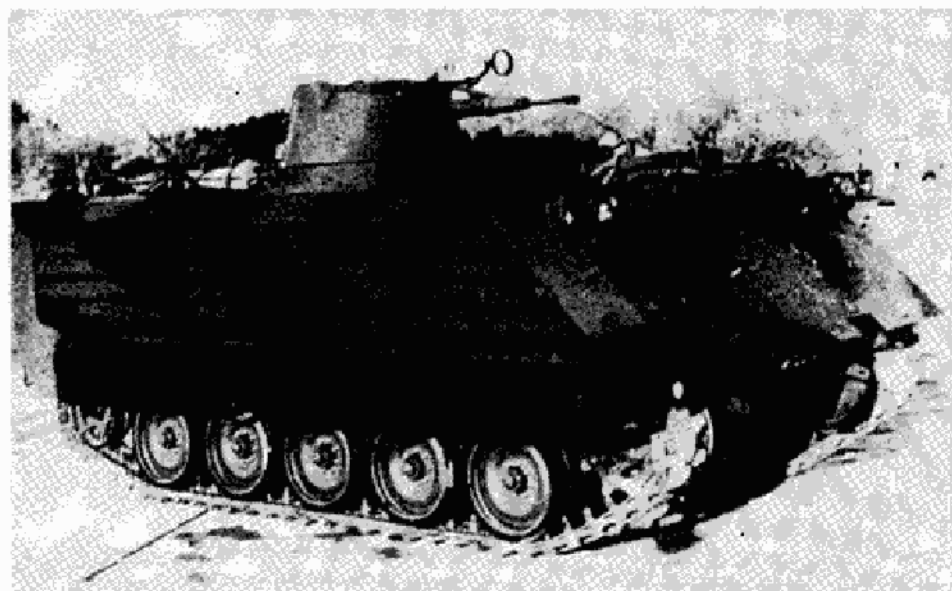
Urdan Industries iz Izraela, osnovni snabdevač tenkova MERKAVA oklopom razvio je familiju pasivnih oklopa za transportere M113, koji omogućavaju zaštitu od dejstva malokalibarskog oružja i pojedinih oružja sa kumulativnom bojnou glavom.

Za operacije u Kuvajtu (posle invazije Iraka) borbeno vozilo pešadije

WARRIOR, britanske kompanije GKN Defence, bilo je opremljeno dopunskim oklopom koji obezbeđuje zaštitu od dejstva kumulativnih i kinetičkih projektila. Nakon završetka ratnih operacija ova vozila su povučena u Nemačku gde su dodatni oklopi demontirani, jer u mirnodopskim uslovima nema potrebe za njima. Kada se Velika Britanija pridružila kontingentu snaga UN za mirovne operacije u prethodnoj Jugoslaviji, dopunski oklop je ponovo postavljen na vozila, čineći WARRIOR najbolje zaštićenim pešadijskim vozilom.

Operacije UN, u zemljama kao što su Somalija i prethodna Jugoslavija, doprinele su da mnoge zemlje obezbede dopunsku zaštitu za svoja oklopna vozila.

Korporacija FMS je, zajedno sa kompanijom Rafael iz Izraela, razvila pasivne oklope za italijanska borbena vozila VCC-1, koji obezbeđuju zaštitu od malokalibarskih projektila 14,5 mm. Odlučeno je da kompanija Rafael obezbedi poboljšani oklopni komplet EAAK (Enhanced Applique Armor Kit)



Sl. 3 — Pasivni oklop na transporteru M113

za amfibijska ofanzivna vozila AAV7A1 američkih pomorskodesantnih snaga. Pasivni čelični kompleti omogućavaju zaštitu od pancirnih projektila 14,5 mm na rastojanju od 300 m.

»Pametni« oklop

U poslednje vreme napredovao je razvoj novih vrsta oklopa koji neutrališe dolazeće vođene rakete i projektele lansirane iz topa, pre nego što pogode vozilo. Američki »pametni« oklopni sistem (Smart Armor System), koji još nije u proizvodnji, ima senzor, ugrađen na vozilu, koji detektuje dolazak rakete (projektila) i kompjuter koji automatski aktivira najbliži panel specijalnog eksplozivnog reaktivnog oklopa, a rezultujuća eksplozija je dovoljna da skrene projektil sa putanje.

Međutim, dopunski oklop povećava masu vozila, pa se mora poboljšati ovešanje kao i pogonski agregat. Radi toga je kod američkog borbenog vozila pešadije M2 BRADLEY, snaga dizel motora Cummins povećana za 20%, a modernizovana je i transmisija.

Zaključak

Dodavanje dopunskog oklopa samo je jedan od načina za povećanje mogućnosti preživljavanja borbenih vozila na bojištu. Drugi načini uključuju takvu konstrukciju oklopnih vozila koja obezbeđuje da se penetracijom ne prouzrokuju katastrofalne eksplozije, kao i ugradnju sistema za detekciju vatre-eksplozije i njihovo neutralisanje.

Za razvijene serije američkog oklopnog transportera M113 dodatno produženje preživljavanja uključuje premeštanje rezervoara za gorivo unutar vozila i ugradnju zaštitnih obloga u prostoru za prevoz vojnika. Radi preživljavanja na bojištu osnovni borbeni tenkovi će se opremiti defanzivnim pomoćnim sistemima, poznatim kao DAS (Defensive Aids Systems), koji

podrazumeva ugradnju lansera dimnih granata, mamaca i laserskih sredstava za upozorenje i protivraketne sisteme. Uvođenje DAS odraz je onoga što se već desilo u vazduhoplovstvu mnogo godina ranije.

Bivši SSSR bio je svetski lider u defanzivnim pomoćnim sistemima, kao što je ugradnja eksplozivnih reaktivnih oklopa na tenkovima, koji su razvijeni u obliku tri defanzivna sistema — DROZD, ŠTORA i ARENA (koji je aktivni sistem).

Osnovni borbeni tenk gotovo 80 godina ima glavnu ulogu u borbi na kopnu, a nastaviće je i u godinama koje dolaze. Sadašnja konstrukcija tenka pogodna je za promene u budućnosti — biće manjih gabarita, imaće verovatno samo dva člana posade, kao i različite sisteme naoružanja. Očekuje se primena »stealth« tehnologije koja će otežati njegovu detekciju, a zbog toga i uništenje ili neutralisanje.

Sve aktivnosti oko implementacije kvalitetnijeg oklopa, koji će se suprotstaviti novoj generaciji protivoklopnih oružja, usmerene su ka ispunjenju zahteva za pokretljivost, vatrenu moć i efikasnu oklopnu zaštitu. Povećanje oklopnih mogućnosti, dovodi do povećanja mase vozila, smanjenja pokretljivosti i duže izloženosti dejstvu na bojištu. U tom smislu potrebna je i adekvatna podrška snažnog pogonskog agregata. Sve vrste oklopa istražuju se i razvijaju radi smanjenja efikasnosti protivoklopnih oružja (njihove penetracije projektilima različite vrste i oblika u oklop određene debljine).

U zemljama koje poseduju i moćna protivoklopna oružja preduzimaju se mere radi povećanja borbenog preživljavanja oklopnih sredstava. Koordinacija projektovanja i razvoja protivoklopnih oružja i projekatanata i proizvođača tenkova, oklopnih transportera i borbenih vozila pešadije, marketinški nije prihvatljiva, jer primenjena znanja iz jedne oblasti imaju direktne reperkusije u drugoj. Istraživanja

u oba domena su skupa i dugotrajna, pa njihova implementacija u postojeće tenkove i ostala oklopna vozila nije izvesna ni u narednih 10 do 15 godina. U novi vek ući će se sa neznatno modifikovanim varijantama postojećih ok-

lopnih sredstava, a radikalniji koraci u konstrukciji, primeni novih materijala i dodatnih sredstava, ugradnji savremenijih i daleko složenijih sistema elektronike, predviđaju se za period posle 2015. godine.

Literatura:

- [1] Stilton, G.: Armour Systems for Future, Armada International, 3, 1995.
- [2] Israel's Merkava: overstating vulnerability, International Defence Review, 12, 1997.
- [3] Going farther, faster: tank fire control advances, International Defence Review, 11, 1997.
- [4] Richardson, D., Lenaerts, J.: Equipping Rapid Development Forces, Armada International, 5, 1995.
- [5] Ogorkiewicz, R. M.: Armoured Reconnaissance Vehicles, International Defence Review, Special report № 2, 1995.
- [6] Ljikev, B., Aganov, A., Peredkov, S.: Tankoviće beopripasji zarubežnih stran, Zarubežnoe voennoe obozrenie, 5, 1997.
- [7] Glasgow, W., Cardine, C., Latson, D.: The M1A2 — Current and Future Program Plans, Armor, maj — juni, 1996.
- [8] Sharoni, A., Bacon, L.: The Future Combat System, Armor, juli — avgust, 1997.
- [9] Crist, S.: The M1A2 Abrams — The Last Main Battle Tank?, Armor, juli — avgust, 1997.



prikazi iz inostranih časopisa

KONCEPT BORBENOG SISTEMA BUDUĆNOSTI ZA VOJSKU SAD*

Planirano je da borbeni sistem budućnosti, ranije poznat kao osnovni borbeni tenk budućnosti, zameni seriju osnovnih borbenih tenkova iz familije ABRAMS u naoružanju američke vojske do 2015. godine.

Program koji vodi Odeljenje za automatizaciju tenkova i naoružanja nalazi se u odmakloj fazi definisanja koncepta eksploatacije. Definisanje ovog koncepta sastavni je deo procesa definisanja taktičko-tehničkih zahteva koji se postavljaju pred novi borbeni sistem. Ne tako davno rezultat ovog procesa bili su samo »grubi« taktičko-tehnički zahtevi za budući borbeni sistem, bez prave operativno-taktičke studije ili detaljnije razrade projekta po fazama i godinama. U međuvremenu, tim iz sastava navedenog odeljenja, koji je radio na izradi koncepta, sarađivao je sa timom za integralne koncepte u Centru za oklope američke vojske na Programu poboljšanja sistema M1A2.

Sadašnji konceptijski model predviđa šasiju mase 39 t sa dimenzijama

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 10/1997.

i težinskim karakteristikama koje su prvenstveno određene zahtevom za mogućnošću ukrcanja dva tenka u transportni avion C-17. Konstrukcija šasije sa hidropneumatskim sistemom ovešnja omogućavaće kretanje tenka u operativnim uslovima sa klirensom promenljivim u rasponu 10 do 48 cm.

U pogledu izbora pogonskog agregata razmatra se nekoliko opcija, kao što su: dizel motor snage 690 kW (925 KS) koji bi omogućavao brzinu kretanja od 64 do 72 km/h i turbo-dizel motor snage 932 kW (1250 KS) sa brzinom kretanja od preko 97 km/h, kao i nekoliko konstrukcija sistema za napajanje gorivom.

Ipak, konačan izbor pogonskog agregata zavisice od izbora same nadgradnje, tj. borbenog sistema. Na tom planu, sadašnji konceptijski model predviđa ugradnju topa XM291, kalibra 120 mm, sa poboljšanom konstrukcijom i 42 projektila smeštena u automatskom punjaču montiranom u kupoli. Međutim, paralelno se ispituje i ugradnja topa XM291 u jednoj elektro-termalnoj i hemijskoj konfiguraciji naoružanja. Druge koncepcije razmatraju koncept borbenog sistema budućnosti na bazi raketa koji bi povezao verzije usavršenih pre-planiranih sistema (P³I — pre-planned product improved) kao što su raketni sistemi HELL-

FIRE i FOOT (Follow On To TOW) i protivtenkovski nišan LOSAT (Line of Sight Anti-Tank).

Pored toga, radi smanjenja opasnosti od direktnog pogotka, razmatra se uključivanje različitih koncepcija oružja koji na zahtev korisnika mogu proširiti ulogu ovog sistema uključivanjem ograničenih mogućnosti direktne vatre protiv ciljeva iz vazdušnog prostora, kao i drugih potencijalnih opasnosti izvan dometa od 10 km.

U pogledu senzora koncepcijski model uključuje: nišan za akviziciju podataka o cilju sa IC senzorom usmerenim napred (FLIR — forward looking IR), višefunkcijski laser, laserski radar, televiziju visoke rezolucije, nišan za zahvatanje cilja (sa FLIR televizijom visoke rezolucije i laserskim daljinomerom), sistem za identifikaciju prijateljskog i neprijateljskog cilja (IFF — identification friend or foe) u milimetarskom talasnom području, detektor hemijskih agensa, jedinicu za kontrolu okoline, IC ometač, senzor za upozorenje na raketni napad, laserski senzor za upozorenje na opasnost i generator lažnih ciljeva.

Koncepcijski model predviđa dvočlanu posadu čija su mesta smeštena u prednjem delu vozila, pri čemu su oba člana u mogućnosti da upravljaju vozilom i otvaraju vatru. Na zahtev Centra za oklone razmatrana je i koncepcija sa tri člana posade.

Prednja strana ovog borbenog sistema biće zaštićena integralnim reaktivnim oklopom koji omogućava zaštitu kao 101 cm homogenog čeličnog oklopa. Zaštita bočnih strana i same šasije uključivaće kombinaciju elektromagnetne zaštite i pasivnog oklona dopunjenog sistemom aktivne zaštite. Posebnu specifičnost ovog modela predstavlja 80 lansera dimnih patrona raspoređenih na nivou osnove kupole.

Iako ovaj koncepcijski model ima inicijalnu masu od 39 t koju je zahtevao Centar za oklope američke vojske, prevladava mišljenje da je to samo

početna verzija borbenog sistema budućnosti i da bi dalje studije ovog koncepta mogle rezultirati povećanjem mase vozila i prelaskom u 40-tonsku klasu.

M. Savanović

SNAJPERSKO ORUŽJE*

Analiza vojnih konflikata, koji su se odvijali u poslednjem kvartalu 20. veka, govori o promenljivosti njihove prirode. U sukobu mnogih moćnih armija (kao za vreme rata u Golskom zalivu i Iračko-iranskom ratu) uglavnom su se vodili lokalni ratovi. Oni se karakterišu ograničenom upotrebom teške borbene tehnike i odsutnošću precizno određene linije fronta, dok su borbene operacije vođene malim pokretnim jedinicama, radi čuvanja jakih tačaka koje su, najčešće, predstavljale pogodne vojne objekte i naseljene teritorije.

U vezi s tim, mnoge vodeće armije sveta posebnu pažnju poklanjaju uvođenju mobilnih jedinica (snaga za brzo pregrupisanje, desantne jedinice, mornarička pešadija, itd.). Promenljivost prirode vojnih konflikata zahtevala je alternativne sisteme naoružanja, a samo specijalno razvijeno oružje može efikasno da zadovolji specifične uslove takvog stanja.

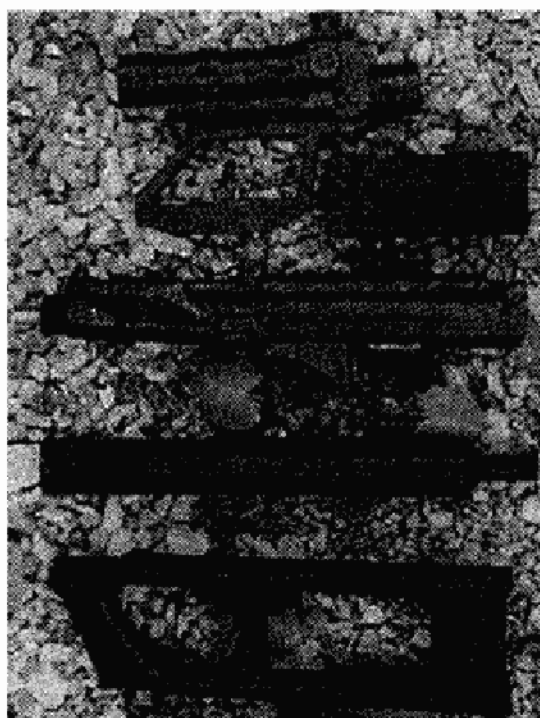
Vođenje gradskih borbi zahteva kompletnije i lakše naoružanje, kao što je snajpersko. Potreba za takvim oružjem postala je urgentna, a naglašena je prednost snajperskih pušaka, kao što je ruska SVD-S, čija dužina sa sklopljenim kundakom iznosi 890 mm, naspram 1225 mm snajperske puške SVD i snajperske puške SVU, sa konfiguracijom BULLPUP i cevi kraćom

* Prema podacima iz časopisa **MILITARY PARADE**, septembar—oktobar 1997.

od 100 mm. Masa tih pušaka je znatna, a energija njihove municije 7,62x54R je prevelika, jer su u naseljenim mestima rastojanja do neprijatelja često 50 ili čak 20 m, a retko preko 200 m, što se odnosi i na policijske akcije.

Na tako malim rastojanjima do neprijatelja, problem prikrivenosti, koji je uvek opterećivao snajperiste, postao je izuzetno važan. Zbog toga je bilo neophodno da se koristi prigušivač i eliminiše plamen na ustima cevi pri opaljenju, a razloga da oružje bude automatsko. U skladu sa široko rasprostranjenom upotrebom ličnih zaštitnih pancirnih sredstava, zrna municije koja se koristi moraju posedovati povećanu probojnu snagu.

Za naoružanje snaga reda i vođenje borbi u naseljenom mestu, Instrumentalno-projektni biro u Tuli razvio je laki, bešumni snajperski komplet VSK-94 koji je ugrađen na jurišnoj pušci 9A-91, koja je pokazala dobre mogućnosti. Za razliku od svog prototipa, puška VSK-94 opremljena je tvrdim i prikladnijim plastičnim kundakom i promenljivim metalnim nišanom podešenim za rastojanja do 400 m. Puška koristi istu municiju sa podzvučnim teškim zrnima kao i jurišna puška: SP-5, pancirnu SP-6, kao i novu municiju PAB-9 koja predstavlja kombinaciju dobre čvrstoće i pancirnih efekata municije SP-6 uz nižu cenu. Puška je opremljena skidajućim prigušivačem koji se ne rastavlja na delove i čiji je vek upotrebe isti kao i za pušku. Po potrebi, vatra može biti otvarana bez prigušivača. Zrna municije koja se koristi za VSK-94 imaju jedno svojstvo više, posebno važno za vođenje policijskih akcija. Njihov rikošet od raznih prepreka je mnogo manji u odnosu na zrna 5,45, 5,56 i 7,62 mm ruske i strane municije. Zrna 9 mm za pušku VSK-94 imaju povećanu krajnju snagu i mogu probiti čeličnu ploču debljine 8 mm na rastojanju do 100 m. Pošto im je na ustima cevi relativno mala brzina, ona gube energiju mnogo sporije nego municija sa početnom brzinom od 700 do 1000 m/s.



Rastavljeni snajperski komplet VSK-94

Puška VSK-94 zadržava automatski način paljbe, koji je u kombinaciji sa okvirom od 20 metaka, svrstava u efikasno automatsko oružje za iznenadne situacije. Sigurnosni okidač ne proizvodi »klik« kao AK i SVD.

Značajan elemenat za snajperski komplet je optički nišan. Za potrebe puške VSK-94 proizvedeni su dnevni optički nišan PKS-07 i noćni optički nišan PKM-03M koji sadrže poslednja dostignuća na tom planu. Kolimator dnevnog nišana 7 x PKS-07 povećao je uveličavanje, smanjila se masa i dimenzije u odnosu na široko korišćeni nišan 4 x PSO-1. Crvena svetleća kolimatorska tačka, koja služi kao oznaka cilja, smanjuje 1,5 puta vreme za ponovno gađanje kada se menja nišanska tačka u odnosu na klasične končanice. Problem zavisnosti nišana sa svetlećom ciljnom oznakom od drugih izvora svetlosti rešen je kod nišana PKS-07. U slučaju ispražnjenosti ili kvara bateri-

je crvena tačka ne nestaje već postaje crna i nišan ostaje upotrebljiv. Pošto je domet vrlo značajan za oružje sa malom početnom brzinom, nišan PKS-07 ima jednostavan i praktičan eliptički daljinski vizir u svom vidnom polju.

Prigušivač zvuka i bleska posebno je efikasan noću kada dolazi do maksimalnog psihološkog efekta na neprijatelja. Taj zahtev je zadovoljen kompletiranjem puške VSK-94 noćnim optičkim nišanom PKN-034 sa optičkim pretvaračem druge generacije, koji omogućava gađanje noću bez mesečine i po oblačnoj noći na rastojanjima do 200 m, a po mesečini praktično do maksimalnog rastojanja od 350 m. Crvena svetleća tačka kolimatora služi, takođe, kao ciljna oznaka. Automatska svetlosna kontrola ciljne pojave i rad nisu osetljivi na iznenadno svetlo, ručne lampe i druge svetlosne izvore u vidnom polju. Mogućnosti IC svetlosti šire borbene potencijale, obezbeđujući osmatranje i vatru u potpuno mračnim uslovima, kao što su tavani, podrumi i sl.

Nosač nišana ima prethodno podešen mehanizam koji minimizira upotrebu elevacije i mehanizam za korekciju odstupanja od zauzetog nultog kursa.

Puška VSK-94 je brzorasklopivo oružje, koje se prenosi, kada je rasklopljeno, u kompaktnoj torbi ili putnom koferu. Potrebno je manje od jednog minuta da se puška sklopi.

Serijski proizvedeni snajperski komplet VSK-94, prilagođen za upotrebu u Ministarstvu unutrašnjih poslova RF, i jedini je takve vrste u svetu. Jedan od najslabijih za te potrebe je američki model S-16 koji koristi municiju 7,62 x 39 mm, ali je 100 mm duži i 1,6 kg teži.

Puška VSK-94 je jednostavno i pouzdano oružje koje radi na principu upotrebe gasova. Ima dug vek upotrebe (do 6000 ispaljenih metaka), bez obzira na vrstu korišćene municije i relativno nisku cenu. To je svakako uticalo i na veliko interesovanje za taj model.

Osnovne karakteristike snajperskog kompleta VSK-94

tip municije	PAB-9, SP-5, SP-6
kalibar	9 mm
masa bez okvira i optičkog nišana	2,7 kg
masa okvira sa 20 metaka	0,67 kg
način gađanja	automatski i poluautomatski
brzina gađanja	700—900 metaka/min
dužina	900 mm
nišan PKS-07:	
— uvećanje	7X
— vidno polje	3,5°
— dužina	210 mm
— masa	0,5 kg
nišan PKN-03M:	
— uvećanje	3X
— vidno polje	8°
— vreme neprekidnog rada	24 h
— dužina	240 mm
— masa	0,9 kg

M. Krbavac

OSVAJANJE PROIZVODNJE VOĐENIH ARTILJERIJSKIH PROJEKTILA 155 mm*

Nakon razvoja vođenog projektila 155 mm, koji je vodila firma »TI Systems« u saradnji sa firmom »Primex Technologies«, američka vojska ugovorila je sa firmom »Raytheon Texas Instruments Systems« (RTIS) osvajanje proizvodnje artiljerijskog projektila sa povećanim dometom XM982. Ovaj projektil koristiće se u borbenim sistemima koji se već nalaze na upotrebi, kao što su vučne haubice M109A6 — PALADIN i M198 i sistemi koji su se skoro pojavili kao što su XM2001/2002 CRUSADER i XM777 zajednička laka haubica 155 mm.

Projektil XM982 projektovan je s ciljem da zameni postojeći projektil povećanog dometa M864. Projektil XM982 povećaće maksimalni domet borbenih sistema M109A6, M198 i XM777 sa 28 km na 37 km, a borbenog sistema XM2001 sa 40 km na 47 km.

XM982 će biti prvi artiljerijski projektil koji će imati ugrađen senzor na bazi sistema za globalno pozicioniranje i inercijalnog mernog uređaja.

Funkcionalni koncept sistema zasniva se na unosu podataka o globalnom pozicioniranju, koje se obavlja pre lansiranja projektila na lansirnoj platformi. Unos se vrši uz pomoć prenosnog induktivnog artiljerijskog uređaja za setovanje upaljača (PIAFS — Portable Inductive Artillery Fuze Setter) koji u klasičnom artiljerijskom smislu služi kao tempirač. Nakon opaljenja, na izlazu iz artiljerijske cevi, dolazi do kidanja zaptivne trake koja drži četiri krila savijenim i njihovog oslobađanja. Ova krila služe za stabilizaciju projektila u toku leta. Projektil leti po stabilnoj balističkoj putanji do najviše tačke, kada prima podatke za globalno pozicioniranje sa satelita

kojima koriguje podatke koje daje inercijalni senzor na projektilu. U najvišoj tački putanje aktiviraju se prednja krilca koja usmeravaju projektil u rejon cilja. Na projektilu se nalazi i uređaj za borbu protiv ometanja koji radi na principu detekcije odstupanja podataka sa satelita nastalog kao posledica ometanja. U tom slučaju upravljanje projektilom prepušta se inercijalnom senzoru smeštenom na projektilu koji se ne može ometati.

Ugovorom je obuhvaćeno osvajanje proizvodnje verzije projektila XM982 pod imenom usavršena klasična municija dvostruke namene (DPICM — Dual-Purpose Improved Conventional Munitions) u roku od 45 meseci. Svaki od projektila ove vrste nosiće po 64 potkalibarna projektila (granate) XM85 koji se, uz pomoć posebnog punjenja, izbacuju vertikalno iznad cilja, čime se postiže željeno raspršivanje fragmenata. Potkalibarni projektili imaju mogućnost samouništenja.

Planovi proizvodnje, obuhvaćeni ovim ugovorom, predviđaju proizvodnju oko 3400 projektila ove vrste u okviru prve male serije u toku druge planske godine, a zatim oko 4900 komada u okviru druge male serije koja treba da se realizuje u četvrtom kvartalu treće planske godine.

Pored DPICM, ugovor obuhvata i osvajanje proizvodnje i maloserijsku proizvodnju i ostale dve verzije projektila XM982. To su projektil za traženje i uništavanje oklopnih ciljeva (SADARM — Search and Destroy Armor Munitions) i jedinstveni eksplozivni penetrator za uništavanje utvrđenih ciljeva.

SADARM se sastoji od dva potprojektila koja se izbacuju iza osnovnog projektila. Bojna glava jedinstvenog penetratora obezbeđuje dovoljno kašnjenje da projektil probije 203 mm armiranog betona pre njegovog aktiviranja. Ova vrsta projektila namenjena je za uništavanje ciljeva kao što su bun-

* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, 11. February 1999.

keri, komandni centri i centri veze, uz tačnost koju obezbeđuje sistem za globalno pozicioniranje smešten na projektilu.

Planovima je predviđeno da redovna serijska proizvodnja verzije DPICM započne u prvom kvartalu četrte planske godine, verzije SADARM u prvom kvartalu sedme planske godine, a verzije jedinstvenog penetratora u prvom kvartalu osme planske godine.

Ukupna proizvodnja projektila XM982 po verzijama odvijace se prema sledećem planu: DPICM — 20000 komada, SADARM — 36000 komada, jedinstveni penetrator — 10000 komada.

M. Savanović

SISTEM ŠTURM S RAKETOM ATAKA*

Inženjerijsko-projektni biro KBM (Kolomna) razvio je unikatni sistem naoružanja nazvan ŠTURM (Storm), koji je, koristeći raketu 9M114, učinio prodor u oblasti protivtenkovskih raketnih sistema.

Njegova konstrukcija zasniva se na dva osnovna principa: raketa je zajednička za sve tipove sistema i sistem kontrole projektovan je na zajedničkoj osnovi, uz korišćenje maksimalnog stepena unifikacije opreme. Po prvi put u svetu jedna protivtenkovska vođena raketa probila je zvučnu barijeru i došla efikasni domet od 5000 m.

Unikatna projektna rešenja ugrađena u kontrolnu opremu omogućila su otvaranje vatre bez smanjenja preciznosti i u vreme aktivnog neprijateljevog protivdejstva.

Danas se ovim naoružanjem opremaju borbeni helikopteri kao što su Mi-24V i Ka-29 i borbeno vozila 9P149 (ŠTURM-S samohodni sistem).

Zahvaljujući velikom vatrenom dometu i kratkom vremenu leta do cilja sistem ŠTURM, naoružan raketom 9M14 stekao je prednost u odnosu na KONKURS, FAGOT, TOU i HOT. Za vreme izvođenja vojnih vežbi i u stvarnim akcijama pokazao se kao vrlo efikasno i pouzdano oružje. Nedavno, nova raketa nazvana ATAKA razvijena je za potrebe sistema ŠTURM-S i ŠTURM-V.

Danas biro KBM nudi višenamenski raketni sistem ŠTURM u kompletu sa raketom ATAKA koji je sposoban da efikasno napada ciljeve na kopnu, vodi i vazдушnom prostoru, kao što su:

- tenkovi, uključujući i one koji su opremljeni dinamičkim sistemom zaštite, i druga oklopna sredstva;

- betonska skloništa, bunker, podzemna skloništa, zemljani i drveni zakloni;

- niskeleteći avioni i helikopteri svih tipova;

- lansirni i drugi površinski ciljevi;

- ljudstvo u skloništima i na otvorenom prostoru.

Sistem ŠTURM može da koristi, bez modifikacija kontrolne opreme i lansera, rakete ATAKA koje su efikasnije od raketa 9M114 i čiji se vatreni domet povećava do 6000 m, uz supersoničnu brzinu leta. Raketa ATAKA može da se opremi sa dve bojne glave: tandem trenutnofugasnom protivtenkovskom i razornom.

Sistem se može montirati na bilo koji nosač, helikopter ili brod. Prednosti koje nudi ovaj sistem (supersonična brzina i kratko vreme leta do cilja), podrazumevaju manju mogućnost neprijateljeve odmazde i manji psihički napor operatora.

Velika brzina gađanja (dva do tri zrna u minuti) omogućava: uništava-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1997.

nje velikog broja ciljeva u kratkom intervalu i kratko vreme zadržavanja nosača rakete na vatrenom položaju.

Velika otpornost na buku obezbeđuje efikasno gađanje i uz prisustvo prirodnih i vetačkih radio i IC ometanja. Preciznost pogađanja cilja omogućava realizaciju zahteva »prvi hitac — pogodak«, a efikasni i veliki domet (6000 m) čini izvesnijim opstanak nosača rakete. Mogućnost ugradnje dve vrste bojnih glava omogućava uništenje raznovrsnih ciljeva na kopnu, vodi i vazдушnom prostoru.

Sistem omogućava simultanu borbenu primenu nekoliko (do 10) nosača raketa bez ometanja bilo koje druge aktivnosti.

Helikopteri Mi-24 i Ka-29 mogu da nose po 8 projektila ATAKA, a borbena vozila 9P149 po 12 projektila. Projektil ATAKA je osnovno vođeno oružje novog borbenog helikoptera Mi-28N koji nosi do 16 projektila. Navedene karakteristike, koje mu određuju visoku borbenu efikasnost u savremenom ratu potvrđene su u raznim vojnim konfliktima. Visoku borbenu efikasnost sistem ŠTURM-V je potvrdio i na pokaznim gađanjima projektilima 9M114 (ŠTURM) i 9M120 (ATAKA) iz helikoptera Mi-28A, koji su se održali u Vid-selu (Švedska) krajem 1995. godine.

Raketa ŠTURM lansirana je iz lebdećeg helikoptera na cilj udaljen 900 m, a raketa ATAKA sa ravnoletećeg helikoptera pri brzini od 200 km/h i na cilj udaljen 4700 m. Oba projektila pala su na rastojanju od 1 m od ciljne tačke. Šveđani su pohvalili rezultate gađanja i primetili da su tačnost pogađanja sa pokretne platforme i domet izvanredni.

Visoke performanse sistema ŠTURM, kako varijante za helikopter tako i varijante za borbena vozila, znatno su proširile spektar borbene upotrebe projektila uz primenu samostalnog modula kao osnovne samohodne varijante ili korišćenjem opreme brodske varijante.

Samostalni modul je specijalna konstrukcija koja objedinjava opremu

sistema ŠTURM-S, sedište operatora i lanser sa mehanizmom za gađanje i ponovno punjenje. Svaki modul može biti ugrađen na šasiju bilo kog samohodnog vozila koje ima pogodan prostor, oklopno vozilo ili tenk. Može se prikladno smestiti i unutar neke fiksne strukture. U tom slučaju, borbena stanica sa modulom može biti razmeštena, na primer, duž morske obale za potrebe efikasne odbrane.

Brodsko verzija sistema ŠTURM namenjena je za ugradnju u projekat 14310 patroinog broda koji je razvijen u Centralnom mornaričkom projektu birou Almaz iz St. Petersburga i proizveden u kompaniji Vypel iz Rjabinjska. Brod konstrukciono objedinjava lanser, koji je zasnovan na helikopterskoj opremi sa stabilnim nišanom i uređajima za lansiranje šest raketa. Stabilni optički nišan sa velikim stepenom uveličavanja, smešten na visini od 8 m od površine vode, omogućava efikasno osmatranje i identifikaciju zemaljskih i površinskih ciljeva na udaljenosti do 6000 m i vođenje projektila ATAKA prema njima.

Projektil lansiran sa broda može uništiti svaki površinski cilj, neutralisati obalske vatrene položaje i artiljerijske baterije, rastrojiti koncentracije ljudstva i materijala, usled velike snage bojnih glava i visoke tačnosti pogađanja.

Efikasan vatreni domet je 3—4 puta veći od broskog klasičnog naoružanja.

Supersonična brzina i kratko vreme leta rakete do cilja, efikasan domet do 6000 m, upotreba nekoliko tipova bojnih glava, visoki režim vatre i mogućnost simultane borbene upotrebe nekoliko nosača naoružanja bez njihovog uticaja na druge operacije, kao i visoki nivo zaliha borbene opreme, čine sistem ŠTURM, u kompletu sa raketom ATAKA, najboljim sistemom oružja danas. On je sposoban da rešava široki spektar borbenih zadataka na kopnu, moru i vazдушnom prostoru, kao i da uništava različite ciljeve.

M. Krbavac

»NOVI ŽIVOT« ZA TELA PROJEKTILA*

Za proteklih 65 godina postojanja Istraživački institut NIMI projektovao je na stotine tipova zrna za zemaljsku, tenkovsku, protivtenkovsku, PVO i mornaričku artiljeriju, kalibra od 37 do 406 mm. Pored osnovnih tipova projektila (trenutno-fugasnih, trenutno-fugasnih parčadnih, protivtenkovskih kumulativnih i pancirnih) Institut je proizveo i projekte specijalne namene: svetleće, dimne, propagandne, protivbetonske, protivgradne, itd. U zavisnosti od tipa projektila korišćeni su različiti materijali za izradu tela, počevši od jednostavnijih ugljeničnih do visokolegiranih čelika i legura na bazi volframa. Većina tih materijala je razvijana specijalno za određeni projektil da bi se obezbedila potrebna snaga pri gađanju i veliki efekat na cilju.

Ogromna količina izvrsnih metala utrošena je za izradu projektila. Za vreme Drugog svetskog rata 50% od proizvedenih neobojenih metala utrošeno je za proizvodnju municije. Od 1941. do 1945. godine proizvedeno je 750 miliona artiljerijskih i minobacačkih zrna. SSSR je intenzivno razvijao i proizvodio municiju i posle Drugog svetskog rata, pa je ranih devedesetih godina ogromna količina municije nagomilana u armijskim skladištima i arsenalima, od kojih više od 1,6 miliona tona je bilo predmet prerade. Ali, ako

su pojedine vrste municije postale zastarele i nepotrebne, njihove komponente, posebno retki metali, sasvim su dobri za upotrebu.

Otpadni delovi projektila nisu pogodni za metalurške pogone zbog visoke cene topljenja i izdvajanja metala. NIMI smatra da glavni trend za dobijanje novih proizvoda od starijih tela projektila može biti primena raznih oblika vrućih plastičnih deformacija (matrično kovanje, radijalno kovanje, livenje, kružno valjanje, valjanje, itd.) i metoda metalurgije prašaka. Svaki od pristupa daje mogućnost municijskim pogonima da uspešno koriste i sačuvađu svoje proizvodne potencijale u fazi prestrukturiranja.

NIMI je, takođe, uz specijalnu organizaciju i preduzetnost, razvio i uveo novi tehnološki proces u jednom municijskom pogonu, što može poslužiti kao dobar primer dvonamenskih tehnologija.

Nova tehnologija za dobijanje trenutno-fugasnih projektila zasnovana je na mašinskoj liniji za obradu valjanjem, koja se koristi za proizvodnju tela projektila za kalibre od 76 do 152 mm. Ona se koristi za izradu kratkih cevi (opšte namene) i tela projektila (čelici od S-55, S-60 i 45 Kh1) mašinskom obradom, kao i novih tela za trenutno-fugasne parčadne projekte, čuvajući pri tome potencijale za izradu novih projektila od valjanih čelika (novih vrsta).

Tip projektila	Vrsta čelika	Vrsta neželjeznih legura
HEF	S-55, S-60, 45Kh1	M1, M2
HEAT	45Kh1, 45Kh3	M1, M2, V95
AP	33KhGSA, 3EKH3NM	M1, M2
HVAP-PS	35Kh3NM, 40KhFA, 35KhGSA, 03N17K10VMT-VD	M1, M2, V-96Tsl, VNV, VNZh-90, N7Zh3AMT

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar-oktobar 1997.

Postupak pretvaranja starih tela projektila u kratke cevi (do 2,5 m dužine) sadrži sledeće operacije: (1) rezanje, (2) grejanje tela u indukcionoj peći, (3) bušenje u dvovisinskoj glodalici, (6, 7) kružno valjanje u dvovisinskim glodalicama i (8) kalibraciju po meri.

Postupak prerade starih projektila u nove metodom uzdužnog valjanja sadrži operacije: (1) odsecanje oživalnog dela starog tela projektila i produbljivanje kružnog prstena sedišta, (2) indukciono grejanje, (3) redukciju tela na manji prečnik, (4) osnovno preoblikovanje i (5) površinsku pripremu za oblikovanje kalupom. Ovi postupci prikazani su na dijagramu toka procesa reciklaže.

Kratke cevi dobijene od tela starih projektila koriste se u mnogobrojnim mašinskim pogonima za izradu valjaka za remenaste elevatore, zajednički alat i kućišta cevi u industriji nafte i gasa, spojnice, čaure i druge osnosimetrične delove raznih mehanizama.

Treba naglasiti da posle manjih modifikacija pogonske linije za obradu valjanjem mogu proizvoditi cevi dužine 6 metara. Ukupna dužina cevi, prečnika 59 mm i debljine zida 4 mm, dobijene od projektila 152 mm, iznosi 7,5 metara.

Uzimajući u obzir činjenicu da glavnina ruskih pogona za proizvodnju municije koristi tradicionalne tehnologije, NIMI je razvio metod prerade starih tela projektila u nove, koristeći opremu za vruće kovanje u kalupima. Ova tehnologija je korišćena za izradu tela projektila 100 mm za borbeno vozilo pešadije od granate 130 mm. Tako staro telo trenutno-fugasne granate dobija novi život.

Godine 1996. na svetskoj izložbi dostignuća u Briselu patent tehnologije prerade tela trenutno-fugasnih projektila u nove civilne i vojne proizvode metodom uzdužnog valjanja odlikovan je velikom zlatnom medaljom.

Tela starijih pancirnih projektila posebno su interesantna: izrađena su od visokolegiranih čelika, a neki delovi od legura volframa uz visok sadržaj nikla.

NIMI je, takođe, sa Sveruskim istraživačkim institutom za tvrde legure, razvio novu tehnologiju za preradu pancirnih jezgara. Osnovni metod za preradu otpada koji sadrži volfram je hemijski, a osnovno je da se tvrde legure koriste u reznom alatu i u sastavu otpada. Proizvodnja i nabavna cena ove prerade je svakako velika.

Zbog toga je prerada jezgara izrađenih od VN8 tvrde legure bazirana na tehnologiji isključivanja hidrometalurških (hemijskih) primesa.

Proces dobijanja praha od tvrde legure VN8 obuhvata kolekcioniranje, sortiranje i čišćenje delova, usmeravanje zdrobljenih komada od 10 do 20 mm za termički i mehanički tretman, fino lomljenje komadića od 2 do 4 mm, mlevenje komadića u prašak sa željenim stepenom finoće (do prosečne veličine od 2 mm) i prosejavanje praška. Dobijeni prašak legure VN8 nije mnogo tražen, pa se zbog toga koristi za izradu novih jezgara projektila. Šira upotreba tih prašaka, na primer za izradu alata, moguća je posle njihovog dodatnog legiranja sa drugim hemijskim elementima. Za tu svrhu, nove smese sa novim osobinama razvijene su za izradu alata za bušenje i konstrukciju mašina, udarnih mehanizama, vučnih ploča i hladno deformisanih kalupa. Razvijene nove tehnologije imaju prednost u odnosu na tradicionalne, jer isključuju »prljave« metalurške i hidrometalurške prerade.

Metal je bio, jeste i biće osnova progressa u svim oblastima ljudske delatnosti, uključujući vojnu opremu i naoružanje, civilne proizvode i potrošne robe. Potrebe za metalom konstantno rastu. U 21. veku tragaće se za ekološkim i humanim tehnologijama za preradu otpada i struganih metalnih

proizvoda, a pre svega zastarelih ratnih materijala i municije.

Sada je evidentno da za vreme razvoja novih modela municije i raketa i projektant i proizvodni inženjer moraju forsirati mogućnosti njihovog relativno jednostavnog rasklapanja radi rezanja i racionalnog korišćenja pojedinih elemenata ili njihove prerade u nove proizvode, u skladu sa novim ekološki humanim tehnologijama.

M. Krbavac

TEŠKI OKLOPNI TRANSPORTER BTR-T*

Iskustva stečena u borbenim dejstvima, uključujući i lokalne konflikte, dramatično ukazuju na potrebu zaštite ljudstva motorizovane pešadije od savremenih sredstava razaranja. Postojeća vozila točkaši, kao što su BTR-80 i BRDM, i gusenična vozila, kao BMP i MT-LB, ne mogu uvek da obezbede potrebnu zaštitu za jedinice na bojištu.

Osnovne karakteristike BTR-T

Osnova	T-55
Masa (t)	38,5
Stalna posada (članova)	2
Ukrcajna posada (članova)	5
Naoružanje:	
— automatski top	2A42
— kalibar topa (mm)	30
— borbeni komplet (zrna)	200
Raketni PT sistem:	
— tip	Konkurs
— kalibar (mm)	135
— borbeni komplet (zrna)	3
Zaštita:	
— ugrađeni tip	ERA
— ekvivalent (mm)	600 (kursni ugao +30°)
Uređaj za dimnu zavesu:	
— tip	902
— broj dimnih punjenja	12
Pokretljivost:	
— maksimalna brzina (km/h)	50
— putna izdržljivost (km)	500
Savlađivanje prepreka:	
— uspon (°)	32
— bočni nagib (°)	30
— vertikalna prepreka (m)	0,8
— rov (m)	2,7
Vodene prepreke:	
— bez pripreme (m)	1,4
— sa OPVT (m)	5

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar—februar 1998.

Uvažavajući koncept maksimalne zaštite ljudstva razvijen je i izgrađen prototip teškog oklopnog transportera BTR-T, na osnovi tenka T-55, koji je sposoban da uništava savremena sredstva za razaranje isto kao i osnovni borbeni tenkovi.

Tenkovi T-55 i njihove modifikacije postali su zastareli i ne mogu biti efikasni u postojećim uslovima. Sada postoji mogućnost da se takvi tenkovi rekonstruišu kao teški, visoko zaštićeni oklopni transporter.

Najveća odlika transportera BTR-T je njegova niska silueta i kupolica montirana na šasiju tenka sa platformom koja nosi savremeno topovsko-raketno naoružanje. Automatski top 30 mm i raketni sistem KONKURS montirani su na kupolici. Svako od tih naoružanja sposobno je da uništi lakše oklopljene zemaljske i vazdušne ciljeve, kao i jače oklopljene zemaljske ciljeve.

Rekonfiguracija odeljenja za posadu stvorila je dovoljno prostora za smeštaj komandira, vozača i pet vojnika za desant.

Zaštita vozila se višestruko povećava ugradnjom uređaja za stvaranje dimne zavese i korišćenjem protivminskog i zaštitnog sistema sa ugrađenim eksplozivno-reaktivnim oklopom ERA (explosive reactive armor).

Odeljenje za posadu opremljeno je modernim sistemom za preživljavanje, koji dozvoljava posadi i vojnicima da rade u NBH i svim klimatskim uslovima. Zato se transporter može koristiti za transport motorizovane pešadije u eventualnim NBH uslovima rata, ili pod protivničkom vatrom uz istovremeno efikasno uništavanje neprijateljevih ciljeva.

Modularni koncept borbenih odeljenja dozvoljava izradu opreme za BTR-T sa različitim sistemima naoružanja, kao što su: automatski top 30 mm 2A42 i lanser za rakete KONKURS (kalibra 135 mm); automatski top 2A42 i automatski bacač granata AGS-17 (kalibra 30 mm); dvocevni mitraljez i lanser za rakete KONKURS; PA

mitraljez 12,7 mm i lanser za rakete KONKURS; PA mitraljez 12,7 mm i automatski bacač granata (kalibra 30 mm).

M. Krbavac

NOVA REŠENJA ZA UNIŠTAVANJE UTVRĐENIH OBJEKATA*

Direkcija za naoružanje američkog Ratnog vazduhoplovstva i Laboratorija Wright pokrenuli su nekoliko razvojnih programa koji imaju za cilj poboljšanje mogućnosti različitih oružja vazduh—zemlja i zemlja—zemlja, namenjenih za uništavanje utvrđenih i duboko ukopanih ciljeva. Poboljšanjem će biti obuhvaćena i oružja koja se već nalaze u Ratnoj mornarici.

Težište razvoja predstavlja višestruki upaljač za utvrđene ciljeve (MEHTF — Multiple Event Hard Target Fuze) za koji je obezbeđeno 1,25 miliona dolara samo za projektovanje i testiranje komponenata u prvoj fazi. Za realizaciju čitavog projekta ovog upaljača planirano je pet godina.

Novi upaljač predviđen je za primenu na već postojećim borbenim sistemima koji nose bombe Mk80, BLU-109, BLU-113, ali i na drugim bojnim glavama, kao što su usavršeni jedinstveni penetrator (Advanced Unitary Penetrator), MMTD, familija laserski vođenih bombi GBU-24, AGM-130, AGM-142, JDAM, JASSM i JSOW i konvencionalna krstareća raketa koja se lansira iz vazduha (CALCM — Conventional Air Launched Cruise Missile).

Pored mogućnosti korišćenja na već postojećim oružjima, novi upaljač mora da zadovolji i zahteve koje postavljaju nova oružja koja se nalaze u različitim fazama razvoja, a sada su

* Prema podacima iz časopisa JANE'S INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 10/1997.

poznata samo pod radnim imenima kao što su: minijturni penetrator velike brzine (HSMP — High Speed Miniature Penetrator), bojna glava za odbijanje agensa (ADW — Agent Defeat Warhead), vođena bomba malog dometa za direktni udar (DSSRGB — Direct-Strike Short-Range Guided Bomb) i program inicijative za borbu protiv proliferacije (brzog umnožavanja) (CPI — Counter-Proliferation Initiative), za koji se još ne zna šta stvarno predstavlja.

Kontinuitet u razvoju specijalnih upaljača za uništavanje utvrđenih i duboko ukopanih objekata predstavlja i upaljač koji generacijski prethodi upaljaču MEHTF. To je inteligentni upaljač za utvrđene objekte (HTSF — Hard Target Smart Fuze). Njegov razvoj je završen, a firma Motorola Space and System Technology Group se nalazi u fazi osvajanja proizvodnje sa početnom serijom od 500 komada. Sam HTSF je projektovan tako da omogućava upravljanje tačkastim probijanjem uz pomoć laserski vođenih bombi GBU-28A/B opremljenih bojnog glavom BLU-113 koje nose lovci F-15E. Razlikovanje homogenosti konstrukcije različitih ciljeva HTSF postiže korišćenjem akcelorometra koji mu omogućava da detektuje i uzme u obzir praznine i debele naslage zaštitnog sloja.

Osnovni motivi za razvoj MEHTF su poboljšanje karakteristika u odnosu na HTSF, smanjenje cene, složenosti i gabarita.

Osnovni zahtev koji je postavljen pred MEHTF jeste da razlike u homogenosti konstrukcije mora da ustanovi znatno brže i tačnije od HTSF, te da bude u stanju da detektuje veći broj materijala sa većom razlikom u debljini. Zahtevi su postavljeni tako da uključuju savlađivanje preko 16 šupljina ili debelih slojeva, izračunavajući ukupni put penetracije od preko 78 m i put dužine 19,5 m nakon detekcije projektovane šupljine ili debelog sloja.

Testovi izdržljivosti obuhvataće ispaljivanje iz topa sa početnom brzinom od 600 m/s u simulirani polubeskonačni betonski cilj. Kritične komponente i podsklopovi biće testirani u centrifugi da bi se demonstrirala mogućnost opstanka pri preopterećenju (akceleraciji) od najmanje 10000 g, u trajanju od 30 ms. Gabaritni zahtevi ograničeni su na zapreminu od 200 cm³ i masu od 450 g. Projektovana cena upaljača je 2500 dolara pri proizvodnji od 50000 komada i više.

U razvoj MEHTF uključena je i engleska firma Thomson Thorn Missile Electronics koja je od Motorole otkupila deo tehnologije koja se odnosi na razvoj upaljača, uključujući i HTSF.

Direkcija za naoružanje, zajedno sa drugim institucijama, proučava i povećanje robustnosti municije vazduh—zemlja radi omogućavanja izvršavanja udara na ciljeve koji su ukopani duboko u zemlji (preko 15 m) pod optimalnim uglom. U okviru projekta razvoja penetratora za navigaciju u zemlji, Direkcija za naoružanje istražuje ideje za razvoj tehnologija koje uključuju robustne navigacione senzore koji su u stanju da rade pri ulasku i nakon ulaska u zemljište, razvojne aspekte i aspekte izdržljivosti platformi za upravljanje u zemljištu, šeme podzemne navigacije i njihovu integraciju u oružja.

M. Savanović

SISTEM OBALSKIH PATROLNIH BRODOVA I ČAMACA*

Centralni mornarički projektni biro brodogradilišta u St. Petersburgu, osnovan početkom ovog veka, vodeći je graditelj patrolnih plovni objekata za

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1997.

potrebe graničnih jedinica i obalskih službi. Sledeći tu tradiciju biro je imao dugu uspešnu saradnju sa federalnom graničnom službom Rusije. Stotine patrolnih brodova, rečnih oklopljenih čamaca, brodova i čamaca specijalne namene izgrađeno je po projektima ovog biroa. Danas dva brodogradilišta grade brodove po projektu 10410 (NATO oznaka SVETLYAK) koji će postati osnova patrolnih brodova mornaričkih snaga federalne granične službe Rusije. Odlikuje ih prilagođenost dugoj plovidbi, snažno naoružanje i izvanredni uslovi smeštaja.

Svi brodovi i čamci iz ovog sistema mogu biti podeljeni u tri grupe.

Prvu grupu čine patrolni čamci velike brzine i deplasmana od 10 do 120 t, a namenjeni su za patroliranje po teritorijalnim vodama, nadgledanje plovidbe u uskim obalskim tesnacima, ulazima u luke i sidrišta, uskim morskim pojasima, za sprečavanje krijumčarenja i trgovine drogom, kao i za

pružanje pomoći malim morskim plovilima u nevolji.

Ovi čamci odlikuju se:

— velikom brzinom krstarenja, koja im omogućava da presretnu praktično bilo koji cilj na vodi;

— odličnim pomorskim i manevarskim osobinama zahvaljujući primeni vodećih domaćih i stranih brodograđevnih tehnologija (propeleri sa reverzibilnim vodenim mlazom, Arnesonov pogon, automatski kontrolisani spojleri, itd.);

— mnoštvom raznovrsnog i snažnog oružja koje može da se ugradi prema zahtevima kupca;

— modernom navigacionom i komunikacijskom opremom koja obezbeđuje tačne pozicije brodova;

— izvanrednom opremom za pretraživanje, uključujući i sredstva za noćno osmatranje;

— mogućnošću prevoženja manjih čamaca na palubi broda.

Tabela 1

Karakteristike	Projekat 12260 (JASTREB)	Projekat 12150 (MAG- NUST)	Projekat 12200 (SOBOL)	Projekat 14006 (GRIFON)	Projekat 14310 (MIRAŽ)
Puni deplasman, t	9,75	28,7	54,0	80,9	121,0
Dužina, m	13,5	19,5	27,7	32,1	34,8
Širina, m	3,2	4,6	5,6	6,0	6,6
Dubina gaza, m	0,85	1,15	1,1	2,15	1,85
Maksimalna brzina, nautička milja	oko 40	oko 50	oko 50	41—42	oko 50
Akcioni radijus (pri brzini), milja	310 (30)	410 (35)	700 (40)	750 (13)	1500 (8)
Autonomnost, dana	1	2	3	5	5
Posada (gr. straža)	2 (6)	6	6	9	12
Glavni motor	dizel	dizel	dizel	dizel	dizel
Snaga motora, kW	2—45	2x1100	2x1360	2x2680	2x3970
Naoružanje	1x7,62 mitr.	1x7,62 1x14,5 1—30 mm bacač granata 1—2 rak. Igla	1x6 30,0 1x14,5 4 Ataka vođ. rak. 4 rak. Igla	1x6 30,0 1x14,5 4 Ataka 4 rak. Igla	1x6 30,0 2x14,5 6 Ataka 8 rak. Igla

U fazi razvoja posebna pažnja je posvećena lakom održavanju. Glavni tehnički parametri i performanse čamaca iz grupe 1 dati su u tabeli 1.

Opiti sa prvim čamcem, nazvanim JASTREB, uspešno su provedeni, pa je Jaroslavsko brodogradilište usvojilo njegovu proizvodnju. Konstrukcija prvih čamaca MANGUST i MIRAŽ kompletiraće se ove godine u kompaniji Vimpel iz Rjabinska.

Amfibijski brodovi na vazдушnim jastucima spadaju u brodove sa velikim brzinama. U nekim situacijama samo ovi brodovi se mogu koristiti za izvršenje specijalnih zadataka obalskih straža.

Velika konstantna brzina u dubokim i plitkim vodama, iznad ledenih i močvarnih terena, lakoća savlađivanja podvodnih i plutajućih prepreka i sposobnost kretanja iznad zemlje čine ih pogodnim za saradnju između graničnih snaga na kopnu i mornaričkih snaga i, na taj način, efikasnim za integralno obezbeđenje odbrambenog sistema granice. Pored toga, ovi čamci su pogodni za kontrolu okoline, istraživačke i spasilačke zadatke.

Korišćenje glavnih motora sa dugim vekom upotrebe i primena sintetičkih materijala velike čvrstoće za fleksibilnu zaštitu čine ova sredstva vrlo efikasnim i pouzdanim za čuvanje državnih granica, posebno reka, jezera, uskih i plitkih voda i preko ledenih prostora, tamo gde se drugi brodovi ne mogu koristiti. U nedostatku sidrišnih mogućnosti, amfibijska vozila na vazдушnim jastucima su idealna sredstva za isporuku pošiljaka do graničnih pošta.

Almaški Centralni projektni biro nudi tri modela vozila na vazдушnim jastucima. Osnovni tehnički parametri i karakteristike performansi za ta vozila dati su u tabeli 2.

Drugu grupu čine mali brodovi klase SVETLIAK i njihove modifikacije projektovane za unutrašnja mora i udaljenije obalske zone. Imajući u vidu uvođenje promena u koncepciji mornaričkih snaga Federalnih graničnih jedinica Rusije, biro je razvio brod bez ugrađenog naoružanja. Naoružan je samo 30 mm optičkim topom za kontrolu. Sve je prilagođeno za rad ribarskih

Tabela 2

Karakteristike	Projekat 12270 (Khorza)	Projekat 20910 (Chilim)	Argus (prototip)
Puni deplasman, t	oko 20,7	oko 8,6	200
Dužina, m	19,4	12,0	36,5
Širina, m	8,0	5,9	13,6
Dubina gaza, m	—	—	0,8
Maksimalna brzina, milja	oko 50	oko 40	oko 50
Akcioni radijus, milja (pri brzini)	500 (50)	200 (30)	1000 (40)
Autonomnost, dana	3	1	5—7
Posada (gr. straža)	3 (8)	2 (6)	10 (4)
Glavni motor	dizel	dizel	dizel
Snaga motora, kW	2x386	2x235	2x3670 + 1x808
Naoružanje	1x1 11,5 8x1 7,62	2x1 7,62	2x6 30,0 1x1 14,5 8 rak. Vikhr 16 rak. Igla 2 RPVs

i carinskih inspektora iz kabine na brodu. Izvozna verzija može se opremiti sa VIKHR-K umesto ugrađenog topa 30 mm, koji sadrži top 30 mm i 4 lansera za laserski vođene rakete VIKHR, sa maksimalnim dometom 10 km. Kasnije, borbene mogućnosti broda će se povećati upotrebom helikoptera K-137 i širenjem zone osmatranja do 100—150 km.

Danas biro razvija novi brod namenjen za izvoz deplasmana oko 400 t. Izvoz bi trebalo da počne oko 2000. godine, a primena poslednjih dostignuća na polju brodogradnje omogućiće da to bude brod za 21. vek. Razvijan je da bi postupno zamenio brodove klase SVETLIAK. Biće naoružan snažnijim naoružanjem (sistem VIKHR-K), savremenom opremom za osmatranje, koja će sigurno proširiti zone osmatranja, kompletnom navigacione opreme, koji će omogućiti tačnu lokaciju neprijateljevih brodova. Novi patrolni brodovi biće većih brzina i akcionog radijusa, a autonomnost će im biti dvaput veća.

Treću grupu čine brodovi za otvorena mora. Usvajanjem međunarodnog sporazuma o uspostavljanju ekonomske zone od 200 milja, u okviru koje je dozvoljen ribolov, vađenje produkata mora, istraživanja i eksploatacija mineralnih resursa, zadaci sa kojima se suočavaju pogranične službe postaće mnogo komplikovaniji.

Ti zadaci mogu se najuspešnije rešiti pomoću višenamenskog patrolnog broda. Prema birou Almaz takav brod treba da ima:

- krstareći akcioni radijus do 10 hiljada milja;
- autonomnost rada do 60 dana;

- ugrađene uređaje za elektronski monitoring kao ratni brodovi;
- male čamce za inspeksijske akcije;
- helikopter;
- uređaje za osmatranje okoline;
- naoružanje sa upozoravajućim mecima radi otvaranja vatre sračunate na efekte protiv prekršioca;
- sposobnost da lovi neprijateljeve brodove brzinom od 20 do 25 milja;
- opremu za tegljenje i sortiranje ilegalne ribarske opreme;
- mogućnost brze ugradnje dodatnog naoružanja koje će povećati efikasnost u slučaju oružanih konflikata.

Pri izgradnji broda primenjena su tehnička rešenja kao kod drugih, višenamenskih brodova, a modularni sistem naoružanja je usavršen. Brod pogoni dvoosovinski dizel motor.

Deplasman ovog broda biće 1600 do 1800 tona i moći će da nosi različito naoružanje. Može se naoružati ugrađenim topom od 30 do 100 mm i topom za kontrolni vatreni sistem promenljiv od jednostavnog optičkog do kompleksnog radarskog sistema. U zavisnosti od zadataka brodsko naoružanje može se kompletirati raketama za napad ili sistemima ASW naoružanja.

Biro Almaz ima potencijale za razvoj budućih vozila na vazдушnim jastucima. Jedan od prototipa za sledeći vek je ARGUS. Velika brzina koju razvija omogućava mu pretraživanje velikih površina za kratko vreme. Dva RPVs ili laki helikopter, koji je prilagođen za brod ARGUS, čine efikasnom patrolnu operaciju i znatno šire njihovu zonu odgovornosti.

M. Krbavac



tehničke novosti i zanimljivosti

NOVA INŽINJERJSKA I ARTILJERIJSKA MUNICIJA*

Opasnost od spoljašnjih pretnji ili lokalnih sukoba primorava države da brzo ojačaju svoje granice ili lokalizuju konfliktne zone. Za obavljanje takvih zadataka koriste se minske prepreke, odnosno razni tipovi inženjerijskih eksplozivnih sredstava. Najčešće se primenjuju protivpešadijske i protivtenkovske mine, jer su efikasne, relativno jeftine i jednostavne za upotrebu.

Međutim, svaka prepreka ima i nedostatke. U borbi protivnik može praviti prolaze u njima pomoću čistača mina ili drugih sredstava, a posle borbenih dejstava nastaje težak zadatak čišćenja minskih polja. Na teškim terenima, pokrivenim visokom travom

i grmljem, čišćenje je vrlo opasno i iziskuje mnogo napora i vremena. Pri tome se ne otkriju i ne izvade sve mine, što kasnije prouzrokuje civilne žrtve u zonama koje su već smatrane sigurnim.

Radi povećanja efikasnosti minskih prepreka i eliminisanje navedenih nedostataka, ruski istraživački institut NIMI proizveo je novu klasu inženjerijske municije sa širokim prostorom efikasnog dejstva. Ta municija omogućiće realizaciju koncepta prepreka kontrolisanog suprotnog dejstva.

Oslanjajući se na sopstvena istraživanja i tehnološka dostignuća tokom razvoja municije za artiljeriju i ten-

Osnovne karakteristike inženjerijske municije

Masa (u transportno-lansirnom kontejneru) (kg)	100
Prečnik x visina (u lansirnom transportnom kontejneru) (m)	0,6x1
Broj parčadi i naboja (kom.)	40
Radijus efikasnog dejstva (m)	100

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar-februar 1998.

kov, razvijena je familija inženjerske municije, koja, u zavisnosti od cilja, može biti opremljena različitim vrstama punjenja.

Ova municija je otporna na čišćenje i može se aktivirati pomoću daljinske kontrole (koristeći komandne linije veze) i pomoću senzora cilja. Senzor cilja može razlikovati grupu ljudi od guseničnih vozila ili točkaša.

Siroko polje dejstva ove municije omogućava smanjenje broja eksplozivnih sredstava koje zahteva izvršenje borbenog zadatka, ako se upoređuje sa standardnim minama.

Struktura inženjerske municije dozvoljava bezbedno čišćenje i ponovno postavljanje na novim lokacijama. Treba istaći da nove mine nisu obuhvaćene Ženevskim ili Otavskim protokolom o protivpešadijskim minama.

Osim ove municije razvijena je i proizvedena nova generacija protivtenkovske municije 125 mm za tenkove T-72 i T-80. Ta municija obuhvata potkalibarna zrna sa pancirnim jezgrom i stabilisanim i odbacujućim dnom. Njegovo izduženo telo, izrađeno od volframove legure i barut velike energije povećavaju efekat probijanja za 20% u odnosu na potkalibarnu municiju tipa ZBM42.

Takođe, radi se i na razvoju metka ZVBK25 velike efikasnosti sa kumulativnim zrnom ZBK29M, koji je namenjen za uništavanje savremenih i budućih tenkova zaštićenih kompozitnim i eksplozivno-reaktivnim oklopom, kao i drugih oklopnih vozila, inženjerski utvrđenih ciljeva i ljudstva.

M. K.

PROIZVODNJA PROTIVTENKOVSKOG ORUŽJA U IRANU*

Iranska odbrambena industrijska organizacija (DIO) razvila je poboljšano protivtenkovsko oružje, koristeći svoje proizvodne komplekse. Mnoga osnovna iranska oružja su zastarela za zapadne standarde, ali DIO ima značajno iskustvo sa čvrstim pogonskim gorivima, eksplozivima, kumulativnim bojnim glavama i eksplozivnim reaktivnim oklopom (ERA). Kao rezultat toga, oni očekuju da će razviti poboljšane i efikasnije protivtenkovske sisteme.

Najmodernije PT oružje koje je proizveo DIO je RAAD, protivtenkovski vođeni raketni (ATGM — anti-tank guided missile) sistem, u stvari, kopija ruske MALJUTKE (NATO oznaka AT-3 SAGGER).

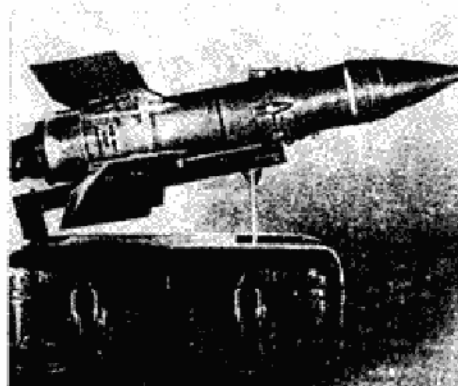
Verzija AT-3 SAGGER izrađena je u Iranu kao 9M14M MALJUTKA — M (SAGGER AT-3b) koja ima jednostruku kumulativnu bojnu glavu. Ta raketa proizvedena je u industrijskoj grupaciji Šadid Sah Abadi iz Teherana.

Pre nekoliko godina izvršena je modernizacija MALJUTKE, što podrazumeva tandem-kumulativnu bojnu glavu koja može da probije homogeni čelični oklop debljine 800 mm, i novi poliautomatski komandni sistem za vođenje. Operator RAADA opremljen je upravljačkom palicom (joystick), periskopskim nišanom i baterijom, a čitav sistem ima masu od 12,2 kg.

Na vatrenom položaju potrebno je manje od dva minuta da bi se sistem pripremio za upotrebu, a standardno se mogu ispaliti dve rakete u minuti. Na maksimalnom dometu od 3000 m sistem može da vodi rakete pod uglom od 22,5° sa svake strane vatrene pozicije, ali na kraćim rastojanjima to je mnogo manje.

* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar 1987.

Jednostruka kumulativna bojna glava može da probije homogeni čelični oklop debljine 500 mm, ali nije efikasna protiv poslednje generacije oklopnih sistema ili vozila opremljenih eksplozivnim reaktivnim oklopom (ERA). Raketa ima masu 11,3 kg, prečnik 120 mm i brzinu leta od 120 m/s. Maksimalni domet je 3000 m, a minimalni 500 m.



PT vođeni raketni sistem RAAD

Pre nekoliko godina DIO je izradio PT lanser za višekratnu upotrebu, sličan ruskom RPG-7. Takođe, razvijene su i mnoge nevođene rakete. Standardna PT raketa RPG-7 ima jednostruku kumulativnu bojnu glavu sa limitiranom efikasnošću protiv oklopnih vozila opremljenih sa ERA sa frontalne strane. Zbog toga je Iran razvio raketu sa tandem-kumulativnom bojnog glavom. Osnovna bojna glava ima kalibar 80 mm, dok je bojna glava prekursor kalibra 30 mm. Raketa je stabilisana krilcima. Početna brzina iznosi 120 m/s, a sa raketnim motorom 300 m/s.

Ostali projektili za RPG-7 su raketa SAEGHEH za dejstvo po živoj sili sa kumulativnom fragmentiranom bojnog glavom i PT raketa NAFEZ sa

jednostrukom kumulativnom bojnog glavom koja probija čelični oklop debljine 500 mm.

Iran, takođe, izrađuje i bestrajni protivtenkovski top SPG-9 kalibra 73 mm na postolju sa dva točka, kao i na terenskom vozilu 4x4 za obezbeđenje veće taktičke pokretljivosti.

V. R.

SISTEM AVIO NAORUŽANJA S-13*

Sredinom osamdesetih godina projektovan je S-13 avioraketni viseći kontejnerski sistem (NARV), koji se sastojao od petocevnog lansera B-13L i kompleta raketa 122 mm S-13T, S-13OF i S-13D i uveden u naoružanje Sovjetskih vazduhoplovnih snaga. Sistem je građen da pomogne u rešavanju glavnog zadatka s kojim se suočava frontovska i armijska avijacija radi uništenja protivničkih aviona čuvanih u raznim betonskim skloništima, kao i uništenje pista, komandnih mesta, komunikacijskih čvorova i drugih utvrđenih objekata. Raketa S-13 bila je projektovana za te namene. Građena je da razvije veliku snagu, s raketnim motorom na čvrsto gorivo i dvomodulnim tipom bojne glave. Kasnije se proizvodnja proširila na rakete S-13OF i S-13D koje su nosile bojne glave sa trenutno-fugasnim eksplozivnim punjenjem namenjene za neutralisanje lakooklopljenih i osetljivijih materijala i ljudstva.

Dajući određene tehničke uslove proizvođačima municije, rukovodilo se potrebom izgradnje vrlo ubojitog oružja, ali i ostvarenja najpovoljnije cene po jedinici proizvoda, što je i ostao os-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1988.

novni zahtev u proizvodnji nevođenog avio naoružanja. Na primer, vatrena moć jurišnog aviona Su-25, naoružanog raketama sa trenutno-fugasnim eksplozivnim punjenjem uz njemu svojstvene sposobnosti u vazduhu, odgovara vatrenom dejstvu nekoliko sistema GRAD MLRS.

Osnovne karakteristike bojnih glava

Tip rakete S-13	Osnovne karakteristike
S-13T	Dvomodulna trenutno-fugasna bojna glava Probija 6 m zemlje i 1 m betona Krateri na pistama 20 m ² Masa bojne glave — 37 kg Maksimalni efikasni domet 4000 m
S-13OF	Trenutno-fugasna sa 450 parčadi, svaki mase između 25 i 35 g Masa bojne glave — 33 kg
S-13D	Vakuum-tip Masa bojne glave — 32 kg TNT ekvivalent — 35 kg

Istovremeno, uvažavajući opšte trendove razvoja naoružanja i vojne opreme, podizanje sistema naoružanja S-13 na još viši nivo postao je pravi izazov. Širenje taktičke upotrebe i borbenih mogućnosti postojeće avijacije kao prvi zadatak postavilo je povećanje efikasnog dometa i povećanje tačnosti pogađanja na maksimalnim daljinama. Prema rezultatima ispitivanja postavljeni ciljevi mogu se postići upotrebom poluaktivne laserski samonavodne glave s termičkim korektorom. Poluaktivni tragač upotrebljen je zbog niske kontrastnosti sličnih ciljeva u IC i milimetarskom talasnom području. Uz to, poluaktivne laserske tragajuće glave su jednostavnije za izradu, dostupnije, mogu se koristiti uz postojeću opremu S-13 (lanser i nišanski sistem) bez većih prepravki.

Povećanje nišanskog dometa raketa zahteva ugradnju snažnijih motora. To povećanje može se postići korišćenjem kompozitnih čvrstih goriva za pogon. Ova opcija omogućava raketi brži let i veću probojnost, ali i stvaranje većih rezervi goriva, što znači i viši nivo snažne municije. Ostvarivanjem te solucije probojne mogućnosti bi trebalo da se povećaju za 5 do 7 puta.

Posle toga modernizaciju sistema S-13 trebalo bi usmeriti na lanser B-13L, i to na:

- aktiviranje upaljača u zavisnosti od vrste cilja;
- osiguranje upotrebe mešovito g sastava raketa;
- registrovanje na ekranu pilota tipova i količina raspoloživih raketa na visećem kontejneru.

M. K.

AMERIČKI SENZORI ZA IZRAELSKU PROTIVRAKETNU ODBRANU*

Biro za mornarička istraživanja SAD, uz tehničku podršku Centra za ispitivanje naoružanja mornaričke avijacije, planira da sprovede letna ispitivanja sistema za akviziciju podataka o cilju i sistema za upravljanje vatrom koji mogu da detektuju i prate balističke rakete operativnog nivoa tokom njihove startne faze. SAD će, krajem 1999. godine, izvršiti transfer glavnih elemenata ove tehnologije Izraelu radi opremanja bespilotnih letelica namenjenih za praćenje balističkih raketa operativnog nivoa.

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, septembar 1997.

Komplet obuhvata IC senzore za pretraživanje i praćenje koji imaju odvojene aparature za široko vidno polje (pretraživanje) i usko vidno polje (za upravljanje vatrom). Aparatura za upravljanje vatrom biće opremljena laserskim meračem daljine bezopasnim za oči. U planu je da se izvede preko 15 letnih testova sa opremom na avionu za rano upozorenje i upravljanje E-2C HAWKEYE. Početna faza u trajanju od 16 do 18 meseci i uz trošak od preko 8 miliona USD predviđena je za određivanje vremena do detektovanja ciljeva, rekonstrukciju putanje, zahvatanje, ako je potrebno, dva cilja i za označavanje najpoželjnijih performansi daljine. Zahtevane karakteristike obuhvataju mogućnost detekcije operativne balističke rakete na daljini većoj od 200 km, bez obzira na vrstu fona i njegovog šuma koji uključuje površinu Zemlje, nebo i oblake, putanje ciljeva na istoj udaljenosti, praćenje sa distance sa senzorom za pretraživanje, merenje njihove udaljenosti na daljinama od 75 km ili više duž slobodne linije viziranja, bez oblaka, u zimskim uslovima i na srednjim visinama od oko 6 100 m kada je vidljivost 23 km. Senzor mora da pokaže mogućnost praćenja balističke rakete u tri dimenzije i sa tačnošću od 100 m po osi.

Biro planira da iskoristi postojeće komponente i podsisteme koji bi mogli da budu prepušteni Izraelu. Najverovatnije ograničenje odnosi se na parametre mozaičkog polja u fokalnoj ravni na veličinu od 480 do 640 elemenata, koristeći indijum-antimonid kao materijal za detekciju pri frekvenciji od 30 do 60 Hz. Laser bi mogao da ima maksimalni energetska nivo od 150 mJ u talasnom području bezopasnom za oko i frekvenciju ponavljanja ne veću od 20 Hz. SAD nemaju nameru da prepušte drugim proizvođačima lasersku tehnologiju osim rudimentarnih signal-procesorskih funkcija. Zbog toga će algoritmi visokog reda za obradu i

eliminaciju lažnih alarma, tehnologija za obradu i praćenje više ciljeva, tačasto usmeravanje zraka merača daljine, trodimenzionalno praćenje i druge funkcije biti smeštene u zaseban procesor.

M. S.

LAKI IZVIDAČKI TENK STORMER 30*

Očekuje se da će ispitivanja novog samohodnog lakog izviđačkog tenka niskog profila ALVIS VEHICLES STORMER 30 početi uskoro, a da će se demonstracija održati 1998. godine.

Mada su oklopna borbena vozila STORMER već u upotrebi u armiji Indonezije, Malezije, Omana i Velike Britanije u različitim ulogama, poslednja verzija STORMER 30 predstavlja novi dizajn i u sebi inkorporira mnoga poboljšanja u ključnim oblastima pouzdanosti, postojanosti, održavanja i izdržljivosti.

Tenk ima borbenu masu od 13 t i može da se prenosi transportnim avionom Lockheed Martin C-130 HERCU-



Laki izviđački tenk STORMER 30

* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar 1997.

LES. Takođe, može da se prebacuje i helikopterima BOEING CH-47 CHINOOK (kada je nepopunjen) ili SI-KORSKY CH-53 (kada je popunjen).

Opremljen je najnovijom italijanskom kupolom OTOBreda HITFIST za dva člana posade, naoružanom dvostrukom stabilisanim McDonnell Douglas topom BUSHMASTER II sa 180 projektila i koaksijalnim mitraljezom 7,62 mm sa 700 metaka.

S jedne strane kupole instalirana su četiri lansera raketa iz kojih može da se gađa preko frontalnog luka. Stormer 30 je, takođe, opremljen lanserom za gađanje protivtenkovskim raketama TOW do daljine 3750 m. Iz nje mogu da se lansiraju sve verzije raketa TOW, uključujući i poslednju verziju za dejstvo odozgo (top attack), TOW-2B.

Kupola OTOBreda HITFIST, naoružana topom 25 mm OERLIKOM-Contraves, već je usvojena u italijanskoj armiji. Oružje je, zajedno sa nišanskim sistemom, potpuno stabilisano i zbog toga može preciznije da se navodi na cilj dok je vozilo u pokretu.

Telo tenka STORMER 30 izrađeno je zavarivanjem od aluminijuma, a pruža zaštitu od vatre oružja kalibra 14,5 mm i od fragmenata (ubojne parčadi) projektila 155 mm. Bočne strane oklopnog tela su od višeslojnog oklopa sa prostorom koji se koristi za smeštaj opreme. Unutrašnjost vozila opremljena je oblogom koja štiti posadu od krotina (odlomaka), kako bi se povećala mogućnost preživljavanja.

Bočne strane oklopnog tela su blago zakošene, a posebna pažnja poklonjena je smanjenju termičkih karakteristika vozila.

Vozilo pokreće šestocilindrični dizel motor CUMINS 6B-275, koji ispujava standardne EURO 2 o emisiji gasova, u sklopu sa potpuno automatskom transmisijom T303 sa integralnim sistemom upravljanja. To omogućava da se vozilo po putu kreće brzinom od 80 km/h, uz operativni akcioni radijus, po različitim vrstama terena, od 400 km.

Elastično oslanjanje je izvedeno preko torzione osovine i Horstmanovih amortizera koji su ugrađeni na prvi, drugi i poslednji osloni točak sa svake strane, kako bi se poboljšala pokretljivost. Odnos snaga/masa je 15,4 kW/t 21 KS/t, a specifični pritisak na tlo 48,1 kPa.

Mada je prototip lakog tenka ALVIS VEHICLES STORMER 30 opremljen kupolom OTOBreda, ugrađenom na kupolnom prstenu prečnika 1,6 m, postoji mogućnost ugradnje i drugih vrsta kupola, sistema naoružanja ili nišanskih sistema.

V. R.

KINESKI EKSPLOZIVNI REAKTIVNI OKLOP*

Kineska kompanija NORINCO (North Industries Corporation) razvila je familiju eksplozivnih reaktivnih oklopnih sistema (ERA) koji će biti ugrađeni na nove, ali i starije tenkove, kako bi povećali njihovu otpornost prema kumulativnim projektilima, u nekim slučajevima kinetičkim projektilima, kao i kumulativnim projektilima sa tandem bojnom glavom.

Na tipičan tenk ERA ugrađivaće se preko frontalnog luka, uključujući gornju prednju ploču, frontalni deo kupole i, eventualno, bočne ploče oklopnog tela.

Razvijeni ERA tip I podnosi opterećenje od 100 kg/cm² i ima čelične ploče debljine 13 mm. To omogućava da se smanji penetracija oklopa od dejstva kumulativne bojne glave za preko 70%. Norinco ERA tip II podnosi opterećenje od 200 kg/cm² i ima čelične ploče debljine 26 mm. To omogućava da se smanji penetracija oklopa od dej-

* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar 1997.

stva kumulativnih projektila za 70% i kinetičkih projektila za 30%. Norinco ERA tip III podnosi opterećenja od 300 kg/cm² i ima čelične ploče debljine 32,5 mm, što omogućava da se smanji penetracija oklopa od dejstva kumulativnih ili tandem kumulativnih projektila za 70%.

ERA se aktivira samo kumulativnim bojnim glavama ili kinetičkim projektilima velikog kalibra, a ne inicira se vatrom, gasnim plamenom ili detonacijom eksploziva. Prema dostupnim podacima, ovaj sistem ima: visok nivo zaštite, malu masu, jednostavnu strukturu i tehnologiju proizvodnje, nisku cenu, jednostavno se montira i brzo zamenjuje u poljskim uslovima.

Kao što je već poznato, NORINCO familija ERA sistema razvijena je, uglavnom, za inostrano tržište, a prikazana je montirana na osnovni borbeni tenk Typ 59/T-54 kao i na američki tenk M48A3 90 mm.

V. R.

PROMOTIVNI LET HELIKOPTERA Ka-226*

Laki višenamenski helikopter Ka-226, koji je razvila firma »Kamov« po zahtevu Ministarstva za vanredne situacije Rusije, obavio je, 4. septembra 1997. godine, svoj prvi let.

Helikopter Ka-226 je prema performansama leta jednak helikopterima VO-105 i VK-117 koje je izradila zajednička nemačko-francuska kompanija a u nekim karakteristikama ih čak i prevazilazi. Međutim, njegova cena (1,5 miliona USA dolara) dva i po puta je manja.

Od svojih prethodnika Ka-26 i Ka-126 on je zadržao sve najbolje karakteristike: jednostavno rukovanje, male vibracije i nivo buke, visoku pouzdanost i bezbenost leta, modularnu konstruk-



Helikopter Ka-226

ciju (odvojiva kabina i mogućnost priključka specijalne opreme), i lako upravljanje. Nova tehnička rešenja, koja su primenjena na helikopteru Ka-226, još više poboljšavaju njegove performanse. Na primer, novi rotorni sistem obezbeđuje vrlo visoku efikasnost za lake helikoptere, sa glavom glavnog rotora bez šarki i novim lopaticama izrađenim od staklene i ugljene plastike.

U helikopter su ugrađena dva američka motora ALLISON 250-S20V, koji su savremeni, pouzdani i imaju dug vek upotrebe. Moguće je ugraditi i motore ALLISON 250-S-20R koji su snažniji i imaju bolje iskorišćenje goriva u odnosu na motore S20V. Ovi motori poboljšaće pogonsku iskoristivost, karakteristike leta, smanjiti troškove održavanja, povećati visinske i temperaturne domete, kao i sigurnost leta pri upotrebi jednog motora.

Glavna namena helikoptera Ka-226 je prevoz putnika i tereta, kao i izvršavanje širokog spektra zadataka: sanitetskih, policijskih, protivpožarnih i ekološkoosmatračkih.

U toku 1998. godine planira se izvršenje proizvodnih i certifikatnih testova sa Ka-226 radi uvođenja standarda FAR-29, kategorije A i B, sa kojima će izaći na međunarodno tržište. Potpuna proizvodnja helikoptera Ka-226 počće 1999. godine.

M. K.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar—decembar 1997.

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, organizaciju i stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski do-teran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicija na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

REDAKCIJA

LEKTOR

Dobrila Miletić, profesor

KORICE

Mirojko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

Cena: 15,00 dinara

Tiraž: 1250 primeraka

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis »Vojnotehnički glasnik« je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.

UDC: Jugoslovenski bibliografsko-informacijski institut