IZDAVAČKI SAVET:

General-potpukovnik
mr VLADAN ŠLJIVIĆ, dipl. inž.
(predsednik)

General-major
dr ALEKSANDAR RADOVIĆ, dipl. inž.

General-major
dr MILORAD DRAGOJEVIĆ, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
ĐORĐE ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOSIP LENASI, dipl. inž.

Pukovnik
dr DOBRICA PETRIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VLADIMIR VOLAREVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
BORIS JURKOVIĆ-PERIŠA, dipl. inž.

Pukovnik
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLASKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr TOMISLAV ŠTULIĆ, dipl. inž.
(sekretar)

Potpukovnik
IVAN ŠLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ŽIVOTA ILIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
RODOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MESUD HADŽIALIĆ, dipl. inž.
FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

●

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr TOMISLAV ŠTULIĆ, dipl. inž.

●

SEKRETAR REDAKCIJE

DRAGICA KAMENICA

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK — Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali: odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-158, pretplata 32-937, žiro-račun: Vojnoizdavački i novinski centar (za Vojnotehnički glasnik) 60823-648-2393 Beograd. Godišnja pretplata: za pojedince — 30 dinara, a za ustanove, organizacije udruženog rada i druge organizacije — 90 dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beograd, Generala Ždanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE
SAVEZNI SEKRETARIJAT ZA NARODNU ODBRANU

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS JUGOSLOVENSKE NARODNE ARMIJE

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*

3

GODINA XXXVIII ● MAJ — JUN 1990.

SADRŽAJ

Redakcija 225 Godišnji sastanak o tehničkom obezbeđenju

Dr Dragoljub M. Brkić, dipl. inž. 227 Šiber za proveru hipoteze $H_0(m=m_0)$

Mr Stjepan Crnić, kapetan, dipl. inž., **Željko Čikvar,** kapetan, dipl. inž. 236 Primjena dinamičkog programiranja u optimizaciji pouzdanosti tehničkih materijalnih sredstava (sistema)

Mladen Beović, kapetan, dipl. inž., **Dušan Bobić,** kapetan, dipl. inž., **Salih Džafić,** kapetan I klase, dipl. inž. 244 Izbor lokacija za smještaj rezervi tehničkih materijalnih sredstava primjenom metoda operacionih istraživanja

Mr Dragi Dimitrijević, potpukovnik, dipl. inž. 256 Dejstvo streljačke municije na drvo

Srboljub Krštenić, potpukovnik, dipl. inž. 263 Meteosenzor u sistemu za upravljanje vatrom tenka

Stevan Sinkovski, kapetan I klase, dipl. inž. 278 Ocena efektivnosti letno-navigacijskih sistema

Mr Rade Knežević, kapetan I klase, dipl. inž. 286 Prilog određivanju naprezanja lisnatih opruga uz pomoć eksperimentalno snimljenih ugiba

Mr Gojko Savanović, profesor 295 Električne toplotne pumpe za klimatizaciju

Mr Ljubislav Vasin, kapetan I klase, dipl. inž. 303 Izbor kriterijuma i parametara za kontrolu transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA

Mr Zdravko Radišić, kapetan I klase, dipl. inž., **Darko Pintarić,** pitomac, vodnik I klase, **Vilibald Polšak,** pitomac, vodnik I klase 313 Model rotacije vozila na putnoj mreži pri realizaciji transportnih zadataka

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

319 Okvir C-MAG za borbenu pušku sa 100 metaka 5,56×45 mm — P.M.

320 Novi nemački tenkovski top NPzK za borbu protiv budućih tenkova — P.M.

323 Razvoj sistema za vođenje projektila preko optičkog vlakna — P.M.

324 Francuski sistem za brzo miniranje zemljišta — P.M.

328 Uništavanje konvencionalnih ubojnih sredstava u zapadnim zemljama — P.M.

334 Samoodbrana oklopnih vozila od napada iz vazdušnog prostora — P.M.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

341 Artiljerijsko oruđe kalibra 155 mm zapadnonemačke firme »RHEINMETALL« za NATO haubice 90-ih godina

343 Britanski laki PA-protivraketni sistem »SEAWOLF GWS 26 MOD2«

343 Sistem za određivanje položaja vazdušnog cilja »NITE LITE« izraelske firme »RAFAEL«

344 Pasivni dogled za noćno osmatranje »NOVA« britanske firme »PILKINGTON«

344 Američki džepni optički uređaj za noćno osmatranje »GEN III«

345 Laserski nišani »LS-25« i »LS-55« američke firme »IMATRONIC«

345 Britanski opiti sa municijom velike početne brzine

346 Francuska protivtenkovska mina »HPD2«

347 Američko oklopno vozilo »COMMANDO V-600« sa topom kalibra 105 mm »L-7« firme »CADILLAC GAGE«

348 Novi izraelski tenk »MERKAVA MARK 3«

350 Vučni voz za tenkove »TT 6×6« britanske firme »AWD/BEDFORD«

350 Pokretne oklopne radionice »BwI« i »BwII« zapadnonemačke firme »DORNIER«

351 Kopnena navigacija uz pomoć GPS-a

351 GPS prijemnik »VIRGINIA SLIMS« američke firme »ROCKWELL COLLINS«

352 GPS prijemnik za kopnenu navigaciju »GPS NAV 1000« američke firme »MAGELLAN SYSTEMS CORP«

352 Američki telefonski terminal za prenos kriptoštićenog govora ili podataka »SECTEL 1500«

353 Novi radar američke firme »ITT GILFILLAN«

354 Osmatračko-akvizicijski radar zapadnonemačke firme »AEG«

354 Američko-britanski sistem za obradu radarskih podataka »TADMS«

355 Francuski generator ekspertnih sistema »CHRONOS«

356 Američki računar »MICRO3200« za podršku simulaciji

356 Varijante vojnog računara »HAWK/II« američke firme »ROLM MSC«

357 Sovjetski laserski simulator gađanja za tenkovsko naoružanje »ZORKIJ-1«

358 Pokretni sistem za merenje meteoroloških elemenata »MILMET 2« zapadnonemačke firme »THIES-CLIMA«

Godišnji sastanak o tehničkom obezbeđenju

U ambijentu ukrašenom savremenom računarskom opremom, u sali Doma JNA »Topčider« u Beogradu, 5. aprila 1990. održan je godišnji sastanak o TOb-u jedinica JNA i TO.

Radom sastanka rukovodio je general-potpukovnik mr Vladan Šljivić, načelnik Tehničke uprave SSNO. Sastanku su prisustvovali: najodgovornije starešine iz TU SSNO, načelnici TSl, VO, VPO, RV i PVO, RŠTO i PŠTO, predstavnici ZNGŠ OS SFRJ za KoV i TO, komandanti CVTŠ KoV i TSB SSNO sa najbližim saradnicima, direktori TRZ KoV, predstavnik Inspekcije OS, predstavnik katedre POb-a na KŠŠT i predstavnici sredstava informisanja.

U svom uvodnom izlaganju načelnik TU SSNO je naglasio da je cilj sastanka sagledavanje stanja TOb-a u 1989. i određivanje zadataka u 1990. Napomenuo je da se sastanak održava u vreme velikih političkih i ekonomskih previranja i da kriza podjednako pogađa i JNA i njenu tehničku službu. No, bez obzira na takvo stanje, rekao je, treba nastojati da i u tim teškim uslovima pronalazimo najpogodnija rešenja za sve zadatke u oblastima TOb-a, posebno u uslovima kada je finansiranje znatno otežano. General Šljivić je izrazio uverenost da ljudi koji rade na TOb-u jedinica JNA i TO imaju dovoljno snage da i ove godine postignu rezultate bar jednake ili slične prošlogodišnjim. To će se, naravno, postići uz najveća zalaganja na svim radnim mestima, veću odgovornost i istrajnost, te bolju organizaciju rada. »To od nas«, naglasio je načelnik TU SSNO, »traže naše vojno rukovodstvo i privredna reforma kojoj moramo dati svoj puni doprinos«.

Na osnovu referisanja NTSl VO, VPO, RV i PVO, RŠTO i PŠTO, kao i izlaganja ostalih učesnika sastanka, zaključeno je da je, i pored teških uslova u kojima je radila TSl u 1989, tehničko obezbeđenje u JNA i TO uspešno sprovođeno. Pored tekućih zadataka iz TOb-a u 1989. TSl se angžovala i na više zadataka sistemskog karaktera, kao što su: dogradnja OS prema tekućim planovima, rad na većem broju zadataka NIR-a i opremanja sredstvima iz taktičke nadležnosti TU SSNO, obrazovanje kadra, usavršavanje sistema održavanja i snabdevanja sa r/d, modernizacija remontnih zavoda KoV, i dr. Uglavnom su postignuti dobri rezultati , uz veliko angažovanje cele TSl i uz pomoć radnih organizacija, instituta i svih potčinjenih jedinica i ustanova TU SSNO.

Pri referisanju se govorilo i o nizu poteškoća i problema, koji nepovoljno utiču na funkcionisanje TOb-a a koje treba rešavati. To su: u sistemu snabdevanja dolazi do velikog premeštanja TMS, pa nastaju viškovi TMS u JNA i TO koje treba rashodovati ili prodati; nedovoljan je

prostor za smeštaj TMS; nastaju teškoće pri formiranju i popuni pojedinih remontnih jedinica; stručna osposobljenost i samoosposobljavanje mehaničara — neposrednih izvršilaca nije zadovoljavajuće; još uvek ima slučajeva neracionalnog korišćenja raspoloživog radnog vremena; evidentan je nedostatak remontnih kapaciteta na nivou tehničkog održavanja i srednjeg remonta koji se prelivaju sa višeg nivoa održavanja na niži, a deo se koristi za radove van TOb-a; popuna građanskim licima je otežana; u kompleksu snabdevanja sa r/d dolazi do poteškoća u vezi sa obezbeđenjem potrebnih finansijskih sredstava, kao i problema vezanih za osvajanje i proizvodnju r/d; nedovoljna su finansijska sredstva za održavanje TMS, posebno u TO; neophodan je racionalniji odnos prema čuvanju TMS u RR-u; kod TRZ neka TMS se još uvek dugo zadržavaju na GR: tehnička infrastruktura je nezadovoljavajuća, a postojeća se delom neracionalno koristi; preveliki je broj TMS u eksploataciji, a posebno m/v; odnos prema verifikaciji (baždarenju) kontrolno-mernih sredstava i njihovom metrološkom nadzoru je nedopustiv; problem obezbeđenja finansijskih sredstava je sve ozbiljniji, a u tekućoj godini posebno težak, itd.

U 1990. godini predstoje složeni zadaci, od kojih su neki u toku, a neki treba tek da započnu. To su: nastavak radova na organizacijsko-formacijskim promenama, završetak srednjoročnog plana, sumiranje rezultata iz tekućeg srednjoročnog plana i završetak planiranja za naredni period, inoviranje Pravila TSl, organizacija i realizacija usluga drugim korisnicima, povlačenje viškova TMS, itd.

Organi TSl na svim nivoima u JNA i TO i svaki pojedinac, pripadnik TSl, imaju u ovim zadacima svoj deo obaveza, koje moraju potpuno izvršavati. Da bi se to postiglo, mora se maksimalno mobilisati sav raspoloživi kadar TSl na svim nivoima.

Na osnovu uvodnog izlaganja načelnika TU SSNO, referisanja načelnika TSl VO, VPO, RV i PVO, RŠTO i PŠTO i diskusija učesnika, načelnik TU SSNO je, na kraju, za realizaciju u 1990. definisao sasvim konkretno oko 30 zadataka, od kojih smo najvažnije pomenuli .

REDAKCIJA

Dr Dragoljub M. Brkić,
dipl. inž.

Šiber za proveru hipoteze H_o ($m = m_o$)

Uvod

U ispitivanju pouzdanosti tehničkih proizvoda često se koriste planovi redoslednih ispitivanja. Ovi planovi, kao što je poznato, okarakterisani su sa tri parametra: α, β i D_m, gde je α — rizik proizvođača, β — rizik korisnika i $D_m = m_o/m_1$ odnos diskriminacije, tj. količnik između zahtevanog srednjeg vremena između otkaza (m_o) i minimalno prihvatljivog srednjeg vremena između otkaza (m_1). Pomoću ovih planova vrši se, u stvari, provera hipoteze $H_o(m=m_o)$ i njoj alternativne hipoteze H_1 $(m=m_1)$, tj. proverava se pretpostavka da je stvarno srednje vreme između otkaza (m) jednako zahtevanom srednjem vremenu između otkaza (m_o). Kada rezultati ispitivanja (T/m_o i r, gde je T — ukupno vreme ispitivanja i r — ukupan broj otkaza), na odabranom planu redoslednog ispitivanja (plan ispitivanja sa usvojenim vrednostima parametara α, β i D_m), pokažu da se može prihvatiti hipoteza $H_o(m=m_o)$, tada se odbacuje njoj alternativna hipoteza H_1 $(m=m_1)$ i obrnuto, ako rezultati ispitivanja pokažu da hipotezu $H_o(m=m_o)$ treba odbaciti, onda se prihvata njoj alternativna hipoteza H_1 $(m=m_1)$.

Za različite vrednosti parametara α, β i D_m dobijaju se različiti planovi redoslednih ispitivanja. Vrednosti ovih parametara i planovi redoslednih ispitivanja su standardizovani i prikazani u standardima IEC 605-7, MIL-STD-781 C i dr. [1].

U ispitivanju pouzdanosti najpre se postavi zahtev za srednje vreme između otkaza m, tj. daje se numerička vrednost za m_o, a zatim odabere jedan od standardizovanih planova redoslednih ispitivanja. U toku ispitivanja stalno se vrši provera hipoteze $H_o(m=m_o)$. praćenjem toka funkcije $r=r(T)$. Ova stepenasta funkcija najpre se kreće kroz oblast nastavljanja ispitivanja, a onda ulazi u jednu od oblasti odbacivanja ili prihvatanja hipoteze $H_o(m=m_o)$.

Pored primene grafika plana redoslednog ispitivanja može se koristiti i tablica plana redoslednog ispitivanja. U ovom slučaju, za određenu vrednost broja otkaza r, upoređuje se odnos T/m_o sa odgovarajućim vrednostima, pa ako je taj odnos manji ili jednak tabličnoj vrednosti u prvoj koloni odnosa T/m_o, tada se hipoteza H_0 $(m=m_0)$ odbacuje, a ako je taj odnos veći ili jednak tabličnoj vrednosti u drugoj koloni odnosa T/m_o, tada se hipoteza $H_o(m=m_o)$ prihvata. Ako je dobijena vrednost odnosa T/m_o između ovih tabličnih vrednosti, tada se ispitivanje nastavlja.

U standardu IEC 605-7 dato je deset planova redoslednih ispitivanja. Koristeći relacije iz sekvencijalne analize pomoću kojih su urađeni ovi planovi re-

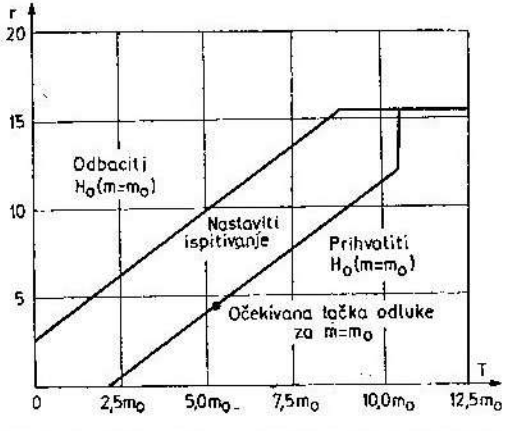
doslednih ispitivanja, mogu se uraditi računarski programi i pomoću računara izvršiti provera postavljene hipoteze $H_o(m=m_o)$, pri tome se kao ulazni podaci koriste ukupno vreme ispitivanja (T), ukupan broj otkaza (r), i m_o, kao i parametri α, β i D_m odabranog plana redoslednog ispitivanja. Zavisno od vrednosti rezultata ispitivanja (T i r), računar daje odgovor da li ispitivanje treba nastaviti ili se hipoteza $H_o(m=m_o)$ može prihvatiti ili odbaciti.

Dakle, hipoteza $H_o(m=m_o)$ može se proveriti pomoću postojećih standarda ili pomoću računara.

U ovom radu opisana je jedna jednostavna naprava nazvana šiber za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ na kojem je smešteno svih deset planova redoslednih ispitivanja navedenih u standardu IEC 605-7 iz 1978. godine. Ova naprava se može lako realizovati, a njena primena je veoma jednostavna.

Osnova i postupak izrade šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$

Kao osnova za izradu ovog šibera uzeti su planovi redoslednog ispitivanja iz standarda IEC 605-7 iz 1978. godine.



***Sl. 1 Grafik plana redoslednog ispitivanja** 4:2 (IEC 605-7/1978) čije su karakteristike: $\alpha = 0,10$; $\beta = 0,10$; $D_m = 2,0$; r — ukupan broj otkaza; T — ukupno vreme ispitivanja*

U ovom standardu dato je deset planova redoslednih ispitivanja za proveru zahteva za srednje vreme do/između otkaza m, pod pretpostavkom da je intenzitet otkaza konstantan. Na slici 1 dat je grafik, a u Tabeli 1 numeričke vrednosti jednog od tih deset planova koji je označen sa Plan ispitivanja 4:2 čije su karakteristike $\alpha=0,10$, $\beta=0,10$ i $D_m=2,0$.

Kao što se vidi na slici 1, za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ potrebni su podaci o ukupnom broju otkaza r i ukupnom vremenu ispitivanja T koje je izraženo preko umnoška m_o.

Tabela 1

Plan redoslednog ispitivanja 4:2
$\alpha=0,10$; $\beta=0,10$; $D_m=2,0$

Broj otkaza r	Odnos ukupnog vremena ispitivanja T i zahtevanog srednjeg vremena između otkaza m_o	
	Odbaciti ako je $T/m_o \leq$	Prihvatiti ako je $T/m_o \geq$
0	—	2,20
1	—	2,89
2	—	3,59
3	0,35	4,28
4	1,04	4,97
5	1,74	5,67
6	2,43	6,36
7	3,12	7,05
8	3,82	7,75
9	4,51	8,44
10	5,20	9,13
11	5,90	9,83
12	6,59	10,30
13	7,28	10,30
14	7,97	10,30
15	8,67	10,30

Ako je broj otkaza r jednak ili veći od 16 hipoteza $H_o(m=m_o)$ uvek se odbacuje.

S obzirom da se koriste samo dve promenljive r i T, to je za izradu ovog

šibera potrebno uraditi dve skale: skalu odnosa T/m_o i skalu ukupnog broja otkaza r. Proračun ovih skala i njihovog međusobnog odnosa, za Plan ispitivanja 4:2, izvršen je na sledeći način. Iz ovog plana uzeta je maksimalna vrednost odnosa T/m_o koja iznosi 10,30. Ako se usvoji da jedinici ovog odnosa T/m_o odgovara 1 cm dužine skale, onda ukupna dužina ove skale iznosi $L_o=10{,}3$ cm. Dužina r skale određena je na osnovu koeficijenta prave prihvatanja, odnosno odbacivanja hipoteze $H_o(m=m_o)$. Ovaj koeficijent iznosi:

$$a=\frac{\Delta r}{\Delta (T/m_0)}=\frac{10}{9{,}13-2{,}2}=1{,}443.$$

Ako se usvoji da je $\Delta r=1$, onda je

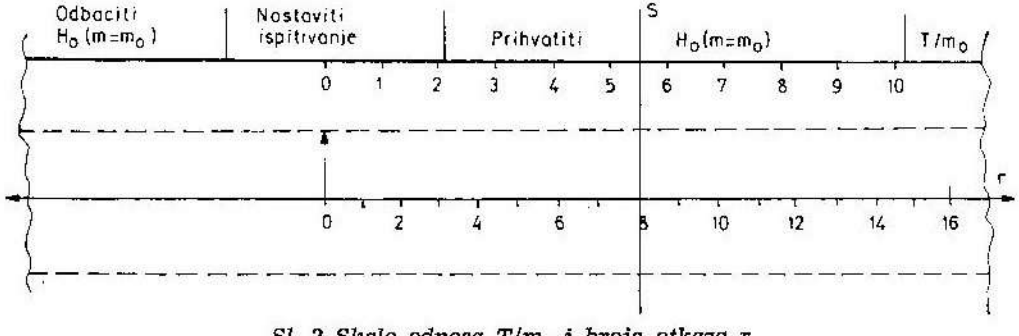
$$\Delta (T/m_o)=\frac{1}{a}=\frac{1}{1{,}443}=0{,}693.$$

Dakle, promeni od jednog otkaza $\Delta r=1$ odgovara promena od 0,693 cm na apcisnoj osi T/m_o. Drugim rečima, jedinici otkaza (jednom otkazu) odgovara dužina od 0,693 cm na r skali. Pošto je granični broj otkaza u ovom planu ispitivanja $r_o=16$, to je ukupna dužina r skale $l_o=16\cdot 0{,}693$ cm $=11{,}088$ cm. Na slici 2 nacrtane su skale T/m_o i r jedna ispod druge.

pitivanja (na primer $T/m_o=5{,}5$) i pomeranjem r skale u odnosu na skalu T/m_o tako da se ispod kazaljke S nađe vrednost broja otkaza r ($r=8$) dobijenog u toku ispitivanja, strelica u koordinatnom početku r skale pokazuje da li treba nastaviti ispitivanje ili odbaciti, odnosno prihvatiti hipotezu $H_o(m=m_o)$. Na slici 2 kazaljka S pokazuje da se odluka o prihvatanju ili odbacivanju hipoteze $H_o(m=m_o)$ ne može doneti i da se ispitivanje mora nastaviti. Kao što se vidi na slici 2, skala T/m_o podeljena je u tri oblasti:

1. oblast odbacivanja hipoteze H_o $(m=m_o)$
2. oblast nastavljanja ispitivanja
3. oblast prihvatanja hipoteze H_o $(m=m_o)$.

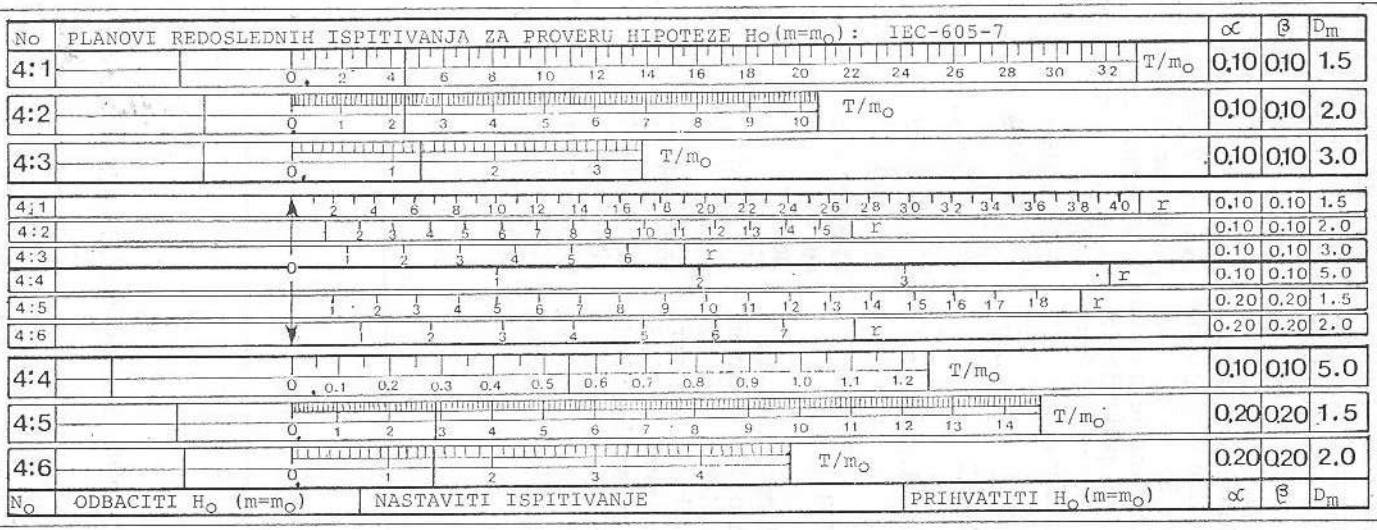
Granice oblasti prihvatanja hipoteze H_o $(m=m_0)$ uzete su iz Tabele 1 i one iznose: $(T/m_o)_{min}=2{,}2$ i $(T/m_o)_{max}=10{,}30$. Gornja granica oblasti odbacivanja hipoteze H_o $(m=m_o)$ određena je na sledeći način. Na skali T/m_o naneta je vrednost 0,35, koja je uzeta iz Tabele 1 i koja odgovara broju otkaza $r=3$, a zatim je u levu stranu od te vrednosti odmerena dužina $3\cdot 0.693$ cm $=2{,}079$ cm čiji levi kraj određuje gornju granicu oblasti odbacivanja hipoteze $H_o(m=m_o)$.



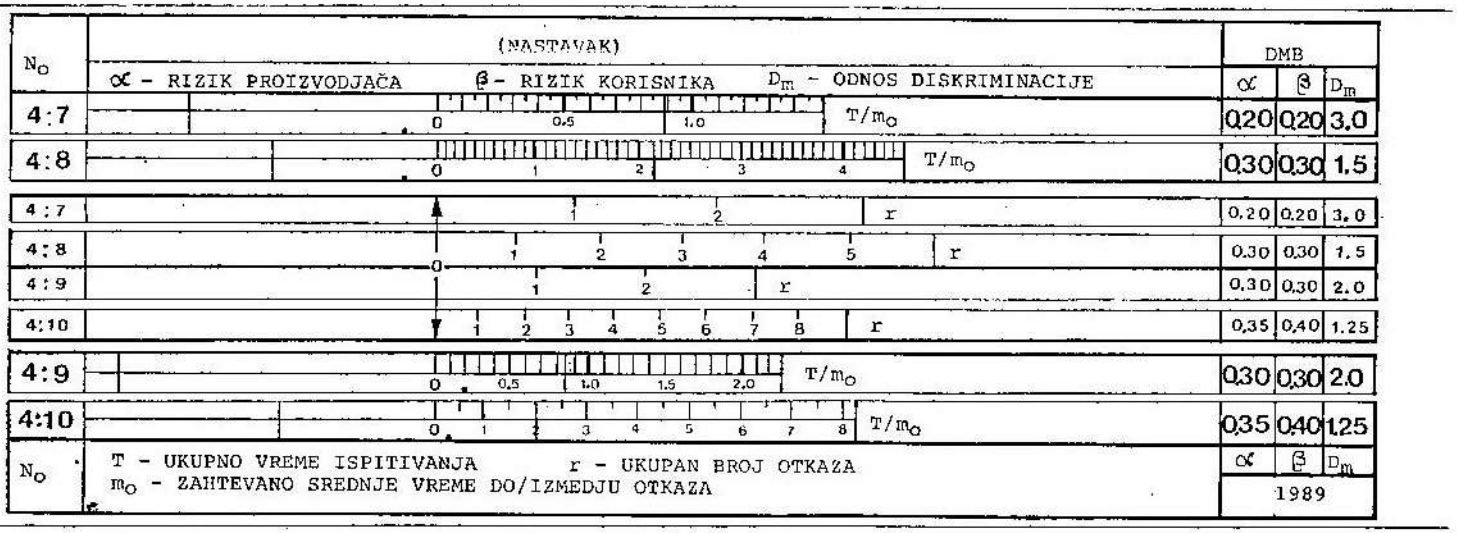
Sl. 2 Skale odnosa T/m_o i broja otkaza r

Neka se preko ovih skala može translatorno pomerati kazaljka S. Dovođenjem kazaljke S iznad vrednosti odnosa T/m_o, koji je dobijen u toku is-

Donja granica oblasti odbacivanja hipoteze $H_o(m=m_o)$ je neodređena. Između gornje granice oblasti odbacivanja hipoteze $H_o(m=m_o)$ i donje granice oblasti



Sl. 3 Izgled prednje strane osnove za izradu šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$



Sl. 4 Izgled zadnje strane osnove za izradu šibera za proveru hipoteze H_o ($m=m_o$)

prihvatanja hipoteze H_0 (m=m$_0$) nalazi se oblast nastavljanja ispitivanja. Ove oblasti se mogu obojiti tako da oblast odbacivanja hipoteze H_0(m=m$_0$) bude crvena, a oblast prihvatanja hipoteze H_0(m=m$_0$) bude zelena, a oblast nastavljanja ispitivanja bude žuta, što bi imalo simboliku koja odgovara simbolici regulacije saobraćaja. Istim postupkom urađene su i skale T/m_0 i r za ostalih devet planova redoslednih ispitivanja navedenih u IEC 605-7/1978 (videti sl. 3 i 4). Pošto su sve te skale smeštene na istu osnovu šibera, neke su morale biti uvećane, a neke umanjene. U Tabeli 2 navedeni su koeficijenti k=1/a i k*=$l \cdot$ k, gde je a koeficijent pravca prave prihvatanja ili odbacivanja hipoteze H_0(m=m$_0$), a l — faktor uvećanja, odnosno umanjenja skale T/m_0 ili r skale. Dakle, l je broj centimetara koji odgovara jedinici odnosa T/m_0, a k^* je broj centimetara koji odgovara jednom otkazu.

osnova šibera (sl. 4). Pri lepljenju mora se voditi računa da na levoj strani budu redni brojevi planova ispitivanja od 4:1 do 4:6 na prednjoj strani i od 4:7 do 4:10 na zadnjoj strani, a na desnoj strani parametri planova α, β i D_m. Kada se osuše nalepljene osnove, vrši se isecanje tela šibera iz ploče po linijama koje su povučene iznad i ispod ruba osnove šibera. Linije sečenja koje određuju dužinu tela šibera treba da budu pomerene dva do tri centimetra od leve, odnosno desne ivice osnove šibera. Nakon isecanja tela šibera iz ploče, vrši se isecanje centralnog dela šibera koji predstavlja r skalu. Ovo isecanje se vrši po dvema linijama od kojih se prva nalazi ispod skale T/m_0 koja odgovara planu ispitivanja 4:3, a druga iznad skale T/m_0 koja odgovara planu ispitivanja 4:4. Da bi ovaj centralni deo, koji na sebi nosi r skalu, mogao da klizi između ova dva periferna dela koja na sebi nose skale T/m_0 moraju ova dva pe-

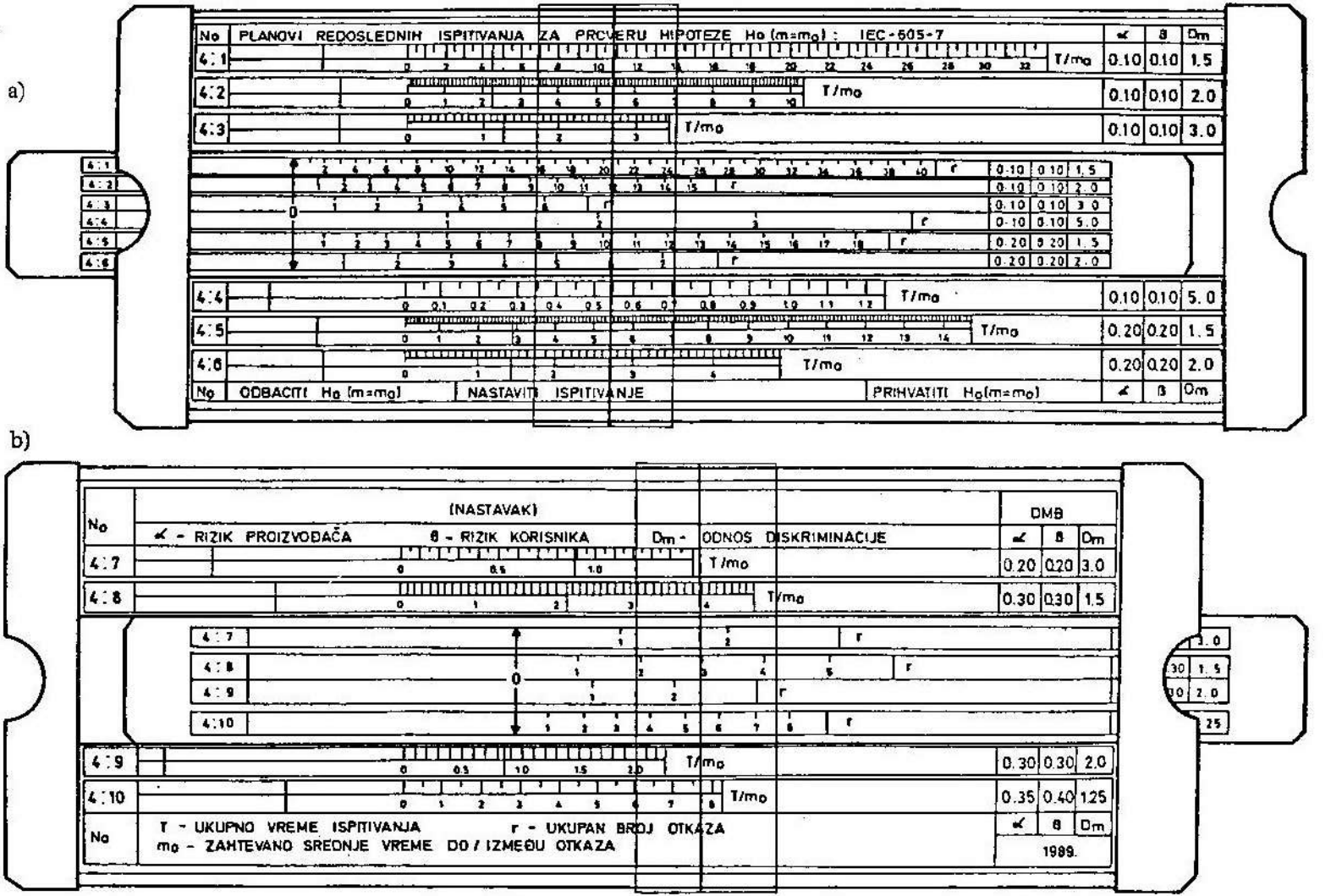
Tabela 2

Numeričke vrednosti faktora skale T/m_0 i r

Broj plana	Δr	$\Delta(T/m_0)$	$k=1/a=\Delta r/\Delta(T/m_0)$	l	$k^*=l \cdot k$
4:1	20	20,62—4,4=16,22	0,811	0,5	0,4055
4:2	10	9,13—2,2=6,93	0,693	1,0	0,6930
4:3	3	2,90—1,25=1,65	0,550	2,0	1,1000
4:4	1	0,95—0,55=0,40	0,400	10,0	4,0000
4:5	9	10,09—2,79=7,30	0,811	1,0	0,8110
4:6	3	3,48—1,40=2,08	0,693	2,0	1,3860
4:7	1	0,44—0,89=0,55	0,550	5,0	2,7500
4:8	2	3,72—2,10=1,62	0,811	2,0	1,6220
4:9	1	1,55—0,86=0,69	0,690	3,0	2,0700
4:10	6	7,36—2,00=5,36	0,893	1,0	0,8933

Šiber za proveru hipoteze H_0(m=m$_0$) izrađuje se na sledeći način. Na tanku ploču od plastike ili kartona nalepi se prednja strana osnove šibera (sl. 3), a zatim se ploča okrene i tačno iznad ove osnove šibera nalepi se zadnja

riferna dela biti fiksirana tačno jedan ispod drugog. To se postiže nalepljivanjem providne plastične ploče sa gornje i donje strane tela šibera po levom i desnom rubu perifernih delova šibera koji na sebi nose skale T/m_0. Pri ovom lep-



Sl. 5 Izgled šibera za proveru hipoteze H_0 ($m=m_0$) a) prednja strana; b) zadnja strana

ljenju treba voditi računa da se ne zalepi i centralni deo (klizač) šibera. Posle sušenja, klizač treba da se lagano pomera između perifernih delova. Treći deo šibera je providni klizač koji na sebi nosi kazaljku (tanku liniju povučenu po sredini ovog klizača). Ovaj klizač je napravljen od tanke providne trake širine oko 3 cm koja je obavijena oko tela šibera normalno na osu pomeranja centralnog klizača. Ova traka je zalepljena tako da kao prsten može klizati po telu šibera. Kao što je rečeno, po sredini ovog prstena povučena je tanka linija (kazaljka). Na levom i desnom rubu šibera nalepljeni su graničnici koji sprečavaju da prstenasti providni klizač spadne sa tela šibera. Izgled prednje i zadnje strane šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ pokazan je na slici 5.

Praktična upotreba

Primer 1

Zahtevano srednje vreme između otkaza je $m_o=2000$ [h]. Za proveru ispunjenja ovog zahteva koristiti plan ispitivanja 4:2, čije su karakteristike: $\alpha=0{,}10$, $\beta=0{,}10$ i $D_m=2{,}0$. Za dobijene rezultate ispitivanja T=7000 [h] i r=3, pomoću šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ utvrditi da li se može doneti odluka o odbacivanju ili prihvatanju ove hipoteze ili se ispitivanje mora nastaviti.

Rešenje:

Na skali T/m_o, za odabrani plan ispitivanja 4:2, uoči se vrednost odnosa T/m_o = 7000 [h]/2000 [h]=3,5, a zatim se pomera kazaljka šibera (vertikalna linija) sve dok se ne dovede na vrednost 3,5. Pošto je r=3, centralni deo klizača na kojem se nalazi skala broja otkaza r za plan ispitivanja 4:2, pomera se sve dotle dok se broj 3 ne nađe ispod kazaljke, odnosno ispod vrednosti odnosa $T/m_o=3{,}5$. Strelica u koordinatnom početku r skale biće usmerena ka oblasti nastavljanja ispitivanja, razume se za odabrani plan redoslednog ispitivanja 4:2. Iz ovog proizilazi da se odluka o odbacivanju ili prihvatanju ne može doneti, već se ispitivanje mora nastaviti.

Primer 2

Za isti zahtev $m_o=2000$ [h] i usvojeni plan redoslednog ispitivanja 4:2, kao i u Primeru 1, neka su rezultati ispitivanja bili T=7000 [h] i r=8 otkaza. Pomoću ovog šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ utvrditi da li se, u ovom slučaju, može doneti odluka o odbacivanju ove hipoteze.

Rešenje:

Istim postupkom, kao i u Primeru 1, kada se broj otkaza r=8 dovede ispod kazaljke, odnosno ispod vrednosti odnosa $T/m_o=3{,}5$, strelica u koordinatnom početku skale r biće usmerena ka oblasti odbacivanja hipoteze $H_o(m=m_o)$ za plan redoslednog ispitivanja 4:2. Dakle, u ovom slučaju hipoteza $H_o(m=m_o=2000$ h) se odbacuje i ispitivanje prekida.

Primer 3

Za isti zahtev $m_o=2000$ [h] i usvojeni plan redoslednog ispitivanja 4:2, kao i u Primeru 1, neka su rezultati ispitivanja bili T=7000 [h] i r=1 otkaz. Pomoću ovog šibera za proveru hipoteze $H_o(m=m_o)$ utvrditi da li se, u ovom slučaju, može doneti odluka o prihvatanju ove hipoteze.

Rešenje:

Istim postupkom kao i u prethodnim primerima, kada se broj otkaza r=1 dovede ispod kazaljke, odnosno ispod vrednosti odnosa $T/m_o=3{,}5$, strelica u koordinatnom početku skale r biće usmerena ka oblasti prihvatanja hipoteze $H_o(m=m_o)$ za plan redoslednog ispitivanja 4:2. Dakle, hipoteza $H_o(m=m_o=2000$ h) može se prihvatiti i ispitivanje prekinuti.

Primer 4

Za isti zahtev $m_0=2000$ [h] i usvojeni plan redoslednog ispitivanja 4:2, kao i u Primeru 1, neka su rezultati ispitivanja bili T=20.600 [h] i broj otkaza r=13. Pomoću ovog šibera za proveru hipoteze $H_0(m=m_0)$ utvrditi da li se, u ovom slučaju, postavljena hipoteza H_0 $(m=m_0)$ može odbaciti ili prihvatiti.

Rešenje:

Pošto je, u ovom slučaju, $T/m_0=$ $=10,3$ jednak graničnoj vrednosti, to se postavljena hipoteza, zavisno od broja otkaza, odbacuje ili prihvata, što znači da se ispitivanje ne nastavlja. U ovom slučaju oblast skale T/m_0 podeljena je na dva dela. Granica između oblasti odbacivanja i prihvatanja hipoteze H_0 $(m=m_0)$ označena je tačkom iznad donje linije skale T/m_0. Kada se kazaljka dovede na vrednost odnosa $T/m_0=10,3$ i broj otkaza r=13 ispod kazaljke, tada je strelica u koordinatnom početku skale r usmerena ka oblasti koja se nalazi desno od označene tačke na donjoj liniji skale T/m_0 za plan redoslednog ispitivanja 4:2. Dakle, hipoteza H_0 $(m=m_0)$ u ovom slučaju se prihvata, a ispitivanje prekida.

Napomena: Kada je odnos T/m_0 jednak graničnoj vrednosti 10,3 (za plan redoslednog ispitivanja 4:2), tada se hipoteza $H_0(m=m_0)$ može prihvatiti kada je broj otkaza $r\leqslant 15$. Međutim, kada je broj otkaza $r\geqslant 16$, tada se hipoteza H_0 $(m=m_0)$ odbacuje.

Zaključak

Šiber za proveru hipoteze $H_0(m=$ $=m_0)$ je veoma jednostavan i lak za upotrebu. Realizovan je na osnovu planova redoslednih ispitivanja navedenih u standardu IEC 605-7 iz 1978. godine.

Istim postupkom može se realizovati ovakav šiber za proveru hipoteze $H_0(m=m_0)$ i za planove redoslednih ispitivanja navedenih u MIL-STD-781C, gde se kao zahtev za srednje vreme do/ /između otkaza m postavlja m_1 kao njegova neprihvatljiva vrednost. Treba napomenuti da se m_1 ponegde naziva minimalnim prihvatljivim srednjim vremenom do/između otkaza.

Literatura:

[1] IEC 605-7/1978.
Equipment reliability testing
Part 7: Compliance test plans for failure rate and mean time between failures assuming constante failure rate.

[2] G. Barrie Wetherill:
SEQUENTIAL METHODS IN STATISTICS,
John Wiley and Sons INC,
New York, 1966.

Mr Stjepan Crnić,
kapetan, dipl. inž.
Željko Čikvar,
kapetan, dipl. inž.

Primjena dinamičkog programiranja u optimizaciji pouzdanosti tehničkih materijalnih sredstava (sistema)

Uvod

Prihvatajući u najširem smislu definiciju da sistemi predstavljaju skupove elemenata, relacija između njih i njihovih karakteristika, povezanih u cjelinu na takav način da mogu obavljati koristan rad, možemo zaključiti da i svako tehničko materijalno sredstvo (TMS) predstavlja određeni sistem.

Najvažnija karakteristika svakog sistema je njegova pouzdanost. U literaturi se može naići na više definicija pouzdanosti. Kada je u pitanju TMS kao sistem, najčešće se koristi definicija koja određuje pouzdanost sistema vjerovatnoćom da će sistem izvršavati svoju funkciju na zadovoljavajući način u datom vremenskom periodu, uz uslov da se koristi pod određenim radnim okolnostima. Pouzdanost sistema može se odrediti eksperimentalno ili izračunati na osnovu pouzdanosti njegovih sastavnih dijelova putem različitih matematičkih modela.

Jasno je da se pri projektiranju i proizvodnji svakog TMS nastoji ostvariti što veća pouzdanost. Na nju najviše utječu pouzdanosti sastavnih dijelova, pa se ugradnjom sastavnih dijelova velike pouzdanosti postiže i velika pouzdanost samog TMS. Međutim, to znatno poskupljuje TMS, pa se u praksi uvijek mora naći određeni kompromis. Stoga se i razvila metoda rezerviranja kao jedno od jeftinijih rješenja koje omogućava povećanje pouzdanosti. Ona se sastoji u tome da se sastavnom dijelu ili podsistemu TMS dodaje jedan ili više rezervnih dijelova ili podsistema koji su potpuno identični sastavnom dijelu ili podsistemu i nalaze se uz TMS, a u rad se uključuju po otkazu osnovnog dijela ili podsistema i preuzimaju njegovu funkciju.

Osnovni problem kod ove metode jeste kako odrediti asortiman i količinu rezervnih dijelova, uz ograničena novčana sredstva, da bi se postigla maksimalna pouzdanost TMS. Ovaj problem se najčešće rješava pomoću neke od metoda operacionih istraživanja. Jedna od efikasnijih metoda za rješavanje navedenog problema jeste metoda dinamičkog programiranja.

Opis i definicija problema

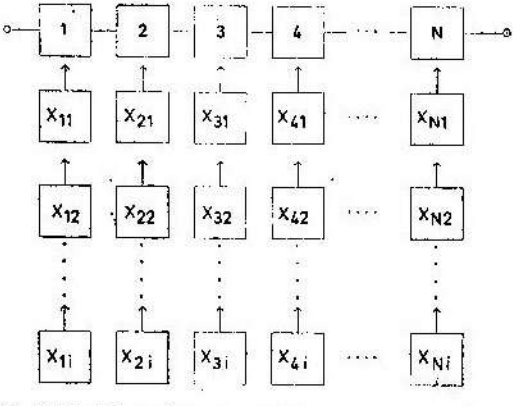
U ovom radu se promatra TMS kao sistem koji se sastoji od određenog broja neopravljivih sastavnih dijelova u serijskoj vezi čiji su otkazi međusobno nezavisni, sa određenim asortimanom i količinom rezervnih dijelova u »hladnoj rezervi« (sl. 1).

Pretpostavka ovakvog modela je da otkaz jednog sastavnog dijela ne dovodi do otkaza jednog ili više drugih, te da je zamjena otkazalog sastavnog dijela

trenutna. Prema tome, zanemaruju se sva logistička vremena koja se javljaju pri zamjeni otkazalog sastavnog dijela. U realnim uvjetima ovakav model može zadovoljavati ako su rezervni dijelovi uz TMS, a defektacija otkaza i zamjena otkazalog sastavnog dijela jednostavna i kratkotrajna ili ako nas zanima samo vjerovatnoća da ćemo u slučaju otkaza imati odgovarajući rezervni dio.

Po teoriji rezerviranja [1], »hladna rezerva« podrazumijeva da rezervni dijelovi ne funkcioniraju u sistemu već se uključuju u rad jedan za drugim, kada prethodno uključeni sastavni dio otkaže. Pretpostavlja se da je uključivanje rezervnog dijela trenutno, te da on ne može otkazati u isključenom stanju.

Sistemi kod kojih je primjenjeno rezerviranje sastoje se od određenog broja rezervnih grupa. Svaka rezervna grupa se sastoji od osnovnog elementa (sastavni dio) i elemenata rezerve (rezervni dijelovi). Sastavni dio je direktno uključen u rad sistema, dok se rezervni dijelovi uključuju po njegovom otkazu.



Sl. 1 Model TMS sa serijskom vezom sastavnih dijelova i rezervnim dijelovima u »hladnoj rezervi

Rezervna grupa, kod »hladne rezerve«, sastoji se od jednog sastavnog i *n* rezervnih dijelova. Kada sastavni dio odradi neko slučajno vrijeme T_1 on otkazuje, a na njegovo mjesto dolazi prvi rezervni dio koji isto tako otkazuje nakon nekog slučajnog vremena T_2 itd. Nakon što je i posljednji rezervni dio odradio neko slučajno vrijeme T_{n+1} i on otkazuje, a sa njim i cijela rezervna grupa.

Prema tome, slučajno vrijeme rada jedne rezervne grupe bez otkaza je:

$$T_0 = T_1 + T_2 + \ldots\ldots + T_{n+1} \qquad (1)$$

gdje je T_1 — vrijeme rada do otkaza sastavnog dijela, a $T_2, T_3, \ldots, T_{n+1}$ — vrijeme rada do otkaza rezervnih dijelova.

U promatranom modelu (sl. 1), pod pojmom pouzdanosti sistema podrazumijevamo ukupnu pouzdanost, tj. pouzdanost »osnovnog« sistema sa njegovim rezervnim dijelovima.

Pauzdanost rezervne grupe, u zavisnosti od broja rezervnih dijelova, može se dobiti na osnovu podataka iz eksploatacije ili izračunati prema formuli:

$$r_i(x_i) = \sum_{k=0}^{x_i} \frac{(\lambda_i \cdot t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \qquad (2)$$

(kumulativna Poissonova raspodjela)

gdje su:

$r_i(x_i)$ — pouzdanost i-tog sastavnog dijela sa x_i rezervnih dijelova,

λ_i — intenzitet otkaza rezervnih dijelova sastavnog dijela

t — promatrano vrijeme.

Proračun pouzdanosti rezervne grupe po Poissonovoj raspodjeli može se izvršiti samo u slučaju kada vremena rada do otkaza sastavnog i rezervnih dijelova imaju eksponencijalnu raspodjelu sa parametrom λ. U svim drugim slučajevima, proračun pouzdanosti rezervne grupe je veoma složen, pa se umjesto njega koriste podaci iz eksploatacije ili podaci dobiveni eksperimentom.

Pouzdanost sistema, uz dati sastav rezervnih grupa, izračunava se kao:

$$R(x) = \prod_{i=1}^{N} r_i(x_i) \qquad (3)$$

Za formiranje rezervnih grupa potrebno je nabaviti određeni broj rezervnih dijelova koji će biti u »hladnoj rezervi«. Jasno je da će pouzdanost sistema biti veća što je taj broj veći. Međutim, to iziskuje veća novčana ulaganja.

Stoga se u praksi uvijek javlja problem novčanih ulaganja za nabavku rezervnih dijelova koji će biti u »hladnoj rezervi«, a želi se maksimalna pouzdanost sistema.

Iz toga proizlazi problem kako za zadatu količinu novčanih ulaganja, uz poznate jedinične cijene rezervnih dijelova, izabrati asortiman i količinu rezervnih dijelova koji će biti u »hladnoj rezervi« da bi dobili maksimalnu pouzdanost sistema.

Postavka rješenja problema metodom dinamičkog programiranja

Dinamičko programiranje je metoda matematičkog programiranja kojom se efikasno rješavaju specijalno strukturirani zadaci određivanja ekstrema realne funkcije više promenljivih, čiji argumenti uzimaju vrijednosti iz unaprijed zadane oblasti.

Metoda je efikasna kada su u pitanju zadaci male dimenzionalnosti, odnosno kada je broj promenljivih, koje se pojavljuju u zadatku ili broj koordinata upravljanja i stanja u sistemu koji se razmatra — mali. Tada je primjena dinamičkog programiranja direktna i praktična rutinska stvar. Međutim, kada je dimenzionalnost zadatka veća, dinamičko programiranje se ne primenjuje u svom standardnom obliku, već je svaki zadatak u izvjesnoj mjeri istraživački.

Naš problem, optimizacija pouzdanosti TMS izborom asortimana i količine rezervnih dijelova u »hladnoj rezervi«, uz ograničena novčana ulaganja, predstavlja, u stvari, problem optimizacije raspodjele resursa.

Sam proces raspodjele resursa u suštini je raspodjela jednog (ili više vrsta) resursa količine x na N aktivnosti proizvoljno indeksiranih, $i = 1, \ldots, N$. Na svaku aktivnost dodeljuje se po dio resursa x_i, $i = 1, \ldots, N$, i to tako da se na svih N aktivnosti raspodijeli cijela količina x. Svaku aktivnost karakteriše zadana funkcija efekta $f_i(x_i)$, $i = 1, \ldots, N$. Ove funkcije pokazuju zavisnost efekta od količine resursa koja se dodjeljuje svakoj aktivnosti. Pretpostavlja se: a) da se efekti svih aktivnosti mjere istim jedinicama, b) da je ukupan efekat raspodjele jednak sumi pojedinih efekata i c) da dodjeljivanje resursa nekoj aktivnosti ne utječe na efekte drugih aktivnosti.

Problem optimizacije resursa je slijedeći: raspodijeliti resurs količine x na N aktivnosti, tako da je ukupan efekat najveći. Ako bi se u rješavanju ovog zadatka pokušalo primjeniti rezultate klasične teorije analize funkcija, naišlo bi se na ozbiljne računske teškoće.

Za naš slučaj, problem se može definirati na slijedeći način: potrebno je raspodjeliti određenu količinu novčanih sredstava za nabavku odgovarajućeg asortimana i količine rezervnih dijelova tako da pouzdanost promatranog sistema bude maksimalna.

Dinamičko programiranje je vrlo efikasno u rješavanju optimalne raspodjele jednog tipa resursa. Primjenjujući tehniku invarijantnog uronjavanja [2], umjesto specifičnog zadatka u smislu raspodjele određene količine resursa x i broja aktivnosti N, naš problem svrstavamo u familiju problema, tj. smatramo x i N promjenjivim. U takvoj familiji problema, jedan od problema ima trivijalno rješenje. To je problem za $N = 1$, kada, u stvari, nema raspodjele, jer postoji samo jedna aktivnost, pa cjelokupnu količinu resursa dodjeljujemo toj prvoj, jedinoj aktivnosti. Do rješenja našeg specifičnog problema, tj. za zadato x, N, dolazimo na taj način što uspostavimo pogodne relacije koje povezuju rješenje problema iz

familije, i to za N = 1 i N = 2, zatim za N = 2 i N = 3, itd. Koristeći te relacije dolazimo i do traženog rješenja za zadato N. Pomenute relacije povezuju u stvari optimalne vrijednosti kriterija — ukupnog efekta raspodjele. Da bismo do njih došli potrebno je odrediti funkcije $F_N(x)$ — optimalni ukupni efekat raspodjele resursa količine x na N aktivnosti. Ukupno treba odrediti N funkcija i to za $N = 1, \ldots, N$. One se određuju prema slijedećoj relaciji:

$$F_N(x) = \max_{(x_1, \ldots, x_N)} \sum_{i=1}^{N} f_i(x_i) \quad (4)$$
$$N = 1, \ldots, N$$

Iz relacije (4) slijedi, za N = 1:

$$F_1(x) = \max_{x_1} f_1(x_1) \quad (5)$$

Veze između funkcija $F_1, \ldots, F_N$ nalaze se tako što se pretpostavi da je za posljednju, N-tu aktivnost dodijeljeno x_N resursa, a za sve prethodne $N-1$ aktivnosti tada preostaje $x-x_N$ resursa. Ako je ovih $x-x_N$ resursa optimalno raspoređeno na $N-1$ aktivnosti, onda je, s obzirom na relaciju (4), optimalni efekat ove raspodjele $F_{N-1}(x-x_N)$. Ukupan efekat za svih N aktivnosti je: $f_N(x_N)+F_{N-1}(x-x_N)$. Da bi on bio najveći, treba potražiti njegov maksimum po x_N .Tada, opet, na osnovu (4), važi:

$$F_N(x) = \max_{x_N} [f_N(x_N)+F_{N-1}(x-x_N)]$$

Ova funkcionalna jednadžba omogućuje da se nađe $F_N(x)$ kada se zna $F_{N-1}(x)$. Tumačeći princip optimalnosti [2], iz nje slijedi uopćena rekurentna relacija za tekući indeks i:

$$F_i(x) = \max_{x_i} [f_i(x_i)+ F_{i-1}(x-x_i)] \quad (6)$$
$$i = 2, \ldots, N$$
$$x_i \leqslant x$$

Prvu u nizu, funkciju $F_1(x)$, nalazimo lako iz (5). Relacija (6) predstavlja rekurentnu relaciju u kojoj treba obaviti operaciju »max« po samo jednoj promjenljivoj. Pomoću nje je početni zadatak traženja maksimuma funkcije od N promjenljivih transformiran u niz znatno lakših zadataka traženja maksimuma funkcija samo jedne promjenljive. Traženje maksimuma u (6) obavlja se numeričkim putem, pretraživanjem sa pogodno izabranim korakom diskretizacije. Iz toga se može zaključiti da u pogledu vremena računanja, obim računanja linearno raste sa porastom N.

Funkcije $F_i(x)$, $i = 1, \ldots, N$ se lako računaju uz pomoć računara. One se obično prikazuju i pamte tabelarno. Uzme se da je ukupna količina resursa x uniformno diskretizirana, sa korakom diskretizacije Δ, tako da argumenti funkcija F_i uzimaju vrijednost $0, \Delta, \ldots, R\Delta = x$. Zatim se formira tabela optimalne raspodjele resursa u kojoj nakon svake kolone $F_i(x)$, $i = 1, \ldots, N$ postoji po jedna kolona x_i, $i = 1, \ldots, N$ u koju se stavljaju one vrijednosti x_i, $i = 1, \ldots, N$ koje prema (6) daju maksimum funkcijama F_i.

Kada je formirana tabela, jednostavnim postupkom, određuje se optimalna raspodjela. Postupak je slijedeći: za zadato $x = R\Delta$ nalazimo optimalno x_N' — optimalnu količinu resursa za N-tu aktivnost. Za preostalih $N-1$ aktivnosti ostaje $x-x_N$ resursa. U koloni x nalazimo vrstu sa tom vrijednošću, i u presjeku te vrste sa $x_{N-1}(x)$ kolonom nalazimo optimalnu vrijednost resursa koju treba dodijeliti $(N-1)$-oj aktivnosti. Ostaje $x-(x_N'+x_{N-1}')$ resursa koje treba raspodijeliti na preostalih N—2 aktivnosti, itd. do prve aktivnosti.

Iz toga slijedi da računski proces u dinamičkom programiranju ima dvije faze: a) računanje funkcija $F_i(x)$, $i = 1, \ldots, N$ i b) određivanje optimalnih $x_1', \ldots, x_N'$.

Bitne karakteristike dinamičkog programiranja u pogledu primjene su:

— ne zahtjeva se neprekinutost funkcija f_i, $i = 1, \ldots, N$, već one mogu biti prekidne ili, čak, zadate tablicama ili grafikonima;

— postupak dinamičkog programiranja automatski izdvaja optimum, ili dva i više optimuma, a odbacuje relativne ekstreme;

— postojanje raznih dopunskih ograničenja na promjenljive, kao npr. cjelobrojnost svih ili samo nekih promjenljivih, samo uprošćava računski postupak, i

— jedna od važnih osobina dinamičkog programiranja je da se radi formiranja tabele optimalne raspodjele resursa ravnopravno mogu organizirati računski procesi »unaprijed« i »unazad«.

Matematički model rješenja postavljenog problema

Postavljeni problem spada u probleme složene raspodjele jednorodnog resursa. On se matematički može definirati na slijedeći način:

$$\text{naći max } R(X) = \prod_{i=1}^{N} r_i(x_i),$$

pri ograničenjima:

$$\sum_{i=1}^{N} c_i \cdot x_i \leqslant C_0, \quad x_i \leqslant O, \quad i = 1, \ldots N$$

i, x_i — cjelobrojni.

Rekurentne relacije u ovom slučaju su:

$$f_i(C_i) = \max r_i(x_i) \cdot f_{i-1}(C_i - c_i \cdot x_i)$$

$$0 \leqslant c_i \cdot x_i \leqslant C_0 \qquad i = 1, \ldots N$$

Granice utroška, odnosno broja rezervnih dijelova, određuju se iz:

$$0 \leqslant x_i \leqslant \left[\frac{C_0}{C_i}\right], \quad i = 1, \ldots N$$

Rekurentna relacija za određivanje rezervnih dijelova prve rezervne grupe je:

$$f_1(C_1) = \max r_1(x_1)$$

$$0 \leqslant x_1 \leqslant \left[\frac{C_0}{C_1}\right]$$

Rekurentna relacija za određivanje rezervnih dijelova druge rezervne grupe je:

$$f_2(C_2) = \max r_2(x_2) \cdot f_1(C_2 - c_2 x_2)$$

$$0 \leqslant x_2 \leqslant \left[\frac{C_0}{C_2}\right]$$

Na isti način dobiju se i ostale rekurentne relacije.

U relacijama su korišćene slijedeće oznake:

- $r_i(x_i)$ — pouzdanost i-tog sastavnog dijela sa x_i rezervnih dijelova,
- C_0 — ukupna novčana ulaganja,
- c_i — cijena rezervnog dijela i-tog sastavnog dijela,
- C_i — trenutno ulaganje, i
- N — ukupan broj sastavnih dijelova.

Algoritam za rješavanje postavljenog problema

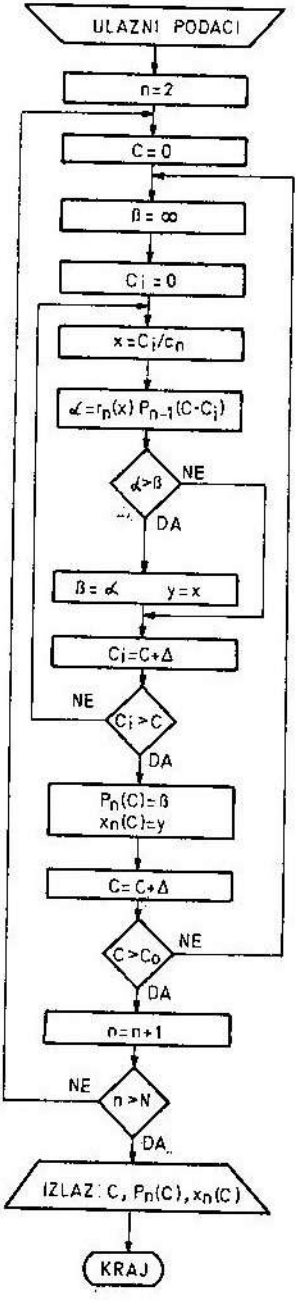
Na osnovu navedenog matematičkog modela napravljen je algoritam za rješavanje postavljenog problema metodom dinamičkog programiranja. Algoritam se sastoji od dva dijela, i to: algoritma za proračun elemenata tabele optimalne raspodjele resursa i algoritma za određivanje optimalnih vrijednosti.

Algoritam za proračun elemenata tabele optimalne raspodjele resursa

Ulazni podaci su slijedeći: a) broj sastavnih dijelova sistema, b) jedinačne cijene rezervnih dijelova, c) ukupna novčana ulaganja, i d) pouzdanosti sastavnih dijelova u zavisnosti od broja rezervnih dijelova zadate tabelarno ili Poissonovom raspodjelom.

Izlaz iz algoritma su maksimalne pouzdanosti koje se mogu ostvariti na osnovu raspodjele ukupnih trenutnih

ulaganja u tekući sastavni dio i prethodne sastavne dijelove, kao i optimalni broj rezervnih dijelova za tekući sastavni dio, na osnovu kojeg se dobiva navedena maksimalna pouzdanost.



Sl. 2 Algoritam za proračun elemenata tabele optimalne raspodjele resursa

Algoritam je prikazan na slici 2.

U njemu su korišćene slijedeće oznake:

- n — index sastavnog dijela (podsistema);
- N — ukupan broj sastavnih dijelova;
- x — broj rezervnih dijelova;
- C_i — trenutno ulaganje;
- C — ukupno trenutno ulaganje;
- C_0 — ukupna novčana ulaganja;
- c_r — cijena rezervnog dijela za n-ti sastavni dio;
- $P_r(C)$ — maksimalna pouzdanost ostvarena ulaganjem u n-ti i prethodne sastavne dijelove, i
- $x_r(C)$ — optimalni broj rezervnih dijelova n-tog sastavnog dijela u ovisnosti o ulaganju.

Algoritam za određivanje optimalnih vrijednosti

Ulazni podaci za ovaj algoritam su: a) tabela optimalne raspodjele resursa [C, $P_n(C)$, $x_r(C)$], b) broj sastavnih dijelova sistema, c) ukupna novčana ulaganja, i d) jedinačne cijene rezervnih dijelova.

Izlaz iz algoritma su slijedeći podaci: a) maksimalna pouzdanost sistema, b) optimalni broj rezervnih dijelova za svaki sastavni dio, i c) ostatak novčanih ulaganja.

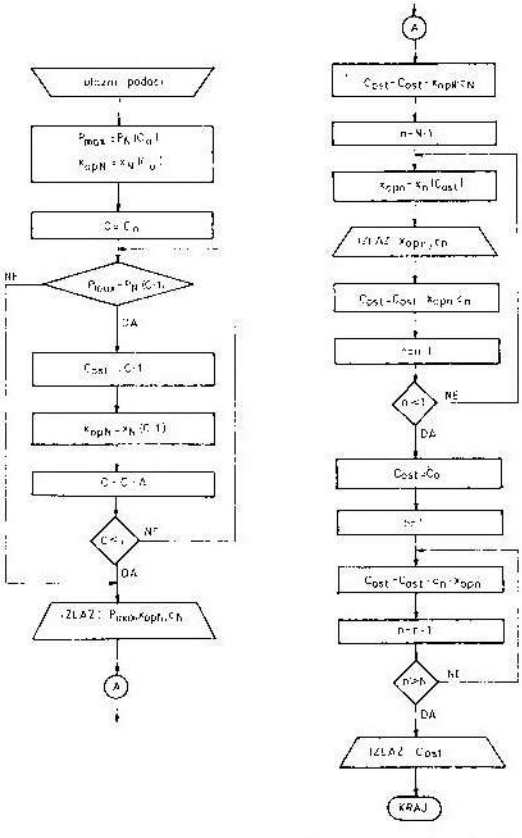
Algoritam je prikazan na slici 3.

U algoritmu su korišćene slijedeće oznake:

- x_{opN} — optimalni broj rezervnih dijelova za N-ti sastavni dio;
- x_{opr} — optimalni broj rezervnih dijelova za n-ti (tekući) sastavni dio;

C_{ost} — ostatak ukupnih novčanih ulaganja, i

P_{max} — maksimalna pouzdanost sistema.



Sl. 3 Algoritam za određivanje optimalnih vrijednosti

Računarski program

Na osnovu datog algoritma napravljen je program za rješavanje postavljenog problema, u programskom jeziku FORTRAN 77, na računaru CYBER 800/175 u operativnom sistemu NOS 2.4. Program se uz manje korekcije može prilagoditi za rad na drugim računarima koji koriste programski jezik FORTRAN.

Program omogućava rješavanje optimizacije pouzdanosti sistema od 100 sastavnih dijelova, od kojih svaki može imati do 100 rezervnih dijelova i prilagođen je za interaktivan rad. Ulazni podaci o pouzdanostima sastavnih dijelova o ovisnosti o broju rezervnih dijelova mogu se zadati tabelarno ili Poissonovom raspodjelom.

Kada se ulazni podaci o pouzdanosti sastavnih dijelova, zadati tabelarno, unose prvi put, mogu se trajno zapamtiti u datoteci »Podaci« i po želji ponovo koristiti. Program omogućava da se prije početka računanja mogu provjeriti ulazni podaci smješteni u datoteci i po potrebi promjeniti. Također, u slučaju greške pri upisivanju ulaznih podataka omogućen je povratak na početak njihovog unošenja.

Dijagram toka programa prikazan je na slici 4.

U programu se koristi standardni program za izračunavanje faktorijela (kao potprogram FAKT).

Zaključak

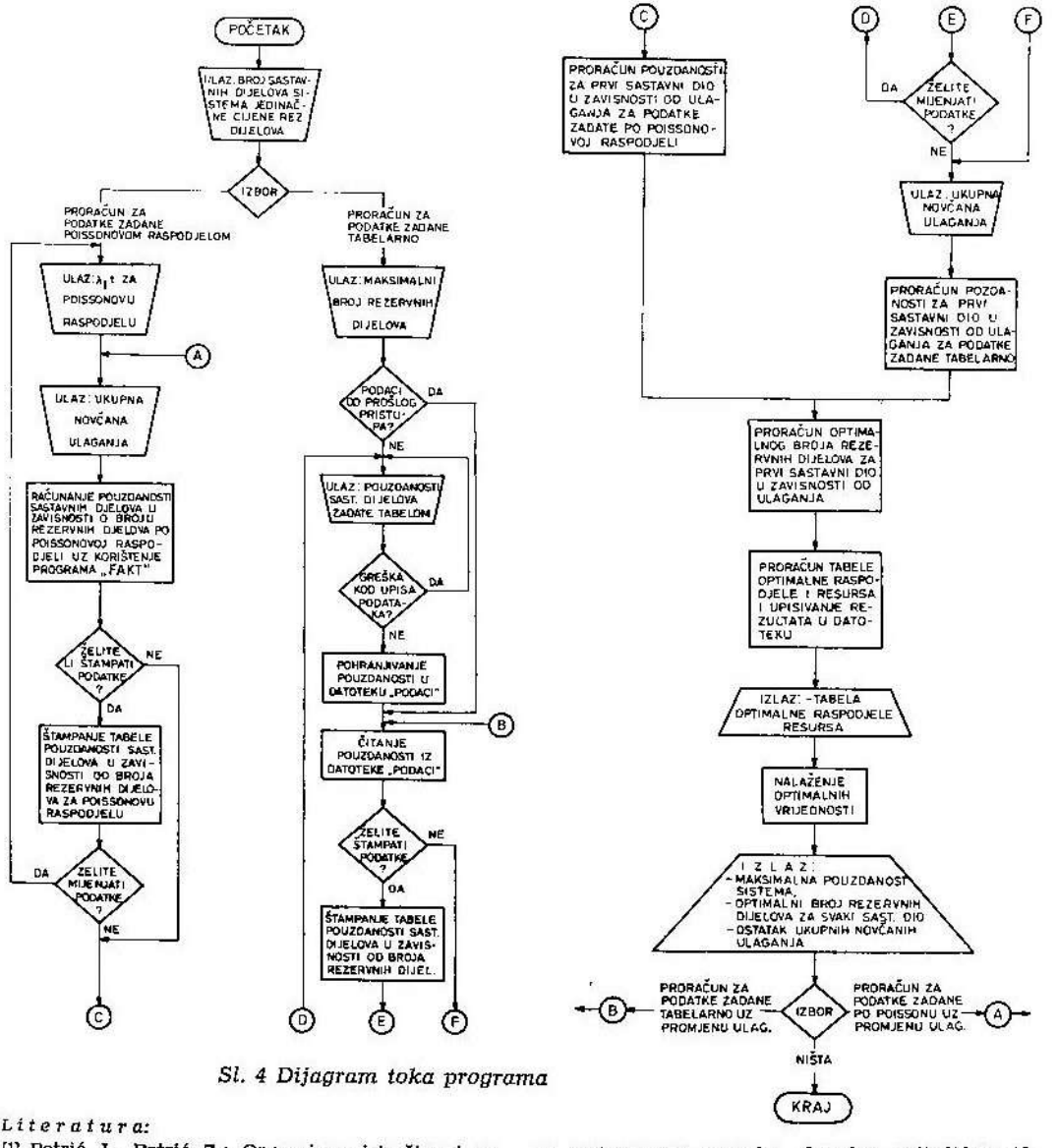
Zahtjev za povećanjem pouzdanosti sistema, koji se uvijek postavlja u praksi, posebno dolazi do izražaja kada su u pitanju TMS. Pouzdanost se nastoji povećati primjenom novih tehnologija pri izradi sastavnih dijelova, novim konstrukcijskim rješenjima TMS, te korišćenjem metode rezerviranja. Međutim, sve to iziskuje dodatna novčana ulaganja i poskupljuje TMS, pa se stoga uvijek traži određeni kompromis.

U ovom radu je analizirana »hladna rezerva«, iz teorije rezerviranja, kao moguće rješenje za povećanje pouzdanosti TMS (sistema) i posebno primjene metode dinamičkog programiranja za određivanje asortimana i količine rezervnih dijelova u »hladnoj rezervi«.

Problem je opisan i definisan, data je teoretska postavka njegovog rješenja metodom dinamičkog programiranja i matematički model rješenja. Na osnovu toga je napravljen algoritam i program koji za zadata novčana ulaga-

nja i jedinačne cijene rezervnih dijelova proračunava asortiman i količinu rezervnih dijelova u »hladnoj rezervi« za svaki sastavni dio TMS, uz uslov da pouzdanost TMS bude maksimalna.

Program je provjeren na više primjera, no rezultati provjere u ovom radu nisu dati zbog svoje obimnosti. Na osnovu tih rezultata može se zaključiti da se metoda dinamičkog programiranja može veoma efikasno primijeniti u rješavanju navedenog problema. Osim toga, metoda je i veoma pogodna za postavljanje na računar.



Sl. 4 Dijagram toka programa

Literatura:

[1] Petrić J., Petrić Z.: Operaciona istraživanja u vojsci, VIZ, Beograd, 1974.

[2] Petrović R.: Specialne metode u optimizaciji sistema, NIP Tehnička knjiga, Beograd, 1977.

[3] Dovedan Z., Smileski M., Divjak Zalokar J.: FORTRAN 77 s tehnikama programiranja, Zveza za tehničko kulturo Slovenije, Ljubljana, 1987.

[4] Krčevinac S., Petrić J., Čupić M., Nikolić J.: Algoritmi i programi iz operacionih istraživanja, Naučna knjiga, Beograd, 1983.

[5] Stojiljković M., Vukadinović S.: Operaciona istraživanja, VIZ, Beograd, 1984.

Mladen Beović,
kapetan, dipl. inž.
Dušan Bobić,
kapetan, dipl. inž.
Salih Džafić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Izbor lokacija za smeštaj rezervi tehničkih materijalnih sredstava primjenom metoda operacionih istraživanja

Uvod

Oružana borba (OB) jeste proces koji se odvija u veoma složenim uslovima u kojem djeluju raznovrsni faktori. Materijalno-tehnički faktor je jedan iz skupa osnovnih faktora OB, čiji utjecaj u suvremenim uvjetima postaje sve značajniji.

Sa aspekta materijalno-tehničkog faktora suvremeni rat karakterišu:

— masovni gubici tehničkih materijalnih sredstava (TMS), tehnička, eksploataciona i borbena oštećenja kao posljedica velikog naprezanja TMS i stalne izloženosti udarima iz zraka i sa zemlje;

— povećani utrošci municije, MES, pogonskih sredstava i elektroenergetskih izvora svih vrsta, i

— skraćivanje vremena za dotur, evakuaciju, izvlačenje, opravku, popunu i druge radnje vezane za tehniku.

Za uspješno vođenje rata neophodno je da se pravovremeno izvrši popuna svim sredstvima koja se troše u OB, da se tehnika neprekidno održava u ispravnom stanju, a gubici nadoknađuju.

Zbog toga je neophodno još u miru pripremiti određene količine i asortiman TMS, koje će se trošiti u velikim količinama u toku b/d, a koje su smještene u skladištima pozadinskih baza (POB).

U ratu se može ukazati potreba za određenim pregrupisavanjem rezervi TMS i za premještanjem u sasvim različite rejone (poljska skladišta-PSk) u odnosu na ranija skladišta. Razlozi za pregrupisavanjem TMS mogu biti:

— nepovoljan mirnodopski raspored skladišta (Sk);

— ugroženost postojeće lokacije;

— skraćivanje puteva dotura (približavanje jedinicama), i sl.

Pregrupisavanje rezervi TMS, zbog navedenih razloga, naziva se manevar rezervama, a može se vršiti po frontu i dubini, pri čemu uvijek mora biti usklađen sa manevrom jedinica.

Osnovni problem koji se pri tome javlja jeste izbor lokacija za smještaj rezervi TMS kojima se vrši manevar.

Zbog toga je cilj ovog rada bio razmatranje nekih od mogućnosti za primjenu metoda optimizacije pri izboru lokacije za smještaj rezervi TMS koje se premještaju. Od metoda koje su u toj oblasti do danas razvijene, u ovom radu su korišćeni:

— cjelobrojno programiranje (CP), i

— višekriterijsko programiranje (VP).

Izbor lokacije za poljska skladišta primjenom cjelobrojnog programiranja

Svaki matematički model sa funkcijom cilja koji treba maksimizirati ili minimizirati, a u kojem neke od promjenljivih mogu uzeti vrijednosti samo

iz skupa cijelih brojeva, naziva se matematičkim modelom cjelobrojnog programiranja.

U ovom radu problem izbora lokacije je razmatran kao nekapacitirani problem lokacije i formuliran terminima cjelobrojnog programiranja.

Nekapacitirani problem lokacije

Problem se sastoji u izboru lokacije za određenu proizvodnu jedinicu (slika) bez ograničenja na kapacitete mogućih lokacija. Pri tom se pretpostavlja da su poznate potencijalne lokacije (ishodišta) i fiksni troškovi izgradnje proizvodne jedinice pojedine lokacije za zadani kapacitet. U slučaju promjene zadanog kapaciteta jedinični fiksni troškovi se po pretpostavci neće mijenjati. Također se pretpostavlja da su poznati potrošači (odredišta) i njihova potražnja za tim proizvodom, kao i troškovi transporta jedinice proizvoda od pojedine lokacije do potrošača. Kriterij za izbor lokacije su minimalni troškovi proizvodnje i transporta uz zadovoljenje potražnje svih potrošača [5].

Navedeni problem može se formulirati u terminima mješovito cjelobrojnog programiranja. U tu svrhu uvodimo slijedeće oznake:

i — indeks potencijalne lokacije (ishodišta), $i=1,2,\ldots,m$;

j — indeks potrošača (odredišta), $j=1,2,\ldots,n$;

b_j — količina potražnje potrošača j;

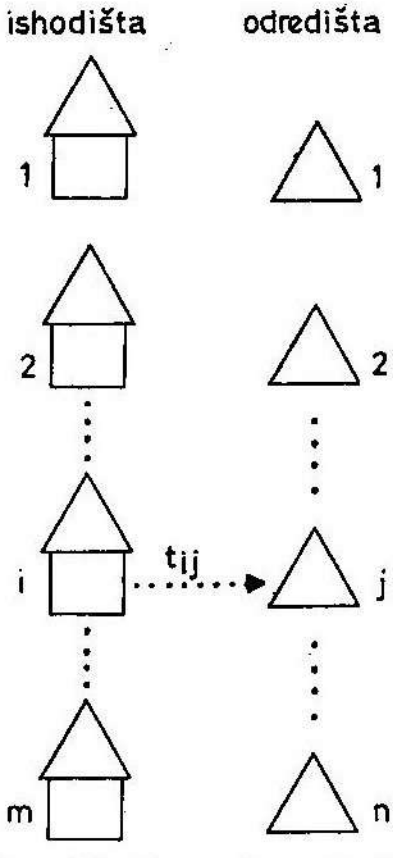
f_i — fiksni troškovi izgradnje proizvodne jedinice na lokaciji i;

t_{ij} — troškovi transporta jedinice proizvoda od ishodišta i do potrošača j;

$c_{ij}=t_{ij}\cdot b_j$ — ukupni troškovi transporta od ishodišta i do potrošača j;

x_{ij} — dio potražnje b_j potrošača j koji će se zadovoljiti iz ishodišta i;

$$y_i = \begin{cases} 0, \text{ ako je } x_{ij}=0, j=1,2,\ldots,n \\ 1, \text{ ako je } x_{ij}>0, \text{ za neko } j \end{cases}$$



Shematski prikaz problema lokacije

Formulacija problema:

$$\min Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}\, x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} f_i\, y_i \qquad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} = 1\ ,\quad j = 1, 2, \ldots, n \qquad (2)$$

$$x_{ij} \leqslant y_i\ , \qquad i=1,2,\ldots,m;\ j=1,2,\ldots,n \qquad (3)$$

$$x_{ij} \geqslant 0\ ,\ y_i = 0 \text{ ili } 1\ , \qquad i=1,2,\ldots,m;\ j=1,2,\ldots,n \qquad (4)$$

Funkcija cilja (1) predstavlja ukupne fiksne troškove svih ishodišta i

ukupne troškove transprota do odredišta. Ograničenja (2) osiguravaju zadovoljenje potražnje svih potrošača. Ako je $x_{ij}>0$ za neko j, zbog (3) i (4) mora biti $y_i=1$. Ako je $x_{ij}=0$ za sve j, zbog minimiziranja funkcije cilja (1) biti će $y_i=0$.

Problem (1) — (4) je problem mješovito cjelobrojnog programiranja, jer su varijable x_{ij} kontinuirane, dok su y_i diskretne.

Navedeni problem se može formulirati i u terminima čisto cjelobrojnog programiranja. U tom smislu uvodi se pretpostavka da se svako odredište snabdijeva iz samo jednog ishodišta. Tako formulirani nekapacitirani problem lokacije sastoji se u slijedećem:

$$\min Z = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} c_{ij}\cdot x_{ij} + \sum_{i=1}^{n} f_i \cdot y_i \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{m} x_{ij} \geqslant 1\ , \qquad j=1,2,...,n \quad (6)$$

$$x_{ij} \leqslant y_i\ , \qquad i=1,2,...,m \quad j=1,2,...,n \quad (7)$$

$$x_{ij}=0 \text{ ili } 1,\ y_i=0 \text{ ili } 1, \quad i=1,2,...,m \quad j=1,2,...,n \quad (8)$$

Iz navedene formulacije vidi se da su funkcije cilja (1) i (5), kao i ograničenja (3) i (7) identične, dok se razlike javljaju kod ograničenja (6) i (8) u odnosu na (2) i (4).

Opis i formulacija problema

Za izvršenje zadatka jedinice se oslanjaju na određeno skladište tehničkih materijalnih sredstava (SkTMS). S obzirom na činjenicu da se u toku borbenih dejstava (b/d) očekuje dejstvo neprijatelja po postojećoj lokaciji, potrebno je izvršiti manevar rezervama.

Pri izboru lokacije za PSkTMS, potrebno je voditi računa o općim uslovima koje lokacija mora zadovoljavati, a to su [3]:

— da, po mogućnosti, bude prirodno maskirana šumom i rastinjem i pogodna za odbranu;

— da ima dobre prilazne puteve i vezu sa glavnim komunikacijama;

— da se nalazi na zemljištu koje nije podvodno (močvarno) i koje obezbeđuje kretanje u svim vremenskim uslovima;

— da u blizini ima vode za potrebe ljudi i za gašenje požara, i

— da nije u blizini većih naseljenih mjesta i drugih objekata koji predstavljaju vjerovatan cilj dejstava neprijatelja.

Pri razmatranju problema izbora lokacije za PSkTMS, kao nekapacitiranog problema lokacije, pretpostavlja se da su:

— fiksni troškovi izgradnje PSkTMS po jedinici proizvoda proporcionalni udaljenostima od potencijalnih lokacija do postojećeg SkTMS, i

— jedinični troškovi transporta od ishodišta do odredišta proporcionalni udaljenostima jedinica od potencijalnih lokacija.

Vodeći računa o općim uslovima, izabrano je dvanaest potencijalnih lokacija za PSkTMS (A-N).

Udaljenosti navedenih lokacija od postojećeg SkTMS (izražene u km) i fiksni troškovi (f_i) izraženi u tisućama (tkm) prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1

Udaljenosti potencijalnih lokacija od SkTMS

Lokacija	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
Udaljenost [km]	48	58	67	64	84	59	58	61	48	15	96	91
Fiksni troškovi [tkm]	14	17	20	19	26	18	17	18	14	5	29	27

Potrebe jedinica (izražene u t) za TMS (b_j) prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2

Potrebe jedinica za TMS

Jedinica	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
Potražnja	295	553	752	352	1375	1686	344	410	550	227

Udaljenosti jedinica (izražene u km) od potencijalnih lokacija (t_{ij}) prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3

Udaljenosti jedinica od potencijalnih lokacija

J_j \ L_i	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
J1	70	64	65	85	66	47	40	18	39	68	87	105
J2	44	35	36	57	38	46	56	50	65	76	56	75
J3	58	31	32	35	16	55	75	85	102	85	22	55
J4	36	35	37	55	56	18	27	35	30	41	75	95
J5	24	34	25	2	25	42	63	70	65	51	31	50
J6	11	22	31	26	46	29	50	74	57	26	50	80
J7	57	54	52	74	75	29	14	21	5	33	93	132
J8	54	63	72	68	91	62	65	66	50	18	95	93
J9	32	22	23	25	24	37	58	65	78	64	47	70
J10	36	26	27	45	25	40	61	70	84	70	45	64

Ukupni troškovi transporta (izraženi u tisućama tkm) od lokacija do jedinica ($c_{ij} = t_{ij} \cdot b_i$) prikazane su u tabeli 4.

Tabela 4

Troškovi transporta od lokacija do jedinica

Jedinice / Potrošači	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J8	J9	J10
A	21	24	44	13	33	19	18	22	18	8
B	19	19	23	12	47	37	19	26	12	6
C	19	20	24	13	34	52	18	30	13	6
D	25	32	26	19	3	61	25	28	14	10
E	19	21	12	20	34	78	26	37	13	6
F	14	25	41	6	58	49	10	25	20	9
G	12	31	56	10	87	84	5	27	32	14
H	5	28	64	12	96	125	7	27	36	16
K	12	36	77	11	89	96	2	21	43	19
L	20	42	64	14	70	44	11	7	35	16
M	26	31	17	26	43	84	32	39	26	10
N	31	41	41	33	69	135	45	38	39	15

Na osnovu podataka iz tabela 1 i 4 i izraza (5) — (8), problem izbora lokacije za PSkTMS može se formulirati na slijedeći način:

$$\min Z = 21x_{11} + 24x_{12} + \ldots + 14x_{61} + 25x_{62} + \ldots + 39x_{12,9} + 15x_{12,10} + 14y_1 + 17y_2 + \ldots + 29y_{11} + 27y_{12}$$

uz ograničenja:

$$\sum_{i=1}^{12} \sum_{j=1}^{10} x_{ij} \geqslant 1$$

$$x_{ij} \leqslant y_i, \quad x_{ij} = 0 \text{ ili } 1, \quad y_i = 0 \text{ ili } 1,$$
$$i = 1,2,\ldots,12$$
$$j = 1,2,\ldots,10$$

Tabela 5

Prikaz dobijenih rezultata (Z=225)

J_j \ L_i	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
J1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
J5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
J6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J8	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
J9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
J10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Y_i	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0

Tabela 6

Prikaz dobijenih rezultata (Z=213)

J_j \ L_i	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N
J1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
J2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
J4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
J8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
J9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
J10	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Y_i	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0

Navedeni problem je, s obzirom na činjenicu da skup dopustivih rješenja ima veliki broj tačaka (red veličine 10^{40}), riješen tako da je ispitan na slučajan način odabran podskup dopustivih tačaka (metoda Monte-Karlo).

Promjenljive x_{ij} ($i=1,2,...,12$; $j=1,2,...,10$) na slučajan način uzimaju vrijednost 0 ili 1, a zatim se provjerava da li je vrijednost funkcije cilja manja od prethodne. Postupak je ponovljen 30.000 puta, čime je određena ona tačka kojoj odgovara najmanja vrijednost funkcije cilja od svih ispitivanih tačaka. Na ovaj način određeno je približno optimalno rješenje polaznog problema. U tabelama 5 i 6 prikazana su dva dobijena rješenja.

Iz tabele 5 vidi se da je potrebno PSk locirati na 3 lokacije, pri čemu bi se jedinice snabdijevale prema slijedećem:

— sa lokacije A jedinice J6, J7 i J10;

— sa lokacije D jedinice J2, J3, J5 i J8; i

— sa lokacije F jedinice J1, J4 i J9.

Iz tabele 6 (minimalna vrijednost funkcije cilja) vidi se da bi PSk trebalo locirati na 4 lokacije, pri čemu bi se jedinice snabdijevale prema slijedećem:

— sa lokacije A jedinice J2, J4, J5 i J6;

— sa lokacije E jedinice J3 i J9;

— sa lokacije G jedinice J1, J7 i J10, i

— sa lokacije L jedinica J8.

Izbor lokacija za poljska skladišta primjenom višekriterijskog programiranja

Složeni upravljački zadaci u konkretnoj praksi uglavnom se ne odnose na ispunjenje samo jednog kriterija (cilja), već na ispunjenje određenog skupa kriterija. Pri donošenju valjanih odluka nailazi se na poteškoće, jer je priroda prisutnih ciljeva vrlo često takva da se potpuno ostvarenje jednog cilja negativno odražava na ostale. Ova vrsta problema ne može se rješavati klasičnom pojedinačnom optimizacijom ciljeva, pošto bi se u općem slučaju dobila različita rješenja koja su pojedinačno optimalna po nekom od kriterija. Bilo kakav izbor da se izvrši, neki ciljevi ostaju, u manjoj ili većoj mjeri, neispunjeni [4].

U slučaju kada je skup mogućih rješenja (varijanti) konačan, često se javlja potreba za njihovim rangiranjem, za što je namenjena i familija metoda PROMETHEE. U [7] je razmatrana primjena metoda PROMETHEE I, II i III pri izboru tehničkih materijalnih sredstava (TMS), u slučaju kada je broj nivoa rangiranja veći od jedan. U ovom radu su iste metode primjenjene za izbor lokacija za smještaj rezervi TMS prilikom raseljavanja u toku b/d.

Izbor lokacija za PSkTMS je izvršen u dva koraka. U prvom koraku riješen je problem izbora broja PSkTMS u zoni operacije, a u drugom koraku problem izbora konkretnih lokacija u skladu sa odabranom varijantom u prvom koraku.

Za rješavanje problema korišćen je programski paket PROMETHEE I, II i III, instaliran na računaru PC »OLIVETTI« na katedri TOb-a VVTŠ KoV JNA u Zagrebu.

Izbor broja PSkTMS

U zoni operacije mogu se definirati tri izdvojena pravca (glavni i dva pomoćna). Uzevši u obzir definirane pravce i očekivanu upotrebu jedinica, izabrane su slijedeće varijante (V_i) lociranja PSkTMS:

— varijanta V_1 — jedno PSkTMS (na glavnom pravcu);

— varijanta V_2 — dva PSkTMS (na glavnom i pomoćnom pravcu br. 1);

— varijanta V_3 — dva PSkTMS (na glavnom i pomoćnom pravcu br. 2) i

— varijanta V_4 — tri PSkTMS (na svakom pravcu).

Izbor najpovoljnije varijante moguće je izvršiti na osnovu slijedećih kriterija i potkriterija:

— kriterij K_1 — udaljenost od jedinica [km];

— kriterij K_2 — transportni učinak pri raseljavanju (u tisućama tkm);

— kriterij K_3 — angažiranost resursa:

K_{34} — angažiranost komandne strukture;

— kriterij K_4 — vjerovatnoća uništenja rezervi:

K_{41} — vjerovatnoća uništenja iz zraka;

K_{42} — vjerovatnoća uništenja sa fronta;

K_{43} — vjerovatnoća uništenja sa distance, i

K_{44} — vjerovatnoća uništenja dejstvom diverzantsko-terorističkih grupa (DTG);

— kriterij K_5 — raspoloživost komunikacija, i

Tabela 7

Matrica za VKR na 1. nivou

i / j		Kriteriji											
		K_1	K_2	K_3				K_4				K_5	K_6
				K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{44}		
Varijante	V_1	386	380	2	7	6	3	12	8	9	10	3	2
	V_2	316	382	3	8	7	4	7	4	6	7	6	5
	V_3	365	406	3	8	7	4	9	5	7	7	5	4
	V_4	286	392	4	9	8	5	4	2	3	5	8	7
koeficijent relativne važnosti		2	1.5	1	2.5	1.5	2	2.5	1	1.5	2	2	3
				1				2					
min. — max.		min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	min.	max.	max.
				min.				min.					
tip kriterija				3	3	3	3	6	3	3	6		

K_{31} — angažiranost ljudstva za obezbjeđenje;

K_{32} — angažiranost ljudstva za manipulaciju;

K_{33} — angažiranost sredstava za manipulaciju, i

— kriterij K_6 — vjerovatnoća izvršenja snabdjevanja.

Na osnovu odabranih varijanti i definiranih kriterija formirana je matrica za višekriterijsko rangiranje (tabela 7).

Tabela 7 predstavlja formalizirani zapis problema, koji omogućava primjenu metoda višekriterijskog rangiranja (VKR). Pored varijanti, kriterija i njihovih vrijednosti (c^r_{ijs}), u tabelu se unose i koeficijenti relativne važnosti pojedinog kriterija (W^r_{js} — preporučuje se da bude od 1 do 3 [1]) i utjecaj kriterijske vrijednosti na odlučivanje (min-max).

Do vrijednosti kriterija za pojedine varijante se došlo mjerenjem (za kriterije K1 i K2) i ekspertnom procjenom (za ostale kriterije).

S obzirom na činjenicu da se rangiranje vrši na dva nivoa, realne i kvantitativne vrijednosti pojavljuju se samo na prvom nivou. Na 0-tom nivou se kao vrijednosti potkriterijskih — kriterijskih funkcija uvode transformirane srednje vrijednosti čistog toka, koje se određuju iz izraza:

$$\overline{R}^k_{js}(V_i) = \left| \min_i \overline{\Phi}^k_{js}(V_i) - \overline{\Phi}^k_{js}(V_i) \right|$$

Na taj način izračunate vrijednosti predstavljaju ulazne podatke za matricu VKR na 0-tom nivou (tabela 8).

Tabela 8

Matrica za VKR na 0-tom nivou

j \ i		K r i t e r i j i					
		K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6
Varijante	V_1	386	380	0	1.5	3	2
	V_2	316	382	0.5	0.62	6	5
	V_3	365	406	0.5	0.88	5	4
	V_4	286	392	1	0	8	7
koeficijent relativne važnosti		2	1.5	1	2	2	3
min.—max.		min.	min.	min.	min.	max.	max.
tip kriterija		3	3	3	6	6	6

Uporedni prikaz rezultata dobijenih primjenom metoda PROMETHEE I, II i III dat je u tabeli 9.

Tabela 9

Uporedni prikaz rezultata

Varijanta	Promethee I	Promethee II	Promethee II
V_1	3	3	3
V_2	2	2	2
V_3	4	4	4
V_4	1	1	1

Iz dobijenih rezultata se vidi da je, u smislu datih kriterija, najpovoljnija varijanta V_4, što znači da je potrebno na svaki pravac locirati po jedno PSkTMS.

Izbor lokacija za PSkTMS

Izbor najpovoljnijih lokacija za PSkTMS, unutar definiranih pravaca, moguće je izvršiti na osnovu slijedećih kriterija:

— kriterij K_1 — transportni učinak pri snabdijevanju [tkm];

— kriterij K_2 — udaljenost od SkTMS [km];

— kriterij K_3 — propusna moć komunikacija:

K_{31} — broj puteva za dotur,

K_{32} — kvalitet puteva za dotur (komunikacija),

K_{33} — osjetljivost puteva za dotur na dejstva neprijatelja, i

Matrica za VKR

j \ i		Kriteriji												
		K_1	K_2	K_3				K_4			K_5			
				K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{51}	K_{52}	K_{53}	K_{54}	K_{55}
Varijante	V_1—H	30	61	5	7	5	4	4	4	7	8	8	2	7	7
	V_2—K	23	48	6	5	4	6	5	6	6	7	5	4	5	6
	V_3—G	26	58	7	6	3	7	6	5	5	6	6	5	6	5
	V_4—L	79	15	3	3	7	3	7	7	3	5	4	8	4	4
koeficijent relativne važnosti		2.5	1.5	3	1.5	2	2.5	2	2.5	1.5	3	2	2.5	2.5	1.5
				2				1.5			3				
min. — max.		min.	min.	max.	max.	min.	max.	max.	max.	max.	min.	min.	min.	min.	min.
				max.				max.			min.				
tip kriterija				3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

K_{34} — mogućnost korišćenja paralelnih puteva za dotur;

— kriteriju K_4 — povoljnost lokacije za smještaj TMS

K_{41} — kvalitet zemljišta;

K_{42} — mogućnost maskiranja, i

K_{43} — mogućnost korišćenja transportnih sredstava veće nosivosti;

— kriterij K_5 — ugroženost lokacije:

K_{51} — ugroženost od dejstava iz zraka;

K_{52} — ugroženost od dejstava sa fronta;

K_{53} — ugroženost od dejstava operativnog vazdušnog desanta (OVD);

K_{54} — ugroženost od dejstava DTG, i

K_{55} — ugroženost od dejstava sa distance.

Izbor lokacije za PSkTMS na pomoćnom pravcu br. 1

Na pomoćnom pravcu br. 1, vodeći računa o općim uslovima, izabrane su četiri potencijalne lokacije (varijante) za PSkTMS.

Na osnovu odabranih varijanti i definiranih kriterija formirana je matrica za VKR (tabela 10).

Usporedni prikaz rezultata dobijenih primjenom metoda PROMETHEE I, II i III dat je u tabeli 11.

Tabela 11

Uporedni prikaz rezultata

Varijanta	Promethee I	Promethee II	Promethee III
V_1	4	4	4
V_2	1	1	1
V_3	2	2	2
V_4	2	3	3

Tabela 12

Matrica za VKR

j \ i		K_1	K_2	K_3				K_4			K_5				
				K_{31}	K_{32}	K_{33}	K_{34}	K_{41}	K_{42}	K_{43}	K_{51}	K_{52}	K_{53}	K_{54}	K_{55}
Varijante	V_1—D	29	64	5	6	7	6	6	7	7	4	3	7	3	4
	V_2—E	47	85	7	5	3	5	8	5	4	6	6	5	7	7
	V_3—M	73	96	2	2	5	5	5	6	5	5	7	4	6	5
	V_4—N	100	91	4	3	6	4	7	4	6	2	4	6	5	6
koeficijent relativne važnosti		2.5	1.5	3	1.5	2	2.5	2	2.5	1.5	3	2	2.5	2.5	1.5
				2				1.5			3				
min. — max.		min.	min.	max.	max.	min.	max.	max.	max.	max.	min.	min.	min.	min.	min.
				max.				max.			min.				
tip kriterija				6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Iz dobijenih rezultata vidi se da je najpovoljnija varijanta za PSkTMS na pomoćnom pravcu br. 1, u smislu datih kriterija, varijanta V_2 (lokacija K).

Izbor lokacije za PSkTMS na pomoćnom pravcu br. 2

Na pomoćnom pravcu br. 2, vodeći računa o općim uslovima, izabrane su četiri potencijalne lokacije za PSkTMS.

Na osnovu odabranih varijanti i definiranih kriterija formirana je matrica za VKR (tabela 12).

Uporedni prikaz rezultata dobijenih primjenom metoda PROMETHEE I, II i III dat je u tabeli 13.

Iz dobijenih rezultata vidi se da je najpovoljnija varijanta za PSkTMS na pomoćnom pravcu br. 2, u smislu datih kriterija, varijanta V_1 (lokacija D).

Tabela 13

Uporedni prikaz rezultata

Varijanta	Promethee I	Promethee II	Promethee III
V_1	1	1	1
V_2	2	2	2
V_3	4	4	4
V_4	3	3	3

Izbor lokacija za PSkTMS na glavnom pravcu

Na glavnom pravcu, vodeći računa o općim uslovima, izabrane su četiri potencijalne lokacije za PSkTMS.

Na osnovu odabranih varijanti i definiranih kriterija formirana je matrica za VKR (tabela 14).

Tabela 14

Matrica za VKR

j \ i		K₁	K₂	K₃				K₄			K₅				
				K₃₁	K₃₂	K₃₃	K₃₄	K₄₁	K₄₂	K₄₃	K₅₁	K₅₂	K₅₃	K₅₄	K₅₅
Varijante	V₁—A	90	48	5	6	6	5	8	3	7	8	5	8	6	5
	V₂—B	101	58	7	7	4	7	6	5	7	7	6	7	5	6
	V₃—C	121	67	8	8	3	8	5	4	6	6	7	5	7	7
	V₄—F	130	59	6	5	5	6	7	6	4	5	4	6	4	4
koeficijent relativne važnosti		2.5	1.5	3	1.5	2	2.5	2	2.5	1.5	3	2	2.5	2.5	1.5
				2				1.5			3				
min. — max.		min.	min.	max.	max.	min.	max.	max.	max.	max.	min.	min.	min.	min.	min.
				max.				max.			min.				
tip kriterija				3	3	3	3	3	3	6	3	3	3	3	3

Uporedni prikaz rezultata dobijenih primjenom metoda PROMETHEE I, II i III dat je u tabeli 15.

Tabela 15

Uporedni prikaz rezultata

Varijanta	Promethee I	Promethee II	Promethee III
V₁	2	4	4
V₂	1	1	1
V₃	2	3	3
V₄	2	2	2

Iz dobijenih rezultata vidi se da je najpovoljnija varijanta za PSkTMS na glavnom pravcu, u smislu datih kriterija, varijanta V_2 (lokacija B).

Zaključak

Rješavanje problema izbora lokacije za smeštaj rezervi TMS kao nekapacitiranog problema lokacije ne predstavlja klasičan jednokriterijski pristup, jer se izbor lokacija u suštini vrši prema dva kriterija:

— troškovi transporta od stacionarnog skladišta TMS do potencijalne lokacije za PSkTMS, i

— troškovi transporta od potencijalnih lokacija za PSkTMS do jedinica.

Primjena metode Monte-Karlo je pogodna za rješavanje ovakvih problema zbog toga što se za kratko vrijeme, primjenom jednostavnih računskih programa, može doći do zadovoljavajućih rezultata. Pored toga, kao rezultat je dobijeno više varijanti rezultata sa sličnim vrijednostima funkcije cilja, a različitim brojem lokacija. To donosiocu odluke ostavlja mogućnost izbora najpovoljnijeg rješenja.

Model primjenjen u ovom radu omogućuje rješavanje realnih problema izbora lokacija za smještaj svih vrsta MS (tehnička, intendantska, sanitetska, itd.), pri raseljavanju iz jednog SkMS. U matematički model donosilac odluke može, ovisno o konkretnoj situaciji, uni-

jeti i dodatno ograničenje na broj lokacija:

$$\sum_{i=1}^{m} y_i \leqslant n$$, gdje je n maksimalno dozvoljeni broj lokacija.

Daljnjim istraživanjima moguća je dogradnja modela putem:

— proširenja izbora lokacija pri raseljavanju MS iz više SkMS, i

— proširenja izbora lokacija pri raseljavanju više vrsta MS iz jednog ili više SkMS.

Rješavanje istog problema primjenom metoda PROMETHEE I, II i III omogućilo je da se pored troškova, koji su razmatrani pri rješavanju primjenom cjelobrojnog programiranja, u obzir uzmu i ostali uticajni faktori koji se, naročito u složenim situacijama poput OB, ne mogu zanemariti (ugroženost, putevi dotura, i sl.).

Osnovni problemi koji se javljaju pri primjeni familije metoda PROMETHEE I, II i III su:

— izbor relevantnih kriterija;

— vrednovanje varijanti za kriterije koji se procjenjuju, i

— određeni subjektivizam koji se očituje u izboru kriterija, ocjenjivanju njihove relativne važnosti i vrednovanju varijanti.

Zbog navedenih razloga rezultati dobijeni primjenom obiju metoda ne moraju biti identični, što je slučaj i u ovom radu. Primjenom metoda PROMETHEE I, II i III kao rješenje su dobijene lokacije B (na glavnom pravcu), K (na pomoćnom pravcu br. 1) i D (na pomoćnom pravcu br. 2). Primjenom cjelobrojnog programiranja, kao rješenje su dobijene lokacije A (na glavnom pravcu), G i L (na; pomoćnom pravcu br. 1) i E (na pomoćnom pravcu br. 2).

Primjena metoda korišćenih u radu pruža donosiocu odluke niz informacija koje mu omogućuju da na osnovu njih, ali i svog ukupnog znanja i intuicije, donese konačnu odluku.

Literatura:

[1] Borović S., Đukić R.: Priprema odluke o nabavci tehničkih sredstava primenom familije metoda PROMETHEE, VTG 4/88.

[2] Borović S. i grupa autora: Programski paket »Metode višekriterijumske analize«, VVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1987.

[3] Greenberg Harold: Integer Programming, University of Southern California, New York, 1971.

[4] Maksić R: Osnovi snabdevanja municijom, CVTŠ, Zagreb, 1986.

[5] Martić Lj.: Višekriterijalno programiranje, Informator, Zagreb, 1978.

[6] Neralić L.: Nekapacitirani i kapacitirani problem lokacije, Ekonomski pregled, 34 (9—10), 1983, str. 387—394.

[7] Nikolić M.: Krbavac M., Smiljanić Č., Koruga R., Taktika tehničke službe — lekcije, CVTŠ, Zagreb, 1986.

[8] Petrić J.: Operaciona istraživanja, Naučna knjiga, Beograd, 1987.

[9] Petrić J., Zlobec S.: Nelinearno programiranje, Naučna knjiga, Beograd, 1987.

Mr Dragi Dimitrijević,
potpukovnik, dipl. inž.

Dejstvo streljačke municije na drvo

Uvod

Drvo kao materijal vrlo često se pojavljuje u raznim uslovima borbenih dejstava i interesantno je, kako sa aspekta probojnosti, tako i sa stanovišta zaštite ljudi i sredstava.

U radu se razmatraju parametri kretanja za dva karakteristična zrna streljačke municije pri penetraciji u specijalnu metu izrađenu od neprekinute drvne mase javora. To su obična zrna za pištolj M57 7,62 mm i pušku M70 7,62 mm. Merenja su izvršena korišćenjem mehaničkih barijera kontaktnog tipa, a registracija izmerenih veličina izvedena je pomoću mernog kola sastavljenog od kontrolnologičkog sklopa, mernog magnetofona i osciloskopa.

Na osnovu rezultata merenja određena je funkcija otpora preko Chapman-Kirkove metode. Regresionom analizom potvrđeno je da se izračunate funkcije otpora mogu sa dovoljnom tačnošću upotrebiti za proračun parametara kretanja zrna za pištolj M57 7,62 mm i pušku M70 7,62 mm kroz neprekinutu drvnu masu javora.

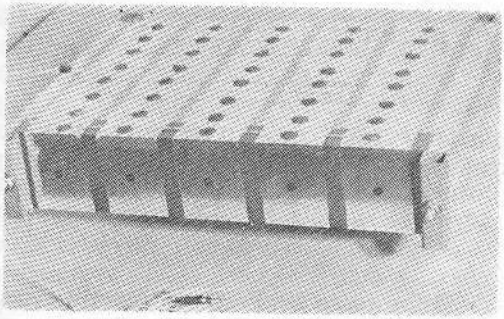
EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci za ispitivanje

U fazi priprema i koncipiranja eksperimenata za merenje potrebnih veličina za odredivanje funkcija otpora, izvršena su prethodna merenja. Ona su bila tako organizovana da su se iz njih mogle dobiti dubine penetracije običnih zrna za navedena oružja. Uslovljene oznake oružja su 01 i 02. Debljine meta za prethodna merenja izabrane su na osnovu iskustva i preporuka datih u [1, 2, 3, 4 i 5]. Srednje dubine penetracije zrna u neprekinutu masu javora određene su sa po deset uspešnih merenja. Dobijene dubine penetracija običnih zrna za oružja 01 i 02 bile su osnova za izbor dimenzija i oblika meta. Na tim različitim dubinama penetracije, za obe vrste zrna, bilo je potrebno izvršiti određeni broj merenja parametara kretanja zrna, da bi se na osnovu rezultata merenja mogle odrediti funkcije otpora. Tako se došlo do zaključka da svaka meta mora biti sastavljena od izvesnog broja lamela različitih debljina. Debljine lamela menjale su se zavisno od vrste zrna — što je dubina penetracije bila manja i lamele su bile tanje, kako bi se dobio dovoljan broj mernih mesta na raspoloživom intervalu dubine penetracije.

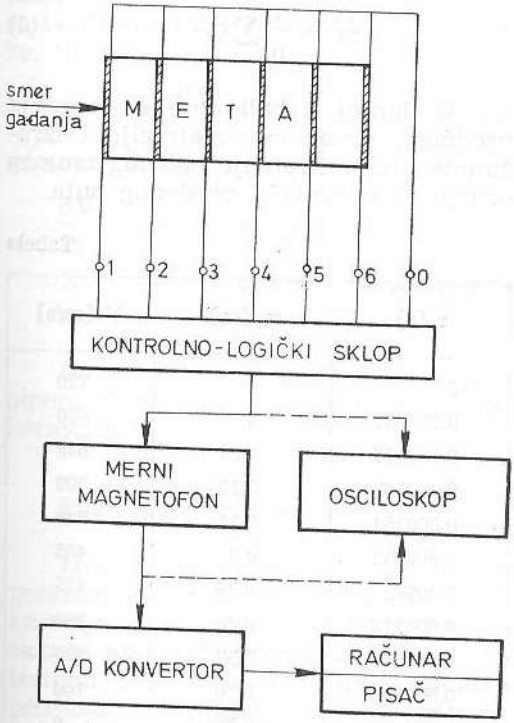
Na osnovu prethodnih gađanja, saznanja u toku izvođenja eksperimenata i potreba za određenom tačnošću dobijenih rezultata, ustanovljene su debljine lamela od 10, 15, 40 i 50 mm. Između lamela i na čeonoj strani prve lamele postavljene su po dve merne trake od aluminijumske folije između kojih je postavljen izolator od laka na fo-

liji ili od papira sa zalepljenom folijom. Debljina para folija iznosila je od 0,1 do 0,15 mm. Pri prolazu zrna kroz par folija one se međusobno spajaju i preko odgovarajućih provodnika vrši se registracija trenutka spajanja folija na mernim instrumentima.



Sl. 1 Specijalna meta

Jedna specijalna meta od javorovog drveta sa raspoređenim mernim trakama i priključcima za merne instrumente prikazana je na slici 1.

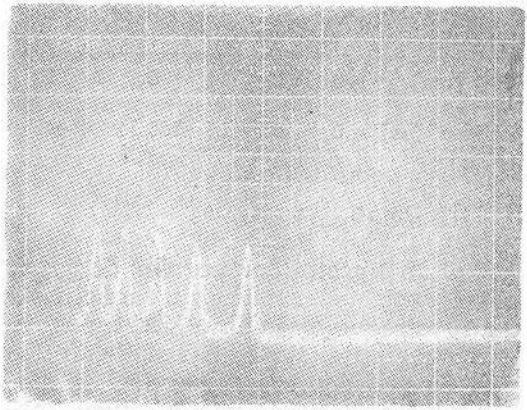


Sl. 2 Šema registracije i obrade signala

Merna aparatura

Za registraciju vremena kretanja zrna kroz neprekinutu drvnu masu i kompletnu obradu signala napravljen je spoj mete, mernih instrumenata i računara, kao što je prikazano na slici 2.

Mehaničke barijere kontaktnog tipa, sastavljene od dve aluminijumske folije, predstavljaju pasivne senzore koji reaguju u trenutku kad ih metalno zrno, u toku prolaza kroz metu, međusobno spoji. Kontrolno-logički sklop prima signale sa barijera 1 do 6, daje vizuelni pregled na instrument-tabli o aktiviranju pojedinih barijera i uz izvesnu kontrolu i obradu primljenih signala prenosi ih na merni magnetofon ili osciloskop. Merni magnetofon beleži analognu promenu napona na izlazu iz kontrolno-logičkog snopa, odnosno promenu vremena penetracije zrna kroz neprekinutu drvnu masu. Paralelno tome, na osciloskopu se može pratiti signal koji se snima na mernom magnetofonu. Očitanje i obrada signala može se obaviti sa mernog magnetofona, osciloskopa ili kombinovano. U sastav merne aparature ubačen je A/D konvertor radi prevođenja analognog signala sa mernog magnetofona u digitalni, da bi se mogao obraditi na računaru i izlistati na pisaču računara u obliku uređenih parova vremena i napona. Najveći broj očitanja rezultata snimanja obavljen je sa trake na mernom magnetofonu, sni-

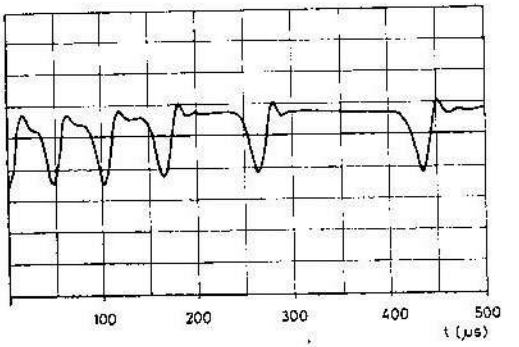


Sl. 3 Vreme kretanja običnog zrna za oružje 02

manjem na pisač računara, a izvestan broj očitanja, radi ilustracije, obavljen je sa slika napravljenih na osciloskopu. Na slici 3 prikazan je karakterističan snimak trenutaka spajanja mernih traka pri prolazu zrna kroz barijere, a koji je dobijen sa osciloskopa.

Put [cm]	0	4	8	12	16
Vreme [μs]	0	60	120	180	260

Sa više ponovljenih snimanja praćena je cela dubina penetracije običnog zrna za 02 kroz neprekinutu drvnu masu javora određenih karakteristika. Na slici 4 dato je vreme kretanja običnog zrna za 01 u toku penetracije kroz metu od javora. Ovim snimkom obuhvaćena je cela dubina penetracije. Vremenski tok na slici 4 dobijen je posredstvom računara.



Sl. 4 Vreme kretanja običnog zrna za oružje 01

Put [cm]	0	2	4	6	8	10
Vreme [μs]	0	50	105	160	260	440

Rezultati merenja

U [4] postoji preporuka da je za određivanje jedne tačke na funkciji otpora potrebno najmanje deset ponovljenih merenja, što se prvenstveno odnosi na veće kalibre projektila. Za manje kalibre, kao što je ovde slučaj, merenja su izvedena u većem broju. Za svaku proračunsku tačku funkcije otpora izvedeno je po dvadeset merenja za svaku kombinaciju vrste zrna i drveta.

Ako se uzme da je sa jednim opitom izvršeno merenje na m — barijera, onda je broj probijenih lamela m — 1, pri čemu se vreme za svaki interval puta može naći iz izraza:

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i \qquad (1)$$

gde je i=1,2,...m — 1, odnosno brzina zrna na izlazu iz svake lamele iz izraza:

$$V_{i+1} = \frac{2\,\Delta x_i}{\Delta t_i} - V_i \qquad (2)$$

Kako je za svaku kombinaciju zrna i mete izvedeno po n=20 opita, to su na osnovu rezultata merenja za svaki opit izračunate srednje vrednosti vremena i brzina za pojedine lamele, tj.

$$\Delta t_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(\Delta t_i)_j \qquad (3)$$

$$V_i = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n}(V_i)_j \qquad (4)$$

U donjoj tabeli date su srednje vrednosti vremena penetracije i izračunate brzine kretanje običnog zrna za oružje 02 u funkciji pređenog puta.

Tabela

t [s]	x [m]	V [m/s]
0	0	720
0,000057	0,04	680
0,000117	0,08	635
0,000183	0,12	590
0,000254	0,16	540
0,000332	0,2	485
0,00042	0,24	425
0,000522	0,28	355
0,00065	0,32	270
0,000866	0,36	100
0,001	0,37	0

TEORIJSKI DEO

Proračun parametara kretanja zrna

Zrno streljačke municije u toku kretanja kroz neprekinutu drvnu masu može se posmatrati kao kruto telo sa šest stepeni slobode kretanja [7]. Razmatrana zrna su simetrična u odnosu na uzdužnu osu zrna. Zbog toga imaju odgovarajući rotacioni elipsoid inercije, odnosno uzdužni moment inercije I_x i poprečne $I_y = I_z$. Analizom poprečnog i uzdužnog strelnog kanala kroz neprekinutu drvnu masu došlo se do saznanja da su poprečne oscilacije zrna zanemarivo male. Takođe, zrna su ostajala stabilna na celoj dubini penetracije. Činjenice da su poprečne oscilacije zrna zanemarivo male, putanje zrna pravolinijske i nema odstupanja putanja zrna po pravcu i visini, te da se zrna ne deformišu, dopuštaju da se sistem diferencijalnih jednačina iz [7] može redukovati. U tom slučaju kretanje zrna kroz neprekinutu drvnu masu svodi se na kretanje materijalne tačke, tj.

$$\frac{dV}{dt} = -\frac{X}{m} \tag{5}$$

gde su:

$\frac{dV}{dt}$ — usporenje zrna,

X — sila otpora drvne mase, i

m — masa zrna.

U jednačini (5) nepoznata je sila otpora X, koja će u nastavku rada biti istražena.

Sila otpora sredine

Izraz za silu otpora kojom se neprekinuta drvna masa suprotstavlja kretanju zrna, može se odrediti dimenzionom analizom prema Bakingemovoj teoremi [8]. Za rešenje ovog zadatka potrebno je napraviti spisak promenljivih koje utiču na traženu silu. Na silu otpora mogu uticati faktori koji su vezani za sredinu kroz koju se zrno kreće i faktor i koji se odnose na zrno. Od faktora drvne mase mogu se uzeti gustina drvne mase ρ i modul elastičnosti drvne mase u smeru gađanja E. Naprezanje na pritisak i smicanje nije potrebno uzimati u obzir, jer se ona pojavljuju kao zavisno promenljive od modula elastičnosti. Kao faktori zrna mogu se uzeti njegove balističke i fizičke karakteristike. To su brzina zrna V i karakteristična dužina l.

Uz te pretpostavke, sila otpora kretanja zrna može se napisati u obliku:

$$X = f(\rho, V, l, E) \tag{6}$$

odnosno:

$$F = f(\rho, V, l, E, X) = 0 \tag{6'}$$

Ako se dimenzija mase označi sa M, dužine sa L i vremena sa T, **onda** dimenziona jednačina glasi:

$$\Pi = \frac{X}{\rho^{\alpha_1} V^{\alpha_2} l^{\alpha_3} E^{\alpha_4}} \tag{7}$$

odnosno:

$$\Pi = \frac{M L T^2}{(M L^{-3})^{\alpha_1} (L T^{-1})^{\alpha_2} L^{\alpha_3} (M L T^{-2} L^{-2})^{\alpha_4}} \tag{7'}$$

odakle se odgovarajućim transformacijama, uz izračunavanje eksponenata α_1, α_2, α_3 i α_4, dobija sila otpora u obliku:

$$X = \frac{1}{2} \rho V^2 S P(M) \tag{8}$$

gde su:

S — površina poprečnog preseka zrna, i

P(M) — bezdimenzionalna funkcija otpora zavisna od karakteristika drvne mase i karakteristika zrna.

Brojne vrednosti funkcije otpora mogu se odrediti Chapman-Kirkovom metodom [9] na osnovu eksperimentalnih rezultata.

Određivanje funkcije otpora

Matematička procena funkcije otpora, na osnovu rezultata merenja, izvršena je Chapman-Kirkovom metodom [9]. Priroda razmatranog problema je takva da se objektivno moglo meriti vreme penetracije zrna na više mernih mesta na raspoloživoj dubini penetracije zrna. Na osnovu izmerenih vremena penetracije na svim mernim mestima za obe kombinacije O1P1 i O2P1 izračunate su srednje vrednosti vremena penetracije u funkciji dubine penetracije.

Dimenzionom analizom sile otpora ustanovljeno je da se funkcija otpora može predstaviti u obliku:

$$P(M) = \frac{1}{c_1 + c_2 M + c_3 M^2} \qquad (9)$$

gde su:

c_1, c_2, c_3 — koeficijenti polinoma, i
M — Mahov broj.

Chapman-Kirkovom metodom, u ovom slučaju, određuju se koeficijenti polinoma c_1, c_2 i c_3 i početna brzina zrna, tako da suma kvadrata razlika izmerenih i izračunatih vremena za razmatrane tačke na putanji zrna bude u određenom dopuštenom intervalu greške.

Za normalne karakteristike drvne mase javora i karakteristike razmatranih običnih zrna, te radijalni smer gađanja, određene su funkcije otpora u obliku:

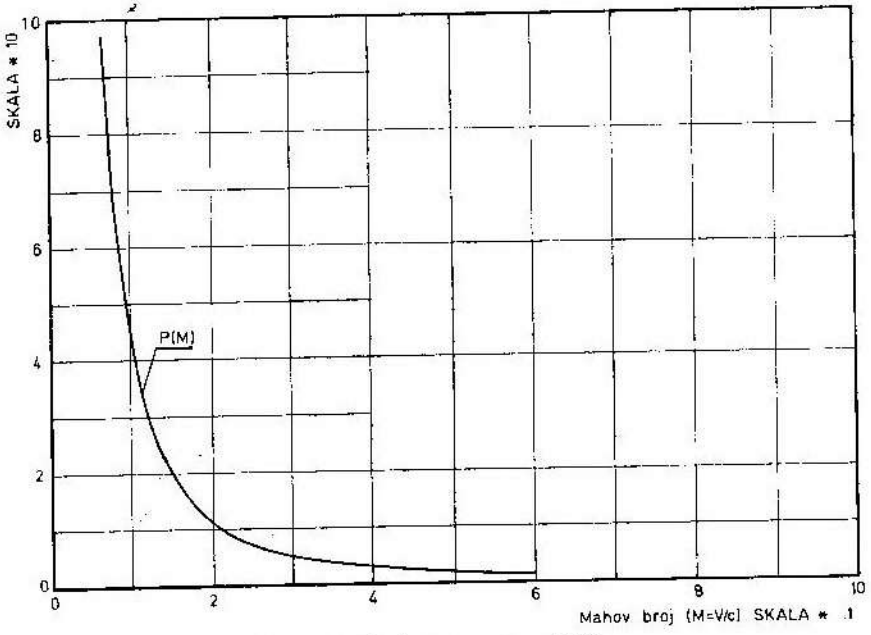
$$P(M)\,|_{o1P1} = \frac{1}{3{,}317\ M^2} \qquad (10)$$

i

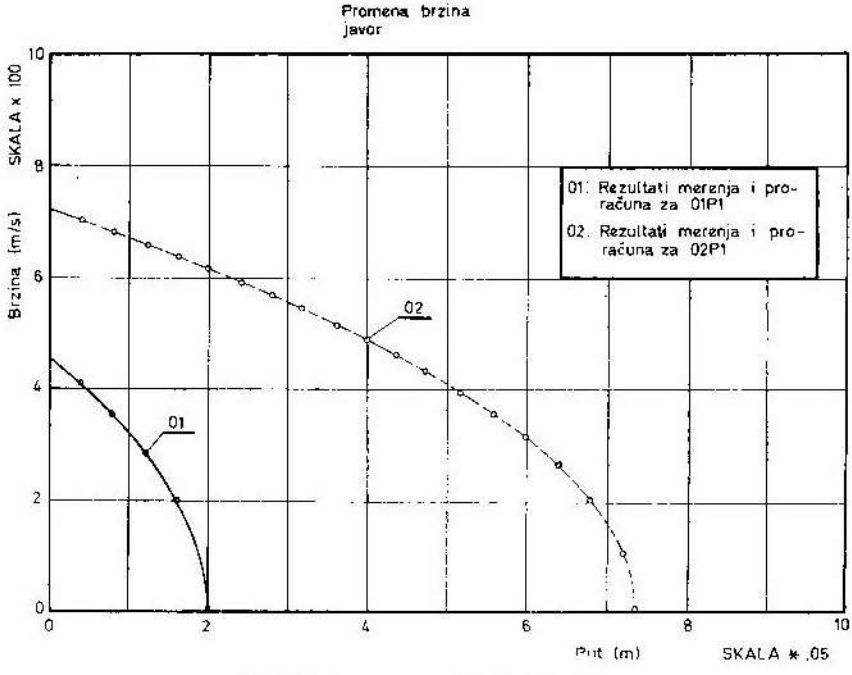
$$P(M)\,|_{o2P1} = \frac{1}{3{,}3585\ M^2} \qquad (10')$$

pri čemu su početne brzine zrna ostale nepromenjene. $V_{o1} = 455$ m/s i $V_{o2} = 720$ m/s.

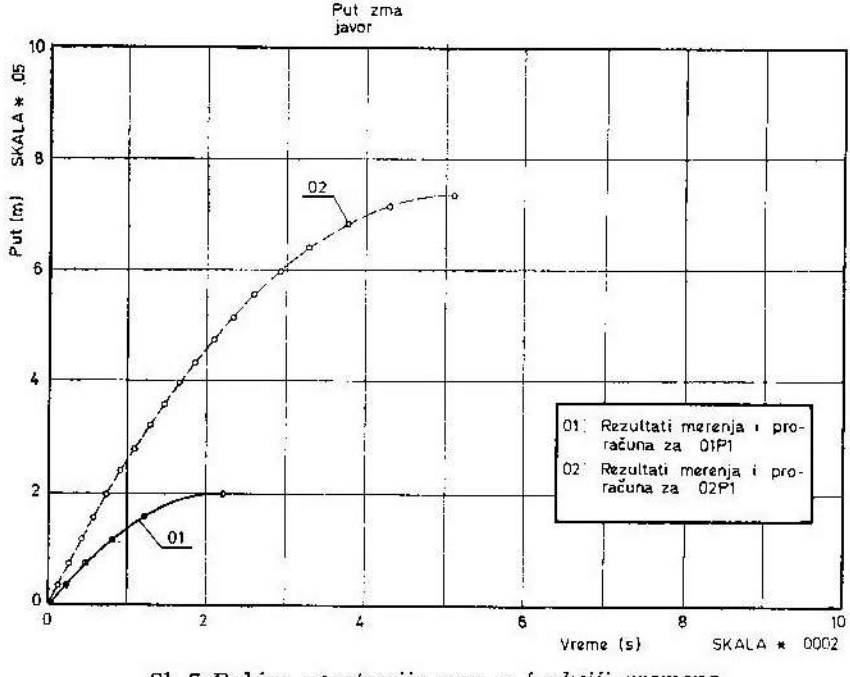
Iz jednačina (10) i (10') vidi se da su funkcije otpora slične, odnosno da su međusobno translatirane po ordinati. To omogućuje da se one mogu među-



Sl. 5 Funkcija otpora za 02P1



Sl. 6 Brzina zrna u funkciji puta



Sl. 7 Dubina penetracije zrna u funkciji vremena

sobno povezati preko odgovarajućih koeficijenata proporcionalnosti, tj.

$$P(M)|_{o1P1} = 1{,}0125\ P(M)|_{o2P1} \quad (11)$$

Zajednička funkcija otpora prikazana je na slici 5.

Izračunate dubine penetracije u funkciji vremena za obe kombinacije O1P1 praktično se poklapaju sa odgovarajućim parametrima koji su dobijeni merenjem, jer su rezultati u granicama $\pm 1\%$, odnosno koeficijenti korelacije su $\rho_{o1P1} = 0{,}998$ i $\rho_{o2P1} = 0{,}997$. Na slici 6 prikazani su rezultati merenja brzina zrna u funkciji puta za obična zrna oružja 01 i 02 i odgovarajući rezultati proračuna.

Na slici 7 prikazane su promene puta za zrna oružja 01 i 02 u funkciji vremena penetracije. Srednja dubina penetracije zrna za 01 je 10 cm, dok srednja dubina penetracije zrna za 02 iznosi 37 cm.

Zaključak

Rezultati merenja vremena penetracije običnih zrna za pištolj M57 7,62 mm i pušku M70 7,62 mm kroz neprekinutu drvnu masu javora i ponašanje zrna u toku kretanja, omogućili su da se zrno može smatrati materijalnom tačkom. Takođe, vrlo čvrsta korelativnost rezultata merenja i proračuna dopušta takav pristup.

Sila otpora drvne mase određena je dimenzionom analizom preko Bakingemove teoreme, a koeficijenti funkcije otpora određeni su Chapman-Kirkovom metodom. Rezultati proračuna parametara kretanja, preko tako određene funkcije otpora, nalaze se u granicama $\pm 1\%$ u odnosu na odgovarajuće izmerene parametre kretanja u svim mernim tačkama. Takav nivo tačnosti rezultata proračuna omogućuje primenu izračunatih funkcija otpora u praktične svrhe.

Literatura:

[1] Kršić N.: Konstruisanje projektila i upaljača I, TŠC KoV JNA, Zagreb, 1968.
[2] Stamatović A.: Osnovi konstrukcije projektila, VTI, Beograd, 1971.
[3] Arsenijević M., Valčić A., Brekić M.: Fizičko — mehanička ispitivanja materijala, Građevinska knjiga, Beograd, 1972.
[4] Janković S.: Spoljna balistika, VIZ Beograd, Beograd, 1977.
[5] Horvat I., Krpan J.: Drvno — industrijski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1987.
[6] Brezinšćak M.: Mjerenje i računanje u tehnici i znanosti, Tehnička knjiga Zagreb, Zagreb, 1966.
[7] Janković S., Ćuk D.: Mehanika leta projektila, predavanja na VVTŠ Zagreb i Mašinskom fakultetu u Beogradu u 1988./89. (rukopis u pripremi za štampu).
[8] Sedov L. I.: Similarity and Dimension Methods in Mechanics, Moskva, 1982.
[9] Champan G. T., Kirk B. D.: A Method for Extracting Aerodynamic Coefficients from Free Flight Data, AIAA, Journal, Vol. 8. No 4, April 1970. (753—758).

Srboljub Krštenić,
potpukovnik, dipl. inž.

Meteosenzor u sistemu za upravljanje vatrom tenka

Uvod

Pri analizi povećanja verovatnoće pogađanja oruđa upotrebom sistema za upravljanje vatrom često se, u nedostatku konkretnih podataka, koriste podaci o tačnosti merenja meteoroloških veličina koji ne odgovaraju postojećim realizovanim rešenjima meteoroloških senzora, tako da se ne dobijaju adekvatni podaci o efikasnosti sistema. Treba imati u vidu da meteorološki senzori koji se upotrebljavaju u sistemima za upravljanje vatrom imaju zasad nešto smanjenu tačnost merenja meteoroloških parametara u odnosu na klasične, jer su opterećeni sistematskim greškama merenja, koje su posledica vrlo kompleksnih zahteva koje moraju da ispune, kao što su: kompaktnost, robusnost i zaštita elemenata konstrukcije, mali gabariti i izlazne veličine prilagođene za vezu sa sistemima za upravljanje vatrom (balistički računar).

Da bi se skrenula pažnja na ovu problematiku, autor je obradio uticaj deklarisanih maksimalnih sistematskih grešaka merenja meteoroloških veličina (definisanih granicama maksimalnih dozvoljenih odstupanja) za jedan od realizovanih tipova meteosenzora, na verovatnoću pogađanja cilja oruđem i municijom koju poseduju tenkovi savremene konstrukcije.

Analiziran meteorološki senzor može se smatrati reprezentom rešenja, čiji je princip rada objašnjen u uvodnom delu članka. Takođe, eksperimentalnim podacima je pokazano da se slučajne greške merenja pri proveri tačnosti merenja meteoroloških veličina nalaze na nivou deklarisanih granica maksimalnih odstupanja.

U članku nisu obrađene karakteristike distribucije ovih slučajnih veličina, pa nisu ni analizirane verovatne greške koje mogu da nastanu pri merenju meteoroloških veličina ovim meteosenzorom, s obzirom na to da bi za to bilo potrebno proučiti veliki broj podataka, što bi prevazišlo domen analize ovog članka. No, može se reći, na osnovu do sada kontrolisanih meteo senzora, da se maksimalne greške dosta često javljaju, a to znači da sa njima realno treba računati. Na osnovu analize uticaja maksimalnih grešaka merenja meteoroloških elemenata na verovatnoću pogađanja dat je predlog maksimalnih granica odstupanja merenih meteoroloških veličina, pri kojima ne dolazi do značajnog smanjenja verovatnoće pogađanja realnog cilja.

Treba napomenuti da se trenutna svetska rešenja meteoroloških senzora za slične namene nalaze na nivou izloženom u ovom članku, a da su poboljšanja uvek moguća ukoliko se definiše pravac u kojem bi trebalo da se odvija usavršavanje.

Meteosenzor nalazi se u sklopu sistema za upravljanje vatrom (SUV) savremenih tenkova i ima ulogu da daje

podatke o komponentama vetra (najčešće bočne komponente), temperaturi i pritisku vazduha u slobodnoj atmosferi, da bi računar, uzimajući u obzir ove podatke, mogao stalno da računa elemente gađanja u trenutnim meteorološkim uslovima.

Sam meteosenzor je kompaktne konstrukcije sa nepokretnim delovima, što je neophodno s obzirom na uslove rada na tenku. Za njega se, takođe, može reći da je važan elemenat SUV-a, jer postoji znatan uticaj meteoelemenata na tačnost pogađanja na rastojanjima na kojima je predviđena upotreba savremenog tenka.

Kompaktna konstrukcija meteosenzora uslovila je i njegovo tehničko rešenje, koje predstavlja gotovo krajnji domen u ovoj oblasti. U svrhu upoznavanja sa principima merenja meteoroloških veličina, ovde će oni ukratko biti izneti, kako bi se stekao što kompletniji uvid u materiju koju članak razmatra.

Da bi izneti podaci i zaključci imali praktičan značaj, proračuni i analize zasnovani su na deklarisanim granicama tačnosti, koji su dati za meteosenzor označen u daljem tekstu kao tip »C« [1]. Karakteristike su, takođe, i eksperimentalno proverene, a u članku je u svrhu potvrde tačnosti merenja meteosenzorom dat grafički prikaz rezultata merenja za jedan ispitivani uzorak.

Opis konstrukcije i principi merenja meteosenzorom

Meteosenzor, označen u tekstu kao tip »C«, može da meri:

— brzinu bočnog vetra (vetar normalan na pravac gađanja);

— temperaturu vazduha;

— pritisak vazduha (atmosverski pritisak).

Sastoji se od:

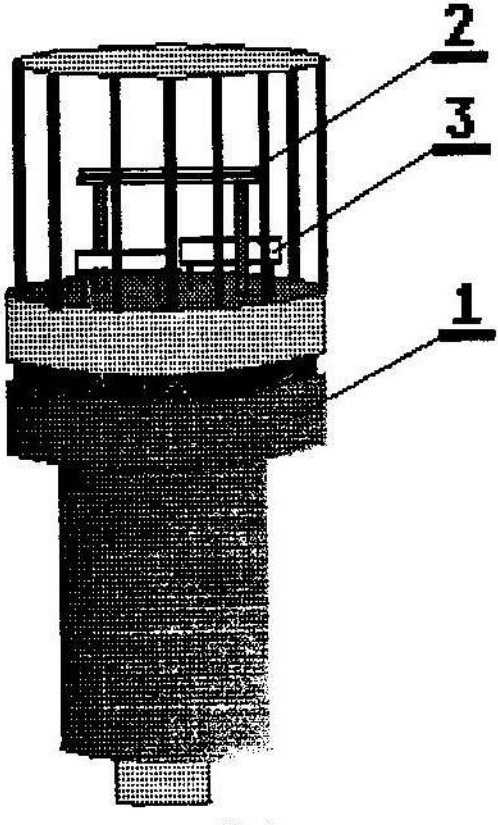
— kućišta u kojem su smešteni senzorski elementi i elektronika;

— senzora brzine vetra sa elektronikom za obradu, linearizaciju i filtriranje signala;

— senzora temperature i pritiska sa elektronikom za obradu signala;

— napajačke elektronike senzora vetra.

Spoljni izgled meteosenzora sa oznakama karakterističnih elemenata prikazan je na slici 1.



Sl. 1

1 — telo meteosenzora u kome je smešten senzor pritiska vazduha; 2 — senzor bočne brzine vetra; 3 — senzor temperature vazduha

Princip merenja bočnog vetra

Senzor brzine vetra radi na principu zagrejanog platinskog filma. Sastoji se od dve keramičke cevčice na kojima je nanet tanak sloj platine, a postavljene su paralelno jedna drugoj na vrlo malom rastojanju.

Princip merenja brzine vetra pomoću ovog senzora zasniva se na vezi između brzine strujanja vazduha i količine toplote koja se odvodi sa senzora. Na taj način uspostavlja se direktna korespondencija između brzine vetra i jačine struje u mernom mostu. Keramičke cevčice sa slojem platine (senzori vetra) predstavljaju temperaturno zavisne otpornosti, koje su vezane na red i nalaze se u mernom mostu, kako je to prikazano na slici 2. Most je u ravnoteži kada je brzina W = 0 m/s, dok napajanje senzora obezbeđuje uvek konstantan zbir otpornosti cevčica.

Usled strujanja vazduha pri pojavi vetra dolazi do različitog odvođenja toplote sa cevčica, usled čega se javlja promena njihove otpornosti s obzirom na to da se jedna hladi, a druga zagreva, zavisno od jačine i pravca vetra. Posledica je neravnoteža mernog mosta, a dobijeni signal se dalje obrađuje, da bi se dobila linearna zavisnost izlaznog napona od jačine vetra, kao i potreban izlazni nivo napona.

Princip merenja pritiska vazduha

Rad senzora pritiska zasnovan je na piezorezistivnom efektu, odnosno na promeni električne otpornosti pod dejstvom pritiska.

Senzor se sastoji od silicijumske membrane u kojoj su difundovana četiri otpornika koji obrazuju Vinstonov most. Silicijumska membrana zalepljena je sa jedne strane na šuplju cevčicu iz koje je izvučen vazduh, tako da je pritisak sa jedne strane membrane jednak nuli, dok je sa druge uvek atmosferski, koji merimo.

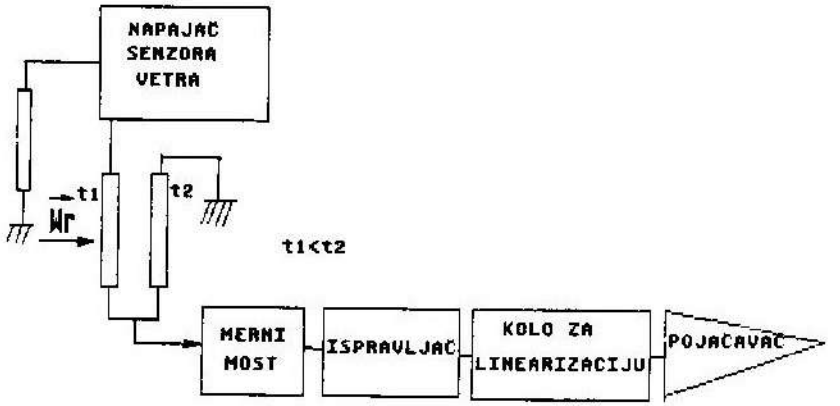
Izlazni signal posle diferencijalnog pojačavača, kako je prikazano na blok-šemi na slici 3, temperaturno se kompenzuje, a potom mu se drugim pojačivačem podešava nagib i izlazni nivo.

Princip merenja temperature vazduha

Sklop za merenje temperature sastoji se od senzora temperature, koji predstavlja rezistivni platinski termometar i odgovarajuće elektronike. Senzor je izrađen od platinskog filma, koji je nanet na keramičku podlogu, a zatim posebnim postupcima podešen na definisanu otpornost na 0°C.

Senzor je smešten u keremičku cevčicu i postavljen u kućište meteosenzora, neposredno uz senzor brzine vetra.

Princip merenja temperature je sledeći: platinski otpornik koji služi

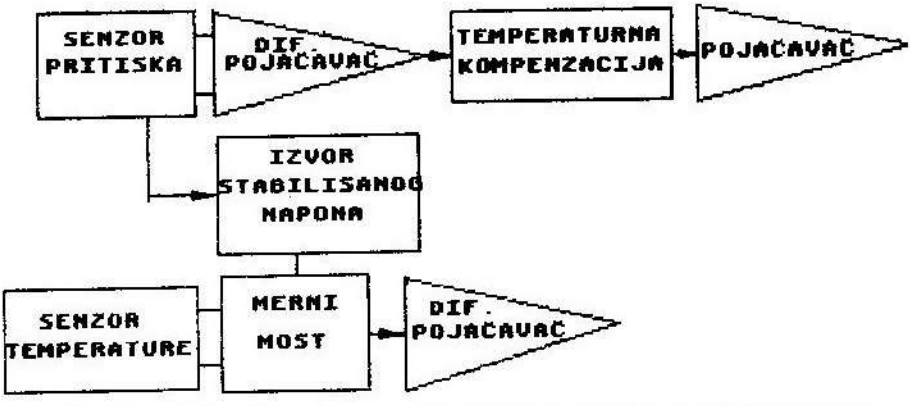


Sl. 2 Sematski prikaz elektronskog sklopa za obradu signala vetra iz senzora vetra

kao senzor temperature vezan je u merni most, koji je uravnotežen na temperaturi 20°C. Na drugim temperaturama merni most se razdešava, pa se dobijeni izlazni signal pojačava do traženog nivoa, kako je to na slici 3 zajednički prikazano za kanal pritiska i temperature.

Sada kad su obrađeni osnovni principi merenja meteoroloških parametara, ovim meteosenzorom može se preći na osnovnu materiju članka, koja se sastoji u sagledavanju, kvalitativnoj i kvantitativnoj analizi uticaja grešaka merenja meteoroloških veličina sa ovom vrstom meteosenzora. Greške merenja meteoroloških veličina deklarisane u [1] imaju sistematski karakter, a date su u obliku granica dozvoljenih odstupanja od stvarne vrednosti koja se meri etalon-uređajem.

Za dalju analizu potrebno je definisati zakon promene maksimalnih grešaka, odnosno granica odstupanja merenih meteoroloških parametara.



Sl. 3 Sematski prikaz elektronskog sklopa za obradu signala iz senzora za temperaturu i pritisak vazduha

Izrazi za maksimalne greške merenih meteoroloških parametara meteosenzorom tipa »C«

Izrazi za maksimalne greške formirani su na osnovu podataka datih u odgovarajućim katalozima za meteosenzor tipa »C« [1]. U tekstu se ne analiziraju slučajne greške dobijene pri merenju, kao ni njihova distribucija, tako da su dobijeni rezultati odstupanja, koja nastaju zbog grešaka merenja meteoelemenata praktično maksimalne vrednosti (izuzimajući senzore koji su van deklarisanih granica).

Meteosenzor, označen kao tip »C«, predstavlja reprezent prethodno iznetih konstrukcija, jer najkompleksnije meri sve meteorološke veličine, dok ostali tipovi koji, takođe, imaju iste greške ne mere sve meteorološke parametre.

Maksimalne greške merenja bočne komponente vetra

Merni opseg: Wb = 0,5 do 25 [m/s]

Greške:

pri Wr < 5 [m/s] d1 = ± 1,25 [m/s]

d2 = ± 0,5 [m/s] (za β = 0 d2 = 0)

d3 = ± 0,0015*ABS [Wb*(tv—15)] [m/s]

Ukupna greška merenja bočnog vetra je:

$$\Sigma d = \pm\{1{,}25 + d2 + 0{,}0015*Wr*ABS\ [(tv—15)*\cos\beta]\} \quad (1)$$

pri Wr>=5[m/s] d1=±1,25[m/s]
d2=±0,1*Wr [m/s] (za β=0 d2=0)
d3=±0,0015* ABS [Wb* (tv—15)] [m/s]

Ukupna greška merenja bočnog vetra je:

$$\Sigma d = \pm (1{,}25 + \{d2 + 0{,}0015 * Wr * ABS [(tv - 15) * \cos\beta]\}) \quad (2)$$

Maksimalne greške merenja temperature vazduha

Merni opseg: tv=—30 do 55 [°C]

Greške

pri Wr<1[m/s] dtv=±5[°C]

pri Wr>=1[m/s] dtv=±2[°C]

Maksimalna greška merenja pritiska vazduha

Merni opseg: Pv=800 do 1050 [mbar]

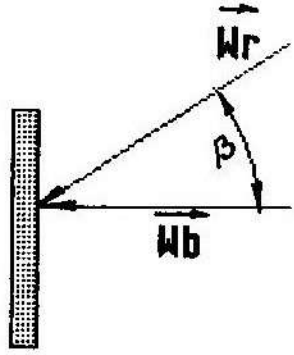
Greške: dpv=10[mbar]

gde je:

- d1 — greška linearnosti senzorskog elementa;
- d2 — greška zbog interferentnih smetnji struji vazduha, koja je posledica konstrukcije i smeštaja samog senzorskog elementa, (za β=0 d2=0);
- d3 — greška koja nastaje zbog odsustva potpune temperaturne kompenzacije senzorskog elementa vetra;
- Σd — sumarna greška pri merenju bočnog vetra;
- Wr — intenzitet brzina strujanja vazduha oko senzora;
- Wb — intenzitet bočne komponente brzine vetra (deluje normalno na senzorski elemenat);
- β — napadni ugao vetra meren od normale na senzorski elemenat vetra;
- tv — temperatura vazduha [°C].

Predstavljanje dozvoljenih granica odstupanja

Maksimalne granice dozvoljenih odstupanja, merenih meteoroloških parametara od stvarne vrednosti, predstavljaju zbir stvarne vrednosti meteorološkog parametra i dozvoljenih maksimalnih grešaka merenja.



Sl. 4 Šematski prikaz dejstva vetra na meteosenzor

Zbog kompleksnosti izraza najcelishodnije je grafički prikazati dozvoljene granice odstupanja. Kako će ovi dijagrami biti korišćeni i za prikaz rezultata merenja, neophodno ih je ukratko objasniti. Posmatrajući šematski prikaz delovanja vetra na senzorski elemenat, dat na slici 4, mogu se napisati jednačine za donju i gornju granicu maksimalno dozvoljenih odstupanja u funkciji maksimalnih dozvoljenih grešaka merenja intenziteta vetra i njegovog napadnog ugla β:

$$Gg = Wb + \Sigma d = Wr * \cos\beta + \Sigma d$$

$$Gd = Wb - \Sigma d = Wr * \cos\beta - \Sigma d$$

Na osnovu deklarisanih maksimalnih grešaka za meteosenzor tipa »C« prethodni izrazi dobijaju oblik:

za $Wr<5$ [m/s]

$$Gg=Wr*\cos\beta+\{1{,}25+d2+ +0{,}0015*Wr*ABS[(tv-15)*\cos\beta]\} \quad (3)$$

$$Gd=Wr*\cos\beta-\{1{,}25+d2+ +0{,}0015*Wr*ABS[(tv-15)*\cos\beta]\} \quad (4)$$

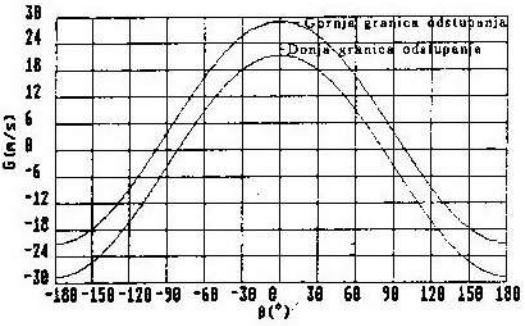
za $Wr>=5$ [m/s]

$$Gg=Wr*\cos\beta+\{1{,}25+d2+ +Wr*0{,}0015*ABS[(tv-15)*\cos\beta]\} \quad (5)$$

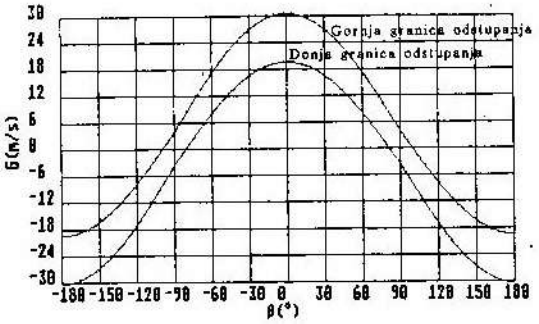
$$Gd=Wr*\cos\beta-\{1{,}25+d2+ +Wr*0{,}0015*ABS[(tv-15)*\cos\beta]\} \quad (6)$$

Grafici su prikazani na slici 5 za temperaturu vazduha $tv=15{,}9°C$ i na slici 6 za temperaturu vazduha $tv=30°C$ za maksimalnu vrednost brzine vetra u mernom opsegu senzora. Ova brzina je izabrana, jer se za nju dobijaju maksimalne dozvoljene granice odstupanja. Ispitivanja karakteristika izvode se i za druge vrednosti intenziteta vetra, pri čemu se za svaku vrednost brzine crtaju posebni dijagrami dozvoljenih granica maksimalnih odstupanja.

Analizirajući grafike na slici 5 i 6 vidi se da su granice odstupanja merenih vrednosti bočnog vetra u znatnoj meri temperaturno zavisne, što je dosta nepovoljno, s obzirom na to da se pojavljuju velike dozvoljene greške na ekstremnim radnim temperaturama. Za ilustraciju toga, može se navesti da maksimalna greška u merenju intenziteta bočnog vetra može da bude i >5 m/s pri niskim radnim temperaturama.



Sl. 5 Gornja i donja granica dozvoljenih maksimalnih odstupanja merenih vrednosti bočnog vetra meteosenzorom u funkciji napadnog ugla vetra
Wr=25 m/s; tv=15,9°C



Sl. 6 Gornja i donja granica dozvoljenih maksimalnih odstupanja merenih vrednosti bočnog vetra meteosenzorom u funkciji napadnog ugla kod Wr= 25 m/s; tv =—30°C

Eksperimentalni rezultati merenja

Dati dijagrami dozvoljenih granica maksimalnih odstupanja služe za predstavljanje eksperimentalnih podataka pri proveri rezultata merenja meteosenzora. U narednom tekstu prikazuju se rezultati provere sva tri meteorološka parametra: bočnog vetra, pritiska i temperature vazduha za jedan uzorak meteosenzora tipa »C«, na kojem su detaljno proverene ove karakteristike. Cilj prikaza eksperimentalnih podataka jeste da se pokaže da se slučajna odstupanja merenih meteoroloških parametara nalaze na nivou dozvoljenih maksimalnih graničnih odstupanja, odnosno da se nivo definisanih maksimalnih grešaka može koristiti za dalju analizu.

Provera tačnosti merenja vetra

Tačnost merenja bočnog vetra ispituje se u aerodinamičkom tunelu pri normalnoj (ili bilo kojoj) temperaturi,

uz variranje intenziteta i napadnog ugla vetra, i to u dva dela:

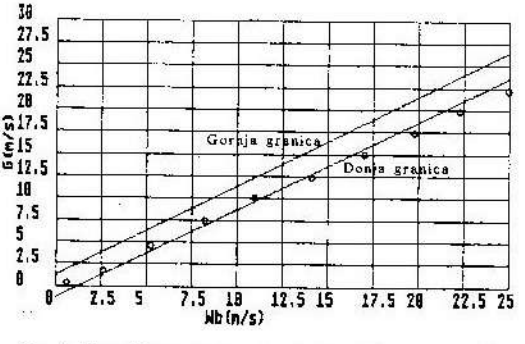
— ISPITIVANJE GREŠAKA MERENJA BOČNOG VETRA PRI DEJSTVU VETRA NORMALNO NA SENZORSKI ELEMENAT,

— ISPITIVANJE GREŠAKA MERENJA BOČNOG VETRA PRI DEJSTVU VETRA POD RAZLIČITIM NAPADNIM UGLOVIMA ($-180° \leq \beta \leq 180°$)

U prvom delu ispitivanja vetar se usmerava iz aerodinamičkog tunela normalno na senzorski elemenat. Intenzitet vetra varira u granicama mernog opsega za vetar (Wr=0.5 do 25 m/s). Kada se strujanje stabiliše, uporede se vrednosti izmerene meteosenzorom i etalon-uređajem i odrede slučajne greške merenja.

Treba napomenuti da su u ovom slučaju granice dozvoljenih maksimalnih grešaka ($\pm$d1), ako se ispitivanje vrši na temperaturi 15°C, odnosno greške merenja su posledica samo nelinearnosti samog senzorskog elementa za bočni vetar. Ako se ispitivanje vrši na nekoj drugoj temperaturi vazduha, dozvoljene maksimalne greške iznose $\pm$(d1+d3), odnosno dodaju se greške zbog odsustva potpune temperaturne kompenzacije senzorskog elementa.

Rezultati jedne provere prikazani su na slici 7 za jedan uzorak senzora

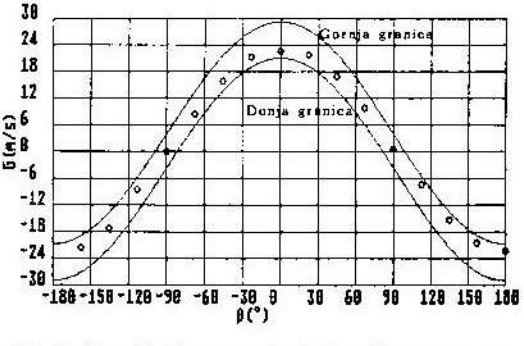


Sl. 7 Rezultati merenja bočne komponente vetra ako je ugao β=0°; tv=21°C; pv=996,5 mbar

tipa »C«, gde se može primetiti da se neke slučajne merene vrednosti nalaze i izvan maksimalnih granica dozvoljenih odstupanja, što se, s obzirom na dozvoljene greške, ne bi smelo tolerisati.

U drugom delu ispitivanja senzor se učvršćuje na obrtno postolje koje omogućava postavljanje senzorskog elementa pod tačno definisanim uglom u odnosu na pravac vetra, koji se meri od normale na senzorski elemenat. Uglovi se menjaju u tačnim koracima u rasponu od —180 do + 180°, pri čemu se održava konstantna vrednost intenziteta vetra u aerodinamičkom tunelu.

Kada se izvrši provera za ceo opseg uglova, prelazi se na novu vrednost intenziteta vetra, pa se postupak merenja ponavlja. Za svaku vrednost ugla (β) očitavaju se veličine izmerene bočne komponente vetra meteosenzorom, dok se tačna vrednost bočne komponente dobija izračunavanjem preko etalon-merenja brzine vetra u aerodinamičnom tunelu i napadnog ugla vetra (β). Merene vrednosti bočne komponente vetra meteosenzorom u funkciji napadnog ugla rezultujućeg vetra nanose se na dijagram dozvoljenih maksimalnih granica odstupanja.



Sl. 8 Rezultati merenja bočne komponente vetra pri variranju ugla β
Wr=25 m/s; tv=25°C; pv=998,5 mbar

Na slici 8 sa ucrtanim dozvoljenim maksimalnim granicama odstupanja za jedan intenzitet vetra prikazani su rezultati merenja meteoroloških parame-

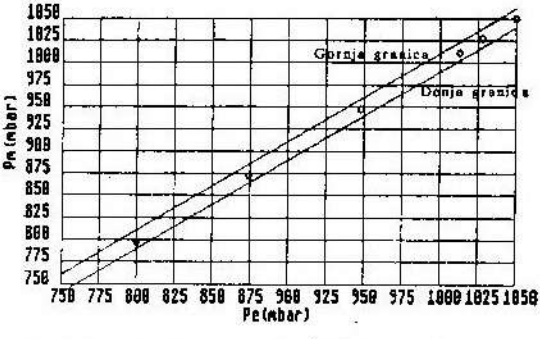
tara na jednom uzorku meteosenzora tipa »C«.

U opštem slučaju, rezultati merenja moraju da se nalaze u dozvoljenim maksimalnim granicama za bilo koji intenzitet vetra u opsegu od 0,5 do 25 m/s.

Provera tačnosti merenja pritiska vazduha

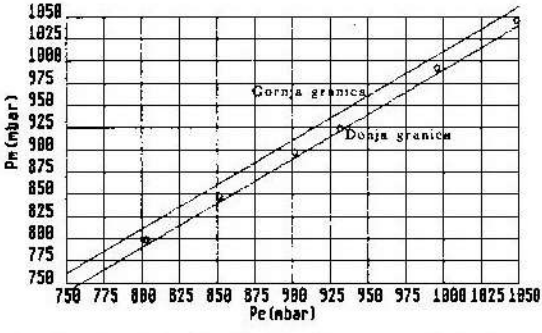
Provera tačnosti merenja pritiska meteosenzorom vrši se na taj način što se pri variranju pritisaka u rasponu od 800 do 1050 mbar upoređuju merene vrednosti dobijene pomoću etalona i meteosenzora. Ova ispitivanja izvode se, kako na normalnim, tako i na ekstremnim radnim temperaturama. *Provera tačnosti merenja pritiska vazduha na normalnoj temperaturi* prikazana je na slici. 9.

Dijagramski prikaz zavisnosti merenog pritiska meteosenzorom od stvarnog (etalon) pritiska za jedan uzorak dat je na slici 9, gde su ucrtane maksimalne dozvoljene granice odstupanja za senzor tipa »C«. S obzirom na to da se merene vrednosti pritiska vazduha nalaze u dozvoljenim granicama, potvrđuje se da nivo tačnosti merenja odgovara deklarisanim vrednostima, te se sa njima može ići u dalju analizu.

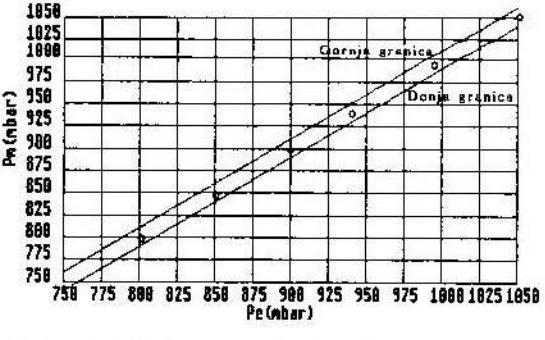


Sl. 9 Rezultati merenja pritiska meteosenzorom na normalnoj temperaturi tv=25°C

Provera tačnosti merenja pritiska na ekstremnim radnim temperaturama je, takođe, izvršena. Izvršenom proverom tačnosti merenja pritiska meteosenzorom na ekstremnim radnim temperaturama —30°C i +55°C, čiji su rezultati dati na slici 10 i 11, potvrđuje se da je tačnost merenja pritiska u deklarisanim granicama, te se sa njima može ići u dalju analizu.



Sl. 10 Rezultati merenja pritiska meteosenzorom na sniženoj temperaturi tv=—30°C

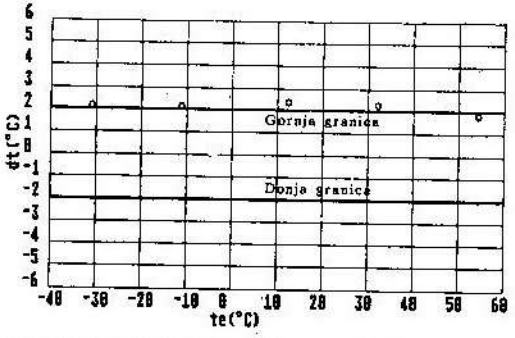


Sl. 11 Rezultati merenja pritiska meteosenzorom na povišenoj temperaturi; tv=+55°C

Provera tačnosti merenja temperature vazduha

Radi provere tačnosti merenja temperature meteosenzorom, na slici 12 prikazani su rezultati jedne provere na normalnoj i ekstremnim radnim temperaturama —30°C i +55°C. Kako se iz datih rezultata vidi, tačnost merenja temperature ovim meteosenzorom je na samoj granici maksimalnih dozvoljenih odstupanja (pa i iznad nje), te se može

zaključiti da se temperatura vazduha ne može meriti sa većom tačnošću od deklarisane.



Sl. 12 Rezultati tačnosti merenja temperature meteosenzorom Wr=3 m/s; pv=1000 mbar

Rezime analize

Dosadašnja analiza imala je za cilj, kako se moglo videti, da objasni princip rada ovog meteosenzora, da predstavi analitički maksimalne dozvoljene granice odstupanja i eksperimentalnim vrednostima potvrdi da se slučajne merene vrednosti nalaze u ovim granicama, kako bi se stekao uvid u tačnost ovih senzora.

Kao što se vidi, meteosenzor tipa »C« ne daje veću tačnost merenih podataka od deklarisanih, već se može reći da postoje i primerci sa većim greškama od deklarisanih. Utvrđivanje ovih činjenica urađeno je zato da se stvori osnova za dalju analizu, koja treba da se zasniva na eksperimentalno potvrđenim deklarisanim podacima. Osim toga, kod senzora tipa »C« treba primetiti, na osnovu deklarisanih maksimalnih grešaka merenja, da nije moguće uspostaviti korespondenciju između veličine bočne komponente vetra i greške koja se pri njenom merenju čini. Zavisnost na osnovu deklarisanih podataka može se uspostaviti samo između intenziteta rezultujućeg vetra i greške merenja bočne komponente vetra, tako da se ova veza ne može direktno koristiti za procenu mogućeg odstupanja pogodaka do kojih dolazi zbog ove greške.

U opštem slučaju, greške merenja intenziteta bočne komponente vetra kreću se od 2,25 do 5,4 m/s, dok se pri merenju intenziteta vetra od 7 do 15 [m/s] u normalnim (referentnim) meteorološkim uslovima najčešće javljaju greške od 2,3 do 3 (m/s).

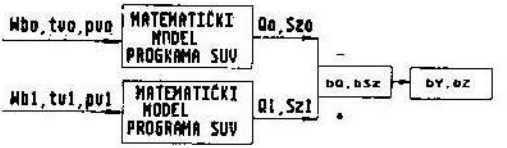
Analiza uticaja grešaka merenja meteosenzora na verovatnoću pogađanja cilja

Da bi se izvršila ova analiza, izračunavaju se odstupanja po visini (δY) i pravcu (δZ) koja se dobijaju na cilju za različite vrste municije, a nastaju zbog grešaka merenja meteoroloških parametara meteosenzorom.

Matematički model balističkog rešenja ovde se zbog obimnosti neće obrađivati, već će biti korišćeno jedno konkretno rešenje balističkog modela na osnovu principijelnog rešenja za opšte balistički model, koji je dat u literaturi [3]. Pri analizi se usvaja rastojanje na kojem se cilj nalazi X=2000 m, a veličina cilja H*L=2,3*4,6 m.

Izračunavanje odstupanja po visini i pravcu zbog grešaka merenja meteosenzora

Verovatnoća pogađanja cilja dimenzija H*L zavisi od preciznosti same municije i tačnosti elemenata za gađanje koji određuju praktično tačnost pogađanja. S obzirom na to da se u ovoj analizi posmatra uticaj grešaka merenja meteoroloških elemenata na greške koje zbog njih nastaju pri proračunu elemenata za gađanje, potrebno je uspostaviti zavisnost između odstupanja me-



Sl. 13 Blok-šema proračuna odstupanja srednjih pogodaka po visini i pravcu

renih od stvarnih vrednosti meteoelemenata i odstupanja pogodaka na cilju. Ovu problematiku rešavamo simulacijom rada samog računara u sistemu za upravljanje vatrom, korišćenjem matematičkog modela programa upotrebljivog za savremene tenkove [3].

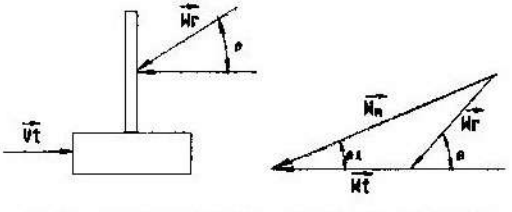
Na slici 13 prikazana je blok-šema toka proračuna.

Tok proračuna je sledeći:

— prvi proračun se vrši sa tačnim vrednostima ulaza meteopodataka, pri čemu se dobijaju tačni elementi za gađanje; elevaciju i azimut (Θyo i Szo);

— drugi proračun se vrši sa unetim greškama merenja meteopodataka, pri čemu se dobijaju trenutni elementi za gađanje; elavacija i azimut (Θy1 i Sz1).

Razliku između drugih i prvih vrednosti predstavljaju uglovna odstupanja pogodaka na meti (preračunavaju se u linearna — po visini i pravcu δY i δZ) koja su dobijena zbog grešaka merenja meteosenzora. Kako postoje definisane maksimalne granice dozvoljenih odstupanja merenih meteoroloških veličina u funkciji intenziteta vetra, napadnog ugla vetra i temperature vazduha u toku gađanja, to se ubacivanjem ovih funkcija u ulaze programa dobijaju odstupanja na meti u funkciji nabrojanih parametara.



Sl. 14 Šema delovanja vetra na senzorski elemenat kada je tenk u pokretu

Formule za proračun postavljaju se prema slici 14, imajući u vidu da se razmatra *opšti slučaj dejstva vetra na senzor kada se tenk kreće.*

Vektor $\vec{Wt}$ predstavlja vektor strujanja vazduha oko senzorskog elementa kao posledica kretanja tenka i jednak je:

$$\vec{Wt} = -\vec{Vt}$$

Kako se tenk kreće brzinom (Vt), a vetar duva brzinom (Wr), rezultujuće strujanje vazduha u odnosu na senzorski elemenat dato je vektorom ($\vec{W}_R$). Zbog toga se kao osnov za proračun grešaka merenja meteosenzora umesto vektora ($\vec{Wr}$) koristi rezultujući vektor strujanja vazduha ($\vec{W}_R$).

Pošto označimo sa:

β — napadni ugao vetra u odnosu na normalu senzorskog elementa;

β_1 — napadni ugao rezultujućeg strujanja vazduha u odnosu na normalu senzorskog elementa,

možemo prema slici 14. napisati sledeću vektorsku jednačinu:

$$\vec{W}_R = \vec{Wr} + \vec{Wt} \qquad (7)$$

iz koje sledi:

$$W_R = \sqrt{(Vt + Wr^*\cos\beta)^2 + (Wr^*\sin\beta)^2} \qquad (8)$$

$$\beta_1 = \mathrm{Arctg}\left(\frac{Wr^*\sin\beta}{Vt + Wr^*\cos\beta}\right) \qquad (9)$$

Wbo — tačna vrednost intenziteta bočnog vetra je:
$Wbo = Vt + Wr^*\cos\beta$

Wb1 — bočna komponenta koja uzima u obzir gornju granicu maksimalnih dozvoljenih odstupanja:
$Wb1 = Wbo + Gg(\beta_1)$

$Gg(\beta_1)$ — gornja granica maksimalnih dozvoljenih odstupanja za meteosenzor tipa »C« data je formulom (3). Na taj način va-

rirajući ugao (β) može se dobiti za zadane vrednosti intenziteta vetra, temperature i pritiska odstupanja na meti za meteosenzor tipa »C«.

Proračun koeficijenta smanjenja verovatnoće pogađanja cilja zbog grešaka merenja meteosenzora

Sa proračunom odstupanja srednjih pogodaka na meti dobijena je mera uticaja grešaka merenja meteosenzora.

Međutim, kvantitativnu ocenu za pojedine vrste municije nije moguće dati bez analize uticaja ovih grešaka na verovatnoću pogađanja. S obzirom na to da je jedna od mera kvaliteta municije njena preciznost, koja je definisana verovatnim skretanjem municije, može se analizirati njena upotrebljivost sa stanovišta navedenih grešaka.

U ovom delu analiziraće se verovatnoća pogađanja cilja H*L=2,3*4,6 m sa trenutno fugasnom (TF), kumulativnom (KUM) i potkalibarnom (PK) municijom, kako na normalnoj tako i na ekstremnim radnim temperaturama sa korakom napadnog ugla vetra od 5°. Proračuni su izvršeni na računaru, sa programom koji je za ovu svrhu sačinjen, a koji, takođe, vrši i izračunavanje odstupanja pogodaka po visini i pravcu. Verovatnoće pogađanja po visini i pravcu dobijaju se za svaku vrednost izračunatih odstupanja (δY i δZ) prema izrazima (10), (11) koristeći Laplasove korigovane funkcije [2], dok se rezultujuća verovatnoća pogađanja cilja *dimenzija H*L* dobija na osnovu izraza (12).

$$P_H = 1/2 * \{\hat{\Phi}[(H/2 - \delta y)/Vv] - \hat{\Phi}[(-H/2 - \delta y)/Vv]\} \quad (10)$$

$$P_L = 1/2 * (\hat{\Phi}[(L/2 - \delta z)/Vp] - \hat{\Phi}[(-L/2 - \delta z)/Vp]) \quad (11)$$

$$P = P_H * P_L \quad (12)$$

Φ — Laplasova funkcija [2]

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\Pi}} \int_0^x e^{t^2} dt$$

$\hat{\Phi}$ — Laplasova korigovana funkcija [2]

$$\hat{\Phi}(x) - \Phi(px) = \frac{2*p}{\sqrt{\Pi}} \int_0^x e^{-p^2 t^2} dt$$

p=0,477

Vv, Vp — verovatna skretanja municije

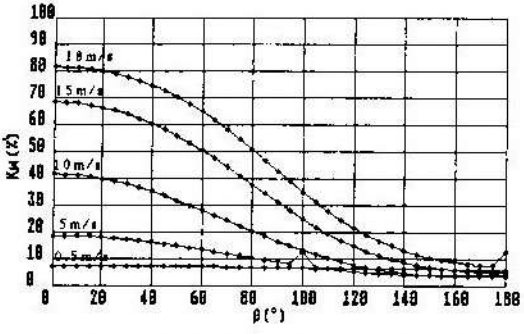
U ovoj analizi neće se raditi sa apsolutnim vrednostima verovatnoće pogađanja, već sa relativnim odnosom, koji nazivamo koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja, a koji se, izražen u procentima, računa prema izrazu:

$$Kw = [(P - P0)/P0] * 100\ [\%] \quad (13)$$

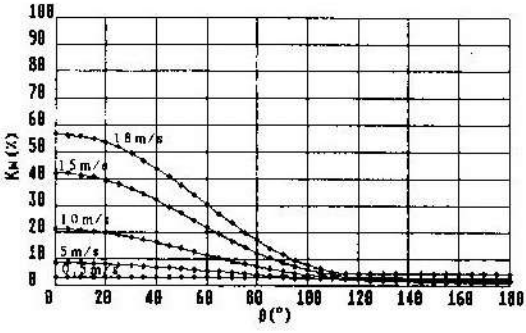
Koeficijenat (Kw) je posledica odstupanja srednjeg pogotka (tačnosti pogađanja) koji je nastao zbog odstupanja merenih vrednosti meteoelemenata meteosenzorom, od tačnih vrednosti.

Ovaj koeficijenat daje nam relativnu vrednost smanjenja verovatnoće pogađanja u odnosu na nominalnu (tabličnu) verovatnoću pogađanja municije (P0) sa tabličnim verovatnim skretanjem za traženu daljinu do cilja i srednjim pogotkom u centru cilja.

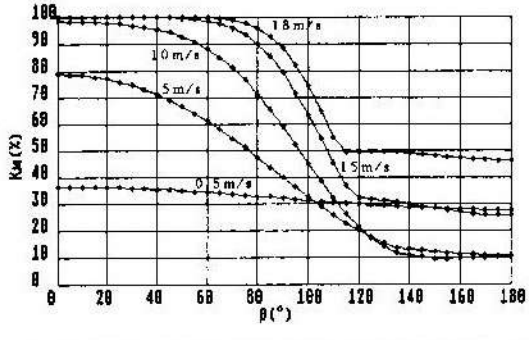
Predstavićemo koeficijenat (Kw) za meteosenzor tipa »C« u funkciji napadnog ugla vetra (β), na slikama 15 do 19. Posmatran je uticaj promene intenziteta vetra od 0,5 do 18 m/s, jer se zbog kretanja tenka, brzinom od 25 km/h (≈7 m/s), ostvaruje intenzitet rezultujućeg strujanja vazduha ≈25 m/s, što predstavlja gornju granicu do koje je deklarisana tačnost merenja meteosenzorom. Na slici 20 dat je dijagramski prikaz koeficijenta Kw u slučaju da je tenk nepokretan. Dijagram ima skoro simetričan karakter, a intenzitet vetra koji se u tom slučaju meri kreće se do 25 m/s. Maksimalno odstupanje pogodaka po pravcu je 4 do 5 m, zavisno od vrste municije za ekstremne vrednosti radne temperature.



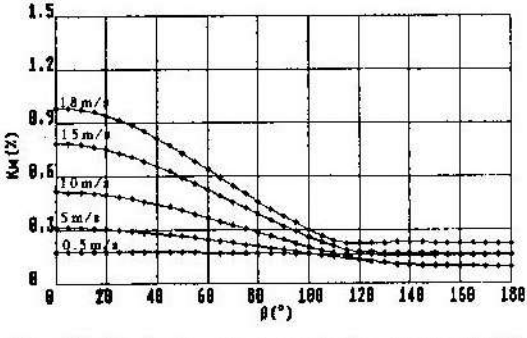
Sl. 15 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za kumulativnu municiju; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 km/h; tv=15,9°C; X=2000 m



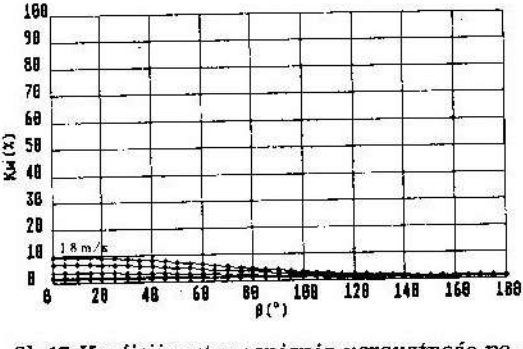
Sl. 18 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za trenutno-fugasnu municiju; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 km/h; tv=—30°C; X=2000 m



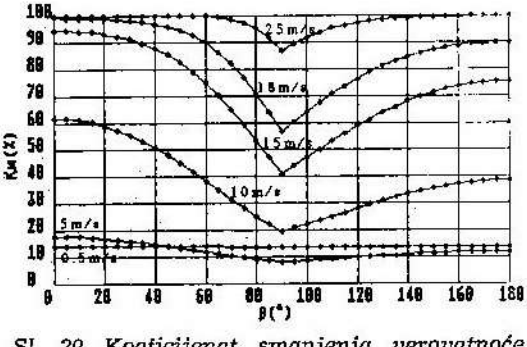
Sl. 16 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za kumulativnu municiju; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt= 25 km/h; tv —30°C; X=2000 m



Sl. 19 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za potkalibarnu municiju; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 km/h; tv=—30°C; X=2000 m



Sl. 17 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za trenutno-fugasnu municiju; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 km/h; tv=15,9°C; X=2000 m



Sl. 20 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za kumulativnu municiju, kada se tenk kreće; Vt=0 km/h; Wr=0,5 do 25 m/s; tv=—30°C; X=2000 m

Zaključak prethodne analize

Analizom koeficijenta Kw zaključuje se da senzor tipa »C« ima dosta velike greške merenja meteoparametara (naročito bočnog vetra).

Uticaj grešaka merenja meteosenzora (bočnog vetra) na TF municiju je manji, ali je ipak znatan, te je zbog toga tačnost merenja meteosenzorom nedovoljna, naročito na nižim radnim temperaturama.

Kao ilustracija prethodnih konstatacija može se navesti da greška u merenju bočne komponente vetra na ekstremnim radnim temperaturama iznosi od ± 3 do $\pm 5{,}4$ m/s, što izaziva grešku pogotka po pravcu od 4 do 5 m, zavisno od vrste municije.

Greške pri merenju temperature od $\pm 2°C$ i pritiska vazduha od 10 mbara izazivaju grešku pogotka po visini od 0,15 do 0,4 m, zavisno od vrste municije.

Treba napomenuti da je uticaj grešaka merenja meteoelemenata na PK municiju sa praktične strane zanemarljiv, kao što se može videti na slici 19.

Iz svega toga proističe da je potrebno preduzeti mere za povećanje tačnosti merenja meteoroloških parametara meteosenzorom, a naročito bočnog vetra.

Predlog novih granica tačnosti (max. greške) za meteosenzor, koje bi zadovoljile u balističkom pogledu

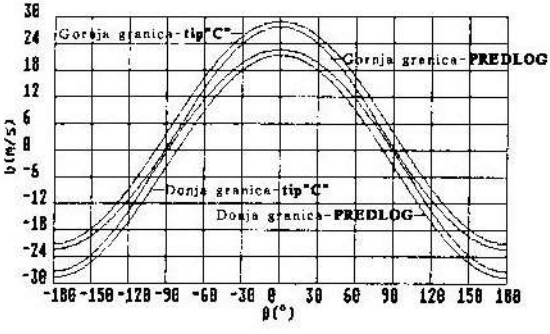
S obzirom na prethodnu analizu, može se zaključiti da greške merenja meteoroloških parametara meteosenzorom imaju znatan uticaj na verovatnoću pogađanja.

Optimalnu tačnost merenja meteoroloških parametara meteosenzorom treba odrediti iz dva oprečna uslova. Sa jedne strane, traži se što veća tačnost merenja da bi se omogućila upotreba svih vrsta municije (koju oruđe poseduje) do maksimalnih granica upotrebljivosti, dok je sa druge strane tačnost merenja limitirana konstruktivnim rešenjima i taktičko-tehnološkim mogućnostima izrade.

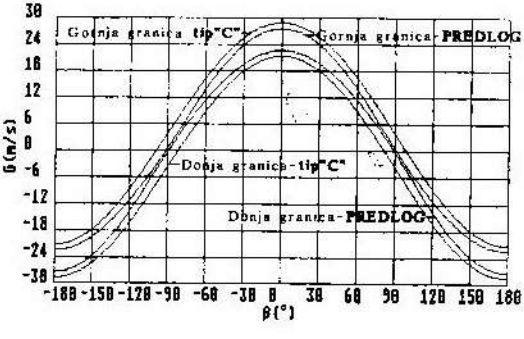
Analizirajući uticaj grešaka merenja na verovatnoće pogađanja i tehnološke mogućnosti realizacije, predložene su nove maksimalne dozvoljene greške merenja meteoroloških parametara, kako bi se dobio prihvatljiv nivo uticaja na smanjenje tablične verovatnoće pogađanja.

Podaci za meteosenzor	— *PREDLOG MAKSIMALNIH DOZVOLJENIH GREŠAKA ODSTUPANJA MERENJA METEOROLOŠKIH PARAMETARA*
Za bočnu komponentu vetra	
Merni opseg:	Wb = 0,5 do 25 [m/s]
Greške:	
pri Wb < 10 [m/s]	$\Sigma d = \pm 1{,}25$ [m/s]
pri Wb >= 10 [m/s]	$\Sigma d = \pm 1{,}5$ [m/s]
Za temperaturu vazduha	
Merni opseg:	tv = —30 do 55 [°C]
Greške:	
pri Wr < 1 [m/s]	$dtv = \pm 5$ [°C]
pri Wr >= 1 [m/s]	$dtv = \pm 1$ [°C]
za pritisak vazduha	
Merni opseg:	Pv = 800 do 1050 [mbar]
Greške:	dpv = 10,5 [mbar]

Na osnovu ovih zahteva grafički su predstavljene dozvoljene granice merenja za bočni vetar pri radnim temperaturama tv=15,9°C i —30°C na slikama 21 i 22. Radi upoređenja prikazane su i granice tačnosti merenja bočne komponente vetra za meteosenzor tipa »C«.

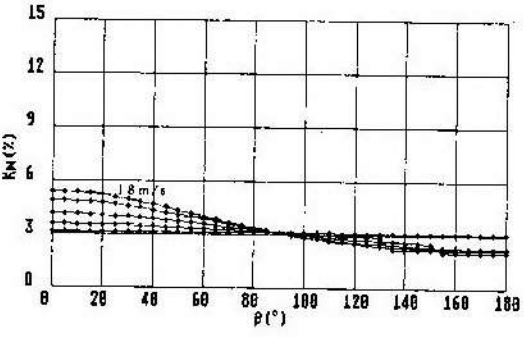


Sl. 21 Predložene maksimalne granice dozvoljenih odstupanja pri merenju intenziteta bočnog vetra u odnosu na granice date za meteosenzor tipa »C«; Wr=25 m/s; tv=15,9°C

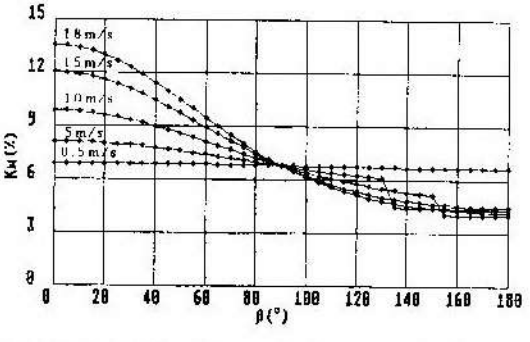


Sl. 22 Predložene maksimalne granice dozvoljenih odstupanja kod merenja intenziteta bočnog vetra u odnosu na granice, date za meteosenzor tipa »C«; Wr=25 m/s; tv=—30°C

Koristeći predložene granice izvršen je proračun koeficijenta Kw i nacrtani dijagrami za KUM municiju na slikama 23 i 24. Ova municija je izabrana zbog toga što su kod nje uticaji grešaka merenja najveći.



Sl. 23 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za kumulativnu municiju prema predlogu novih granica; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 km/h; tv=15,9°C; X=2000 m



Sl. 24 Koeficijenat smanjenja verovatnoće pogađanja u funkciji intenziteta i napadnog ugla vetra za kumulativnu municiju prema predlogu novih granica; Wr=0,5 do 18 m/s; Vt=25 m/s; tv=—30°C; X=2000 m

Zaključak

Na osnovu analize i eksperimentalnih podataka doneti su i određeni zaključci:

— realizovani meteosenzori uglavnom zadovoljavaju deklarisane zahteve za tačnost merenja meteoroloških parametara;

— realizovani meteosenzor (tip »C«), zbog velikih dozvoljenih grešaka merenja, pri pojavi maksimalnih grešaka

merenja, neće omogućiti zadovoljenje zahteva u pogledu tačnosti pogađanja (verovatnoće pogađanja) za sve vrste municije u celom upotrebnom dijapazonu kod savremenih tenkova. Zbog toga je potrebno povećati tačnost merenja meteoroloških parametara, iako je realno očekivati da se maksimalne greške ređe pojavljuju;

— poželjno je da dozvoljene granice maksimalnog odstupanja merene od stvarnih vrednosti za intenzitet bočnog vetra budu definisane u odnosu na veličinu koja se meri (intenzitet bočnog vetra), kako je to u predlogu dato;

— *predložene maksimalne granice odstupanja* merenih meteoroloških parametara od stvarnih vrednosti određene su tako da greške merenja meteoroloških parametara imaju, sa jedne strane, što manji uticaj na smanjenje tablične verovatnoće pogađanja, a, sa druge strane, da je moguće izvršiti tehničko-tehnološku realizaciju meteosenzora.

Literatura:

[1] Prospektni materijali:
GEOTEC ANEMOMETAR AND METEOROLOGICAL SENZOR SERIES: 260, 270, 280
PRODUCT OF COSSONAY

[2] VENTCELJ E. C.: TEORIJA VEROJATNOSTEJ Moskva 1962 god.

[3] VASOVIĆ P.: BALISTIČKI MODEL ZA SISTEM ZA UPRAVLJANJE VATROM NA TENKU NTP — 10/1978 god.

Stevan Sinkovski,
kapetan I klase, dipl. inž.

Ocena efektivnosti letno-navigacijskih sistema

Uvod

Važna karakteristika letno-navigacijskih sistema (LNS) jeste efektivnost. Sam po sebi LNS predstavlja složen sistem koji mahom čine radio-tehnički uređaji i sistemi. Pod efektivnošću funkcionisanja (tehnička efektivnost) podrazumevamo svojstvo sistema, odnosno stepen njegove osposobljenosti za izvršenje zadatih funkcija u konkretnim uslovima primene [1, 2]. Prema [3] efektivnost sistema predstavlja verovatnoću da će sistem, po stupanju u dejstvo, uspešno vršiti funkciju kriterijuma u datim uslovima i predviđenom vremenu rada. Parametri efektivnosti su raspoloživost, pouzdanost i funkcionalna podobnost.

Za kvantitativnu ocenu efektivnosti funkcionisanja (kvalitet funkcionisanja, delotvornost) LNS koriste se opšti i parcijalni kriterijumi i pokazatelji. Kriterijumi efektivnosti mogu biti različiti, već prema postavljenom cilju (informacioni, stohastički, ekonomski, itd.). U svojstvu opšteg kriterijuma efektivnosti funkcionisanja LNS najčešće se uzima verovatnoća da će sistem izvršiti postavljeni zadatak u realnim uslovima [1, 4].

U radu je predložena metodika ocene efektivnosti funkcionisanja LNS, zasnovana na teoriji markovskih procesa [1, 2, 5]. Primena teorije slučajnih procesa pokazala se kao veoma pogodna i efikasna za rešavanje ovakvih problema. Suština je u upotrebi modela elemenata sistema sa tri stanja: x, $\tilde{x}$ i $\bar{x}$, gde je x — stanje radne sposobnosti elementa, $\tilde{x}$ — stanje privremenog otkaza i $\bar{x}$ — stanje potpunog otkaza. Pod privremenim otkazom elementa sistema podrazumeva se gubitak radne sposobnosti u određenom vremenskom intervalu pod određenim uslovima (npr. Doplerov merač brzine u procesu leta po marš-ruti prelazi u režim »pamćenje« kada uglovi valjanja i propinjanja pređu dozvoljene granice, pod uticajem smetnji i pri malim vrednostima ulaznih signala) [1, 2]. Primena ovakvog modela omogućava razmatranje specifičnosti funkcionisanja radio-tehničkih sredstava i vazduhoplovne opreme.

Osnovna proračunska formula

LNS se sastoji od uzajamno povezanih elemenata. U svojstvu elemenata LNS razmatraju se uređaji i sistemi vazduhoplovne opreme. Sveukupnost stanja elemenata LNS u nekom vremenskom trenutku t karakteriše stanje LNS. Promena stanja elemenata u vremenu definiše dinamiku stanja LNS. Promene stanja LNS mogu nastajati u slučajnim i u definisanim vremenskim trenucima. Slučajne promene stanja

LNS izazvane su otkazima elemenata (potpunim ili privremenim) i elektronskim smetnjama. Determinističke promene stanja LNS određene su programom leta [1, 2].

Analiza uslova promene stanja LNS pokazuje da je proces prelaska iz jednog stanja u drugo složen i višeznačan. Složenost tog procesa umnogome je uslovljena specifičnošću funkcionisanja radio-elektronskih uređaja i sistema. Skup svih mogućih stanja, u kojima LNS može da se nađe u zavisnosti od stanja elemenata, naziva se vektorom stanja sistema $H^T = [H_1\ H_2 \ldots H_M]$, gde je M — broj nezavisnih stanja LNS. Raščlanjavanjem komponenti vektora stanja na moguća stanja uređaja i sistema dobijamo matricu stanja LNS. Tako, na primer, kada deo elemenata sistema n_1 može da bude u jednom od dva stanja (ispravan-neispravan), a drugi deo n_2 — u jednom od tri stanja (ispravan, privremeno neispravan, neispravan), opšti broj nezavisnih stanja LNS je $M = 2^{n_1} \cdot 3^{n_2}$, gde je $n_1+n_2=n$ — broj uređaja i sistema koji sačinjavaju LNS. Pri tome vektor i matrica stanja LNS za $n_1=2$ i $n_2=1$ imaju oblik:

$$H = \left|\begin{array}{c|c|ccc} H_1 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_2 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_3 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_4 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_5 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_6 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_7 & 2 & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_8 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_9 & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_{10} & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_{11} & & x_1 & x_2 & x_3 \\ H_{12} & & x_1 & x_2 & x_3 \end{array}\right|$$

Slučajni proces H(t), koji karakteriše smenu stanja LNS, može uzeti ma koju vrednost iz konačnog skupa $H_1,\ldots, H_M$. Proces H(t) je diskretan slučajan proces.

Svako stanje $H_i(t)$ okarakterisano je verovatnoćom $p_i(t)$. Kvalitet sa kojim LNS u H_i-om stanju rešava postavljeni zadatak navigacije okarakterisan je nekom funkcijom $W_i(t)$. Funkcija $W_i(t)$ predstavlja uslovni kriterijum efektivnosti LNS. Efektivnost funkcionisanja LNS W(t), u skladu sa formulom potpune verovatnoće, izračunava se pomoću relacije [1, 2]:

$$W(t) = \sum_{i=1}^{M} p_i(t)\ W_i(t) \qquad (1)$$

Uvođenjem pojmova vektora bezuslovnih verovatnoća stanja P(t) i vektora $W_y(t)$ — čije komponente su uslovni kriterijumi efektivnosti funkcionisanja pojedinih stanja LNS — za izraz (1) dobijamo sledeću relaciju:

$$W(t) = P(t)\ W_y(t) \qquad (2)$$

Imajući na umu činjenicu da svako od stanja LNS ne omogućava uspešno rešenje postavljenog zadatka, već da od *M* mogućih stanja LNS, sa različitim kvalitetom, samo *L* stanja daje rešenje, tu relaciju (1) možemo napisati u obliku:

$$W(t) = \sum_{i=1}^{L} p_i(t)\ W_i(t) \qquad (3)$$

pri čemu je vektor $W_y^T = [W_1(t)\ W_2(t) \ldots W_L(t)]$.

Primetimo da funkcija W(t) ne daje potpunu karakteristiku efektivnosti LNS. Naime, u izrazu (1) nisu uzete u obzir statističke veze između niza stanja LNS (po pretpostavci ona su nezavisna) kao što nije uzeta u obzir ni zavisnost uslovnog kriterijuma efektivnosti od dinamike procesa prelaza LNS iz jednog u drugo stanje. Bez obzira na navedene nedostatke, formula (1) ima široku primenu, jer omogućava praktične proračune efektivnosti LNS pri rešavanju različitih zadataka [1, 2].

U nastavku ćemo se upoznati sa pojmom i načinom određivanja uslovnog kriterijuma efektivnosti i verovatnoće stanja LNS.

Izbor i zasnovanost uslovnog kriterijuma efektivnosti funkcionisanja LNS

Verovatnoću da će LNS izvršiti postavljeni zadatak u realnim uslovima usvajamo kao opšti kriterijum efektivnosti funkcionisanja LNS. Ako se vežemo za neki od tipičnih navigacijskih zadataka leta, dobijamo uslovni kriterijum efektivnosti. Način na koji ćemo ga izraziti zavisi od izbora kriterijuma uspešne realizacije. Od ovako dobijenog uslovnog kriterijuma mogu se definisati i parcijalni kriterijumi već prema izabranoj referentnoj veličini.

Problem izbora i zasnovanosti uslovnog kriterijuma efektivnosti LNS razmatraćemo na primeru tipičnog navigacijskog zadatka leta po zadatoj trajektoriji (npr. kretanje po marš-ruti).

Tačnost leta aviona po zadatoj trajektoriji i karakter njegovog kretanja definisani su sledećim veličinama: linijskim bočnim odstupanjem z, odstupanjem po visini ΔH i linijskim (ili vremenskim) odstupanjem od proračunate referentne tačke Δs (ili Δt) [1, 2, 6]. Greške $z(t)$, $\Delta H(t)$ i Δs(ili Δt) u opštem su slučaju slučajne veličine definisane gustinom verovatnoće.

Neka se LNS u trenutku t nalazi u stanju H_i. Združenu gustinu verovatnoća slučajnih grešaka $z(t)$, $\Delta H(t)$ i $\Delta s(t)$, koja odgovara i-om stanju LNS, označavamo sa $p(z, \Delta H, \Delta s, t)$. Kao kriterijum tačnog leta aviona usvajamo da se avion u trenutku t nalazi u bezbednoj zoni (bezbedna zona definisana je pravilom letenja). Uslovni kriterijum efektivnosti LNS, za i-to stanje, predstavljamo u sledećem obliku:

$$W_i(t) = \int_{z_1}^{z_2} \int_{H_1}^{H_2} \int_{s_1}^{s_2} p_i(z, \Delta H, \Delta s, t)\, dz\, d(\Delta H)\, d(\Delta s) \qquad (4)$$

Parcijalni kriterijum efektivnosti dobijamo usvajanjem referentne veličine, npr. širine koridora leta. U ovom slučaju od veličina koje određuju tačnost leta aviona interesuje nas bočni otklon z. Ako usvojimo pretpostavku da je bočno odstupanje aviona od zadate trajektorije raspodeljeno po Gausovom zakonu, za parcijalni kriterijum dobijamo za i-to stanje LNS relaciju:

$$W_i(t) = p_i\left(-\frac{l}{2} \leqslant z \leqslant \frac{l}{2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\cdot\sigma} \int_{-l/2}^{l/2} e^{-z/2\sigma^2} \cdot dt = 2\Phi\left(\frac{l}{2\sigma}\right) \qquad (5)$$

gde je:

l — širina koridora,
$\Phi(x)$ — funkcija greške.

Razumljivo, pri rešavanju drugih zadataka navigacije uslovni kriterijum efektivnosti LNS definišemo na drugačiji način. Isto tako je i sa parcijalnim kriterijumom efektivnosti.

Sam po sebi uslovni kriterijum efektivnosti LNS, izraz (4), predstavlja pokazatelj kvaliteta usrednjen po svim realizacijama slučajnih veličina z, ΔH i Δs, odnosno matematičko očekivanje. Kako je njegovo određivanje zaseban problem, što prevazilazi okvire ovog rada, to se više nećemo njime baviti.

Za izračunavanje efektivnosti funkcionisanja LNS, izraz (1), osim uslovnog kriterijuma efektivnosti — funkcije $W_i(t)$, neophodno je poznavati verovatnoću stanja LNS — $p_i(t)$.

Određivanje verovatnoće stanja LNS

Stanje LNS definisano je stanjem njegovih sastavnih elemenata. Kao što je već rečeno, dinamika promene stanja LNS predstavlja složen problem. Razlikujemo promene stanja LNS definisane programom leta (znači, u tačno određenim trenucima) i slučajne promene stanja u proizvoljnim vremenskim trenucima. Pogodna i efikasna za rešavanje ovih problema je teorija slučajnih procesa. Ako usvojimo da su slu-

čajni trenuci prelaska LNS iz jednog stanja u drugo raspoređeni po eksponencijalnoj raspodeli, primenljiva je teorija markovskih procesa. U protivnom, koriste se polumarkovski procesi. Za LNS koji menja stanje u tačno određenim trenucima (koracima, etapama), primenjuje se model sistema u obliku markovskog lanca [1, 2, 5].

Upoznajmo se sa modelima LNS u obliku markovskog lanca i markovskog procesa.

Markovski lanac je slučajni niz događaja koji se sastoji u prelasku sistema iz jednog u drugo stanje, ako za svaki korak verovatnoća prelaska iz ma kog stanja H_m u ma koje stanje H_n ne zavisi od toga kada je i kako sistem dospeo u stanje H_m. Markovski lanac je definisan pomoću bezuslovnih verovatnoća stanja i uslovnih verovatnoća prelaza.

U bilo kom vremenskom trenutku k sistem se nalazi u jednom od stanja $H_1, H_2, \ldots, H_M$ sa verovatnoćama $p_1(k), \ldots, p_M(k)$. To su tzv. verovatnoće stanja LNS. One obrazuju vektor p_k čija je suma elemenata jednaka jedinici. Uslovna verovatnoća prelaza data je relacijom:

$$P_{mn}^{(k)} = p\left(H_n^{(k)}/H_m^{(k)}\right)$$

koja kaže da sistem u k-tom koraku u trenutku t_k prelazi u stanje H_n uz uslov da je u trenutku t_{k-1} bio u stanju H_m [1, 2].

Verovatnoća prelaza predstavlja važnu karakteristiku markovskog lanca. Sveukupnost verovatnoća prelaza obrazuje matricu prelaza $p_n^{(k)}$ dimenzija $m \times m$. Na glavnoj dijagonali matrice su verovatnoće $p_{mm}^{(k)}$ da sistem neće promeniti stanje u kome se već nalazi.

Verovatnoća stanja LNS, posle k-tog koraka, predstavljena modelom u obliku markovskog lanca, određuje se relacijom:

$$P_n^{(k)} = \sum_{m=1}^{n} P_m^{(k-1)} P_{mn}^{(k)} \qquad (6)$$

gde je:

$p_m^{(k-1)}$ — verovatnoća stanja LNS posle (k-1)-tog koraka.

U skladu sa izrazom (6), vektor verovatnoće stanja sistema posle k-tog koraka je jednak:

$$P_k^T = P_{k-1}^T P_n^{(k)} \qquad (7)$$

gde je:

$P_n^{(k)}$ — matrica prelaza.

Za analizu procesa prelaska LNS iz jednog u drugo stanje, pored vektora i matrice stanja, široku primenu nalazi orijentisani graf stanja. Na njemu su geometrijski predstavljeni mogući prelazi sistema iz jednog u drugo stanje. Verovatnoće prelaza unesene su na linijama grafa stanja (slika).

Model LNS u obliku markovskog procesa adekvatnije predstavlja procese koji se odvijaju u LNS, jer omogućava interpretaciju otkaza elemenata LNS koji se mogu pojaviti u bilo kom vremenskom trenutku. Diskretan markovski proces H(t) može uzimati samo diskretne vrednosti $H_1, H_2, \ldots, H_M$, pri čemu se smena tih vrednosti (stanja) odvija u slučajnim vremenskim trenucima [1, 2, 5].

Diskretan markovski proces definisan je verovatnoćom stanja sistema u početnom vremenskom trenutku i matricom verovatnoća prelaza. Pri tome su verovatnoće prelaza funkcije kontinualnog vremena t. Izraz $p_{ij}(t, t+\Delta t)$ označava uslovnu verovatnoću prelaza sistema iz stanja H_i, u kojem se sistem nalazio u trenutku t, u stanje H_j u trenutku $(t + \Delta t)$:

$$p_{ij}(t, t+\Delta t) = p\{H(t, \Delta t) = H_j / H(t) = H_i\}, \ \Delta t > 0 \qquad (8)$$

Kao i u slučaju markovskih lanaca, za svaki red matrice prelaza verovatnoća ispunjen je uslov:

$$\sum_{j=1}^{n} p_{ij}(t, t+\Delta t) = 1; \ p_{ij}(t, t+\Delta t) \geq 0; i, j = \overline{1, M}$$

Diskretan markovski proces je homogen ako sve verovatnoće prelaza zavise samo od razlike argumenata, tj.

$$p_{ij}(t,\ t+\Delta T)=p_{ij}(\Delta t)$$

Za razliku od markovskih lanaca, zadavanje verovatnoća prelaza na konačnom vremenskom intervalu nije moguće za diskretan markovski proces. Zbog toga se za diskretan markovski proces, za izračunavanje verovatnoća stanja, koriste lokalne karakteristike — intenziteti prelaza. Verovatnoće prelaza za male vremenske intervale imaju oblik [1, 2]:

$$p_{ii}(t,t+\Delta t) = 1+a_{ii}(t)\cdot\Delta t+0(\Delta t) \qquad (9)$$

$$p_{ij}(t,t+\Delta t) = a_{ij}(t)\cdot\Delta t+0(\Delta t),\quad i\neq j$$

gde je:

a_{ij} — intenzitet prelaza iz stanja H_i u stanje H_j,

$0(\Delta t)$ — simbol beskonačno male veličine.

Verovatnoća stanja sistema u makom vremenskom trenutku t definisana je vektorsko-matričnom jednačinom [1, 2]:

$$\frac{d}{dt}P(t)=A^T P(t),\quad P(t_0)=P_0 \qquad (10)$$

gde je:

$P^T(t)=[p_1(t)\ \ p_2(t)\ \ldots\ p_M(t)]$ — vektor verovatnoća stanja,

$A(t)$ — matrica intenziteta, jednaka.

$$A(t)=\begin{bmatrix} a_{11}(t) & \ldots & a_{1M}(t) \\ \cdots & & \cdots \\ a_{M1}(t) & \ldots & a_{MM}(t) \end{bmatrix}$$

Ako je diskretan markovski proces homogen, tj. $A(t)=A=\text{const}$, tada je rešenje jednačine (10) dato u obliku:

$$P(t)=e^{Bt}\cdot P_0 \qquad (11)$$

gde je: $B=A^T$

$e^{Bt}=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{t^n}{n!}\cdot B^n$ — matrična eksponencijalna funkcija.

Pri analizi procesa promene stanja LNS korisno je izdvojiti, između svih njegovih M stanja, ona stanja koja odgovaraju situaciji da se svi elementi LNS nalaze u stanju potpunog otkaza $\{\bar{x}_1, \bar{x}_2 \ldots \bar{x}_M\}$. Za stanje potpunog otkaza svih elemenata LNS, verovatnoće prelaza su:

$$p_{ii}=1 \text{ i } p_{ij}=0$$

Kao i kod markovskih lanaca, analizu diskretnih markovskih procesa pogodno je izvoditi primenom orijentisanog grafa stanja (slika).

U svojstvu primera odredimo bezuslovne verovatnoće stanja informaciono-mernog sistema LNS koji se sastoji od doplerovog merača brzine (DMB) i inercijalnog navigacijskog sistema (INS).

Uzimamo da se DMB može nalaziti u jednom od tri stanja: x_1, $\tilde{x}_1$ ili $\bar{x}_1$, a INS u jednom od dva stanja x_2 ili $\bar{x}_2$. Stanje $\tilde{x}_1$ kod DMB odgovara stanju privremenog otkaza. Naime, poznato je da DMB u procesu leta po marš-ruti prelazi u režim »pamćenje« kada uglovi valjanja i propinjanja pređu neke određene granice, pod uticajem smetnji i pri malim vrednostima ulaznih signala (let nad vodenom površinom ili površinom zemlje koja ima sposobnost refleksije) [1, 2].

Pri usvojenim pretpostavkama vektor i matrica stanja takvog sistema od dva elementa imaju oblik:

$$H=\left|\begin{array}{c|c|c} & & x_1\ x_2 \\ H_1 & & \tilde{x}_1\ x_2 \\ H_2 & & \bar{x}_1\ x_2 \\ H_3 & & x_1\ \bar{x}_2 \\ H_4 & \sim & \tilde{x}_1\ \bar{x}_2 \\ H_5 & & \bar{x}_1\ \bar{x}_2 \\ H_6 & & \end{array}\right| \qquad (12)$$

Prikažimo dati sistem pomoću orijentisanog grafa stanja (slika).

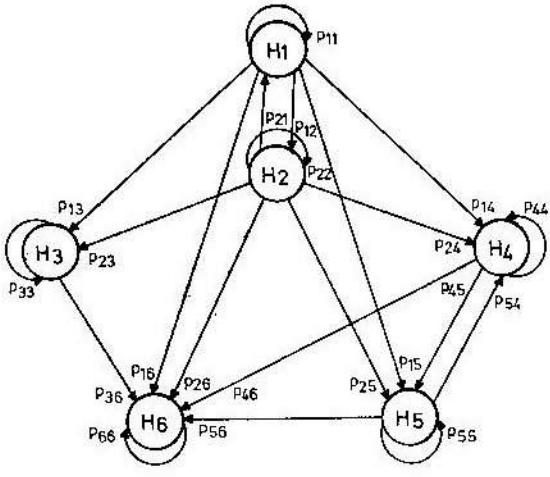
Za intenzitete prelaza odvojenih elemenata sistema usvajamo sledeće oznake: μ i υ — intenziteti prelaza DMB, respektivno, u režim »pamćenja« i iz režima »pamćenja« u stanje funkcionisanja, λ_1 — intenzitet potpunih otkaza DMB, λ_1^* — intenzitet prelaza DMB iz režima »pamćenja« u stanje potpunog otkaza, λ_2 — intenzitet potpunih otkaza INS. Praksa primene DMB pokazuje da je $\lambda_1^* = \lambda_1$.

Da bi dobili sistem jednačina (10), neophodno je prethodno odrediti matricu intenziteta prelaza sistema A(t), izrazivši je preko zadatih intenziteta prelazaka odvojenih elemenata.

Za male vremenske intervale Δt, verovatnoća prelaza sistema određuje se na sledeći način: da bi, na primer, sistem, koji se u trenutku t nalazi u stanju H_1, prešao u trenutku $t+\Delta t$ u stanje H_2, neophodno je da u vremenskom intervalu Δt DMB pređe u režim »pamćenja«, a da INS ostane u stanju funkcionisanja. Smatrajući promene stanja DMB i INS nezavisnim događajima i zadržavanjem članova prvog reda u odnosu na Δt u izrazu (9), dobijamo:

$$p_{12}(t,t+\Delta t) \approx a_{12} \cdot \Delta t = \mu \Delta t \ (1 - \lambda_2 \Delta t) = \mu \cdot \Delta t - \mu\lambda_2 \Delta t^2 \approx \mu \cdot \Delta t$$

Na analogan način dobijamo izraze i za ostale verovatnoće prelaza sistema na osnovu kojih određujemo matricu intenziteta prelaza A:



Orijentisani graf stanja sistema

Rešenje jednačine (10) u skladu sa izrazima (11) i (13) uz početni uslov $P_0^T = [1\,0\,0\,0\,0\,0]$ dato je relacijama:

$$\begin{aligned}
P_1(t) &= e^{-(\lambda_1+\lambda_2)t}[c + d \cdot e^{-(\mu+\upsilon)t}] \\
P_2(t) &= d \cdot e^{-(\lambda_1+\lambda_2)t}[1 - e^{-(\mu+\upsilon)t}] \\
P_3(t) &= e^{-\lambda_2 t}[1 - e^{-\lambda_1 t}] \qquad (14) \\
P_4(t) &= e^{-\lambda_1 t}[1 - e^{-\lambda_2 t}][c + d \cdot e^{-(\mu+\upsilon)t}] \\
P_5(t) &= d \cdot e^{-\lambda_1 t}[1 - e^{-\lambda_2 t}][1 - e^{-(\mu+\upsilon)t}] \\
P_6(t) &= 1 - \sum_{i=1}^{5} p_i(t)
\end{aligned}$$

gde je:

$$c = \frac{\upsilon}{\mu+\upsilon} \quad \text{i} \quad d = \frac{\mu}{\mu+\upsilon}$$

Za bezuslovne verovatnoće stanja mernog sistema LNS (14) dobili smo eksponencijalne funkcije definisane in-

$$A = \begin{bmatrix}
-(\mu+\lambda_1+\lambda_2) & \mu & \lambda_1 & \lambda_2 & 0 & 0 \\
\upsilon & -(\upsilon+\lambda_1+\lambda_2) & \lambda_1 & 0 & \lambda_2 & 0 \\
0 & 0 & -\lambda_2 & 0 & 0 & \lambda_2 \\
0 & 0 & 0 & -(\mu+\lambda_1) & \mu & \lambda_1 \\
0 & 0 & 0 & \upsilon & -(\upsilon+\lambda_2) & \lambda_1 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{bmatrix} \qquad (13)$$

tenzitetima prelaza odgovarajućih elemenata sistema (μ, ν, λ_1^*, λ_2).

Ako su elementi LNS nezavisni i nepopravljivi u letu, može se pokazati da je intenzitet prelaza sistema, povezan sa istovremenim promenama stanja dva ili više elemenata, praktično jednak *0*. Posledica toga jeste da je intenzitet prelaza sistema različit od *0* samo u slučaju promene stanja jednog odvojenog elementa. Pri tome su intenziteti prelaza LNS različiti od *0*, jednaki intenzitetima prelaza odgovarajućih elemenata [1].

Zaključak

Važna uopštena karakteristika LNS kao složenog sistema je efektivnost funkcionisanja. Teorija efektivnosti složenih sistema, pa i LNS, još uvek se nalazi u stadijumu razvoja. Osnovni nedostaci poznatih metoda ocene efektivnosti su: korišćenje uprošćenih uslovnih kriterijuma i pokazatelja efektivnosti, primena Bulovog modela pouzdanosti odvojenih elemenata LNS [7], zanemarivanje specifičnosti funkcionisanja uređaja i sistema vazduhoplovne opreme i, pre svega, privremenih otkaza elemenata sistema pri kojima se kriterijum (pokazatelj) efektivnosti funkcionisanja nalazi van dozvoljenih granica.

Novina u izloženoj metodici ocene efektivnosti funkcionisanja LNS je u primeni modela elementa sa 3 stanja koji omogućava razmatranje i privremenih otkaza uređaja i sistema, a samim tim tačnije izračunavanje verovatnoće da se sistem nalazi u radnom stanju (stanju funkcionisanja) [1, 2]. Teoretska osnova ovako zasnovanog modela je teorija slučajnih procesa, odnosno teorija markovskih procesa i polazna pretpostavka da raspodela otkaza i popravki zadovoljava Puasonov tok (ordinarni tok bez posledica), ili, što je isto, da su promene stanja sistema u vremenu potčinjene eksponencijalnoj raspodeli [8, 5].

S druge strane, primena uslovnog kriterijuma efektivnosti u dovoljnoj meri karakteriše kvalitet rešenja zadatka navigacije pomoću LNS. Kao što je navedeno, izraz (4) predstavlja bezuslovno matematičko očekivanje koje egzistira i u izrazima u radu [9], s tim što se primenom teorije statističkih rešenja pružaju znatno šire mogućnosti sveobuhvatne analize svih parametara koji utiču na efektivnost funkcionisanja složenog sistema. Ovakav pristup omogućava primenu metoda teorije estimacije i optimizacije stohastičkih sistema na probleme efektivnosti složenih sistema.

Osnovna proračunska formula, izrazi (1), (2) i (3), ne daje potpunu kvantitativnu karakteristiku efektivnosti LNS, jer u implicitnom obliku ne uzima u obzir statističke veze između niza stanja sistema. U razmatranju su samo statističke veze između susednih, nezavisnih stanja, date kroz osobinu markovskog procesa da je sva predistorija sistema sadržana u prethodnom stanju. Isto tako, osnovna proračunska formula ne uzima u obzir zavisnost uslovnog kriterijuma efektivnosti od dinamike stanja LNS. Proces prelaska LNS iz jednog stanja u drugo nije stavljen u korelaciju sa uslovnim kriterijumom efektivnosti.

Izložena metodika određivanja verovatnoće stanja LNS pomoću dobro izučene teorije markovskih procesa predstavlja moćan aparat u razmatranjima. Činjenica da je intenzitet prelaza LNS različit od *0* (kod nezavisnih i u letu nepopravljivih elemenata) samo u slučaju promene stanja jednog odvojenog elementa, olakšava grube i orijentacione analize u inženjerskoj praksi.

Predložena metodika može se primeniti za ocenu efektivnosti ne samo LNS, već i složenijih višefunkcionalnih avionskih sistema.

Literatura:

[1] Jarlikov M. S., Bogačev A. S.: Radiotehnika, 1981. god., T. 36, № 9, str. 7—12.

[2] Jarlikov M. S.: Statističeskaja teorija radionavigacii, Moskva, Radio i svjaz, 1985.

[3] Mijailović M.: Analiza i ocena pogodnosti za održavanje tehničkih sistema na primeru lakog terenskog automobila, 1988, Naučno-tehnička informacija br. 7.

[4] Kudrickij V. L., Sinica M. A., Činaev P. I.: Automatizacija kontrolja radioelektronoj apparaturi, Moskva, Sovetskoe radio, 1977, str. 205—212.

[5] Bogdanović D.: Raspoloživost vojnih tehničkih sistema, Naučno-tehnički pregled, 1988, br. 10, str. 3—12.

[6] Harin E. G., Vinogradov O. B., Avaev A. L.: Letnie ispitanija pilotažno-navigacionnin kompleksov samoletov i vertoletov, Moskva, Mašinostroenie, 1965.

[7] Savin S. K.: Točnost i rabotosposobnost radioelektronnih sistem letatelnih apparatov, Moskva, Mašinostroenie, 1988.

[8] Volkov L. I.: Upravlenie ekspluataciej letatelnih kompleksov, Moskva, Višaja škola, 1981.

[9] Puhari B., Vujanović N.: Specifičnosti aviona kao složenog sistema sa visokim stepenom efektivnosti, Glasnik RV i PVO, 1987. br. 3, str. 12—15.

Mr Rade Knežević,
kapetan I klase, dipl. inž.

Prilog određivanju naprezanja lisnatih opruga uz pomoć eksperimentalno snimljenih ugiba

Uvod

Za proučavanje međusobnih zavisnosti dvije pojave, najveći značaj imaju korelaciona i prenosna funkcija. One mogu dati dosta podataka korisnih u fazi projektovanja vozila. Obe statističke veličine mogu se dobiti teorijskim putem i direktno iz eksperimentalnih podataka uz pomoć savremenih analizera vibracija, kao što je i analizer HP--5420A.

U ovom radu dat je kratak teoretski prikaz osnova teorije slučajnih procesa. Pokušali smo da na osnovu eksperimentalnih istraživanja, izvršenih na vozilu TAM-5000, uspostavimo vezu između pomaka i deformacija lisnate opruge i ukažemo na eventualno lakši put kojim se može doći do napona u pojedinim sklopovima sistema oslanjanja vozila na osnovu poznatih oscilatornih kretanja.

Korelaciona funkcija

Na motorno vozilo koje se kreće u realnim uslovima eksploatacije djeluje veći broj dinamičkih poremećaja, koji potiču od točkova i pneumatika, neuravnoteženosti obrtnih dijelova motora i prenosnika snage, prevoženog tereta, neravnina na putu i drugo.

Osnovni uzrok koji dovodi do oscilatornog kretanja motornog vozila jeste kretanje po neravnoj površini puta. Mikroprofil puta zavisi od velikog broja parametara, a veličina neravnina i period pojavljivanja su proizvoljni i mogu se opisati pomoću slučajne funkcije.

Jedno snimanje (registrovanje) slučajne funkcije m'(x) predstavlja jednu realizaciju (sl. 1). Više puta ponovljeno snimanje istog slučajnog procesa, odnosno, u našem slučaju posmatranje iste deonice puta, daje skup ili ansambl realizacije (sl. 2).

Mikroprofil puta ocjenjuje se preko osnovnih karakteristika, i to [1]:

— srednje ordinate mikroprofila ili matematičkog očekivanja;

— srednjeg kvadratnog odstupanja ili disperzije ordinata;

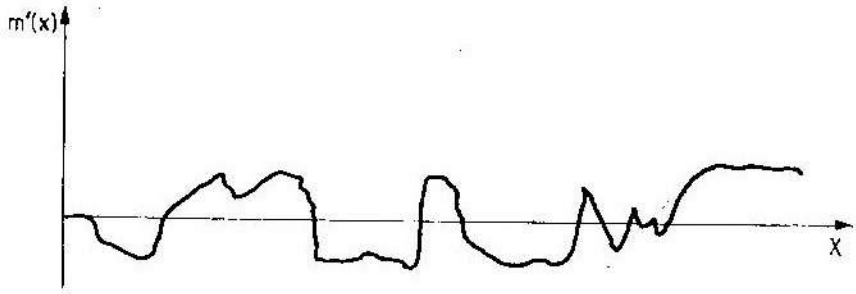
— korelacione funkcije ili spektralne gustine.

Analitička srednja vrijednost ili, skraćeno, srednja vrijednost (matematičko očekivanje) funkcije m'(x) izračunava se po formuli:

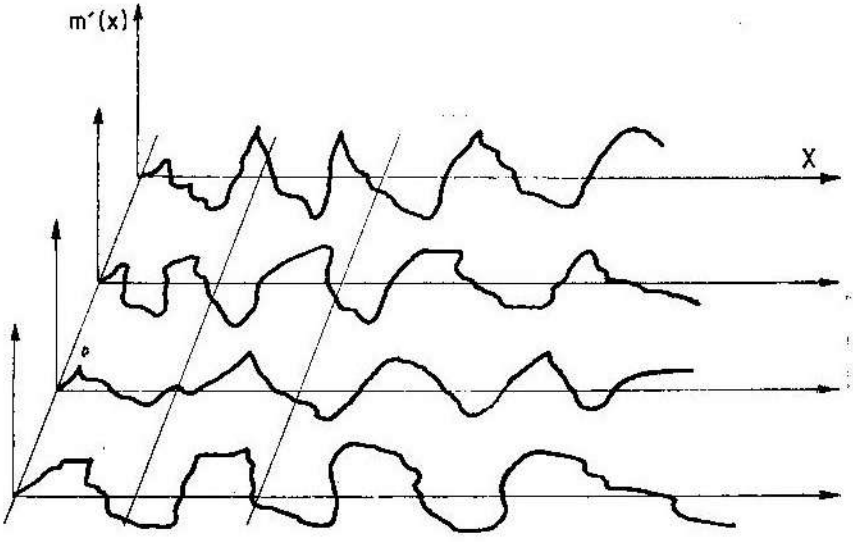
$$m_{sr} = \lim_{L_m \to \infty} \frac{1}{L_m} \int_0^{L_m} m'(x)\, dx \qquad (1)$$

gdje je:

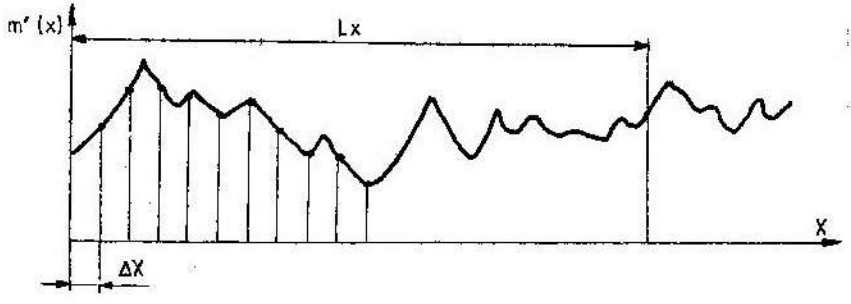
L_m — dužina deonice puta.



Sl. 1 Grafički prikaz slučajne funkcije



Sl. 2 Grafički prikaz skupa realizacija



Sl. 3 Grafički prikaz određivanja srednje ordinate mikroprofila m (x)

Za dužinu x, biće:

$$m_{sr} = \frac{1}{L_m} \int_0^{L_m} m'(x)\, dx \qquad (2)$$

Za slučajnu funkciju m'(x) koja se ne može izraziti eksplicitno, srednja vrijednost se izračunava po izrazu:

$$m_{sr} = \lim_{N \to \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} m'_i(x) \qquad (3)$$

Integral (2) može se prikazati kao suma integrala pojedinačnih podintegrala Δx (sl. 3).

$$m_{sr} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^{N} m'_i(x) \Delta x =$$

$$= \frac{1}{L} \frac{L}{N} \sum_{i=1}^{N} m'_i(x) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} m'_i(x) \qquad (4)$$

Veličina m_{sr} odgovara pravoj AA (sl. 4a).

Centriranje slučajne funkcije izvršiće se tako što se prava $0_1 0_1$ poklopi sa pravom AA (sl. 4b).

Rasipanje ordinata mikroprofila u odnosu na srednju vrijednost daje disperziju. Jedna realizacija može se izraziti izrazom:

$$m_s^2 = \lim_{L_m \to \infty} \frac{1}{L_m} \int_0^{L_m} m^2(x)\, dx \qquad (5)$$

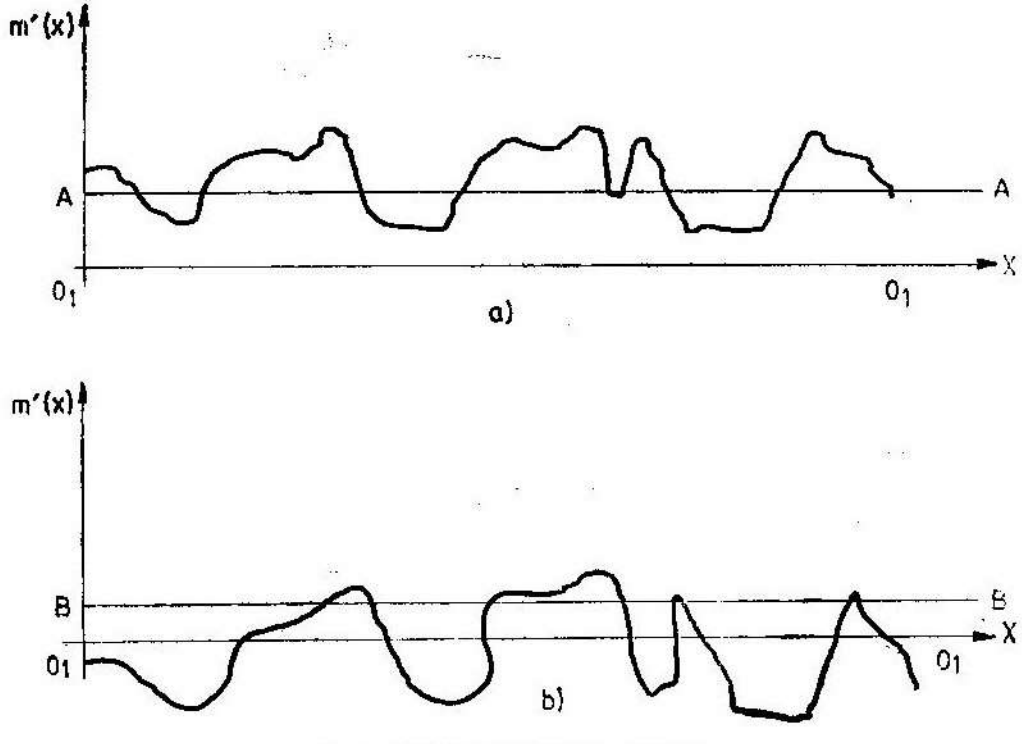
a za skup realizacija je:

$$\overline{m}_s(x) = \lim_{N \to \infty} \sum_{i=1}^{N} \frac{m_i^2(x)}{N} \qquad (6)$$

Srednje kvadratno odstupanje je:

$$\sigma = \sqrt{m_s^2}$$

a za jednu realizaciju predstavljeno je pravom BB na slici 4b.



Sl. 4 Centriranje slučajne funkcije

Karakteristika strukture slučajnog procesa je korelaciona funkcija. Korelaciona funkcija jedne realizacije dobija se pomoću:

$$R_m(x, x + x_s) = \lim_{L_m \to \infty} \frac{1}{L_m} \int_0^{L_m} m(x)m(x + x_s)\, dx \quad (7)$$

a predstavlja zavisnost između trenutnih vrijednosti slučajne promjenljive u dva različita vremenska intervala na rastojanju x_s.

Spektralna gustina definiše se kao:

$$S_m(\Theta) = \lim_{L_m \to \infty} \frac{1}{2L_m} \left| X_{L_m}(j\Theta) \right|^2 \quad (8)$$

Korelaciona funkcija $R_m(x_s)$ i spektralna gustina disperzije $S_m(\Theta)$ vezane su međusobno preko Furijevog integrala:

$$S_m(\Theta) = \int_{-\infty}^{\infty} R_m(x_s) \cdot e^{-j\Theta \cdot x_s}\, dx_s \quad (9)$$

$$R_m(x_s) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_m(\Theta) \cdot e^{j\Theta \cdot x_s}\, d\Theta \quad (10)$$

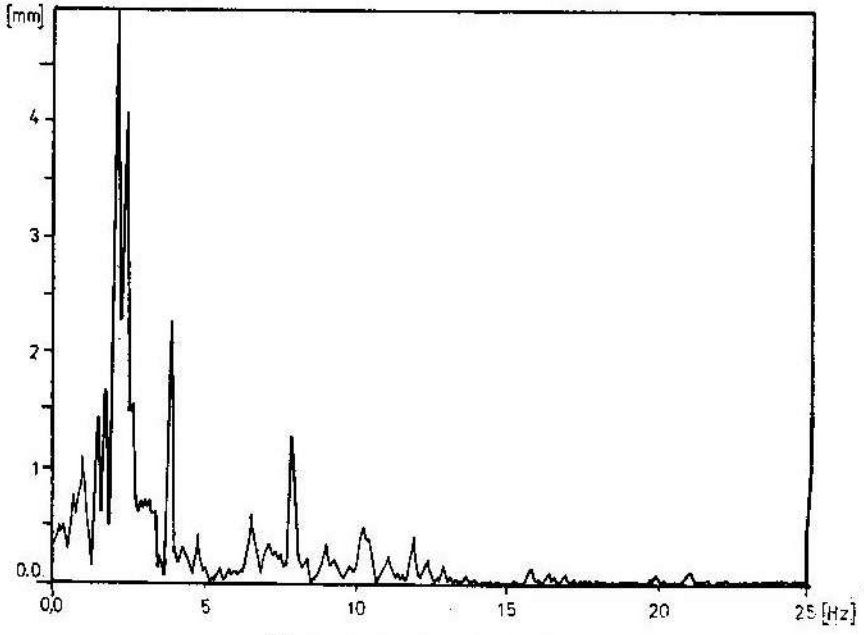
Takođe važi i relacija:

$$S_m(\Theta) = 2 \int_0^{\infty} R_m(x_s) \cdot \cos \Theta \cdot x_s\, dx_s \quad (11)$$

$$R_m(x_s) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\infty} S_m(\Theta) \cos \Theta \cdot x_s\, d\Theta \quad (12)$$

U opštem značenju, korelaciona funkcija stacionarnog slučajnog procesa opisuje zavisnost između trenutnih vrijednosti slučajne promenljive u dva različita vremenska intervala na određenom rastojanju (x_s), a definisana je opštim izrazom (7). Prikazaćemo eksperimentalno nalaženje korelacione funkcije dvije slučajne funkcije i to slučajne funkcije pomaka oslonjene mase i linearne deformacije osnovnog lista lisnate opruge motornog vozila.

Na analizeru HP-5420A, čije su osnovne karakteristike da prati signale



Sl. 5 Korelaciona funkcija

do maksimalne učestanosti 50 kHz, i da radi u vremenskom i frekventnom domenu (dvokanalni analizer), urađena je korelaciona funkcija slučajnih funkcija X(t) — pomak oslonjene mase i Y(t) — deformacija lisnate opruge, koje su snimljene istovremeno na jednoj magnetofonskoj traci.

Na slici 5 prikazana je korelaciona funkcija pomaka oslonjene mase i linearne deformacije osnovnog lista lisnate opruge prednjeg pogonskog mosta pri određenoj brzini kretanja motornog vozila.

Na ordinati je predstavljen međusobni odnos amplituda ove dvije posmatrane slučajne funkcije. Za analizu je uzeto pet segmenata, a u svakom segmentu je posmatrano 1024 tačke.

Analizom dijagrama na slici 5 mogu se doneti sljedeći zaključci:

— ove dvije veličine imaju najveću korelacionu zavisnost pri malim učestanostima, i to oko 3 Hz;

— povećanjem učestanosti oscilovanja sistema slabi korelaciona zavisnost ove dvije veličine i pri frekvencijama većim od 15 Hz ova zavisnost se približava nuli;

— u području najveće korelacije pobude se pojačavaju, a sa povećanjem frekvencije one se prigušuju,

— pri analizi linearnih deformacija sistema oslanjanja treba detaljno analizirati područje najveće korelacije, jer u tom području dolazi do pojačanja pobude, koja može izazvati preopterećenje elemenata oslanjanja, u ovom slučaju lisnate opruge.

Prenosna funkcija

Ako se pretpostavi linearni sistem na čijem je ulazu pobuđivanje stohastičkim signalom $x_1(t)$, koji karakteriše gustina spektra $A_1(f)$, na izlazu sistema je, takođe, stohastički signal $x_2(t)$ sa gustinom spektra $A_2(f)$. Za ovaj slučaj $x_1(t)$ je relativni pomak oslonjene mase motornog vozila, a $x_2(t)$ je linearna deformacija osnovnog lista lisnate opruge motornog vozila.

Sl. 6 Šematski prikaz linearnog sistema

Pri harmonijskoj pobudi sistem karakteriše funkcija povećanja

$$H\,|f| = \frac{|x_2|}{|x_1|} \qquad (13)$$

Poznato je da je veza između pobude i reakcije data sa nekom funkcijom kompleksne promenljive (p), u kojoj se konstantni koeficijent određuje preko parametara oscilatornog sistema. U opštem obliku za reakciju sistema, uz određenu pobudu, moguće je napisati:

$$Y(p) = G(p)\,X(p) \qquad (14)$$

Kao što je poznato, prenosna funkcija G(p) definiše se kao odnos Laplasovih transformacija izlazne veličine Y(p) i ulazne veličine X(p).

$$G(p) = \frac{Y(p)}{X(p)} \qquad (15)$$

Relacija (15) važi samo u slučaju kada su svi početni uslovi jednaki nuli [2].

Ako je $p = j\Theta$, prenosna funkcija G(p) prelazi u frekventnu karakteristiku $G(j\Theta)$, te po relaciji (14) može da se napiše:

$$Y(j\Theta) = G(j\Theta)\,X(j\Theta) \qquad (16)$$

Iz relacije (16) dobija se

$$|Y(j\Theta)|^2 = |G(j\Theta)|^2 \cdot |X(j\Theta)|^2, \qquad (17)$$

a s obzirom na relaciju (8) dobija se

$$S_y(\Theta) = |G(j\Theta)|^2 \cdot S_x(\Theta) \qquad (18)$$

ili

$$S_y(\Theta) = H^2(\Theta) \cdot S_x(\Theta) \qquad (19)$$

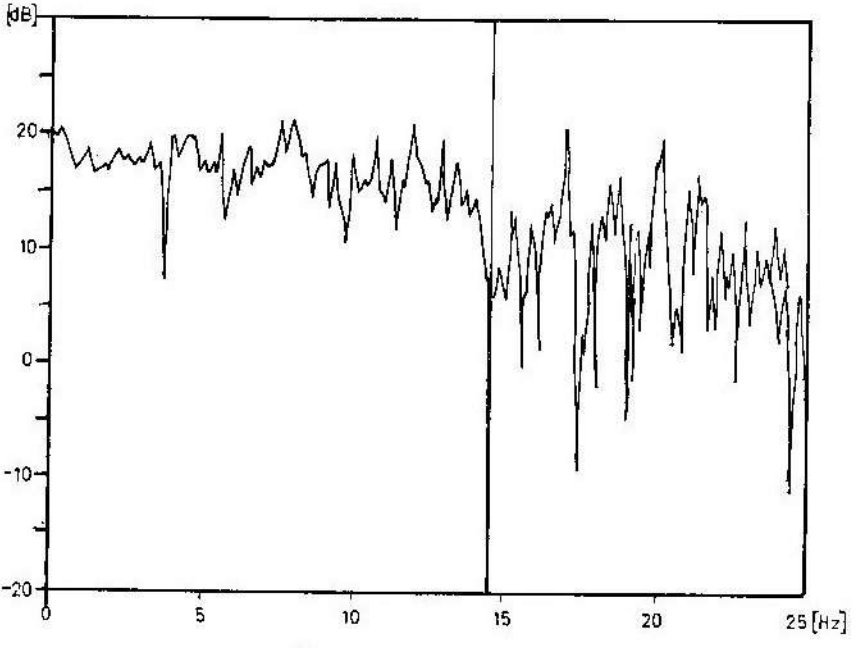
gdje je $H(\Theta) = |G(J\Theta)|$ — amplitudno frekventna karakteristika ili faktor uvećanja.

Najjednostavnija definicija glasila bi da je prenosna funkcija odnos izlaznog i ulaznog signala. Ulazni signal može biti bilo koja mjerena veličina, a na slici 7 prikazana je prenosna funkcija gdje je ulaz bio relativni pomak oslonjene mase motornog vozila, a izlaz linearna deformacija osnovnog lista lisnate opruge prednjeg pogonskog mosta vozila TAM-5000 pri određenoj brzini kretanja.

u odnosu na ulaz, već da u sistemu dolazi do gušenja pobude;

— područje iznad 15 Hz ne bi trebalo uzimati u analizu pri razmatranju ulaznih-izlaznih karakteristika, jer rezultat izlaznog signala nije realan s obzirom na to da u sistemu dolazi do prigušenja ulaznog signala.

Na osnovu podataka iz analize korelacione i prenosne funkcije, kao i na osnovu poznatih teorijskih postupaka u dinamici vozila može zaključiti da se vozilo može posmatrati kao sistem sa jednim ili dva stepena slobode.



Sl. 7 Prenosna funkcija

Analizom dobijenog dijagrama može se dati nekoliko zaključaka:

— u frekventnom području od 0 Hz do 15 Hz može se smatrati da je prenosna funkcija po ordinati približno konstantna, što je na grafiku predstavljeno presjekom prave AA. To znači da postoji direktna zavisnost izlaza u odnosu na ulaz;

— u frekventnom području iznad 15 Hz prenosna funkcija opada, što znači da više nije direktna ovisnost izlaza

Mogućnost i ocjena stepena tačnosti za definisanje naponskog stanja u oprugama preko oscilatornog modela sa jednim stepenom slobode

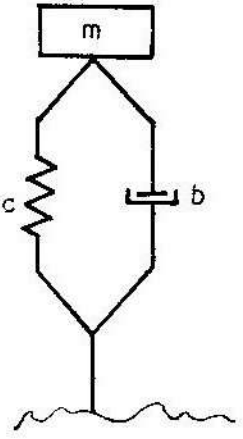
Pri proučavanju oscilacija slobodnih mehanizama uvijek se preporučuje da se pođe od uprošćenih apstraktnih oscilatornih modela [1]. Oni trebaju biti tako kombinovani da omoguće u okviru zadatka rješavanje problema.

Najjednostavniji model trebalo bi da obuhvati samo najuticajnije parametre, tako da se dobije što jednostavniji model za analitičku i praktičnu provjeru, a koji će, istovremeno, dati približno odgovarajuće rezultate.

Pri ispitivanju se obično uzima za razmatranje dijapazon oscilacija od 0 Hz do 15 Hz. Ispitivanja u niskofrekventnom dijapazonu oscilovanja dozvoljavaju da se uprosti dinamički model vozila i ono prikaže kao dinamički sistem koji se sastoji od reda skoncentrisanih masa spojenih sa bezinercionim i prigušivačkim elementima.

Motorno vozilo ima veliki broj masa koji imaju šest stepeni slobode. Tako gledano, to je sistem sa bezbroj stepeni slobode. Takav sistem nije moguće riješiti i zato ga pojednostavljujemo na sistem sa jednim ili dva stepena slobode.

U ovom slučaju uzeti su u razmatranje samo najuticajniji parametri, i to: masa vozila, krutost opruge i krutost pneumatika. Tako je dobijen jednodimenzionalan model predstavljen na slici 8.



Sl. 8 Jednodimenzionalni oscilatorni model

U ovom slučaju nije uzeto u razmatranje prigušenje u sistemu oslanjanja, jer primer je urađen za zadnji pogonski most vozila, gdje konstrukcijski nisu ugrađeni amortizeri.

U prilogu ovih aproksimacija ide i podatak da se za teretno vozilo slične koncepcije koeficijent raspodjele masa kreće u granicama od 0,8 do 1,2 [3]. Prema poznatim rezultatima ispitivanja u ovom slučaju oscilacije prednjeg i zadnjeg mosta — dijela vozila mogu se posmatrati nezavisno.

Pri malim oscilacijama vozila (do 4 mm) usljed unutrašnjeg trenja u oprugama one ne vrše svoju funkciju, već vozilo najčešće osciluje samo na pneumaticima [4]. To u krajnjoj liniji znači da se ovakav sistem može pojednostaviti i posmatrati kao sistem sa jednim stepenom slobode.

Preko II Njutnovog zakona za sistem sa jednim stepenom slobode imamo

$$m\ddot{x} = -cx \tag{20}$$

Izraz (20) možemo pisati u obliku

$$\ddot{x} = -\frac{c}{m}x \tag{21}$$

U ovom primjeru je:

- c — radijalna krutost pneumatika,
- m — masa vozila (zadnjeg dijela vozila),
- x — relativni pomak oslonjene mase.

Relativni pomak oslonjene mase (x) u odnosu na neoslonjenu masu vozila eksperimentalno je snimljen na zadnjem pogonskom mostu vozila TAM-5000, uz pomoć induktivnog davača pomaka MKD. Pomaci su mjereni za različite brzine motornog vozila i različite vrste puta i predstavljaju ugib lisnate opruge koji je izražen u milimetrima i prikazan u tabeli 1.

Tabela 1

	Asfalt		Kocka	
Brzina [km]	40	60	20	40
x [mm]	0,84282	0,92358	2,81356	3,33159

Kod savremenih teretnih vozila radijalna krutost pneumatika, pri normalnom pritisku u njima, jeste od 1,5 do 3 puta veća od krutosti lisnate opruge. Krutost pneumatika za TAM-5000 je 650 N/mm. Masa vozila za ovaj primjer je zbir oslonjene i neoslonjene mase zadnjeg dijela vozila po jednom točku $m = m_{osl} + m_{nosl} = 2.328$ kg.

Eksperimentalno dobijen relativni pomak oslonjene mase je $x = 0{,}84282$ mm, za asfaltni put pri brzini od 40 km/h. Ako se ovi podaci uvrste u izraz (21), dobija se $\ddot{x} = 0{,}235\ m/s^2$.

Na isti način mogu se izračunati ubrzanja oslonjene mase zadnjeg dijela vozila i zaostale brzine kretanja vozila, kao i kvalitete puta.

Ubrzanja oslonjene mase zadnjeg dijela vozila za različite brzine i kvalitete puta prikazana su u tabeli 2.

Tabela 2

	Asfalt		Kocka	
Brzina [km]	40	60	20	40
Ubrzanje [m/s²]	0,235	0,258	0,785	0,930

Direktno mjerena ubrzanja oslonjene mase zadnjeg dijela vozila TAM-5000, uz pomoć induktivnog davača ubrzanja HBM-20 g, prema [4] data su u tabeli 3.

Tabela 3

	Asfalt		Kocka	
Brzina [km]	40	60	20	40
Ubrzanje [m/s²]	0,273	0,295	0,691	0,954

Analizom i usporedbom rezultata direktno snimljenih preko induktivnog davača ubrzanja, prikazanih u tabeli 3, sa rezultatima dobijenim računski, preko jednačine za jednodimenzionalni model, prikazanih u tabeli 2, vidi se da su rezultati približno isti sa neslaganjima u granicama 15%.

S obzirom na to da je uvedeno dosta aproksimacija, a i radijalna krutost pneumatika mijenja se sa brzinom kretanja vozila i pritiskom vazduha u njima, slaganje podataka dobijenih računski i eksperimentalno (prikazanih u tabelama 1, 2 i 3) u dozvoljenim je granicama, jer najviše međusobno odstupanje je manje od 15%. To daje za pravo da se ovakav postupak za rešavanje ovih problema može koristiti kao prvo približenje i kao prvi podatak vjerodostojnosti rada.

Zaključak

Na osnovu eksperimentalnih istraživanja, urađenih na motornom vozilu TAM-5000, i preko tako dobijenih podataka, a uz pomoć savremenih analizera vibracija, kao što je HP-5420A, dobijene su korelaciona i prenosna funkcija dvije slučajne veličine i to relativnog pomaka oslonjene mase (ugiba lisnate opruge) i linearne deformacije lisnate opruge.

Sa dobijenog dijagrama korelacione funkcije može se zaključiti da je korelacija ove dvije slučajne veličine najveća pri malim frekvencijama, a sa povećanjem frekvencija oscilovanja korelacija opada. Može se uzeti da postoji korelacija ove dvije veličine do učestanosti od 15 Hz, a pri većim frekvencijama oscilovanja ona se približava nuli.

Sa dijagrama prenosne funkcije vidi se da je do 15 Hz direktna ovisnost izlaza o ulazu. Daljnjim povećanjem frekvencija oscilovanja dolazi do prigušenja u sistemu, te izlaz nije direktno proporcionalan ulazu. To možemo koristiti kao potvrdu da se pri analizi mjerenih veličina treba načelno uzimati u razmatranje frekventno područje od 0 Hz do 15 Hz.

Rezultati ubrzanja oslonjene mase, dobijeni direktnim snimanjem, i rezultati ubrzanja, dobijeni preko pomaka za pojednostavljeni sistem sa jednim stepenom slobode, jesu u granicama međusobnog neslaganja 15%. Kako ova razlika nije znatna, može se zaključiti da je moguće i opravdano pojednostaviti sistem motornog vozila i posmatrati ga kao sistem sa jednim stepenom slobode. To pojednostavljenje isključivo važi pri malim oscilacijama, tj. kada je srednja vrijednost amplitude oscilovanja do 4 mm.

Literatura:

[1] Ćućuz N., Rusov L.: Dinamika motornih vozila, Privredni pregled, Beograd, 1974.

[2] Simić D.: Dinamika motornih vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1980.

[3] Jacenko N. N., Prutčikov O. K.: Plavnost hoda gruzovih avtomobilej, Mašinostroenie, Moskva, 1969.

[4] Knežević R.: Prilog za utvrđivanje zavisnosti među oscilacijama vozila i naponskog stanja u nekim elementima sistema elastičnog vješanja, magistarski rad, Mašinski fakultet, Skoplje, 1987.

[5] Knežević R.: Mogućnost primjene elastičnog sistema oslabljenja kod vozila sa specijalnom namjenom, članak iz VTG br. 4/1989.

Mr Gojko Savanović,
profesor

Električne toplotne pumpe za klimatizaciju

Uvod

Električne toplotne pumpe su statična postrojenja. Ne iziskuju gotovo nikakvo održavanje. Imaju stepen korisnog djelovanja i do 5. Mogu i da griju i da hlade odgovarajuću prostoriju. Obezbeđuju toplotne potrebe za sve temperature iznad 273°K u jednoslojnoj izvedbi, a u kaskadnoj prema potrebi i uslovima. Ako se ima u vidu da je u području grijanja malo dana sa temperaturom ispod 273°K, onda je jasno da su uštede energije velike. Ako bi se neka prostorija grijala električnim grijalicama u kombinaciji sa električnim toplotnim pumpama, onda bi uštede iznosile oko 40%.

Rad predstavlja originalan doprinos rješavanju problema racionalnog korištenja izvora energije.

Poseban osvrt štednje električne energije dat je na primjeru upotrebe električnih toplotnih pumpi za klimatizaciju. One se mogu primjenjivati za klimatizaciju prostorija najrazličitijih namjena, kako za civilne, tako i za vojne svrhe. Moguće je održavati potrebnu klimu u kabinama vojnih kamiona, autobusa i drugih transportnih sredstava, kako drumskog, tako i vodenog i vazdušnog saobraćaja. Naročito široku primjenu mogu da dobiju za klimatizaciju kompjuterskih centara, prostorija za čuvanje eksploziva, namirnica, i sl.

Dimenzije električnih toplotnih pumpi su relativno male. Za snagu od 10 kW dimenzije su $2 \times 0{,}5 \times 4$ m, a priključuju se na jednosmjerni napon od 65 V. Postavljaju se u podrumske, tavanske i druge priručne prostorije objekta klimatizacije. Mogu se, takođe, ugrađivati tako da budu sastavni dio zida ili stropa i oblikovati prema uslovima postavljanja.

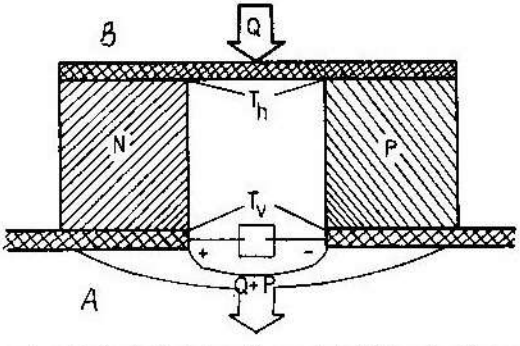
Princip rada električnih toplotnih pumpi

Već dovoljno dugo poznata je pojava da se u zatvorenom električnom kolu, sastavljenom od dva različita provodnika, može pojaviti termoelektromotorna sila, ukoliko se provodnici nalaze na različitim temperaturama. Ova pojava se naziva Sebekov efekat. Vrijednost termoelektromotorne sile proporcionalna je temperaturnoj razlici spojeva provodnika i konstanti koja karakteriše osobine provodnika u spoju.

Veće vrijednosti termoelektromotorne sile se dobiju ako se za odgovarajuće spojeve upotrijebe poluprovodnički materijali. Uređaji zasnovani na Sebekovom efektu mogu se koristiti za mjerenje visokih temperatura.

Propuštanjem jednosmjerne struje kroz kolo koje je sastavljeno od dva različita metala ili poluprovodnika, dolazi do zagrijavanja jednog, a hlađenja

drugog spoja. Pojava je suprotna Sebekovom efektu i naziva se Peltijerov efekat. Ako struja ima smjer kao na slici 1, dolazi do zagrijavanja spoja B i do hlađenja spoja A. Grijanje, odnosno hlađenje odgovarajućih spojeva je posljedica postojanja razlike potencijala na spojevima dva poluprovodnika. Ako je poluprovodnik N u spoju A negativno naelektrisan, a poluprovodnik P istog spoja pozitivno naelektrisan, elektroni koji se kreću u smjeru od N ka P trpe dopunsko ubrzanje i njihova kinetička energija raste na račun unutrašnje energije spoja. Pri tome se spoj A hladi. Elektroni se u spoju B kreću u pravcu od P ka N. Pri tome se koče poljem kontakta, pri čemu predaju dio svoje energije spoju, koji se zbog toga zagrijava.



Sl. 1 Principijelni prikaz električne toplotne pumpe

Uređaji zasnovani na ovom principu mogu se koristiti i za grijanje i za hlađenje. Poznati su pod nazivom električne toplote pumpe.

Za izradu električnih toplotnih pumpi treba obezbijediti takve spojeve poluprovodnika koji će imati veću specifičnu vrijednost termoelektromotorne sile po jedinici temperature.

Električne toplotne pumpe našle su veliku primjenu u tehnici grijanja i hlađenja, zbog svoje jednostavne konstrukcije, te velike sigurnosti u radu. Osim toga, ovi uređaji nemaju pokretnih dijelova, niti fluida za prenos toplote. Zbog toga je izbjegnuta mogućnost trovanja, eksplozija, i sl. Uređaji su relativno malih težina i malih dimenzija, ne stvaraju buku niti vibracije.

Grijanje i hlađenje pomoću električnih toplotnih pumpi ima veliku primjenu u raketnoj tehnici, kod svemirskih letjelica, željezničkom i drumskom transportu roba za koje su potrebni određeni klimatski uslovi, te za klimatizaciju željezničkih putničkih vagona.

Ona strana električne toplotne pumpe koja se grije ima višu temperaturu od okoline, usled čega se određena vrijednost toplote predaje okolini. Strana koja se hladi ima nižu temperaturu od okoline, pa uzima dio toplote od okoline. Toplota (toplotna snaga) koju predaje topli spoj, odnosno koju uzima hladni spoj, proporcionalna je Peltierovom koeficijentu i jačini električne struje koju propuštamo kroz spojeve poluprovodnika, što se može napisati izrazom

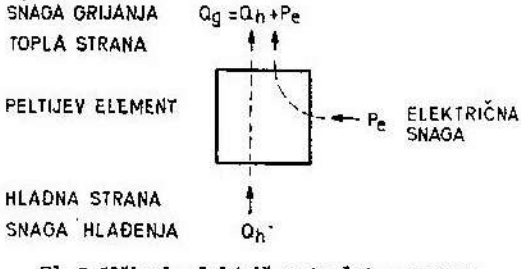
$$Q = \pi \, I$$

$$\pi = (\alpha_1 - \alpha_2) \, T \qquad (1)$$

gdje je:

- α_1 — koeficijent termoelektromotorne sile prvog poluprovodničkog materijala [V/°K]
- α_2 — koeficijent termoelektromotorne sile drugog poluprovodničkog materijala [V/°K];
- T — temperatura odnosnog spoja [°K].

Hladna strana se ponaša kao isparivač, a topla kao kondenzator mehaničke toplote pumpe, pri čemu se toplota



Sl. 2 Učinak električne toplotne pumpe

prenosi iz jedne sredine u drugu. To se postiže uz angažovanje određene vrijednosti električne snage. Na slici 2 dat je šematski prikaz predane toplotne snage nekoj sredini. Ona se može predstaviti izrazom

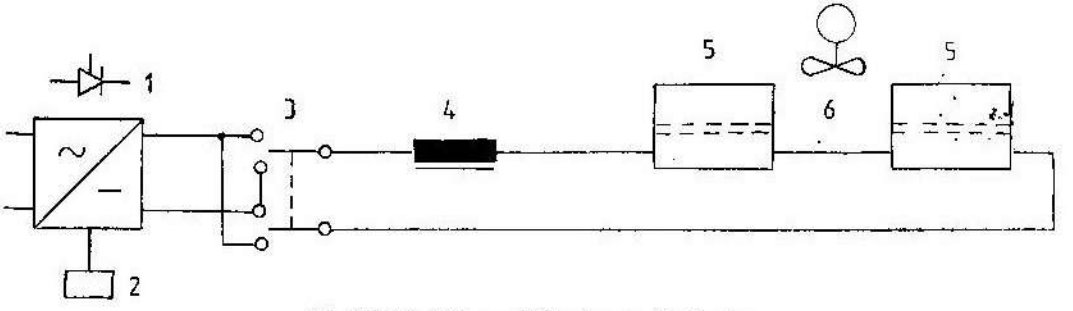
$$Q_g = Q_h + P_e \qquad (2)$$

Peltierova električna toplotna pumpa je reverzibilno postrojenje. Promjenom smjera struje dio koji je grijao sada hladi, i obrnuto (sl. 3). Promjena smjera se vrši preklopkom 3. Radi poboljšanja efekta grijanja ili hlađenja, ventilatorom 6 se izaziva strujanje vazduha preko Peltierovih elemenata 5.

Termoelektrične materijale za toplotne pumpe koje se primjenjuju za klimatizaciju objekata različitih namjena izrađuje tvornica »Melkor« of Trenton, New Jersey, a spajanja radi dobijanja potrebnog broja termoparova, odnosno električnih toplotnih pumpi, vrši »Air industrie« iz Francuske.

Termoelektrični materijali se odlikuju podesnim izborom tri osnovna parametra materijala, od kojih se izrađuju toplotne pumpe, i to:

— specifičnog otpora ρ [Ωm];
— Sebekovog koeficijenta a [V/°K];
— toplotne provodljivosti λ [W/°K].



Sl. 3 Prelazak sa grijanja na hlađenje

Termoelektrični materijali

Analizom većeg broja parametara termoelektričnih materijala došlo se do zaključka da najbolje efekte postižemo sa poluprovodničkim materijalima tipa P i N.

Poluprovodnički elementi za izradu termoelektričnih materijala izrađuju se kombinacijom:

— bizmuta i telura;
— bizmuta i selenita;
— antimona i telura;
— antimona i selenita.

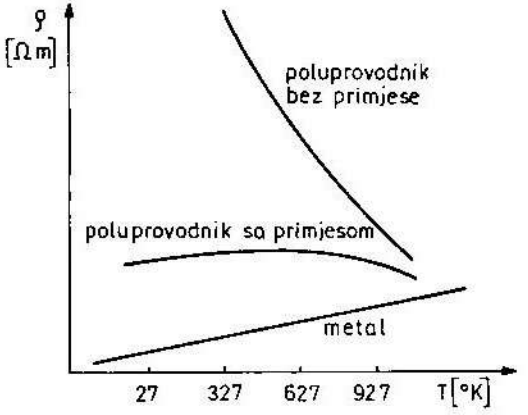
Podesnim izborom omjera u pomenutim kombinacijama mogu se dobiti termoelektrični materijali kojima se obezbeđuju veoma velike temperaturne razlike. Koja će se temperaturna razlika kod pojedinih kombinacija dobiti ovisi, prije svega, o jačini električne struje koja se propušta kroz element.

Radi lakše ocjene kvaliteta i efektivnosti električne toplotne pumpe, treba govoriti o ukupnoj vrijednosti koja sjedinjuje pomenute parametre. Ta veličina je poznata pod nazivom koeficijent efektivnosti termoelementa Z koji je u direktnoj proporcionalnosti sa kvadratom Sebekovog koeficijenta, a u obrnutoj proporcionalnosti sa specifičnim otporom i toplotnom provodljivošću [1].

$$Z = a^2/\rho \cdot \lambda \qquad (3)$$

Znači, treba načiniti takav materijal koji će imati veliki Sebekov efekat, a mali specifični otpor i toplotnu provodljivost. Na slici 4 dat je prikaz zavisnosti specifičnog otpora o temperaturi, koji se odnosi na čiste metale, poluprovodnike i poluprovodnike sa odgovarajućim primjesama. Pošto metali

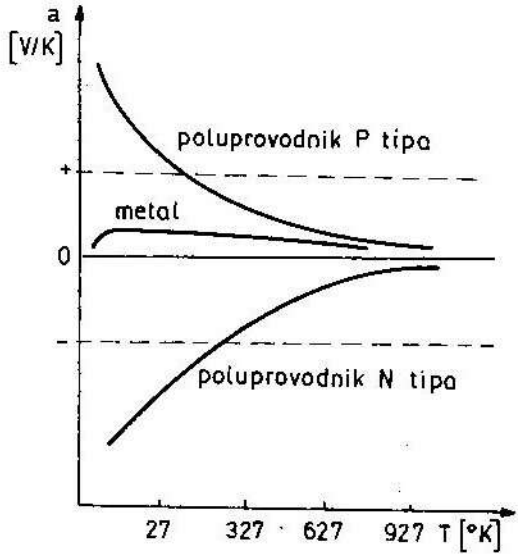
imaju male Sebekove koeficijente nisu pogodni za izradu termoelektričnih materija. Čisti poluprovodnički elementi imaju zadovoljavajući Sebekov koeficijent, ali suviše velike vrijednosti specifičnog otpora. Poluprovodnici sa izvjesnim koncentracijama bizmuta, odnosno



Sl. 4 Zavisnost specifičnog otpora od temperature za različite materijale

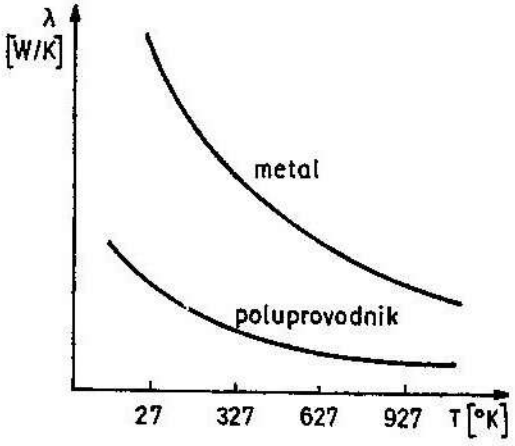
telura, znatno smanjuju vrijednost specifičnog otpora, a da se pri tome zadrže visoke vrijednosti Sebekovog koeficijenta. Za toplotne pumpe koje se primenjuju na eksperimentalnim objektima klimatizacije u Francuskoj, upotrebljavaju se termoelektrični materijali čija je vrijednost specifičnog otpora 10×10^{-6} Ω m.

Kako za specifični otpor, tako i za Sebekov koeficijent, treba uzeti onaj materijal koji u potrebnim intervalima temperatura daje najveće vrijednosti. Na slici 5 dat je šematski prikaz zavisnosti ovog koeficijenta od temperature za metale i poluprovodničke elemente. Analizom slike vidi se da metali imaju veoma mali Sebekov koeficijent, dok poluprovodnički elementi u području nižih temperatura imaju zadovoljavajuće vrijednosti. Sebekov koeficijent termoelektričnog materijala upotrebljenog za izradu modela klima sistema željezničkih vagona ima vrijednosti od $a = 203 \times 10^{-6}$ [V/°K]. Dobijene su vrijednosti ovog koeficijenta i $a = 244 \times 10^{-6}$ [V/°K] i $a = 293 \times 10^{-6}$ [V/°K].

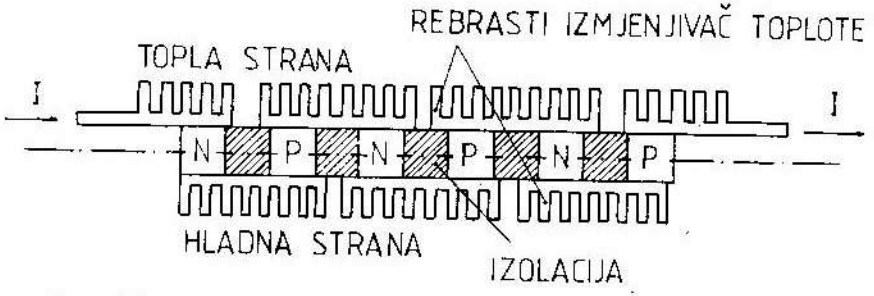


Sl. 5 Zavisnost Sebekovog koeficijenta od temperature za metale i poluprovodnike

Pri izradi termoelektričnog materijala treba voditi računa da njihova toplotna vodljivost bude što manja. I u ovom slučaju poluprovodnici imaju primat nad metalima (sl. 6), jer metali, pored drugih pomenutih manjkavosti,



Sl. 6 Zavisnost toplotne vodljivosti od temperature za metale i poluprovodnike



Sl. 7 Električna toplotna pumpa — prikaz sastavljanja termoelektričnih elemenata

imaju i veliku toplotnu vodljivost baš u područjima temperatura u kojima se toplotna pumpa najviše primjenjuje. Vrijednost koeficijenta toplotne vodljivosti za termoelektrični materijal upotrebljen za izradu modela klima-sistema iznosi 1,44 [W/°K].

Izvedba električnih toplotnih pumpi

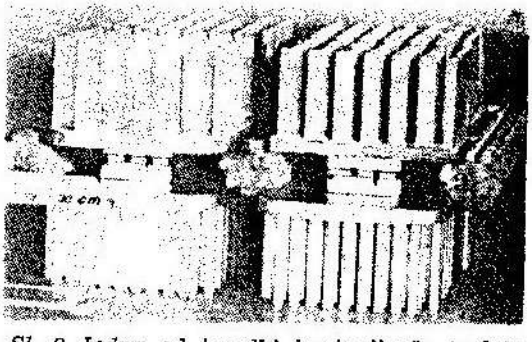
Postoji nekoliko načina izvedbi električnih toplotnih pumpi. Izvedba se, prije svega, odnosi na način i pravac strujanja vazduha od kojeg oduzimamo toplotu i vazduha kojem je predajemo. Strujanja ova dva toka mogu biti:

— u istom pravcu i istog smjera;

— u istom pravcu i suprotnih smjerova;

— različitih pravaca, odnosno poprečno.

Prva dva slučaja imaju istu, a treći drugačiju konstrukciju. Sama konstrukcija zavisi od načina vezivanja termoelektričnih elemenata i izvedbe izmjenjivača toplote na toploj i hladnoj strani. Kada je riječ o izmjeni toplote pri strujanju vazduha u istom pravcu, izvedba, odnosno slaganje termoelektričnih elemenata, relativno je jednostavno (sl. 7). Pri spajanju se uzima određeni broj termoelemenata i lemljenjem vežu u seriju pomoću bakarnih ili aluminijskih pločica. Svi spojevi koji se griju postavljaju se sa jedne strane, a spojevi koji se hlade sa druge. Većim brojem termoelemenata postiže se veća snaga klima-sistema. Tako, za određenu snagu koju želimo dobiti, znajući snagu jednog elementa, odredimo

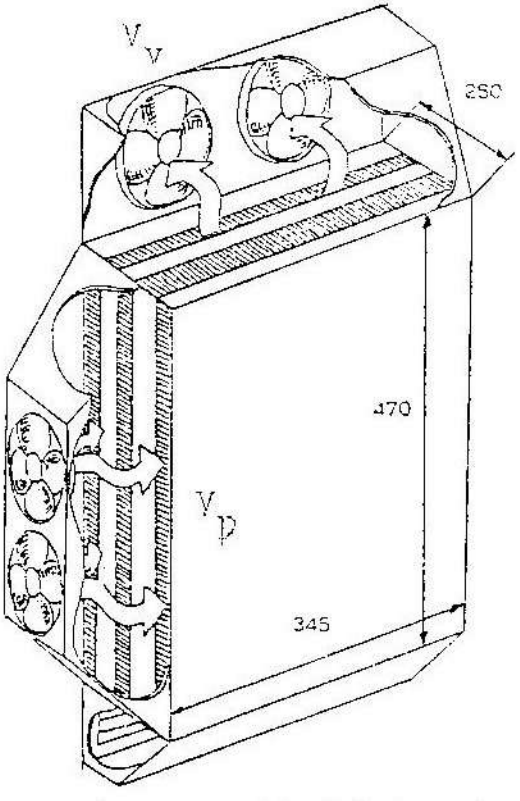


Sl. 8 Jedna od izvedbi izmjenjivača toplote

koliko ćemo elemenata uzeti. Izmjenjivači toplote se postavljaju preko hladne i tople strane. Izvode se u vidu rebara radijatora (sl. 8). Pri izradi izmjenjivača treba voditi računa da se izbjegnu oštre ivice, čime se smanjuje buka usljed strujanja vazduha [2].

Kada je riječ o strujanju vazduha čiji se pravci mimoilaze (poprečni tokovi), konstrukcija je nešto komplikovanija, ali se za isti broj elemenata dobiju moduli znatno manjih dimenzija. Termoelektrični elementi su poređani kao na slici 9. Sa V_p označena je količina primarnog vazduha, odnosno dijela vanjskog i recirkulacionog koji ima uzdužni pravac strujanja. V_v je količina vazduha koja struji poprečno. To je va-

njski vazduh od kojeg oduzimamo toplotu u modusu grijanja ili kojem je predajemo u modusu hlađenja. U unutrašnjosti vazdušnih kanala nisu prikazani rebrasti izmjenjivači toplote.



Sl. 9 Slaganje termoelektričnih elemenata

Za dimenzioniranje termoelektričnih jedinki (TEJ) koje moraju raditi pri zadanom naponu potrebni su moduli koji se sastoje od većeg broja termoelemenata. Pri tome je potrebno poznavanje odgovarajućih svojstava termoelektričnih materijala, kao što su: specifični otpor, Sebekov koeficijent i toplotna provodljivost.

Pomenuta svojstva termoelektričnih materijala (ρ, a, k) potrebno je dovesti u vezu sa svojstvima termoelektričnih jedinki (TEJ) (R, A, K). Da se to ostvari, potrebno je da se parazitni strujni i toplotni specifični otpori TEJ uključe u svojstva termoelektričnog materijala.

Mjerenje temperature obavlja se na graničnim površinama TEJ, odnosno na krajevima termoelementa, što znači da izračunata toplotna vodljivost ima manju vrijednost od stvarne.

Parazitni električni otpori koji se javljaju u spojevima pojedinih elemenata u TEJ, uključeni su u otpor termoelektričnog materijala. To znači da su date vrijednosti uvećane. Imajući to na umu karakteristične vrijednosti za TEJ mogu se predstaviti izrazima:

$$R = \rho \cdot (N \cdot l)/s$$
$$A = Na$$
$$K = k \cdot (N \cdot s)/l \qquad (4)$$

gdje je:

- R — otpor TEJ [Ω],
- A — Sebekov koeficijent TEJ [V/°K],
- K — toplotna vodljivost TEJ [W/°K],
- N — broj termoelemenata,
- s — presjek termoelektričnog materijala [m²],
- l — dužina termoelektričnog materijala [m].

Za dobijanje TEJ odgovarajuće snage, potrebno je da se uz gotovu TEJ daju karakteristike na osnovu kojih se može dati ocjena o mogućnosti primjene bez poznavanja vrijednosti parametara termoelektričnog materijala. Pri davanju karakteristika za TEJ mora se uzeti u obzir i toplotna provodljivost materijala od kojih su izrađeni izmjenjivači toplote.

Uzimajući to u obzir, došlo se do izraza za izračunavanje snage grijanja, odnosno hlađenja uz poznavanje parametara odgovarajuće TEJ.

$$Q_h^g = (Ns)aJT_o \pm 1/2(Ns)l\rho J^2 - (Ns)k\Delta T \qquad (5)$$

$$Q_h^g = AIT_o \pm 1/2RI^2 - K\Delta T \qquad (6)$$

gdje je:

ΔT — $T - T_0$;

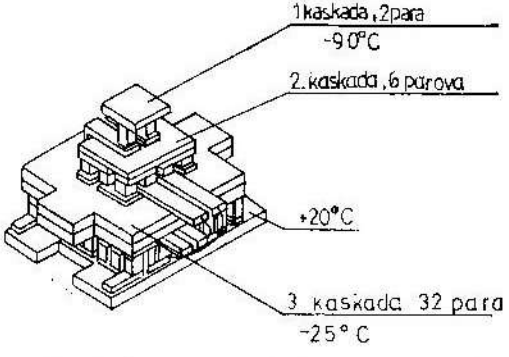
T — temperatura vazduha na toploj strani [°K];

T_0 — temperatura vazduha na hladnoj strani [°K];

J — gustoća struje [A/m²].

Potrebna snaga grijanja, odnosno hlađenja jedne TEJ, ovisno o temperaturama vazduha od kojeg se toplota uzima ili predaje, reguliše se potrebnom vrijednošću struje. Za svaki tipski proizvod TEJ određena je maksimalna vrijednost struje, a time i snage grijanja i hlađenja [3].

Termoelektrično grijanje i hlađenje je poznato dosta dugo. No, masovnija primjena nije zaživjela zbog toga što se nije raspolagalo tehnologijom kojom bi mogli napraviti odgovarajuće termoelektrične materije i čitave TEJ a da koeficijent korisnog dejstva bude zadovoljavajući. Danas se potpuno ovladalo tehnologijom izrade TEJ malih



Sl. 10 Kaskadna veza električnih toplotnih pumpi

snaga (do 1 kW) i srednjih snaga (do 3 kW). Razvoj TEJ većih snaga (do 15 kW) posljednjih je godina uznapredovao, ali je još u eksperimentalnoj fazi. Testiranja na modelima različitih namjena pokazala su dobre rezultate [4].

Radi postizanja što većih temperaturnih razlika između tople i hladne strane termoelektrične toplotne pumpe, određeni broj modula može se spajati u tzv. kaskadu (sl. 10) i to kao jednokaskadni, dvokaskadni i trokaskadni sistem [5].

Svi termoelektrični elementi se po spajanju na odgovarajući način zalijevaju čvrstim poroznim materijalom koji popunjava sve međuprostore. Materijal mora da ima mali koeficijent toplotne provodljivosti. Prvom kaskadom do 32 para termoelektričnih elemenata postiže se temperaturna razlika od 25 [°K], drugom 60 [°K], a trećom kaskadom se postiže temperaturna razlika i do 90 [°K]. Temperatura na hladnoj strani može biti npr. 183 [°K], a na toploj 293 [°K]. Kaskade se mogu izvoditi i tako da budu veće temperature na toploj, a manje na hladnoj strani, što ovisi o potrebnim uslovima grijanja, odnosno hlađenja.

Zaključak

U prethodnom izlaganju prikazan je rad električnih toplotnih pumpi za klimatizaciju. Na osnovu datih prikaza može se zaključiti da su električne toplotne pumpe sa relativno malim brojem elemenata. Može se smatrati da je model jedna cjelina koja gotovo ne zahtijeva nikakvo održavanje, te da jedan te isti uređaj služi i za grijanje i za hlađenje.

Električne toplotne pumpe ne mogu se upotrijebiti kao monovalentna postrojenja, jer im je rad u području niskih temperatura neekonomičan. Zbog toga se upotrebljavaju kao alternativna postrojenja sa drugim vrstama grijanja.

Literatura:

[1] Kotirlo, Sćegolijev: Teplovije šemi termoelektričeskih ustrojstv, Kiev, 1973.

[2] B. I. Kitajev: Teploobmenije procesi pri ekspluataciji vagonov, Moskva, 1984.

[3] J. G. Stockholm, P. M. Schlicklin: Industrial thermoelectric cooling in the kilovat range, Texas, 1986.

[4] J. G. Stockholm, P. M. Schickiin: Industrial thermoelectric air cooling, San Diego, 1986.

[5] J. G. Stockholm, J. P. Buffet: Large gas to gas thermoelectric heat pumps, Texas, 1980.

[6] G. Savanović: Primjena električnih toplotnih pumpi za klimatizaciju željezničkih putničkih vagona, ETF, Sarajevo, 1989. (magistarski rad).

[7] G. Savanović: Klimatizacija željezničkih putničkih vagona, Beograd, železnice, 1990 (46) br. 1, str. 31—37.

Mr Ljubislav Vasin,
kapetan I klase, dipl. inž.

Izbor kriterijuma i parametara za kontrolu transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA

Uvod

Više sprovedenih analiza o vojnom putnom transportu pokazalo je, pored ostalog, da efikasnost postojećeg sistema kontrole transportne funkcije ne zadovoljava u potpunosti, jer se kontrola u vojnom putnom transportu vrši na osnovu različitih pravila, pravilnika i uputstava, u kojima kriterijumi i parametri za kontrolu nisu u potpunosti usklađeni, razrađeni i opisani. Zbog toga, polazeći od analize postojećeg stanja, predlažemo moguća poboljšanja sistema kontrole transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA. Da bi se poboljšani model mogao razraditi i primeniti u praksi, veoma je važno izvršiti izbor relevantnih kriterijuma i parametara za kontrolu.

Osnovni cilj članka je sagledavanje mogućih poboljšanja i povećanje nivoa saznanja o sistemu kontrole transportne funkcije. Nova saznanja bi trebalo da pruže pomoć organima koji vrše kontrolu u automobilskim transportnim jedinicama JNA u smislu bržeg i sveobuhvatnijeg sticanja uvida u postojeće stanje, sa svrhom da se utvrde i otklone nedostaci i realnije ocene automobilske transportne jedinice JNA.

Određenje pojma kontrole i transportne funkcije

Reč kontrola potiče od francuske reči »controle«, što znači proveravanje. U rečniku srpskohrvatskog književnog jezika kontrola se objašnjava kao »nadzor čiji je cilj, zadatak da proveri nešto, nadzor uopšte«, dok nadzor predstavlja »nadgledanje, vođenje računa o kome ili čemu, služba i briga o čuvanju reda, zakona o vršenju poslova i sl.« [1].

Vojni leksikon pod kontrolom smatra »jednu od osnovnih funkcija rukovođenja, komandovanja i upravljanja. Sprovodi se radi sticanja uvida u izvršavanje zadataka, odluka, naređenja, uputstava vojnih, provere zakonitosti rada komandi i starešina i preduzimanja odgovarajućih mera. Primenjuje se na svim nivoima vojne organizacije i u svim oblastima života i rada« [2].

U literaturi se najčešće mogu sresti dva prilaza objašnjenju kontrole. Prvi posmatra kontrolu kao funkciju organizacije, a drugi kao funkciju rukovođenja.

Funkcionisanje svake organizacije prati odvijanje veoma velikog broja raznih aktivnosti. Grupe aktivnosti koje se odvijaju po istim ili srodnim principima sačinjavaju funkcije organizacije. U odnosu na funkcionisanje organizacije kao celine, sve funkcije se mogu grupisati u pet osnovnih: upravljanje, organizovanje, rukovođenje, izvršavanje i kontrolisanje [3].

U teoriji i praksi rukovođenja i komandovanja u oružanim snagama postoje određene razlike u shvatanju i tu-

mačenju pojmova upravljanja, rukovođenja i komandovanja. S obzirom na ta različita shvatanja, u ovom radu je prihvaćeno gledište da su upravljanje i rukovođenje različiti pojmovi, a komandovanje je funkcija rukovođenja.

Upravljanjem se određuju, odnosno postavljaju, ali i menjaju ili dopunjavaju osnovni ciljevi organizacije kao sistema, koji joj obezbeđuju zadovoljavanje potreba, ali i opravdavaju postojanje i razvoj sistema. Dakle, upravljanjem se regulišu sva ključna pitanja značajna za postizanje ciljeva: pravci i koncepcije, odnosno politike razvoja i, analogno tome, oblikovanje strukture i koncepcije njenog funkcionisanja, raspodela resursa, odnosi, rukovođenje, i dr.

Deo upravljanja, koji se može shvatiti kao svesno usmeravanje pojedinaca ili grupa radi postizanja upravo tih u okviru upravljanja postavljenih ciljeva, predstavlja rukovođenje. Može se reći da je rukovođenje sastavni deo upravljanja i to onaj deo koji je usmeren na izvršavanje zadataka u konkretnim uslovima, u skladu sa usvojenom politikom i postavljenim ciljevima i predviđenom organizacijom.

U vojnom leksikonu je »rukovođenje organizovana (planska) delatnost usmerena na ostvarivanje ciljeva i zadataka organizovanja i pripremanja celokupnog sistema ONO, i izvršenja drugih zadataka u ratu i miru. Osnovni nosioci rukovođenja u oružanim snagama su komande i štabovi različitih stepena. Zasniva se na jedinstvenim osnovama, utvrđenim odnosima starešina, komandi i štabova, i na jednostarešinstvu« [2]. U vojnoj literaturi se najčešće sreće stav da rukovođenje sačinjava pet međusobno zavisnih funkcija: planiranje, organizovanje, komandovanje, koordinacija i kontrola [4].

Kontrola je funkcija rukovođenja kojom se utvrđuje postojanje razlike između planiranog (zahtevanog, propisanog) i stvarno postojećeg (ostvarenog). Organizuje se i sprovodi neprekidno u toku svih ostalih funkcija, jer se njome stiče uvid u stanje i stepen izvršenja postavljenih zadataka. Kontrola sprečava površnost u izvršavanju zadataka, stihijnost, nepoštovanje propisa i druge negativnosti, te joj se u svim aktivnostima mora pridavati nužna pažnja. Međutim, ona nikada ne sme biti usmerena tako da iznalazi samo nedostatke, već da ocenjuje celokupni rad i rezultate, a u sklopu toga i nedostatke koji se u većoj ili manjoj meri pojavljuju u izvršenju svakog zadatka.

Kontrola u oružanim snagama zasniva se na pravnim osnovama rukovođenja i komandovanja, tj. na pravu i obavezi organa rukovođenja koji proizilaze iz zakona, pravilnika i drugih propisa koji regulišu život i rad u oružanim snagama. Ona ne sme biti proizvoljna i mora se zasnivati na naučnim osnovama i utvrđenom sistemu normi i kriterijuma.

Prema tome, kontrola je nedeljivi, sastavni deo rukovođenja, pod kojom se, pre svega, podrazumeva kontrola toka izvršenja rada, radi sticanja informacije o njegovom stanju. Kontrola pruža mogućnost da se donese sud o donetim odlukama, da se na vreme unesu korekture u program akcije radi ostvarenja postavljenih ciljeva, da se otkriju nedostaci, da se spreče mogući neuspesi, da se pronađu neiskorišćene mogućnosti i rezerve, da se aktivno utiče na ispunjavanje planova, direktiva i naređenja [5].

Precizno objašnjenje pojma »transportna funkcija« u literaturi koja se bavi problemima iz oblasti transporta ne može se naći.

Opšti pojam funkcije može se objasniti na sledeći način: posmatrajući bilo koji sistem, može se reći da pojam funkcije povezuje ciljeve i svrhu sistema, pri čemu su ciljevi stanja u koja sistem mora doći da bi ispunio svoju svrhu koja predstavlja smisao njegovog postojanja.

Funkcije se, takođe, mogu zamisliti kao sistemi, koji se mogu deliti na sisteme i podsisteme, odnosno na funkcije i potfunkcije.

Primenjeno na transportni sistem, transportna funkcija predstavlja skup aktivnosti kojima se ostvaruje prevoz ljudi i tereta ili, ako posmatramo vojni transport KoV-a, pod transportnom funkcijom se podrazumeva skup aktivnosti kojima se obavlja transport korišćenjem automobilskih transportnih jedinica JNA. Transportna funkcija predstavlja osnovnu delatnost u vojnom transportu. Njome se realizuju transportni zahtevi koje postavljaju jedinice i ustanove JNA, pa i društvo, pred automobilske transportne jedinice. Transportna funkcija je funkcija neposrednog stvaranja rezultata u vojnom transportu.

Polazeći od navedenog, može se reći da je transportna funkcija osnovna funkcija kojom se izvršavaju transportni zadaci, ostvaruju konkretni rezultati u vojnom transportu i postižu ciljevi postavljeni upravljanjem transportom u JNA.

Kontrola u vojnom putnom transportu

Pored kontrole borbene gotovosti i materijalno-finansijske kontrole, u automobilskim transportnim jedinicama vrši se kontrola i ocena stanja transportnog sistema, koja se sprovodi na osnovu odredaba Pravila o korišćenju motornih vozila JNA u miru i Uputstva za ocenjivanje stanja transportnog sistema u jedinicama JNA u miru.

Proučavanjem stanja postojećeg sistema kontrole u vojnom putnom transportu, uočene su i određene slabosti.

Kriterijumi na osnovu kojih se kontroliše i ocenjuje pozadinsko obezbeđenje u sklopu kontrole borbene gotovosti su zastareli, sa nedovoljno dobro izabranim pokazateljima i opisima vrednosti. Pomoću njih se ne može steći predstava o stanju transportnog sistema i funkcionisanju transportne funkcije u automobilskoj transportnoj jedinici koja se kontroliše, jer nisu postavljeni u tom smislu [6].

Organi koji sprovode materijalno-finansijsku kontrolu u JNA primenjuju jedinstvene metode rada u svim sferama života i rada, tako da se ne izdvajaju zasebne metode i kriterijumi za materijalno-finansijsku kontrolu u vojnom transportu.

Pravilo o korišćenju motornih vozila JNA u miru sadrži osnove korišćenja motornih vozila u JNA, funkcionisanja centralizovanog transporta i dispečerske službe, kao i mere čijim se sprovođenjem obezbeđuje plansko, namensko i ekonomično korišćenje motornih vozila JNA. Otuda se može reći da ovo pravilo posmatra kontrolu prevashodno kao kontrolu korišćenja motornih vozila [7].

Uputstvom za ocenjivanje stanja transportnog sistema u jedinicama JNA u miru kontrolu i ocenjivanje stanja transportnog sistema obavljaju kontrolni organi Saobraćajne uprave, Inspekcije oružanih snaga i komande vojne oblasti. Transportni sistem se po odredbama ovog uputstva ocenjuje po podsistemima (npr. organizacija, planiranje i funkcionisanje putnog železničkog, plovidbenog transporta itd.). Svaki podsistem se ocenjuje preko određenog broja pitanja, čiji je sadržaj dat u kriterijumima za ocenjivanje svakog od navedenih podsistema. Stanje transportnog sistema ocenjuje se brojčanom i zaključnom opisnom ocenom, koja obuhvata zaključke ocena nađenog stanja po podsistemima transportnog sistema. U sklopu kriterijuma i parametara namenjenih za kontrolu i ocenjivanje podsistema putni transport u celosti, određeni broj kriterijuma je korektno razrađen i kao takvi se mogu koristiti za kontrolu. To se odnosi, pre svega, na evidenciju korišćenja neborbenih motornih vozila. Pojedini kriterijumi, kao npr. izmeritelji rada u putnom transportu, nisu u potpunosti korektno sistematizovani i izneseni, ali uz određene dopune i korekcije mogli bi se primeniti i za kontrolu transportne funkcije [8].

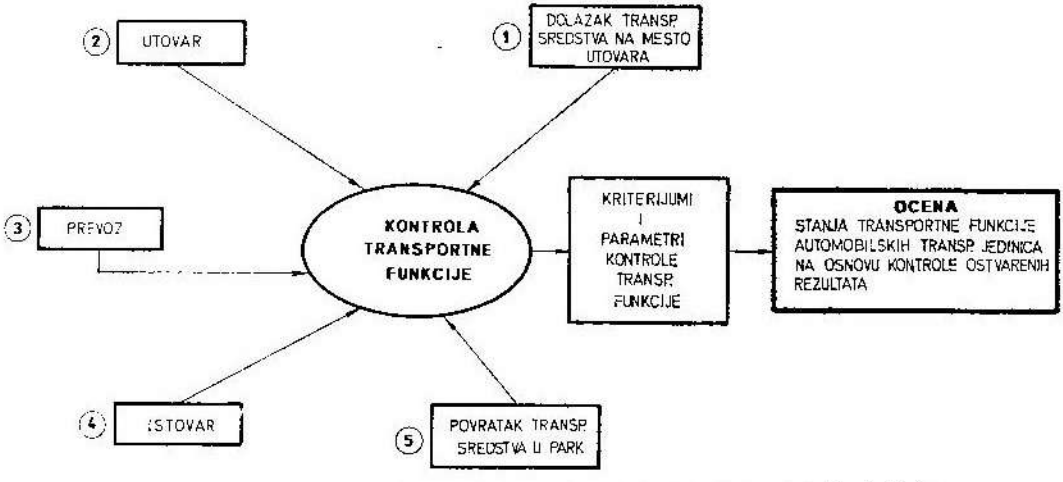
Kontrola transportne funkcije, kao neposredne funkcije izvršavanja transportnih zadataka, koju obavljaju automobilske transportne jedinice JNA ne organizuje se i ne sprovodi posebno. Međutim, aktivnosti koje čine transportnu funkciju delimično kontroliše, u sklopu kontrole borbene gotovosti, materijalno-finansijske kontrole i ocene automobilskih transportnih jedinica Saobraćajna uprava.

Najvažniji elementi, na osnovu kojih se može sagledati učinak ostvaren u vojnom transportu, jesu proizvodnost transportnih sredstava i cena transporta. U postojećim oblicima kontrole oni su samo pomenuti, a način na koji se kontrolišu i ocenjuju nije dat.

S obzirom na veliki broj saobraćajnih nezgoda koje se svakodnevno događaju i teške posledice koje one prouzrokuju, trebali bi biti detaljnije razrađeni i kriterijumi i parametri u okviru kontrole funkcionisanja putnog transporta, koji bi se odnosili na bezbednost saobraćaja u vojnom putnom transportu.

Da bi se mogla izvršiti kvalitetna i sveobuhvatna kontrola u putnom transportu, imajući u vidu sve što je navedeno, potrebno je definisati skup kriterijuma i parametara na osnovu kojih će se vršiti kontrola i ocena stanja transportne funkcije u automobilskim transportnim jedinicama JNA u miru. Kontrola transportne funkcije obuhvata kontrolu svih aktivnosti koje po definiciji čine transportnu funkciju (sl. 1), uz napomenu da postoji opredeljenje da se kontroliše rezultat funkcionisanja transportne funkcije (ostvarena proizvodnost transportnih sredstava, cena koštanja transporta i bezbednost saobraćaja).

S obzirom na uočene činjenice u analizi stanja postojećeg sistema kontrole, teorijske postavke kontrole i važeće zakonske odredbe, u ovom članku se predlaže sistem kontrole koji bi mo-



Sl. 1 Kontrola transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica

gao povećati efikasnost kontrole transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica.

Osnova koncepta kontrole transportne funkcije prikazana je na slici 2. Kontrola se obavlja u transportnom sistemu, ali se odnosi samo na jedan njegov deo, tj. kontroliše se transportna funkcija automobilskih transportnih jedinica.

Kontrola transportne funkcije istovremeno obuhvata i kontrolu dela transportnog procesa i kontrolu rezultata ostvarenih izvršavanjem transportnih zadataka koju obavljaju automobilske transportne jedinice. Ti neposredni rezultati funkcionisanja transportne funkcije (transportni učinak izražen u tkm ili pkm, cena koštanja transportne usluge i postignuta bezbednost saobraćaja) predstavljaju ulaz za sistem kontrole.

Sistem kontrole podrazumeva razrađene:

— ciljeve kontrole;
— kriterijume i parametre za kontrolu;
— matematičke modele;
— organizaciju sa potrebnom strukturom organa;
— informatičku podršku.

Kao izlaz iz sistema kontrole javljaju se ocene o stanju transportne funkcije i predlog mera, koje na osnovu ocena i zaključivanja o stanju treba preduzimati radi poboljšanja funkcionisanja transportnog sistema.

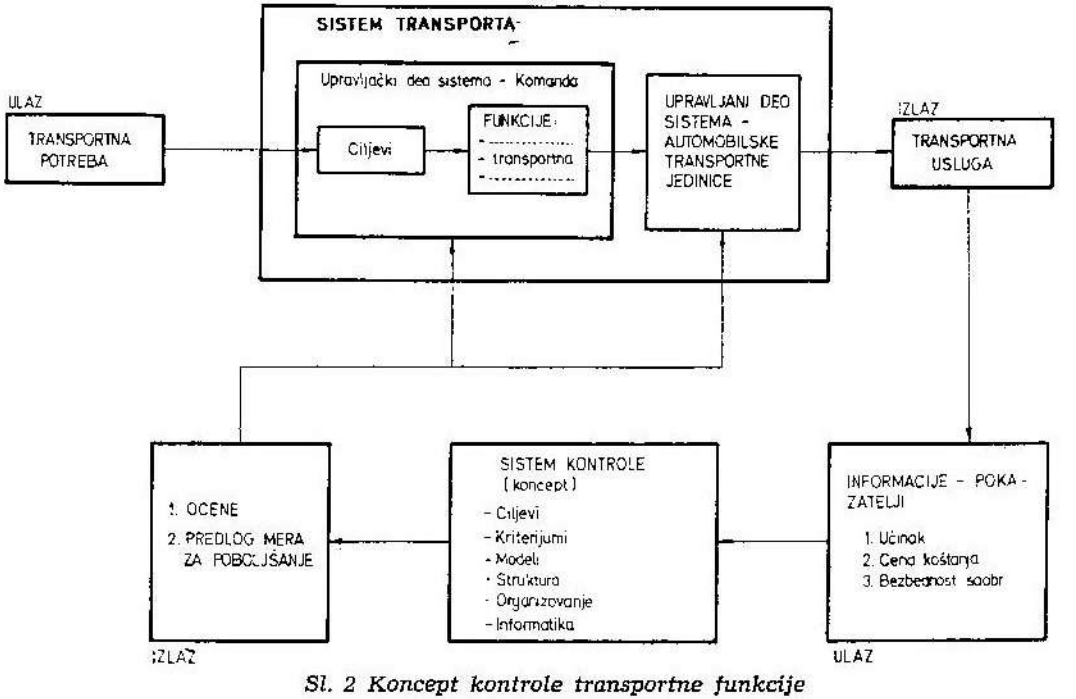
Izbor kriterijuma i parametara za kontrolu

Da bi se mogla doneti pravilna odluka, izvršiti izbor između mogućih varijanti ili kontrola postignutih rezultata, potrebno je definisati principe ili pravila po kojima će se vršiti upoređenja varijanti ili, u postupku kontrole, kompariranje ostvarenih rezultata. Ti principi ili pravila nazivaju se kriterijumima.

Na osnovu opštih karakteristika kriterijuma i sadržaja aktivnosti transportne funkcije, za kontrolu transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA u miru, anketiranjem eksperata određena su četiri kriterijuma:

1) izmeritelji rada u putnom transportu;
2) cena koštanja transporta;
3) bezbednost saobraćaja (očuvanje predmeta transporta);
4) kompletnost i kvalitet dokumentacije.

U okviru navedenih kriterijuma izabrani su parametri za prikupljanje



Sl. 2 Koncept kontrole transportne funkcije

podataka i ocenjivanje kriterijumskih vrednosti (tabela 1).

Tabela 1

Kriterijumi i parametri za kontrolu transportne funkcije

Kriterijumi	Parametri
1) Izmeritelji rada u putnom transportu	1) Koef. iskorišćenja auto-dana (α) 2) Koef. funkcionalne ispravnosti (α_f) 3) Koef. iskorišćenja vremena rada (δ) 4) Koef. iskorišćenja puta s teretom (β) 5) Koef. nultog puta (ω) 6) Koef. statičkog iskoriš. nosivosti (γ_s)
2) Cena transporta	1) Jedinična cena prema ostvarenom transportnom radu [din/tkm, din/pkm]
3) Bezbednost saobraćaja	Podgrupa povezana sa događajima: 1) Saobraćajni prekršaji vozača 2) Saob. nezgode sa materijalnom štetom 3) Saob. nezgode sa povređenim licem 4) Saob. nezgode sa poginulim licem Podgrupa povezana sa posledicama: 5) Iznos materijalne štete 6) Broj lakše povređenih lica 7) Broj teže povređenih lica 8) Broj poginulih lica
4) Kompletnost i kvalitet dokumentacije	1) Pregled korišćenja neborbenih m/v 2) Osnovni pregled raspoloživih m/v 3) Putni radni list 4) Osnovni pregled realizacije goriva, kilometara i moto-časova

Ovaj izbor kriterijuma i parametara može se obrazložiti sledećim razlozima: osnovni kriterijumi na osnovu kojih se može sagledati efektivnost u transportu jesu cena koštanja transportne usluge i proizvodnost transportnih sredstava, jer je i najveći broj parametara transportnog procesa upravo vezan za njih. Zapravo, može se reći da je pri prevozu tereta i putnika najvažnije izvršiti transport sa maksimalnom proizvodnošću i minimalnom cenom koštanja.

Pod proizvodnošću u transportu podrazumeva se ostvareni transportni rad ili obim prevoza (broj putnika, količina tereta) u jedinici vremena [9, 10]. Ako se kao jedinica vremena uzme radni sat, onda je to radna proizvodnost. Ona se može izraziti brojem ostvarenih tona-kilometara [tkm] ili putnik-kilometara [pkm] u jedinici vremena (W_U) ili brojem prevezenih putnika ili tona tereta u jedinici vremena (W_p, W_Q). Na veličinu proizvodnosti deluje niz faktora, koji se mogu svrstati u spoljne i unutrašnje faktore. Spoljni su oni na koje se, uglavnom, ne može uticati, a unutrašnji faktori se dele na lične (njihov uticaj se meri kvalitativnim pokazateljima) i tehničko-eksploatacione, od kojih se izdvaja osnovna grupa, koja se može meriti: nosivost transportnog sredstva (q), stepen iskorišćenja nosivosti (γ), stepen iskorišćenja puta pod teretom (β), saobraćajna (tehnička) brzina (V_s), vreme trajanja utovarno-istovarnih radova (t_{ui}) i daljina prevoza tereta (L_t). Funkcionalna povezanost parametara u okviru proizvodnosti može se izraziti na sledeći način:

$$W_{1i} = \frac{q \gamma_s V_s \beta L_t}{t_{ui} V_{s\beta} + L_t}, \text{[tkm/h]}$$

Upravo iz razloga što se proizvodnost može izraziti preko tehničko-eksploatacionih pokazatelja od kojih i direktno zavisi, kao kriterijum za kontrolu uzeti su izmeritelji rada u putnom transportu.

Međutim, kao kriterijum za kontrolu transportne funkcije najbolje bi bilo

odabrati upravo proizvodnost transportnih sredstava, ali zbog toga što se iz postojeće dokumentacije ne može doći do vremena trajanja utovarno-istovarnih radova (t_{ui}) i ostvarene saobraćajne brzine (V_s) prilikom izvršavanja nekog transportnog zadatka, kao prvi kriterijum uzeti su izmeritelji rada u putnom transportu.

Ako se želi saznati proizvodnost kontrolisane jedinice, na osnovu odabranih izmeritelja, korišćenjem navedenog izraza za proizvodnost, može se odrediti približna veličina ostvarene proizvodnosti (W_Q, W_L).

Kao parametri na osnovu kojih će se oceniti ovaj kriterijum, pored izmeritelja rada i tehničko-eksploatacionih pokazatelja od kojih zavisi proizvodnost transportnih sredstava (γ_s, β, L_t, q, t_{ui}, V_s), uzeti su i izmeritelji na osnovu kojih se mogu sagledati osnovne karakteristike najvažnijih elemenata transporta, a koji se mogu iz postojeće dokumentacije kontrolisati i kvantifikativno izraziti (α, α_f, ω, δ, β, γ_s).

S obzirom na to da se najmerodavnija ocena o funkcionisanju transporta može dobiti isključivo preko proizvodnosti, valjalo bi razmisliti o predlogu da se postojeća dokumentacija (npr. putni radni list), delimično izmeni ili dopuni, tako da sadrži sve elemente potrebne da se transportna funkcija može kontrolisati i oceniti preko proizvodnosti transportnih sredstava.

Cena je nezaobilazni faktor u svim aktivnostima, te se morala naći u grupi kriterijuma za kontrolu transportne funkcije. Od vojnog transporta u miru se, takođe, zahteva povećanje transportnog učinka uz minimizaciju transportnih troškova, kao ključnog faktora cene transportne usluge.

Kriterijum bezbednost saobraćaja uzet je u obzir zbog toga što se saobraćajne nezgode i posledice koje one prouzrokuju nikako ne mogu izostaviti tokom kontrole transportne funkcije u automobilskim jedinicama. Ukoliko je neka jedinica ostvarila određeni transportni rad, pri čemu se javljaju i saobraćajne nezgode (a samim tim oštećenja motornih vozila, povreda lica ili gubitka ljudskih života), za čiji su nastanak i posledice odgovorni vozači jedinice, svakako će biti umanjen transportni učinak dotične jedinice.

Kao četvrti kriterijum uzet je kompleksnost i kvalitet dokumentacije, jer se iz nje mogu dobiti potrebne informacije za kontrolu i ocenjivanje neke jedinice. Navedena dokumenta, odnosno parametri za ocenu ovog kriterijuma, moraju se voditi u automobilskoj jedinici po odredbama Pravila o korišćenju motornih vozila u JNA u miru.

Ocena relativne važnost kriterijuma i parametara kontrole

Svakom kriterijumu, odnosno parametru, pripisana je odgovarajuća težina, tj. određena je mera relativne važnosti V_j ($j = 1, 3, 5, 7, 9$), jer svaki odabrani kriterijum nema isti uticaj na transportnu funkciju, odnosno, svaki parametar ne deluje podjednako na određeni kriterijum. Kriterijum sa višom ocenom relativne važnosti značajnije utiče na transportnu funkciju, odnosno, u grupi parametara unutar određenog kriterijuma, parametar sa višom ocenom ima veći uticaj na dotični kriterijum.

Ocene relativne važnosti (ili težine) kriterijuma i parametara određene su primenom Delphi metode i anketiranjem organa i starešina saobraćajne službe.

Jedna od najpoznatijih ekspertnih metoda, Delphi metoda, primenjena je za određivanje ocena relativne važnosti kriterijuma i parametara iz sledećih razloga:

— iskorišćeno je stručno znanje ne samo pojedinih eksperata, već grupe eksperata, tako da je veća verovatnoća tačnosti pojedinih rezultata;

— čuvanjem anonimnosti pojedinih članova grupe eksperata za vreme

sprovođenja ankete, isključeni su negativni psihološki uticaji, kao što je autoritet i zasluga uglednijih, koji su prethodno izneli svoju odluku;

— omogućeno je individualno izražavanje mišljenja svih eksperata do kojih se, u relativno kratkom vremenu, moglo doći;

— korišćenjem povratne sprege u anketnom postupku ekspertima je omogućeno korigovanje stavova iz prethodnog kruga;

— ispunjavanje anketnih listova je relativno jednostavno i brzo;

— primena metode u celosti je jednostavna, jeftina i sigurna u pogledu rezultata.

Postupak primene Delphi metode izvršen je sprovođenjem sledećih faza rada:

1) izbor predmeta razmatranja, tj. određivanje ocena relativne važnosti odabranih kriterijuma i parametara za kontrolu;

2) izbor eksperata.

Određen je broj od 15 eksperata u grupi koja će biti anketirana (dovoljan i najpovoljniji broj eksperata je između 15 i 25 prema preporukama iz literature). Izbor stručnjaka je izvršen prema sledećim kriterijumima:

— naučno-tehničko znanje u oblasti za koje se istraživanje vrši;

— praktično znanje u datoj oblasti;

— naučno-istraživački rad;

— veliko iskustvo u rešavanju zadataka u putnom transportu.

Svi odabrani eksperti u grupi su diplomirani inženjeri saobraćaja;

3) sastavljanje prvog anketnog lista i prikupljanje odgovora od eksperata. Da bi upitnik bio što bolji, pre njegovog definitivnog sastavljanja konsultovani su i eksperti, koji će učestvovati u davanju odgovora;

4) sastavljanje drugog anketnog lista na osnovu rezultata prve ankete i prikupljanje odgovora od eksperata.

Ponovljeno ispitivanje je vratilo davaocima odgovora pregled distribucije svih odgovora u prvom anketnom krugu, pri čemu im je prezentirana i srednja vrednost dobijenih ocena;

5) obzirom na veoma ujednačene ekspertske stavove nakon izvršenog drugog anketiranja, anketni postupak je završen i pristupilo se matematičko-statističkoj obradi rezultata.

Dobijeni rezultati primenom Delphi metode dati su u tabeli 2.

U kolonama 3 (8) i 5 (10) tabele 2 dat je pregled svih odgovora eksperata u prvom i drugom krugu, a u kolonama 4 (9) i 6 (11), X_1 predstavlja srednju vrednost ocene dobijene u prvom, a X_2 srednju vrednost ocene dobijene u drugom anketnom krugu.

Kriterijumi i parametri za kontrolu transportne funkcije i razradu modela, izabrani na ovaj način, mogu značajno doprineti poboljšanju kvaliteta kontrole, a time i kvalitetu izvršenja zadataka u putnom transportu JNA.

Zaključak

U članku su obuhvaćena teorijska razmatranja o kontroli i transportnoj funkciji, dat je kritički osvrt na postojeći sistem kontrole u vojnom putnom transportu i izbor kriterijuma i parametara za kontrolu transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA u miru. Članak je i deo studijskog rada o ovom problemu [11].

Kontrola transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica posmatra se kao nedeljivi, sastavni deo rukovođenja i komandovanja oružanim snagama, sa napomenom da je u radu prihvaćen stav, da težište kontrole treba da bude usmereno na kontrolisanje rezultata ostvarenih u vojnom putnom transportu. Objekat kontrole je transportna funkcija, koja se može definisati kao skup aktivnosti kojima se u transportu ostvaruje prevoz ljudi i tereta.

Ocene eksperata i usvojene vrednosti ocena relativne važnosti kriterijuma i parametara kontrole transportne funkcije

Kriterijumi	Parametri	Ocene parametara: Ocene eksperata I	X_1	II	X_2	Usv. ocena	Ocene kriterijuma: Ocene eksperata I	X_1	II	X_2	Usvojena ocena
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IZMERITELJI RADA U PUTNOM TRANSPORTU	Koef.iskorišćenja auto-dana	55111133 5355355	3,40	55355353 5755355	4,60	5	57 73		57 77		
	Koef.funkcionalne ispravnosti	37757533 5553557	5,00	55757573 5553557	5,27	5	57 3		57 7		
	Koef.iskorišćenja vremena rada	35333333 3315733	3,53	35333533 3333533	3,40	3	9 7	6,07	9 7	6,60	7
	Koef. iskorišćenja puta s teretom	97959735 7977373	6,46	77957755 7777577	6,60	7	7 5		7 5		
	Koef. nultog puta	75913331 5355755	4,46	75535553 5355755	4,86	5	9 7		7 7		
	Koef. statičkog iskor. nosivosti	73531791 9979979	6,33	97997797 9999979	8,33	9	3 7		5 7		
CENA KOŠTANJA TRANSPORTA	Jed. cena prema ostvarenom transportnom radu	57775999 9979799	7,80	99979799 9997999	8,60	9					9
BEZBEDNOST SAOBRAĆAJA	Saob. prekršaji vozača	31353111 1131311	1,93	11331111 1111311	1,40	1	7 5		5 5		
	Saob. nezgode sa mat. štetom	51573311 53 55735	3,93	55573535 5355755	4,86	5	7 3		7 5		
	Saob. nezgode sa povređenim licem	73779713 7577577	5,93	75797775 7977577	6,86	7	3 5		5 5		
	Saob. nezgode sa poginulim licem	95999955 9979779	7,80	97999997 9999979	8,60	9	3 5	4,86	3 5	4,73	5
	Iznos materijalne štete	33353711 3133513	3,00	33353331 3333313	2,86	3	5 7		5 5		
	Broj lakše povređenih lica	55575531 5355735	4,60	55575533 5555755	5,00	5	1 9		3 5		
	Broj teže povređenih lica	75799753 7577575	6,33	75797775 7577575	6,46	7	3 7		3 7		
	Broj poginulih lica	95999975 9799799	8,07	97999979 9799799	8,46	9	3 3		3 3		
KOMPLETNOST I KVALITET DOKUMENTACIJE	Pregled korišć. neborbenih m/v	33133311 3311331	2,20	33133331 3331331	2,46	3	53 13		53 13		
	Osnovni pregled raspoloživih m/v	55133511 3353313	3,00	35133311 3333313	2,60	3	33 11		33 13		
	Putni radni list	79759511 9979799	6,86	99779979 9979799	8,33	9	31 13	2,33	33 13	2,60	3
	Osn. preg. realiz. goriva,km,mč	73173711 3335331	3,40	53333513 3335331	3,13	3	33 1		33		

S obzirom na rezultate analize stanja kontrole u vojnom putnom transportu, na teorijska saznanja o kontroli i važeće zakonske odredbe, došlo se do saznanja da je neophodno, radi povećanja efikasnosti kontrole u vojnom putnom transportu, predložiti poboljšanje modela sistema kontrole transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA.

Prvu fazu u razradi ovog modela predstavlja izbor kriterijuma i parametara za kontrolu.

Za kontrolu transportne funkcije odabrana su četiri kriterijuma:

— izmeritelji rada u putnom transportu;

— cena transportne usluge;

— bezbednost saobraćaja, odnosno, očuvanje predmeta transporta;

— kompletnost i kvalitet dokumentacije koja se vodi u automobilskim jedinicama JNA.

Ocene relativne važnosti odabranih kriterijuma i parametara za kontrolu određene su Delphi metodom.

Nakon izbora kriterijuma i parametara za kontrolu, daljnji tok razrade predloženog modela sistema kontrole predstavlja formiranje matematičkih modela i algoritama i postavljanje određene organizacije kontrole.

Literatura:

[1] Rečnik srpskohrvatskog književnog jezika, Matica srpska — Matica hrvatska, Novi Sad — Zagreb, 1967.
[2] Vojni leksikon, VIZ, Beograd, 1981.
[3] Marjanović, S.: Primena kibernetike u rukovođenju radnim organizacijama, Informator, Zagreb, 1982.
[4] Čubra N.: Kibernetika u rukovođenju razvojem oružanih snaga, VIZ, Beograd, 1977.
[5] Skugarjev V. D., Dubravin K. O.: Nauka o upravljanju i mornarica, VIZ, Beograd, 1975.
[6] Pravilnik o kontroli i ocenjivanju borbene gotovosti u oružanim snagama, SSNO, 1977.
[7] Pravilo o korišćenju motornih vozila JNA u miru, VIZ, Beograd, 1984.
[8] Uputstvo za ocenjivanje stanja transportnog sistema JNA u miru, Saobraćajna uprava SSNO, Beograd, 1985.
[9] Miladinović V.: Sistemski prilaz optimalnom planiranju armijskog transporta (doktorski rad), TVA, Zagreb, 1980.
[10] Topenčarević Lj.: Organizacija i tehnologija drumskog transporta, Građevinska knjiga, Beograd, 1987.
[11] Vasin Lj.: Kontrola transportne funkcije automobilskih transportnih jedinica JNA u miru (magistarski rad), CVTŠ, Zagreb, 1988.

Mr Zdravko Radišić,
kapetan I klase, dipl. inž.
Darko Pintarić,
pitomac, vodnik I klase
Vilibald Polšak
pitomac, vodnik I klase

Model rotacije, vozila na putnoj mreži pri realizaciji transportnih zadataka

Uvod

U vojnostručnoj praksi, pri izvršavanju svakodnevnih saobraćajno-transportnih zadataka, često se javlja problem iznalaženja najpovoljnijih ruta kojima transportna sredstva treba da se kreću. Naime, često postoji potreba da transportna sredstva (teretna motorna vozila, autobusi, i dr.) krenu sa jednog mesta (baze), »obiđu« određen broj čvorova na mreži, u njima ukrcaju — iskrcaju teret ili putnike i vrate se u bazu. U teoriji transportnih mreža ovakav tip problema se svodi na problem rotacije transportnih sredstava na mreži. Adekvatna rotacija transportnih sredstava bitno doprinosi smanjenju troškova transporta i podizanju nivoa kvaliteta izvršene usluge.

U praksi se najčešće rešavaju problemi rotacije više transportnih sredstava u slučaju postojanja jedne ili više baza. U ovom radu prezentiran je model rotacije više transportnih sredstava u slučaju postojanja jedne baze.

Postavka problema

Neka je data ulično-putna mreža u kojoj pri realizaciji složenog transportnog zadatka transportna sredstva moraju posetiti N čvorova. Svaki čvor potražuje V_i količinu određenih dobara (robe) ili, u drugom slučaju, neka u svakom od N čvorova postoji zahtev za prevoženjem (odvoženjem ili dovoženjem) V_i putnika $(i=1, 2, \ldots, N)$. Ukoliko je kapacitet saobraćajnog sredstva K veći od bilo koje količine dobara ili putnika u pojedinim čvorovima $(V_i \leq K)$, jasno je da jedno transportno sredstvo može da opsluži veći broj čvorova.

Označimo sa B bazu iz koje polaze i vraćaju se transportna sredstva i sa $C_1, C_2, \ldots, C_N$ čvorove koje treba posetiti. Sa d_{ij} označimo vreme, rastojtanje ili cenu koštanja kretanja između čvorova C_i i C_j. Bitno je naglasiti dat d_{ij} može biti različito od d_{ji}. Vreme opsluživanja u čvoru C_i označimo sa t_i.

Problem koji treba rešiti sastoji se u utvrđivanju skupa ruta kojima treba da se kreću transportna sredstva, tako da ukupno »rastojanje« L koje pređu sva transportna sredstva bude minimalno:

$$t_B + \sum_{r=1}^{P} \left[d(i_{r-1}, i_r) + t_{ir} \right] = L_{min}$$

gde je:

- t_B — vreme potrebno za pripremu transportnih sredstava u voznom parku (bazi), i
- P — permutacija čvorova koje treba posetiti, a za koje je ukupno »rastojanje« minimalno.

Pošto je suma vremena potrebnih za opsluživanje u pojedinim čvorovima konstantna veličina:

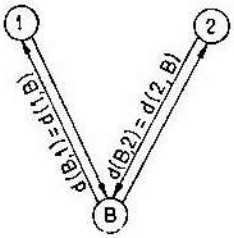
$$t_B + \sum_{r=1}^{p} t_{ir} = \text{const.}$$

postavljeni problem se može definisati kao pronalaženje permutacije $P=(B, i_1, i_2, \ldots, i_N, B)$ elemenata $1, 2, \ldots, N$ za koju:

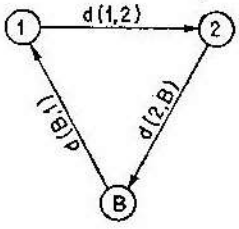
$$\sum_{r=1}^{p} d(i_{r-1}, i_r) = L_{min}$$

Model rešenja problema u slučaju postojanja jedne baze

Jedan od prihvatljivih algoritama za rešenje naznačenog problema jeste Clark-Wrightov algoritam »ušteda«, [1]. Za početno razmatranje algoritma uočimo bazu B i dva čvora koja treba opslužiti. Neka na početku svaki čvor opslužuje po jedno transportno sredstvo (sl. 1).



Sl. 1 Prikaz opsluživanja pojedinačnih čvorova jednim saobraćajnim sredstvom



Sl. 2 Prikaz opsluživanja svih čvorova jednim saobraćajnim sredstvom

U ovom slučaju, ukupno pređeni put oba transportna sredstva iznosi:

$$L_1 = 2\,d(B, 1) + 2\,d(B, 2)$$

ili

$$L_1 = 2\sum_{i=1}^{2} d(B, i)$$

gde je:

— $d(B, i)$ rastojanje između baze B i čvora i.

Ukoliko se sada jednim transportnim sredstvom opslužuju oba čvora, imamo situaciju kao na slici 2.

Ukupni pređeni put u slučaju kao na slici 2 iznosi:

$$L_2 = d(B, 1) + d(1, 2) + d(2, B)$$

Ušteda U u odnosu na prvi slučaj iznosi:

$$U = L_1 - L_2 = d(B, 1) + d(B, 2) - d(1, 2)$$

U opštem slučaju, ušteda između čvorova i i j iznosi:

$$U(i, j) = d(B, i) + d(B, j) - d(i, j)$$

Veličina $U(i, j)$ naziva se uštedom koja se dobije spajanjem čvorova i i j u jednu rutu. Što je veća ušteda, utoliko je bolje spojiti čvorove i i j u jednu rutu. Bitno je naglasiti da se čvorovi i i j ne mogu spojiti u jednu rutu ukoliko se time krši neko od unapred zadatih ograničenja konkretnog problema (npr. kapacitet transportnog sredstva, maksimalno dozvoljeno vreme rada vozača, i sl.).

Clark-Wrightov algoritam »ušteda« sastoji se od sledećih koraka [1]:

a) odrediti matricu najkraćih rastojanja između svih parova čvorova na mreži;

b) odrediti uštede $U(i, j)$ za svaki par čvorova (i, j) koje treba opslužiti;

c) poređati po veličini sve uštede;

d) pri razmatranju uštede $U(i, j)$ odgovarajuću granu (i, j) uključiti u rutu ako se pri tome ne krši neko od datih ograničenja, i:

— ako čvor i, ni čvor j nisu bili uključeni u nijednu rutu;

— ako je jedan od čvorova i ili j već uključen u neku od postojećih ruta i ukoliko taj čvor nije unutrašnji čvor u ruti (čvor je unutrašnji ukoliko nije susedni bazi B);

— ako su oba čvora i i j uključeni u dve različite rute i nijedan od tih čvorova nije unutrašnji u tim rutama (oba

su spoljna) moguće je spojiti rute u jednu;

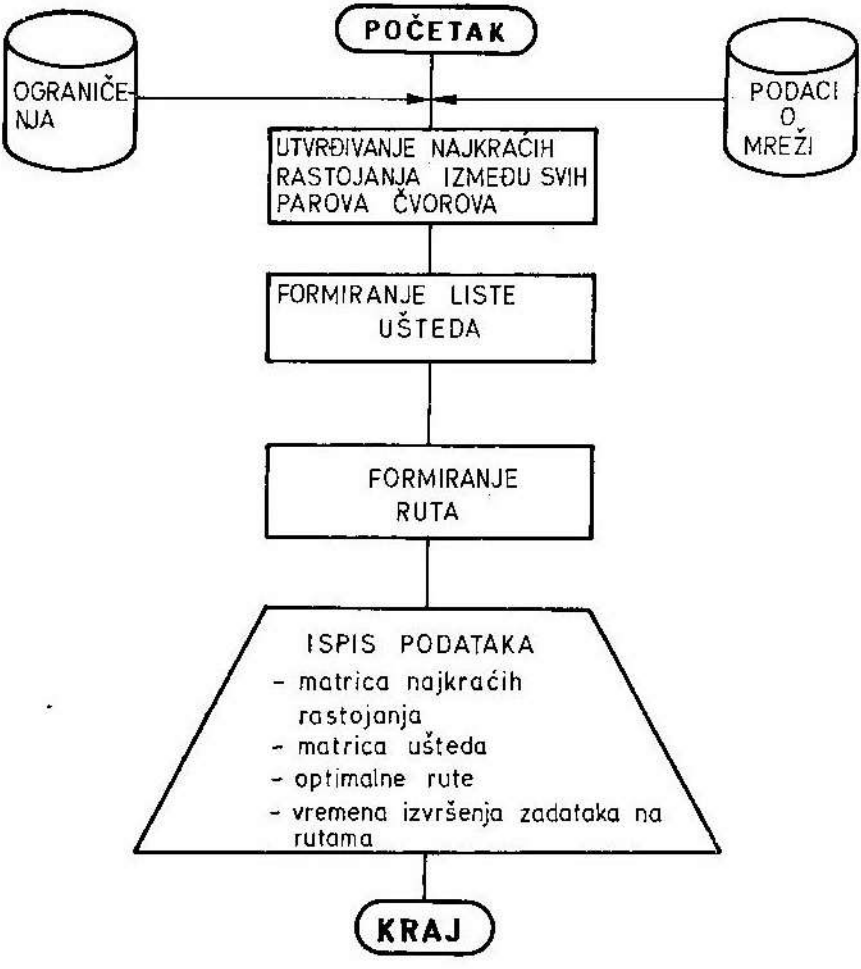
e) ukoliko lista ušteda nije potrošena do kraja potrebno je vratiti se na korak d) i poći od sledeće neutrošene uštede.

Imajući u vidu karakteristike algoritma, broj mogućih ograničenja i veličinu putne mreže, primena računara se nameće sama po sebi. Razvijen je softver *ROTASS (ROTAcija Saobraćajnih Sredstava)* na mikroračunaru APPLE IIe u jeziku Applesoft Basic. Globalni blok-dijagram ovog programa dat je na slici 3.

Primer primene modela rotacije transportnih sredstava u slučaju postojanja jedne baze

Za putnu mrežu kao na slici 4 pretpostavka je da se baza nalazi u čvoru 1. Vremena putovanja između čvorova data su u minutama.

Čvorovi koje treba opslužiti označeni su sa 2, 3, . . . , 9.



Sl. 3 Globalni blok-dijagram programa ROTASS

Kapacitet vozila koje vrši opsluživanje iznosi K=12 putnika. Broj putnika koje treba ukrcati i prevesti iz čvorova u bazu dat je u tabeli 1.

Tabela 1

Broj putnika koje treba prevesti

Čvor, i	2	3	4	5	6	7	8	9
Broj putnika, V_i	4	7	3	2	6	3	2	3

Matrica najkraćih vremenskih rastojanja između svih parova čvorova i ušteda dati su u tabelama 2 i 3.

CIJENT ISKORIŠTENJA VOZILA NA RUTI 3 IZNOSI 0,916.

UKUPNO VREME IZVRŠENJA ZADATKA IZNOSI 268 MINUTA.

Treba napomenuti da Clark-Wrightov algoritam polazi od pretpostavke da postoji direktna povezanost svih čvorova u kojima se vrši opsluga. U stvarnosti to nije tako. Sa slike 4 se vidi da, na primer, postoji direktna veza između čvorova 1 i 8 u prvoj osnovnoj ruti. Sada je potrebno pronaći čvorove koji le-

Tabela 2

Matrica najkraćih vremenskih rastojanja

CVOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	*	35	25	53	56	74	98	103	123
2	35	*	35	88	21	84	63	120	98
3	25	35	*	78	56	49	98	85	98
4	53	88	78	*	109	86	117	50	82
5	56	21	56	109	*	105	42	109	77
6	74	84	49	86	105	*	68	36	49
7	98	63	98	117	42	68	*	67	35
8	103	120	85	50	109	36	67	*	32
9	123	98	98	82	77	49	35	32	*

Za pretpostavljenu putnu mrežu utvrđene su sledeće osnovne rute:

1. RUTA 1—8—9—7—5—1
2. RUTA 1—4—6—1
3. RUTA 1—2—3—1

VREME IZVRŠENJA ZADATKA NA RUTI 1 JE 268 MINUTA. KOEFICIJENT ISKORIŠTENJA VOZILA NA RUTI 1 IZNOSI 0,833.

VREME IZVRŠENJA ZADATKA NA RUTI 2 JE 213 MINUTA. KOEFICIJENT ISKORIŠTENJA VOZILA NA RUTI 2 IZNOSI 0,75.

VREME IZVRŠENJA ZADATKA NA RUTI 3 JE 95 MINUTA, KOEFI-

že na najkraćem putu između čvorova 1 i 8. Postupak je potrebno ponoviti za svaki par čvorova (i, j) u osnovnim rutama, koji nisu direktno međusobno povezani. Postupak se sprovodi tako što se nađe podskup čvorova A koji su za jednu granu udaljeni od čvora j. U tom podskupu A pronalazi se onaj čvor a za koji važi:

$$d_{ia} + d_{aj} = d_{ij}$$

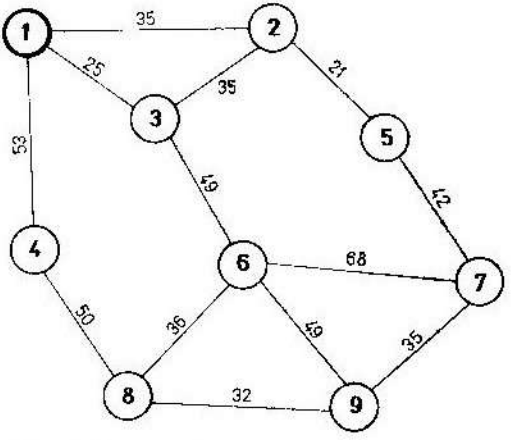
Kada se ostvari ovaj uslov, čvor a postoje pretposlednji čvor na najkraćem putu od čvora i do čvora j. Postupak se ponavlja uz uslov da sada čvor a smatramo poslednjim čvorom na najkraćem putu. Postupak se završava ka-

Tabela 3

Matrica ušteda

I	J	USTEDA
8	9	194
7	9	186
6	9	148
6	8	141
7	8	134
5	7	112
4	8	106
6	7	104
5	9	102
4	9	94
2	7	70
2	5	70
2	9	60
5	8	50
3	9	50
3	6	50
3	8	43
4	6	41
4	7	34
5	6	25
3	7	25
3	5	25
2	6	25
2	3	25
2	8	18
2	4	-1
4	5	-1
3	4	-1

da čvor *a* postane jednak čvoru *i*, tj. kada se dođe do početnog mesta *i*. Osnovu za sprovođenje ovog postupka čini matrica najkraćih rastojanja.



Sl. 4 Prikaz pretpostavljene putne mreže

Clark-Wrightov algoritam ušteda dorađen je prema opisanom postupku.

U ovom primeru konačna lista ruta ima sledeći izgled:

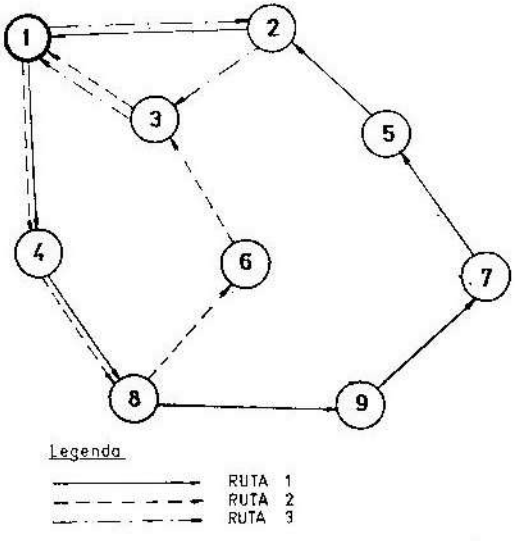
1. RUTA 1—4—8—9—7—5—2—1
   VOZILO PRIHVATA PUTNIKE U ČVOROVIMA 8, 9, 7, 5.
2. RUTA 1—4—8—6—3—1
   VOZILO PRIHVATA PUTNIKE U ČVOROVIMA 4, 6.
3. RUTA 1—2—3—1
   VOZILO PRIHVATA PUTNIKE U ČVOROVIMA 2, 3.

Ostali parametri ostaju nepromenjeni.

Prikaz konačne liste ruta i redosled opsluživanja čvorova dati su na slici 5.

Promenom ograničenja (npr. kapaciteta vozila) moguće je utvrditi skup novih rešenja za ostale nepromenjene uslove i uporediti ih sa prijašnjim rešenjima, te izabrati povoljnije. Na primer, povećanje kapaciteta vozila moguće je izvršiti ili izborom novog vozi-

la za prevoz ili korišćenjem više vozila za prevoz na jednoj ruti. U drugom slučaju u model se unosi vrednost kapaciteta vozila koji je jednak sumi kapaciteta pojedinačnih vozila.



Sl. 5 Prikaz utvrđenih ruta i redosleda opsluživanja čvorova

Zaključak

Predloženim modelom rotacije više vozila na putnoj mreži u slučaju postojanja jedinstvenog voznog parka mogu se rešiti brojni praktični transportni problemi koji se u osnovi sastoje od problema »raspoređivanja« i »nizanja«. U vojnostručnoj praksi takvi su npr. različiti problemi snabdevanja, prevoza materijalno-tehničkih sredstava, ljudstva i sl., a koji se mogu svesti na problem raspoređivanja određenog broja transportnih sredstava na čvorove koje treba opslužiti, uz minimizaciju troškova, vremena ili pređenog puta.

Kao izlazne rezultate model daje broj transportnih sredstava koje treba angažovati, njihov raspored na pojedine čvorove, redosled opsluživanja čvorova (rute) i vremena izvršenja zadatka na svakoj ruti, a sve u zavisnosti od zadatih ograničenja i karakteristika putne mreže. Dobijeni rezultati omogućuju uspostavljanje efikasne organizacije izvršenja zadatka.

Promenom različitih ograničenja moguće je utvrditi skup rešenja za buduće uslove izvršenja konkretnih saobraćajno-transportnih zadataka. Nadalje, model omogućuje i višekriterijski pristup utvrđivanju skupa ruta više vozila. Isto tako, ovaj model predstavlja osnovu za rešavanje problema rotacije više transportnih sredstava na mreži u slučaju postojanja više auto-parkova (baza). Model se može primeniti za rešavanje sličnih problema u bilo kojoj grani ili vidu saobraćaja.

Literatura:

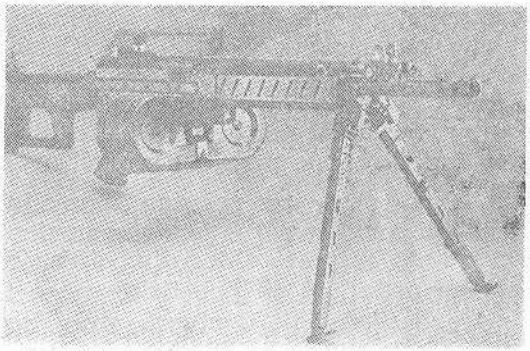
[1] Teodorović D.: Transportne mreže, SITSVJ, Beograd, 1984. god. Višekriterijski pristup projektovanja ruta.
[2] Teodorović D.: Saobraćajna sredstva, Tehničar 10/87., Beograd, 1987. god.
[3] Petrović R.: Specijalne metode u optimizaciji sistema, NIP Tehnička knjiga, Beograd, 1977. god.

prikazi iz inostranih časopisa

Okvir C-MAG za borbenu pušku sa 100 metaka 5,56×45 mm*)

Jedno od najvećih ograničenja u korišćenju borbene puške je nedovoljan kapacitet okvira municije za uspešno vođenje vatrenog duela. Zbog toga se američka firma »Beta Company« suočila sa problemom i utrošila mnogo napora i sredstava za uspešno rešavanje ovog problema i iz taktičkog i iz tehničkog aspekta.

Iznesen na tržište pod nazivom C-MAG, ovaj dupli pužasti okvir (vidi sliku) ima dva spojena spremišta za municiju. C-MAG može da primi 100 metaka 5,56×45 mm i da pri tome ima za 30% niži profil od većine konvencionalnih vojnih kutijastih okvira za municiju. Do pojave okvira za municiju C-MAG standardni okviri su primali 20 ili 30 metaka (borbene puške M16 i GALIL). U borbenim uslovima vojnici su se različito dovijali; tako su vezivali dva ili tri kutijasta okvira zajedno, kako bi ubrzali izmenu okvira, što se pokazalo brže nego da su vadili pojedinačne napunjene okvire iz džepova. Mada u nekim situacijama korišćenje međusobno vezanih okvira donekle smanjuje probleme u toku vatrenog duela, to ipak nije potpuno zadovoljavajuće rešenje, jer se još uvek gubi dosta vremena na zamenu okvira. Dešavalo se da iz rezervnih okvira ispada municija, pa kada se zaprljana vraća u okvir može da dovede do zastoja pri gađanju.



Okvir C-MAG sa 100 metaka 5,56×45 mm na puškomitraljezu BERETTA AS70/90

Pored preimućstva u većem kapacitetu municije spremne za gađanje, okvir C-MAG ima i drugih preimućstava. Na primer, ne samo što u ležećem položaju strelac ima nizak profil izložen neprijateljevoj vatri, već je i zaštićeniji samim polutkama okvira koje dosta vire sa obe strane puške.

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

Okvir C-MAG izrađen je od crnog termoplastičnog materijala otpornog na udar, ima malu masu i robustan je, a može se kamuflirati kako bi se prilagodio okolini. Sve ivice i uglovi su poravnati i zaobljeni radi smanjivanja ozleda vojnika i olakšanja kretanja vojnika kroz gustu vegetaciju.

Masa okvira za municiju C-MAG u praznom stanju je 1 kg, a sa 100 metaka 2,1 kg, dok su mu dimenzije 25,1× ×8,1×11,7 cm. Dubina okvira usaglašena je sa dubinom rukohvata i ne ometa gađanje iz ležećeg položaja, što je problem kod kutijastog okvira sa 40 metaka. Firma »Beta« navodi da je klirens (rastojanje od zemlje) poboljšan za 10% u odnosu na kutijaste okvire sa 20 metaka i 30% u odnosu na većinu verzija okvira sa 30 metaka.

Okvir C-MAG je kompatibilan sa municijom M193 ili SS109. U stvari, postoje dva odvojena doboša spojena na mestu gde se municija uvodi u središnu kolonu gde su meci ešelonirani na konvencionalan način. Jedinstvena unutrašnja konstrukcija okvira C-MAG drži metke pod stalnom kontrolom, pa je i punjenje puške pouzdano. Kako se municija naizmenično dovodi u središnu kolonu iz jedne, pa iz druge polovine okvira, oružje sa ovim okvirom zadržava uravnoteženost i osećaj, bez obzira na broj preostale municije u okviru.

Ovaj okvir za puščanu municiju 5,56×45 mm prvobitno je bio namenjen za vojnu upotrebu. Međutim, sada je tržište prošireno na policijske snage i snage bezbednosti. U stvari, svaki tip puške pomenutog kalibra može se prilagoditi ovom okviru.

Na jednom nedavnom takmičenju impresivno su demonstrirane mogućnosti okvira za municiju C-MAG. Ispaljeno je skoro 1.000 metaka 5,56 mm iz puške M16 iz svih praktično mogućih položaja u serijama brzih rafala od po dva i tri metka, kao i dugim rafalima od po 10 i 20 metaka, a izvršeno je ispaljivanje svih 100 metaka u neprekidnom rafalu koji je trajao 6 s. To je, svakako, bilo teško opterećenje za pušku, ali nije bilo zastoja — svi meci iz okvira su ispaljeni. U toku jednog drugog ispitivanja gađanjem došlo je do jednog zastoja, ali je utvrđeno da je kapsla metka bila neispravna.

Naoružan puškom M16 sa potpuno napunjenim okvirom C-MAG (100 metaka) vojnik nosi za 1,6 kg veći borbeni teret, ali tri do pet puta veći borbeni komplet municije daje mu veću sigurnost u predstojećim vatrenim okršajima. Jedina razlika u rukovanju puškom M16 sa okvirom C-MAG u odnosu na konvencionalni kutijasti okvir je u položaju prsta kojim povlači obarača, koji neznatno menja položaj kada puška nije uperena na neprijatelja.

Preimućstvo okvira za pušku C--MAG iz logističkog (pozadinskog) aspekta je u tome što ima oprugu sa malim naponom na uvrtanje, pa vreme uskladištenja napunjenog okvira nije limitirano. Za sprečavanje upadanja prašine i stranih tela u okvir u toku skladištenja, svaki okvir ima gumenu skidajuću navlaku. Za što brže ponovno punjenje okvira C-MAG postoji specijalni okvir sa pet metaka za korišćenje u poljskim uslovima, a i okvir sa 10 metaka. Proizvođač, takođe, završava radove na punjaču okvira C-MAG u skladištima.

P. M.

Novi nemački tenkovski top NPzK za borbu protiv budućih tenkova*)

Sadašnji tenkovski top Rh120 120 mm sa glatkom cevi i njegova municija su u naoružanju od kraja šezdesetih godina i stručnjaci smatraju da se mogu uspešno koristiti protiv postojećih tenkova do kraja ovog veka. To znači protiv sovjetskih sadašnjih borbenih ten-

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

kova (uključujući FST-1) i tenkova koji će ući u naoružanje sredinom devedesetih godina (uključujući FST-2). Međutim, za borbu protiv sledeće generacije FST-3, koji bi trebalo da uđe u naoružanje krajem devedesetih godina, potrebno je udvostručiti sadašnju energiju projektila topa Rh120 na ustima cevi (9MJ). Prema tvrdnji firme »Rheinmetall«, koja je aktivna u svim relevantnim oblastima barutnog punjenja i tehnologije pogonskih sistema (na primer, čvrsta i tečna pogonska punjenja, elektromagnetski i elektrotermički pogon, kao i primena usmerene energije), dovoljno snažan top mogao bi da bude spreman do kraja devedesetih godina samo ako je zasnovan na tehnologiji konvencionalnog čvrstog pogonskog punjenja.

Prema četvornom međunarodnom dogovoru, firma »Rheinmetall« je izradila kompletni demonstrator topa NPzK (Neue PanzerKanone), tj. tenkovski top sa čvrstim pogonskim punjenjem, sa automatskim punjačem i municijom. Osnovni konstruktivni parametri definisani su u pomenutom četvornom dogovoru i zvanično su pod velom tajnosti, a što se tiče kalibra (140 mm) to je sada već javna tajna. Pored očevidnog uticaja na performanse, stručnjaci firme ne smatraju da je ovaj kalibar ograničavajući parametar, niti je to dužina cevi. Međutim, dužina cevi predstavlja problem sa aspekta integrisanja kupole, mada ne mnogo sa aspekta povijanja cevi. Činjenica je da dugačka topovska cev ograničava maksimalni uspon koji tenk počinje da savlađuje. Stručnjaci firme podsećaju da sovjetski tenk M-64 nije hendikepiran, sa aspekta pokretljivosti, time što ne može da savlađuje uspone koje savlađuju odgovarajući tenkovi na Zapadu. Pošto tenkovski top NPzK treba da ima dvodelnu municiju, bitan je automatski punjač, jer punilac ne može da ponovo napuni top jednodelnim metkom 140 mm ručnim putem u toku 5—7 s, koliki je interval potreban za ispaljivanje narednog metka.

Da li kumulativni ili kinetički projektil?

Stručnjaci firme »Rheinmetall« tvrde da što se tiče pancirne municije topa NPzK, sada nema zamene za kinetički topa projektila (koji dejstvuje kinetičkom, a ne hemijskom energijom). Čak i vrlo velika kumulativna bojna glava može da se pokaže neefikasnom kod relativno jednostavnih pasivnih oklopa (umesna kombinacija materijala, kao što su keramika, staklo i metal) ili kod lakih reaktivnih oklopa. Probijanje oklopa može se postići korišćenjem punjenja u tandemu (posebno protiv reaktivnih oklopa), ali tvrdo probojno jezgro još uvek ostaje kao najefikasnije sredstvo za zaustavljanje tenkova u direktnom dvoboju, jer je u stanju da probije vrlo otporan čeoni oklop. Bojna sredstva koja dejstvuju u gornju ploču tenka mogu se smatrati kao dopuna kinetičkim projektilima, ali ne i kao alternativa.

Da li volfram ili osiromašeni uran za probojna jezgra?

Suprotno drugim zemljama NATO, koje razvijaju ili već koriste probojna jezgra od osiromašenog urana za svoju pancirnu municiju tenkovskih topova, Nemci nameravaju da iskoriste »značajan razvojni potencijal« probojnih jezgra od volframa, koja nemaju nepoželjne sporedne efekte jezgra od osiromašenog urana, kao što je opasna prašina posle udara u cilj. U nekim aspektima, kao što su erozija oklopa i mehanizam rasprskavanja, fizička svojstva volframa su superiornija od svojstava osiromašenog urana. U svakom slučaju, to nije moguće utvrditi jednostavnim upoređivanjem performansi »plus—minus« između oba materijala za probojna jezgra, jer završno dejstvo u cilju u krajnjem slučaju zavisi od kombinacije materijala za zaštitu tenka.

Tečna pogonska punjenja

Mogućnost poboljšanja performansi topa 120 mm sa glatkom cevi korišćenjem tečnih pogonskih goriva istraživana je u dve paralelne studije o izvodljivosti u SR Nemačkoj. Firma »Diehl« radila je na dvokomponentnim gorivima (bi-propelantima), a »Rheinmetall« na jednokomponentnim (monopropelantima). Nastavljaju se i dalje istraživanja primene monopropelanata, posebno za artiljerijska oruđa. Firma »Rheinmetall« tvrdi da bi se korišćenjem tečnih goriva kod oruđa kalibra 120 mm povećala brzina projektila do 20%, dok britanski stručnjaci tvrde da za datu masu projektila maksimalno praktično poboljšanje efikasnosti sa tečnim pogonskim punjenjima može da bude do 10%. U bilo kojem slučaju, smatraju stručnjaci, udvajanje energije projektila na ustima cevi, što je potrebno da se uništi tenk FST-3 (što je specifikacija za top NPzK), ne može se postići sa tečnim pogonskim punjenjem do kraja ovog veka.

Mada su firmi »Rheinmetall« poznata preimućstva (sa aspekta pozadinskog obezbeđenja) korišćenja tečnih pogonskih punjenja, njihova primena je verovatnija kod oruđa artiljerije, a ne tenkova koja su komplikovanija sa aspekta unutrašnje balistike. Da bi se postigli visoki nivoi performansi kod tenkovskih topova, u top bi trebalo da se upumpaju velike količine tekućeg pogonskog goriva, a samo su delimično rešeni problemi pouzdanosti koji se pri tome javljaju. I pored toga, tečno pogonsko punjenje je od posebnog interesa za buduće haubice, jer se zapremina goriva može neprestano podešavati, pa zbog toga nema potrebe da se prevoze različiti tipovi pogonskog punjenja. Ali, do toga treba još preći veliki put.

Električni topovi

Uglavnom postoje dve vrste električnih topova: elektromagnetni šinski top i elektrotermalni top. Kod elektromagnetnog šinskog topa ubrzavanje projektila se obavlja pod dejstvom elektromagnetnih (Lorencovih) sila, pa je potrebno predubrzanje projektila (na primer, pomoću lakog gasnog topa). Elektrotermalni top ima neke konstruktivne karakteristike, koje su zajedničke sa konvencionalnim topom. On radi pomoću plazme visokog pritiska koja se formira u zadnjem delu isparavanjem materijala kao što je polietilen. Zaptivanje tako velikih pritisaka treba da bude mehaničko i mora se obezbediti električna izolacija. Za sada je kod svih tipova električnih topova potrebno skladištenje energije sa dimenzijama koje sprečavaju korišćenje ovih topova u mobilnom stanju.

Dok su principi rada šinskih elektromagnetskih topova ekstenzivno ispitivani ,ostalo je ipak nekoliko problema koje treba rešavati. Za sada je najveći nedostatak njihova veličina. Tako je za relativno mali kalibar takvog topa dužina cevi 10 m, a pored toga, potrebna je velika električna energija koja se dovodi na šine. U stvari, najveći problem kod elektromagnetskih šinskih topova je obezbeđenje električne energije.

Elektrotermalni topovi manje su izučavani, ali su, prema navodima stručnjaka, perspektivniji zbog svoje kompaktnosti. Na ovom problemu sada rade tri nemačke firme.

kapaciteti za ispitivanje električnih topova

Na poligonu firme »Rheinmetall« u Unterlisu instalirana su dva uređaja od 750 kJ i 6 MJ za impulsno napajanje električnom energijom. U toku je ispitivanje demonstratora od 20 mm u manjem uređaju. Veća instalacija baterije kondenzatora od 6 MJ korišćena je za rad šinskog topa, a u toku ispitivanja postignute su početne brzine do 3000 m/s. Do kraja prošle godine trebalo je da bude spreman za ispitivanje demonstrator elektrotermalnog topa od 6 MJ.

Očekuje se da će ovaj tip akceleratora postići početne brzine projektila od preko 3500 m/s. Kao osnovno preimućstvo elektromagnetnog i elektrotermalnog topa smatra se velika početna brzina projektila, što doprinosi visokom potencijalu probijanja oklopa, čak i sa malim kalibrima. Novi tipovi municije, na koje neće uticati trenje kroz vazduh pri brzinama od preko 2500 m/s uskoro treba da budu razvijeni, a smatra se da odgovarajuće balističke studije nisu prioritet za blisku budućnost.

Stručnjaci firme »Rheinmetall« smatraju da je elektrotermalni pogon artiljerijskih projektila podesan za brojne primene u tenkovima, artiljeriji i protivvazdušnoj odbrani. Oružja sa usmerenom (laserskom) energijom su efikasna za neutralisanje optičkih i elektronskih uređaja u uređajima za upravljanje vatrom i vođenim projektilima.

Međutim, u bliskoj budućnosti isključena je primena laserskog tenkovskog i artiljerijskog oružja zbog prevelike zapremine izvora energije. I povećana verzija elektrotermalnog topa Rh 120 neizbežno bi izgledala kao »čudovište«, ako se to posmatra sa aspekta sadašnjeg stanja razvoja nauke i tehnike. Kao takav, elektrotermalni top još nije pogodan za ugradnju u tenkove.

P. M.

Razvoj sistema za vođenje projektila preko optičkog vlakna*)

Industrijski timovi SAD, Evrope i Južne Amerike razvili su tehnologiju vođenja protivoklopnih i protivhelikopterskih projektila preko optičkog vlakna. Dok je južnoamerički vođeni projektil MAC-MP prvenstveno namenjen kao protivoklopno oružje, odgovarajući američki i evropski vođeni projektili više su namenjeni za protivvazdušno dejstvo.

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 1/1990.

Decembra 1988. dve vodeće američke firme u oblasti izrade vođenih projektila (»Boeing Military Airplanes« i »Hughes Aircraft«) zaključile su sa KoV SAD ugovor u vrednosti od 131 milion dolara da u roku od 43 meseca razviju u prirodnoj veličini vođeni projektil koji se neće voditi po nišanskoj liniji NLOS (Non-Line-Of-Sight), a biće namenjen prvenstveno za dejstvo helikoptera, kao deo programa razvoja trupnog protivavionskog vođenja projektila FAADS (Forward Area Air-Defense System). Prva firma će izraditi zemaljsku opremu, a druga vođeni projektil. Program NLOS izrastao je iz programa FOG-M (Fibre-Optic-Guided Missile) koji još od početka sedamdesetih godina sprovodi raketna komanda KoV SAD. Osnovne razlike NLOS od FOG-M su znatno veći domet od ranije planiranog od 10 km, kao i odluka KoV da se zahteva i IC i TV glava za samonavođenje. Za postizanje većeg dometa bio je potreban turbomlazni motor WJ119-2, koji omogućuje projektilu da brzo doleti u rejon cilja i da tamo leti u rejonu cilja radi aktivizacije (određivanja podataka za napad na cilj) i za napad na cilj.

KoV SAD planira da oko 1/3 proizvedenih vođenih projektila NLOS opremi IC glavama za samonavođenje, a ostale TV kamerama. IC glava za samonavođenje ima antenski niz u fokalnoj ravni sa 244×400 detektorskih elemenata od silicida platine koji obezbeđuje signal kompatibilan sa televizijskim. Televizijska glava za samonavođenje imaće kameru čije je kolo spregnuto preko naboja (CCD). Firma »Hughes« smatra da će IC glava za samonavođenje koštati samo 3.000 do 5.000 dolara više od TV glave za samonavođenje i založila se za standardizaciju na tom metodu vođenja, radi obezbeđivanja zajedničkog projektila za napade i danju i noću.

Raketna komanda američkog KoV odredila je firmu SRT za alternativnu konstrukciju IC glave za samonavođenje. Ispitivanje vođenog projektila

NLOS sa ograničenim letom u vazdušnom prostoru treba da bude juna 1990, a prvo lansiranje sa vođenjem septembra iste godine. Firma »Hughes« izradiće 78 vođenih projektila u fazi tehničkog razvoja u prirodnoj veličini, od kojih će 40 leteti, dok će firma »Boeing« izraditi osam vatrenih jedinica. Objavljen je poziv za podnošenje ponuda za početnu proizvodnju ograničenog tempa, a sredstva će se obezbediti za oko godinu dana. Američki KoV planira da nabavi 16.500 vođenih projektila za naoružavanje 411 vozila, a cena celokupnog programa biće 2.900 miliona dolara. Prva vatrena jedinica bi se opremila 1993.

Razvoji projektila vođenih optičkim vlaknom u Evropi

Maja 1989. Francuska i SR Nemačka potpisale su dogovor o zajedničkom istraživačkom razvoju projektila vođenih preko optičkog vlakna pomoću kojih bi se mogli napadati tenkovi i letelice. Očekuje se da će obe zemlje utrošiti oko 200 miliona francuskih franaka za fazu demonstriranja, koja bi trebalo da počne 1990. godine i da traje 4—5 godina.

Kopnena vojska Francuske i SR Nemačke zainteresovane su za oružje koje leti brzinom od oko 250 m/s za borbu protiv tenkova i letelica, dok RM SR Nemačke predviđa njegovu upotrebu za samoodbranu podmornica od helikoptera na daljinama od 10 do 25 km, a možda i više. Slična tehnologija mogla bi se primeniti i za druge uloge, kao što su izviđanje, komplementni sistemi kao što su ORCHIDÉE i CL-289.

Dva industrijska konzorcijuma sada su kompletirala studije o definisanju programa. Francuska firma »Aerospatiale« i nemačka MBB rade na projektu »polyphème«, dok »Matra« i »Rheinmetall« rade na projektu »Focus«. Prva pomenuta grupacija već je obavila ispitivanja u letu (sa sopstvenim finansiranjem) jednog vođenog projektila koji je izveden od protivoklopnog projektila SS.12.

Firma »Aerospatiale« završila je statička ispitivanja veze od optičkog vlakna dužine do 60 km, a do kraja 1989. dužina je trebalo da se poveća do 120 km. Monomodna optička vlakna prečnika 0,25 mm imaju gubitke od 0,29 dB/km na talasnoj dužini koja se koristi. Sadašnja cena optičkog vlakna od oko 1,5 FFr/m trebalo bi da se smanji na 1 FFr pri serijskoj proizvodnji.

Februara 1989. u Holandiji je započet nacionalni tehnološki projekt za sticanje iskustava u oblasti naoružanja vođenog preko optičkog vlakna, što bi se kasnije moglo odraziti na učestvovanju Holandije u međunarodnim projektima. Dve holandske firme i tri laboratorije holandske organizacijze za primenjena naučna istraživanja (TNO) sarađuju u izradi studije koja je podeljena na tri faze. Prva faza, koja je već završena, trebalo bi da se rezultuje u stvaranju baze podataka i razmatranju nekoliko opcija bojnih glava. U toku druge faze partneri treba da razmatraju različite opcije vođenja projektila, kao što su IC, radarsko u milimetarskom opsegu i TV sa visokim stepenom definisanja (reprodukovanja finih detalja). U završnoj fazi koristiće se računarska simulacija za određivanje efikasnosti takvog projektila na bojištu.

P. M.

Francuski sistem za brzo miniranje zemljišta*)

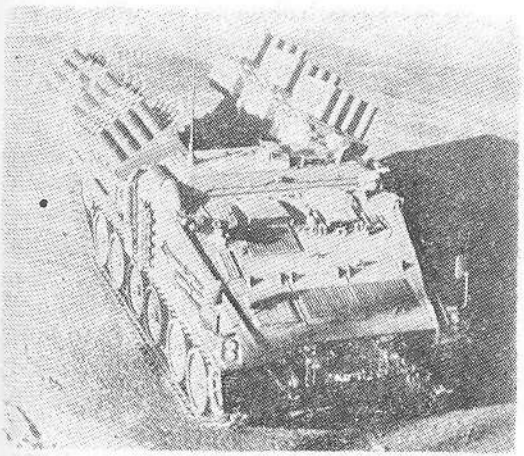
Kopnena vojska Francuske je poslednjih godina povećala svoje mogućnosti miniranja, uvodeći u naoružanje uređaje za razbacivanje (dispensere) površinskih i ukopanih mina. Dok je ranije borbenom vodu bilo potrebno dva

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

sata da položi 600 protivoklopnih mina HPD ručno, sada je jednom vozilu potrebno 1,5 sat da položi taj broj mina na površinu zemlje, ili 2,5 sata da ih ukopa. U oba slučaja posluzi vozila-minopolagača podršku obezbeđuje samo inžinjerijska borbena grupa.

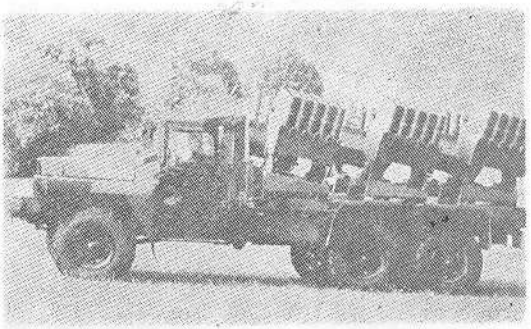
Francuska grupacija za kopneno naoružanje (GIAT) konstruisala je novi sistem za polaganje protivoklopnih i protivpešadijskih mina, koji ubrzava proces još više, čime se poboljšava taktička pokretljivost i gipkost. Rad na ovom vozilu-minopolagaču počeo je početkom 1987. Marta 1988. posle razgovora sa KoV Velike Britanije, koji se bavio razvojem svog sistema za razbacivanje mina sa vozila VLSMS (Vehicle-Launched Scatterable Mine System), GIAT je predstavio svoju novu protivoklopnu minu, kontejner mine i planove za novi projekat minopolagača.

Prvi prototip ispitan je februara 1989, a za septembar ove godine planirana su ispitivanja predserijskog sistema, dok je početak serijske proizvod-



Sl. 1 Britansko vozilo za razbacivanje kopnenih mina »STROMER«

nje planiran za sredinu 1991. godine. Do sada je položeno preko 300 mina, od toga 2/3 iz oklopnog transportera STROMER (sl. 1). Kao vozila za polaganje mina korišćeni su i ACMAT VLRA (6×6) (sl. 2) i RENAULT V. I. TRM 10000, mada izgleda da je KoV Francuske zainteresovan za sistem postavljen na vozilo MATENIN druge generacije, a zasnovan na sadašnjem minopolagaču ukopanih mina.



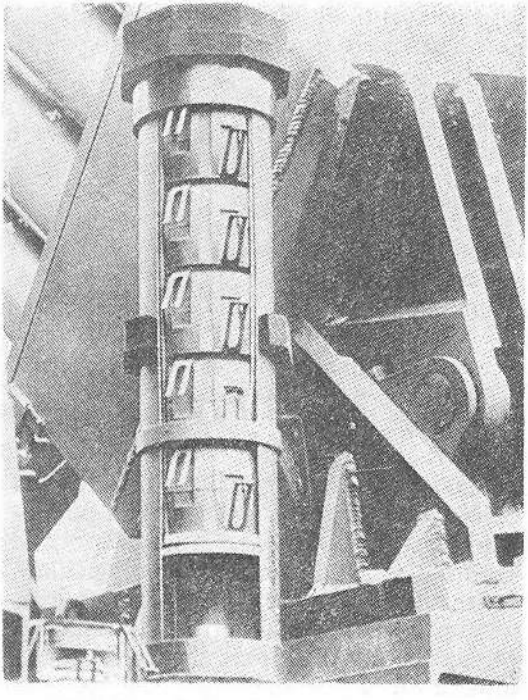
Sl. 2 Novi sistem za razbacivanje kopnenih mina na vozilu VLRA (6×6) ima šest modula sa po 100 mina u svakom

U Velikoj Britaniji se očekuje da će KoV uskoro objaviti poziv za podnošenje predloga za VLSMS, a jedan od 4 konkurenta je i novi minopolagač koji se razvija kao privatni poduhvat grupacije GIAT. Ostala tri su: nemački MiWS SCORPION sa protivoklopnom minom AT2; američki VOLCANO sa protivoklopnom minom BLU-91/B GATOR i finski ISTRICE sa minom FATM. Predviđa se da su potrebe KoV Velike Britanije 30—50 vozila-minopolagača i 75.000—100.000 mina.

Opis francuskog sistema

Sistem za polaganje mina grupacije GIAT uglavnom je sastavljen od modula sa cevima za lansiranje mina (sl. 3) i elektronike za rukovanje i komandovanje. Normalno ima 6—8 modula za lansiranje (grupisanih po parovima), zavisno od veličine vozila. Dužina svakog modula je 1 m, širina 1,15 m (1,35 m pri uglu elevacije od 45°), visina 1,1 m, a masa 350 kg u praznom stanju, 700 kg je granična masa, a 750 kg sa električnim motorom (po želji).

Moduli imaju fiksnu oslonu ploču, koja drži mehanički ili (po želji) električni podizač modula i energetski uređaj, a imaju i elevacionu platformu na kojoj su smeštena postolja sa po 20 lansirnih cevi sa kontaktnim klinovima.



Sl. 3 Presek lansirne cevi sa po pet razbacujućih mina

Elevaciona platforma može se pokretati do 45° od vertikale brzinom od 1°/s, a fiksirana je pod uglom od 10° prema zadnjem delu vozila. Svaki modul ima kapacitet od 100 mina, tako što se u svakoj lansirnoj cevi (sl. 3) nalazi po pet mina (protivoklopnih ili protivpešadijskih) i metak minobacačkog tipa za izbacivanje mina. Kod prvog modela elevaciona platforma je potpuno integrisana sa oslonom pločom, dok će kod narednih modela imati odvojivu gornju korpu radi ubrzanja ponovnog punjenja minama.

U elektroniku spada centralna lansirna konzola sa koje se izdaju naredbe za lansiranje i šalju na komandne uređaje. Na osnovu broja raspoloživih kontejnera mina, registrovanih u memoriji, i zahtevane gustine minskog polja, lansirna konzola indicira dužinu zemljišta koja može da bude minirana. Postoje tri ili četiri komandna uređaja (jedan na par modula) i oni obezbeđuju lokalno manipulisanje naredbama za lansiranje, kao što su prethodno armiranje mina, njihovo vreme aktivnosti, impulsi lansiranja ili neutralisanje za ponovnu upotrebu.

Energetski uređaj, sinhronizovan sa zaustavnim dugmetom za slučaj nužde, upravlja svim energetskim signalima. Senzori pomeranja — jednostavni optički senzori povezani sa razdelnikom energije (jedan za vozilo na gusenicama ili dva za vozilo na točkovima) mere pomeranja vozila. Jedan indikator pokazuje voditelju brzinu vozila na osnovu koje je određena gustina minskog polja.

Performanse

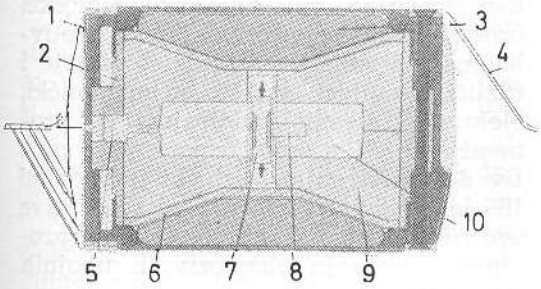
Sada su potrebna tri sistema sa po šest modula (600 mina u svakom) i vreme od 4 minuta da se položi minsko polje dimenzije 1000×300 m sa 1800 mina, a mine postaju aktivne 4 minuta posle udara u zemlju. Ovaj sistem može da lansira svoje mine samo u jednu stranu, ili levo i desno od vozila. Širina minskog polja određuje se različitim uglovima elevacije modula sa minama. Za polaganje minskog polja iz vozila u pokretu, ugao elevacije modula je 90°. Fiksni nagib modula od 10° unazad omogućuje da mine budu položene 90 m iza vozila.

Sa maksimalnim dometom od 275 m pomoću ovog sistema može se minirati suprotna obala vodene prekreke od one na kojoj vozilo stoji. Punjenje za izbacivanje mina sa oznakom »punjenje 0« koristi se za pokrivanje minama daljine od 100 m, a »punjenje 2« za daljinu od 275 m. U ovom slučaju impuls

pri lansiranju dostiže 147,1 kN. Moguće je, takođe, položiti mine preko prirodnih prepreka, zaustaviti trenutno izbacivanje kada se prelazi preko rova i nastaviti ga po prelasku, ili položiti minsko polje kada vozilo stoji u mestu jednostavno kombinacijom uglova elevacije svakog modula sa minama. U druge opcije sistema spada memorisanje vremena miniranja, ili poznavanje preciznog nalazišta mina komuniciranjem sa zemaljskim navigatorom ili inercijalnim uređajem.

Razvoj mina grupacije GIAT

Na traženje francuske KoV, grupacija GIAT započela je 1979. razvoj razbacujuće protivoklopne mine pod oznakom MI AC DID F1 (sl. 4). Sada se nalazi u fazi zvaničnih ocenskih ispitivanja koja će trajati do kraja marta, sredinom godine bi trebalo da ih KoV usvoji. Francuskoj KoV je potrebno oko 60000 mina ovog tipa samo za oklopna inžinjerijska vozila.



Sl. 4 Francuska protivoklopna mina MI AC DIS F1 koja se razbacuje po zemljištu

1 — spoljašnje kućište; 2 — unutrašnje kućište; 3 — montažni umetak; 4 — ušice; 5 — žični zadržač; 6 — košuljice; 7 — pokretni relej; 8 — kapsla; 9 — eksplozivno punjenje; 10 — elektronski upaljač

Drugu verziju, koju može da razbacuje kasetni projektil OMI G1, KoV Francuske koja je i finansirala njen razvoj oceniće sledeće godine, kada proizvođač završi svoja ispitivanja u toku ove godine. Kopnena vojska Francuske traži i helikopterski sistem miniranja i već su uspostavljeni kontakti za razvoj.

GIAT je, takođe (kao privatni poduhvat), konstruisao modul za lansiranje mina na vozilu sa 20 kontejnera i sa po 5 mina u svakom, a i jedan prenosni sistem miniranja sa 6 kontejnera po tri mine u svakom. Njime se mogu blokirati prolazi do minskih polja, ili neki prolazi kao što su prelazi preko reka i mostovi.

Protivoklopna mina MI AC DIS F1

Protivoklopna mina MI AC DIS F1 smeštena je u izdržljivi elastomerni ram otporan na udar, čije je spoljašnje kućište elastično sa dve metalne ušice (vidi sl. 4) koje sprečavaju da se mina položi bokom .Mina ima modul za detekciju i paljenje sa magnetskim senzorom koji obezbeđuje otkrivanje i hronometarskim logičkim kolom. Takođe, ima bojnu glavu, sastavljenu od dva polupunjenja presovanog eksploziva, koja su međusobno suprotno postavljena, a imaju elektronski upaljač i kapslu.

Kalibar mine je 200 mm sa rasklopljenim ušicama (190 mm za verzije za kasetne projektile), a sa sklopljenim ušicama kalibar je 139 mm (130 mm za verzije za kasetni projektil). Visina mine je 89 mm, a masa 2,3 kg, uključujući 0,6 kg eksploziva tipa heksavil. Pri eksploziji mine celokupno eksplozivno punjenje dejstvuje u jednom pravcu, a pošto nije bilo dejstva u drugu stranu, to na daljini od 50 cm ova mina može da probije 80 mm oklopa pod uglom od 0°, 50 mm oklopa pod uglom od 45° i 40 mm oklopa pod uglom od 60°.

Vreme aktivnosti mine M1 AC DIS F1 može se programirati od 1 h do 48 h pre lansiranja u vremenskim periodima od po 1 h. Na kraju vremena predviđene aktivnosti mina se samolikvidira.

Protivpešadijska mina u razvoju

Francuska industrijska grupacija za kopneno naoružanje GIAT je u toku rada na studiji izvodljivosti jedne protivpešadijske mine čiji bi razvoj počeo ove godine, dok je serijska proizvodnja planirana za 1994. Ustrojstvo, dimenzije i masa ove mine su skoro slične protivoklopnoj mini, tako da se i ona može smestiti u isti kontejner sistema za razbacivanje mina sa vozila, ili u isti kasetni projektil kao posebno jednorodno punjenje, ili punjenje sa protivpešadijskim i protivoklopnim minama. Nova mina će imati rasprskavajuće telo, biće bilo odskočna mina ili mina koja eksplodira na zemlji, međutim, odluka o tome još nije doneta. Posle udara u zemlju ova dvostrana mina oslobađa pomoću pirotehničkog uređaja tri kontaktne žice dužine 6 m sa međusobnim razmakom od 120°.

P. M.

Uništavanje konvencionalnih ubojnih sredstava u zapadnim zemljama*)

U uslovima sve masovnijeg korišćenja bombi i drugih ubojnih sredstava od strane terorista, mogu se donekle zaboraviti opasnosti koje predstavljaju konvencionalna ubojna sredstva. Usavršeni su inicirajući uređaji za aktiviranje terorističkih bombi, kao što su tempirni uređaji sa dugim usporenjem, barometarski ili živini preklopnici, ili kombinovani uređaji. Međutim, mnoge organizacije, posebno u »trećem svetu«, koriste konvencionalna ubojna sredstva kao osnovu za njihove uređaje.

Uništenje eksplozivnih sredstava ima različito značenje, a često je i opšti naziv za bavljenje eksplozivnim sredstvima. U mnogim oružanim snagama jasno prave razliku između avionskih i terorističkih bombi i imaju različite organizacije za njihovo uništenje. U drugim OS te razlike nema. Ovde će se pod eksplozivnim ubojnim sredstvima podrazumevati konvencionalna ubojna sredstva proizvedena industrijski, za razliku od onih eksplozivnih ubojnih sredstava koja se postavljaju ili izrađuju improvizovano.

Podela eksplozivnih ubojnih sredstava

Konvencionalna ubojna eksplozivna sredstva mogu se podeliti na manje grupe, kao što su:

— vazduhoplovna ubojna sredstva, kao što su klasične avionske bombe, kasetne bombe;

— kopnena ubojna eksplozivna sredstva, kao što su minobacačke mine, raketni i artiljerijski projektili;

— vođeni projektili, lansirani sa zemlje ili iz vazdušnog prostora.

Konvencionalna ubojna eksplozivna sredstva imaju različite bojne glave, kao što su razorne, hemijske, biološke, protivpešadijske, protivoklopne, protivbetonske i zapaljive. Takođe, postoje i različiti upaljači, kao što su mehanički, elektronski, samolikvidirajući sa promenljivim ili stalnim usporenjem, protiv dezaktiviranja, blizinski indukcioni ili jednostavno udarni upaljači. Sve ove različitosti pokazuju i veličinu problema uništenja eksplozivnih ubojnih sredstava.

Uništenje kopnenih ubojnih sredstava i vođenih projektila potrebno je zbog otkaza upaljača, motora ili nekog drugog integralnog dela, koji je doveo do sprečavanja detonacije, pa kao takva predstavljaju opasnost. Ovakva sredstva se mogu pojaviti pojedinačno, kao rezultat ranijih sukoba, ili čak kao suvenir donet iz drugih delova sveta. Najveći problem do sada predstavlja čišćenje teritorije preko koje su prešla borbena dejstva, na kojoj leže neiskori-

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 1/1990.

šćena ili neeksplodirana ubojna sredstva. Primer Folklandskih ostrva pokazuje šta se sve može dogoditi u ograničenom ratu i gde su pripadnici britanskih inžinerijskhi jedinica dve godine posle rata uklonili 2,5 miliona neeksplodiranih ubojnih sredstava, a u Velikoj Britaniji postoji problem municije iz drugog svetskog rata, čije će uklanjanje još mnogo godina zapošljavati ekipe za uništenje.

Cilj ovog prikaza je razmatranje problema ubojnih sredstava bačenih iz vazdušnog prostora. Asortiman ovih sredstava proteže se od običnih bombi od 1.000 kg sa različitim sistemima upaljača, koje se mogu naći na zemlji ili duboko u njoj, pa sve do protivpešadijskih mina ili malih bombi, namenjenih osakaćivanju protivničke žive sile. Uopšteno govoreći, broj neksplodiranih ubojnih sredstava se povećava sa smanjivanjem njihove dimenzije (kalibra), ali svako od njih može da bude smrtonosno.

Postoji mnogo tipova upaljača, od onih koji su konstruisani da spreče uništenje, preko onih koji su potpuno ispravni i čekaju da zateknu neoprezne, pa do neispravnih koji ne mogu da dejstvuju. Gledano spolja, nema načina da se utvrdi vrsta upaljača. Prikupljeni statistički podaci u poslednjih 40 godina pokazuju da samo 10% ubojnih sredstava ne dejstvuje, a ostatak, zajedno sa sredstvima koja imaju tempirne upaljače, predstavlja određenu opasnost. Tako, na primer, savremeno ratno vazduhoplovstvo danas je u stanju da baci 1000 tona bombi dnevno a u toku Blickriga na London je dnevno bacano 300 tona.

Mada velike konvencionalne bombe predstavljaju i veliku opasnost, ne samo zbog količine eksploziva u njima i stepena razaranja koje one pričinjavaju, opasnost od njih je mala u odnosu na kasetne ili razbacujuće bombe. Savremena tehnologija izrade ubojnih sredstava omogućuje neprijatelju, kao nikad ranije, ne samo da razori odabrane ciljeve, već i da paralizuje vitalne oblasti i tako uspori, ili čak onemogući odbrambenim snagama da dejstvuju iz njih.

Bombe u svežnjevima nisu nova stvar. Poznato je dejstvo rasprskavajućih »leptir« (butterfly) bombi SD2 koje su u toku 1943. bačene na engleski grad Grimsbi. Posle naleta nemačkih aviona u noći između 13. i 14. juna grad je zamro i bilo je potrebno 19 dana da preko 10.000 ljudi obave primarno uklanjanje oko 1.000 malih bombi.

Savremeni avion može samo u toku jednog naleta da baci četiri puta više malih bombi i da pokrije površinu 2,5 $\times$0,5 km, a to je gustina od po 1 male bombe na svakih 16 m pokrivene površine, gledano u svim pravcima. Neke od ovih bombi neće detonirati pri udaru u zemlju, neke kada probiju cilj, ali će mnoge čekati da ih neko »uznemiri« ili će eksplodirati u neodređenim vremenskim intervalima u periodu posle bombardovanja.

Neki savremeni primeri su nemački univerzalni bacač (dispenzer) MW1 za avione TORNADO koji izbacuje različitu potkalibarsku municiju (submuniciju) protiv oklopnih ciljeva i aerodroma, a može da ponese 670 protivpešadijskih ili 470 protivtenkovskih malih bombi; britanski svežanj bombi (kosetna bomba) BL 755 sa 147 malih bombi i dispenser JP 233 sa 30 malih bombi SG 357 za pravljenje kratera i 215 mina HB 876 za zaprečavanje zemljišta; izraelski TAL-1; južnoafrički CB 470; španski BME 330; američki ROCKEYE II Mk 20; čileanski familije CB; francuski BELUGA i mnogi drugi , uključujući i različite sovjetske.

Jasno je da se ova ubojna sredstva mogu lako i brzo upotrebiti, a avijaciji obezebđuju veću fleksibilnost dejstava i mnogo brže ponavljanje borbenih letova. Mnogo više ciljeva može se efikasno napasti. Jedan nalet sa klasičnim razornim bombama može nekom pozadinskom cilju da nanese velika oštećenja, ali će skladište uskoro moći normalno

da funkcioniše, dok napad kasetnim malim bombama može da izbaci iz stroja celu zonu skladišta, sve dok se ne obavi uništenje neeksplodiranih ubojnih sredstava (malih bombi i mina).

U uslovima kada postoji mnogo tipova ubojnih sredstava i mnogo zemalja proizvođača, vrlo je važna identifikacija kao osnovni elemenat pri njihovom uništenju. Veoma je teško da pojedinac drži u glavi čitav registar ovih sredstava. Zbog toga je NATO formirao tehnički informativni centar sa podacima potrebnim za uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava EODTIC (Explosive Ordnance Disposal Technical Information Center), smešten u Velikoj Britaniji, a njegove usluge mogu da koriste zemlje — članice ovog centra. Centar ne samo što drži detalje o municiji već i opremu za otkrivanje i uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava.

Postupak za uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava sastoji se od lociranja, izviđanja i obezbeđenje dostupa, pre nego što se donese odluka za uništenje bombe ili male bombe (submunicije). Etape procesa za uništenje eksplozivnih ubojnhi sredstava mogu uveliko da se razlikuju, od jednostavnog ubojnog sredstva koje leži na površini zemlje, pa do bavljenja bombom od 500 kg koja leži na dubini od 5 m u zemlji posle probijanja krova operativne prostorije.

U ovom prikazu neće biti reči o tehnici i sredstvima u procesu uništenja eksplozivnih ubojnih sredstava, već se pažnja posvećuje varijantama uništenja.

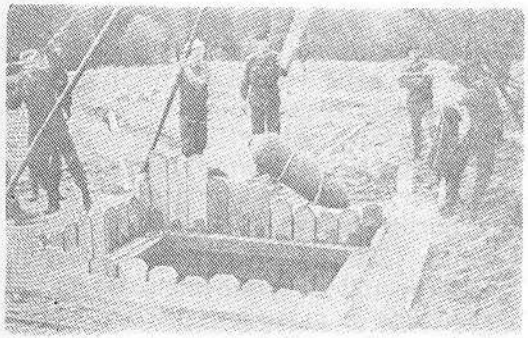
Uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava

Prvo pitanje koje se postavlja u shvatanju procesa uništenja eksplozivnih ubojnih sredstava jeste — da li je prihvatljivo ili nije detoniranje (uništenje detoniranjem) eksplozivnog ubojnog sredstva. U nekim okolnostima eksplozivna ubojna sredstva se mogu uništiti, a u drugima ne mogu. Na primer, kada posle napada aviona na aerodrom na zemlji ostane mnogo neeksplodiranih bombi i malih bombi, ona ubojna sredstva koja leže na obodu aerodroma ili u sredini otvorenog prostora van poletno-sletnih staza, dalje od aviona i zgrada, mogu se svrstati u kategoriju onih sredstava koja se mogu uništiti detoniranjem. Za ostala ubojna sredstva — na poletno-sletnim stazama, blizu aviona i zgrada — detoniranje je neprihvatljivo. To se posebno odnosi na ubojna sredstva u blizini operativnih centara, komandnih tornjeva ili radarskih stanica.

Ako je uništenje ubojnog sredstva detonacijom prihvatljivo, tada postoji nekoliko varijanti za to. Preimućstvo je da uništenje većine ubojnih sredstava detoniranjem može da obavi ljudstvo bez specijalne obuke u uništavanju ubojnih sredstava. Kao u mnogim situacijama, prva varijanta je da se ništa ne preduzima — tj. zanemariti postojanje neeksplodiranog ubojnog sredstva i nadati se da neće eksplodirati. Dobar primer za ovu varijantu je slučaj u sanitetskoj stanici u Port San Karlosu na Folkaldskim ostrvima gde je jedna bomba od 450 kg dugo ležala u krovnoj konstrukciji. Ova varijanta je prihvatljiva samo u izuzetnim okolnostima, kada je izvesno da upaljač nije tempirni.

U ostalim slučajevima bomba može da bude premeštena na bezbedno mesto i za to postoji nekoliko načina, od kojih je većina namenjena problemu malih bombi ili submunicije. Idealno vozilo za to je oklopni buldožer ili superteški tegljač-točkaš kao što je TEREX 72-71, ili udarački tenkovski čistač mina kao što je AARDVARK JSFU, ali njih nema mnogo. U nekim zemljama se razmatra ugradnja priključnih oruđa na vozila, prvenstveno oklopna. Takođe se, u manjoj meri, mogu koristiti specijalizovana vozila za uklanjanje eksplozivnih sredstava WHEELBARROW ili HOBO.

Na sl. 1 prikazano je vađenje bombe iz zemlje, koja je bačena pre 50 godina, u drugom svetskom ratu, a nije eksplodirala. Za lakše vađenje napravljen je drveni okvir.



Sl. 1 Vađenje bombe iz zemlje posle 50 godina

Ako nema vozila, može se koristiti tradicionalni metod kontrolisane eksplozije. Naime, postavi se malo eksplozivno punjenje pored male bombe i detonira se. Ovu varijantu može da isključi nekoliko nepovoljnih okolnosti:

— pomeranje bombe može da aktivira nekontaktne upaljače ili upaljače protiv dezaktiviranja;

— pomoćni uređaji i udarački tenkovski čistač mogu samo delimično da unište ili uklone neeksplodirano ubojno sredstvo, pa je potrebno naknadno izviđanje i čišćenje;

— poslužioci mogu da pretrpe ozlede, a oprema oštećenje;

— uskladištena ili povučena iz upotrebe eksplozivna sredstva mogu da stvore veće probleme, mada u kasnijoj fazi;

— ručno uništenje eksplozivnih sredstava predstavlja veoma rizičnu operaciju, posebno kada su korišćeni upaljači sa promenljivim usporenjem.

Poslednja alternativa za prihvatljivo uništenje eksplozivnih sredstava detonacijom je napad na bombu vatrenim oružjem neposrednog dejstva. Ovde je namera da se probije spoljašnje telo bombe dovoljne veličine, da se omogući ulazak vazduha i potpaljivanje eksploziva. Eksploziv će brzo goreti, ali sa nedovoljno energije da izazove eksploziju, a taj proces se naziva deflagracija (sagorevanje bez detonacije). Pošto to nije neka egzaktna nauka, pri tome se mogu dobiti različiti rezultati korišćenjem istih postupaka. Ispitana su različita inicirajuća sredstva, posebno ako se to radi na aerodromima. Britansko RV dalo je prednost topu RARDEN 30 mm koji je bio ugrađen na lako oklopno borbeno vozilo SCMITAR. Čak i u aerodromskim uslovima lociranje bombi je teško čak i na daljinama od 200 m i više. Takođe se uspešno pokazao mitraljez BROWNING 12,7 mm kada je gađao municijom sa običnim ili pancirnim zrnima. Preimućstvo ovog metoda je u tome da će, ako su nišandžija i oružje precizni, uništavanje bombi biti efikasno i brzo, a predstavljaće minimalni rizik za ljudstvo. Prvi nedostatak je u tome što u slučaju promašaja ili rikošeta pri gađanju bombi može doći do stvaranja ozbiljnih opasnosti duž linije gađanja, a pored toga neeksplodirana ubojna sredstva mogu da budu razbijena u nekoliko potencijalno smrtonosnih fragmenata, koji mogu da budu razbacani na veliku površinu, pa je možda potrebno i njihovo uništenje na neki drugi način. Pored toga, pri tome može da bude oštećen upaljač ubojnog sredstva koje se uništava gađanjem iz vatrenog oružja, pa neeksplodirano ubojno sredstvo može da se nađe u neizvesnom i potencijalno još opasnijem stanju. Najzad, metod uništenja ubojnih eksplozivnih sredstava gađanjem iz vatrenog oružja u potpunosti zavisi od toga da li se vidi bomba koja se uništava, kao i ona koja je skrivena u rastinju, u krhotinama ili koje su se zabile u zemlju, pa će za njihovo uništenje biti potrebni drugi metodi.

Neutralisanje ubojnih eksplozivnih sredstava

Za uništenje bombi većih od 50 kg neprihvatljiv je metod detoniranja na licu mesta zbog mogućih opasnosti oš-

tećenja. Druga poteškoća je u tome što bomba zbog svoje mase, čak i sa kočećim padobranom, probija površinu zemlje i zaustavlja se oko 1—10 m ispod površine, zavisno od vrste tla, a u nekim srednjim uslovima, ona će se zaustaviti na dubini 2—5 m. U takvim uslovima jedina opcija je njeno neutralisanje. Zbog toga stručnjak za neutralizaciju mora dobro da poznaje eksplozivna ubojna sredstva, vađenje upaljača, kao i opremu za to. U neutralizaciji bombe često ne spada samo bavljenje upaljačem, već i pravljenje dostupa do eksploziva kroz telo bombe i njegovo vađenje.

Prednost neutralisanja je u tome što se ono može preduzeti u svim situacijama i obezbeđuje potpuno uništenje neeksplodiranog ubojnog sredstva. To je, takođe, jedini metod za postupak sa bombom duboko u zemlji. Međutim, taj proces je veoma spor, a potreban je i potpuno obučen stručnjak, koji ima odgovarajuću podršku. Neutralisanje neeksplodiranog ubojnog sredstva je vrlo opasna operacija. Na primer, francuska protivbetonska bomba DURANDAL je dvostepeni sistem — prvi stepen je raketa koja goni drugi stepen u zemlju pre nego što on eksplodira. Ukoliko drugi stepen ne eksplodira, to će biti neeksplodirano ubojno sredstvo duboko u zemlji, a po ulaznom otvoru na površini zemlje ne može se znati da li je to drugi stepen bombe DURANDAL ili klasična bomba od 500 kg sa tempirnim upaljačem.

Postupak za neutralisanje zavisi od tipa upaljača, a svaki tip ima svoj postupak za prevođenje u bezbedno stanje. Često je prvi problem prepoznavanje upaljača i njegovog stanja. Pored traženja pomoći od organizacije kao što je EODTIC (ranije pomenutoj), postoji različita dijagnostička oprema pomoću koje se može prepoznati upaljač i njegovo stanje. To mogu da budu jednostavni rentgenski sistemi kao što je INSPECTOR ili složeniji radiografski sistemi kao što je GAMMA-MAT, koji su u stanju da prodru kroz debela tela bombi. Bomba je izložena jakom radioaktivnom izvoru za određeni vremenski period, a radiograf predmeta se dobija na radiografskom filmu. Za stručnjaka je vrlo koristan specijalni stetoskop koji pojačava zvučne talase koji potiču iz mehaničkih, elektromehaničkih i nekih elektronskih upaljača i tempirnih uređaja. Specijalni senzor hvata zvučne vibracije, pojačava ih i prenosi u slušalice pirotehničara.

Na jednostavnijem kraju neutralizacije postoji nekoliko mehaničkih naprava koje se mogu koristiti protiv čeonih i repnih upaljača, a preimućstvo im je što se njima može upravljati sa daljine. U britanskoj inženjeriji osoblje za uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava ima tri takva sistema. Prvi je DE-ARMER, vrlo snažna alatka za rezanje ili blokiranje upaljača dinamičkim putem. Manevarski metak 12,7 mm ispaljuje podesno oblikovan projektil iz određenog ugla, a dovoljno je i brz, tako da se upaljač neutrališe pre nego što se on aktivira. Sličan je i vrlo snažan raketni ključ (rocket wrench), sa velikim obrtnim momentom, koji može dinamičkim putem da odvrne i izvadi upaljač. Može se podesiti da se okreće u smeru kazaljke časovnika, ili protiv smera kazaljke, i ima konusnu stegu koja se koristi kada se napadaju upaljači cilindričnog oblika ili sa paralelnim stranama. Za konusne upaljače i upaljače sa konusnim stranama može se koristiti komplet valjkastih stega. Pogon, takođe, dobijaju od metka 12,7 mm, a namenjen je za vađenje upaljača pre nego što se može aktivirati. Najzad, za vađenje upaljača koji se teško odvrću ili oštećenih upaljača postoji izvlakač upaljača br. 8 (Fuze Extractor No. 8). Ima garnituru stega-hvatača i doboš sa čeličnim užetom sa spiralnom oprugom i bravom-skakavicom. Služi za dobijanje velikog obrtnog momenta, kada se čeli-

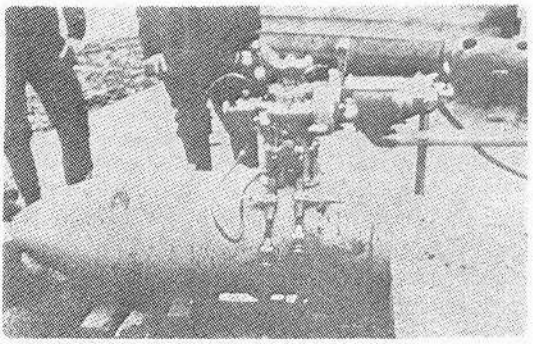
čno uže namotava ili odmotava. Firma »AB Precision« iznela je nedavno na tržište de-armer DRAGON ABL 900 koji ima znatno manje trzanje, čime se povećava fleksibilnost pri korišćenju. Jedna druga firma sada proizvodi kombinovani uređaj za dezarmiranje upaljača i njegovo razbijanje (de-armer/ /disrupter) koji se može koristiti, kako za rad sa konvencionalnim eksplozivnim ubojnim sredstvima, tako i sa improvizovanim eksplozivnim napravama.

Duboko zamrzavanje kao metod uništenja ubojnih sredstava

Jedna od mogućnosti uništenja ubojnih sredstava je korišćenje materijala koji stvaraju veoma niske temperature (kriogeni), jer kada su ćelije za napajanje kod nekih upaljača zamrznute mogu da budu privremeno prevedene u inertno stanje pri zamrzavanju. Komplet za neutralizaciju zamrzavanjem (Freeze Neutralising Kit) u stanju je da nanese superhladni tečni azot na neke tipove mehaničkih i tempirnih upaljača. Time se omogućuje uklanjanje bombe na bezbednije mesto ili bar na mesto gde bi eventualna eksplozija prouzrokovala manju štetu.

Međutim, mnoge bombe, naročito one koje su zaostale iz II svetskog rata, imaju bočne upaljače koje je teško neutralisati pomenutom opremom. Prvih dana bio je napravljen komplet za hemijsko neutralisanje tih bombi, a poznat je po oznaci »S«. Sada je izrađena moderna verzija, sa tri hemijska agensa za neutralisanje. Tečnost »BD« (Bomb Disposal), koja se koristi za elektronske upaljače sa aktivnim otporom kondenzatora razara izolaciju i prazni kondenzatore za paljenje. Slani rastvor se koristi za napajanje pokretnih delova upaljača i posle isparenja tečnosti ostaje prevlaka soli koja imobilizuje pokretne delove. Najzad, kao treći hemijski agens služi želatinizirajuća smesa koja se unosi kao rastvor, brzo očvršćuje i kompletno blokira pokretne delove upaljača. Odabrani agens za neutralisanje ubacuje se u upaljač posle bušenja malog otvora u telu upaljača, izbacuje se vazduh pomoću pumpe radi stvaranja vakuuma, a posle toga se pod kontrolom ubacuje agens za neutralisanje po izboru.

Sledeća etapa je vađenje osnovnog eksplozivnog sadržaja bombe. Posle neutralisanja upaljača pomoću posebne bušilice (sl. 2) vrši se trepanacija (bušenje) otvora u bočnoj strani tela bombe. U upotrebi se nalazi komercijalni hidraulični trepaner, koji se sastoji od hidrostatičkog pogona sa integralnim motorom sa unutrašnjim sagorevanjem, koji pokreće pumpu koja snabdeva jedan nemagnetski motor koji pokreće sekače preko zupčanika konstantnom brzinom. Glava bušača i pripadajući delovi izrađeni su od nemagnetskih materijala i zadovoljavaju vrlo stroge uslove sa aspekta vibracije i elektromagnetske kompatibilnosti. Konzola za daljinsko upravljanje može se koristiti do 100 m od neeksplodiranog ubojnog sredstva. Asortiman sekača buši otvore od 30, 60 i 110 mm u prečniku u materijalima debelim do 60 mm.

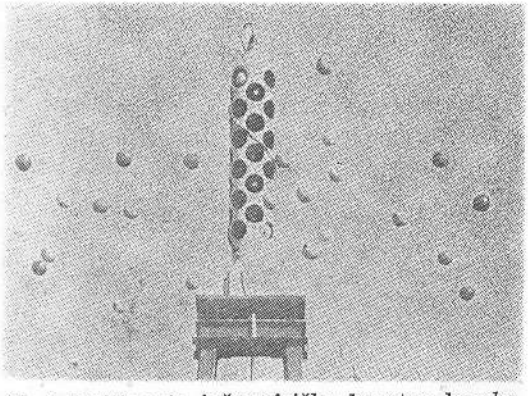


Sl. 2 Bušenje (trepanacija) tela bombe radi vađenja eksploziva

Kada se bušenjem otvora u telu bombe došlo do eksploziva, tada se pomoću generatora pare i sonde parom isteruje eksploziv iz bombe. Eksploziv se pretvara u tečnost, prikuplja se i odnosi radi sagorevanja ili uništenja na bezbednom mestu. Krajnja operacija

može da bude korišćenje kontrolisane količine eksploziva radi detoniranja ostatka eksploziva ili inicijalnog eksploziva, zaostalog u upaljaču, bilo na licu mesta, bilo na obezbeđenom mestu.

Ne može se precizno reći koliko će vremena trajati proces neutralizacije neeksplodirane bombe, ali to se može meriti pre časovima nego minutima. Na primer, izbacivanje eksploziva iz probušenog tela bombe pomoću mlaza pare može da traje dugo kod bombe velikog kalibra, naročito u hladno vreme i u teškim situacijama. Iz operativnih razloga proces neutarlisanja može da se menja. Bomba može da bude negde sklonjena za kasnije uništenje (neutralizaciju) kada za to bude više vremena na raspolaganju.



Sl. 3 Ispitivanje južnoafričke kasetne bombe CB 470

Uništenje eksplozivnih ubojnih sredstava je opasna profesija za koju su potrebni posebno obučeni ljudi. U bilo kakvom budućem ratnom konfliktu može se očekivati pojava usavršenijih upaljača, čime će se povećati neizvesnost u pogledu stanja bombe. Situacija će dalje biti otežana korišćenjem razbacanih ili kasetnih bombi do te mere da će mnogo više ljudi morati biti obavešteno o problemima uništavanja eksplozivnih ubojnih sredstava.

P. M.

Samoodbrana oklopnih vozila od napada iz vazdušnog prostora*)

Još u toku II svetskog rata u doba čuvene kurske bitke, nemački general oklopnih snaga Guderijan uočio je nedostatak oklopnih vozila, koja nisu imala mitraljeze kao sekundarno naoružanje. Tako je tenk FERDINAND sa svojim topom 88 mm trebalo da obezbedi samoodbranu, čak i od takvog protivnika kao što je pešadija, a nije mogao da obezbedi protivazdušnu odbranu pešadije koju je podržavao.

Kritika generala Guderijana je i danas aktuelna. Cela klasa oklopnih borbenih vozila NATO za posredna borbena dejstva, kao što su: vozila samohodne cevne i raketne artiljerije, oklopna borbena inžinjerijska vozila i oklopna vozila za evakuaciju, oklopna vozila za miniranje razbacivanjem mina i vozila za razminiranje, vozila sa minobacačima prerađena od oklopnih borbenih transportera — praktično nemaju sekundarno naoružanje. Većina oklopnih borbenih vozila za neposrednu podršku, kao što su oklopna vozila za dotur rezervi, vozila za komandovanje, upravljanje i vezu (C^3) i vozilo za elektronsko ratovanje, uopšte nisu naoružana. Ne postoje nikakve mogućnosti ugradnje samoodbrambenog naoružanja kojima se rukuje ispod oklopne zaštite vozila, mada su oklopna borbena vozila primarni ciljevi za neprijatelja.

Time se ova vozila razlikuju od oklopnih borbenih vozila za neposredna dejstva, kao što su osnovni borbeni tenkovi, oklopni automobili, oklopni transporteri i borbena vozila mehanizovane pešadije. Neki osnovni borbeni tenkovi imaju spregnuti laki top (kao što su švajcarski Pz61 i — 68, francuski AMX 30, — 32 i — 40) i oklopni transporteri i borbena vozila mehanizovane pešadije imaju sve, od puškarnica, preko lakih

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1990.

i teških mitraljeza do lakih i srednjih automatskih topova, pa čak i složenih protivoklopnih vođenih projektila.

Različitost uloga

Razlike u naoružanju ovih vozila imaju duboke doktrinarne korene, koji se reflektuju na razlike u ulogama između različitih klasa oklopnih borbenih vozila i na odgovarajuću procenu ranjivosti vozila u borbi, zasnovanu na stepenu izlaganja vozila iz svake klase neposrednom dejstvu neprijatelja. Izgleda da se NATO čvrsto drži tradicionalne procene uloge vozila u odnosu na njegovo naoružanje.

Pomenuti nemački tenk FERDINAND bio je oklopno borbeno vozilo za neposredno dejstvo, prvenstveno namenjeno za defanzivne uloge. Međutim, ovaj tenk trebalo je često da se nađe i u ofanzivnim ulogama i pošto je bez sekundarnog naoružanja bio je često izložen opasnostima od uništenja. Slično tome, iako doktrina NATO zahteva da sva oklopna borbena vozila za posredno dejstvovanje i borbeno obezbeđenje budu štićena oružjem prijateljskih snaga, u nekim borbenim situacijama zaštita ovih vozila može da bude manja od potrebne. To bi se moglo dogoditi u konvencionalnom ratu u Evropi, gde bi oklopna borbena vozila za posredno dejstvovanje i borbeno obezbeđenje mogla privremeno da ostanu bez pešadijske i tenkovske zaštite i primorana da organizuju sopstvenu odbranu od napadača. Čak i najjače naoružana oklopna borbena vozila za posredna borbena dejstva NATO nisu dovoljno naoružana za takvu eventualnost. Samohodne haubice NATO, kao što su M109 (SAD), ABBOT (V. Britanija), GCT 155 mm (Francuska), PALMARIA (Italija), pa čak i najnovija američka haubica HIP (Howitzer Improvement Program) i britanska 155 mm AS90, nisu naoružane sekundarnim naoružanjem kojim se rukuje iz vozila (ispod oklopne zaštite).

Laboratorija američkog KoV HEL (Human Engineering Laboratory) ugradila je lančani top 25 mm (chain gun) na kupolu haubice 155 mm HEL HFHTB (Human Factors Howitzer Test Bed) radi demonstriranja kocepta. Time su povećane samoodbrambene sposobnosti samohodne haubice M109, a to bi se moglo ugraditi u serijske modele samohodne haubice M109 HIP. Međutim, očevidno je da lančani top (chain gun) još nije ispod oklopa, pa je nišandžija još uvek izložen dejstvu neprijatelja pri gađanju iz ovog topa. Odobravajući ugradnju tog sekundarnog naoružanja, jedan stručnjak postavlja pitanje — da li bi razumno rešenje bilo da se na sličan način naoružaju i druge samohodne haubice čija je posada zaštićena oklopom, a mogu da napadnu ciljeve na zemlji. Takva vozila bi zadržala protivavionske mitraljeze na krovu kupole, uprkos činjenici da bi nišandžije tih mitraljeza bili izloženi neprijateljevoj vatri. Tako bi se dobilo više vremena za reagovanje na napad ciljeva iz vazdušnog prostora, što bi opravdao taj rizik. Ugradnja spregnutog oružja na samohodnu haubicu iziskivala bi nerentabilno rekonstruisanje glavnih delova, pa o tome ne vredi ni govoriti.

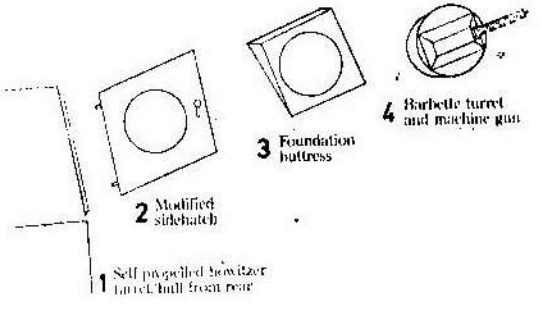
Glavni borbeni tenkovi KoV SAD — M48 i M60 imaju na krovu kupole malu turelu sa mitraljezom 12,7 mm, tako da mogu napadati ciljeve i na zemlji i u vazdušnom prostoru. Međutim, dodavanje male turele na stare modele samohodnih haubica zahtevalo bi veće konstruktivne modifikacije. Pored toga, kako su kupole postojećih samohodnih haubica M109 manje nego nove kupole po programu HIP, korpe turele, pokretački motori i sistem za punjenje mitraljeza municijom mogli bi da smanje prostor za manevrisanje posade u osnovnom borbenom odeljenju samohodne haubice, čime bi se smanjila operativna efikasnost.

Kod nekih oklopnih automobila moguće je postaviti mitraljez spolja u plitkoj obrtnoj kupoli ili tureli kojim bi se rukovalo iz vozila. Ovaj koncept,

analogan ugradnji »lančanog topa« na samohodnu haubicu laboratorije HEL, zaslužuje pažnju za stare modele samohodne haubice. Na britanskom osnovnom borbenom tenku Mk5 CHIEFTAIN ugrađen je univerzalni mitraljez 7,62 mm na obrtnoj tureli komandira i on se puni, njime se nišani i upravlja iz kupole tenka.

Druga moguća rešenja

Možda bi manje kompleksno rešenje bila adaptacija koncepta koji je primenjen na nemačkom teškom lovačkom avionu M 410 HORNET iz 1943, na kome je sa bočne strane postavljena oklopljena (barbetna) turela (sl. 1 i 2) sa protivavionskim mitraljezom 13 mm. Tako bi jedan tenkovski mitraljez manjeg kalibra (7,62 mm), na primer M73/ /71, ugrađen u oklopljenu (barbetnu)

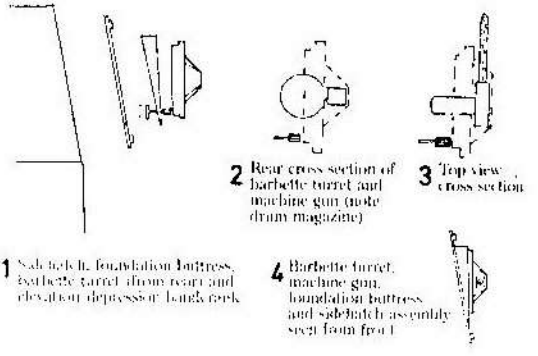


Sl. 1 Izgled barbetne turele (nemački avionski koncept iz drugog svetskog rata)

1 — kupola i telo samohodne haubice (pogled sa zadnje strane); 2 — modifikovani bočni otvor; 3 — montažna ploča; 4 — barbetna turela sa mitra-
mitraljezom

turelu postavljenu na bok osnovne kupole, mogao doprineti da se takvim mitraljezom rukuje iz vozila, bez izlaganja nišandžije dejstvu neprijateljeve vatre. Ugradnja ove barbetne turele na sredinu bočnih otvora mogla bi, takođe, da doprinese rešenju protivvazdušne odbrane samohodnih haubica.

Konstruktivni i pokretni delovi ulaznih otvora kupole bi trebalo da budu ojačani, a za ojačanu stranu poklopca otvora sa bočne strane kupole zavarila bi se montažna ploča koja bi služila kao osnovica za barbetnu turelu u tačnoj vertikali. Kroz kružne otvore u bočnom poklopcu kupole i montažne ploče moglo bi se iznutra prići oružju u barbetnoj tureli. Ručnim pokretačem na novom bočnom poklopcu barbetna turela bi se mogla pomerati po pravcu i visini.



Sl. 2 Detalji predložene barbetne turele za samohodne haubice

1 — bočni poklopac, montažna ploča, barbetna turela (gledano sa zadnje strane) i ručni pokretač turele po elevaciji i depresiji; 2 — presek sa zadnje strane barbetne turele i mitraljeza (primećuje se doboš — magacin municije) 3 — poprečni presek (gledan odozgo); 4 — barbetna turela, mitraljez, montažna ploča i sklop bočnog poklopca otvora (pogled spreda)

Sila trzanja mitraljeza ne bi imala neko primetno dejstvo na ojačani poklopac, a mala barbetna turela ne bi ometala otvaranje poklopca otvora kupole. Na jedan bočni poklopac mogu se postaviti dve barbetne turele.

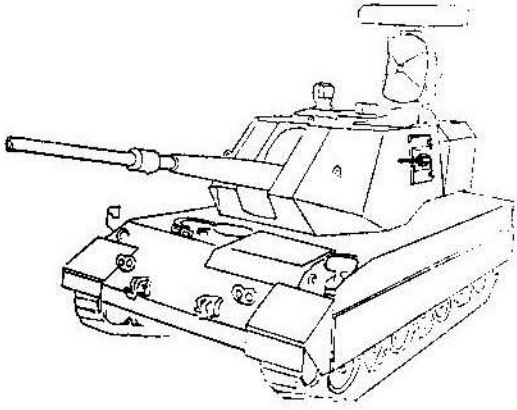
Bočno ugrađeni mitraljez 7,62 mm mogao bi se okretati po pravcu svih 360° zajedno sa okretanjem glavne kupole samohodne haubice, ali bi ograničenje po elevaciji i depresiji bilo samo radi izbegavanja oštećenja drugih ispupčenja vozila. Mogućnost pokretanja barbetne turele po pravcu i visini biće od koristi kada je vozilo primorano da vodi borbu u brdovitim i urbanim predelima, posebno kada treba da dejstvuje u sadejstvu sa opkoljenom pešadijom.

Ranija iskustva u mnogim OS, kada su napadnuti od brojčano jačih snaga, pokazuju da je bilo mnogo slučajeva da se oklopna borbena vozila za posrednu podršku uključe u neposrednija borbena dejstva, posebno kada je aktivnost neprijateljevih vazduhoplovnih i oklopnih snaga smanjila broj osnovnih borbenih tenkova koji bi se koristili u odbrambenim dejstvima.

Barbetna turela mora da bude dovoljno široka a mitraljez duboko u njoj da bi se omogućila buduća poboljšanja oklopne zaštite glavne kupole samohodne haubice (dodavanje blokova eksplozivnog reaktivnog oklopa ili apliqu-oklopa), a da to ne utiče na kretanje barbetne turele. Mitraljez mora da bude pričvršćen tako da se zadnjak može uvući u telo samohodne haubice radi ponovnog punjenja, otklanjanja zastoja, zamene cevi, opravki i čišćenja. Korišćenje cilindričnih (doboš) magacina sprečilo bi da redenici municije iz barbetne turele ometaju aktivnost i opremu u borbenom odeljenju samohodne haubice. Doboš-magacini od presovanog čelika, slični sovjetskom mitraljezu RPD 7,62×39 mm, trebalo bi da se izrade tako da se mogu koristiti na oružju smeštenom u oklopljenoj (barbetnoj) tureli. Ovakvi doboš-magacini imaju standardne municijske redenike uvijene u rolnu u barbetnoj tureli, a postavljeni sa strane na mitraljez treba da budu dovoljno mali da njihov veći deo bude pričvršćen u samoj barbetnoj tureli, omogućujući slobodno okretanje oružja i magacina. Kada se iz spoljašnjeg mitraljeza u barbetnoj tureli ne otvara vatra jednovremeno sa vatrom tenkovskog topa, nekoliko članova posade iz kupole moglo bi menjati prazne magacine za pune i time ubrzavati ponovno punjenje mitraljeza, jer je kapacitet tih magacina (100 metaka) mali, kao kod sovjetskog RPD. Prazne čaure bi se mogle izbacivati kroz poseban otvor u barbetnoj tureli. Kako samohodne haubice nisu hermetizovane i nemaju potpunu NBH zaštitu, članovi posade bi morali nositi zaštitnu odeću.

Mitraljez 7,62 mm, zajedno sa barbetnom turelom i oklopnom montažnom pločom dovoljno su mali i laki da se mogu postaviti na ojačane bočne poklopce kupole haubice. Ukoliko bi se umesto mitraljeza 7,62 mm predvideli 12,7 (kao američki M85) ili čak teški mitraljez BRG-15, 15 mm, povećale bi se protivoklopne sposobnosti na račun potkalibarskih protivoklopnih projektila. Idealna kombinacija bila je da se na jednom poklopcu otvora nalazi mitraljez 7,62 mm, a na drugom mitraljez 12,7 ili 15 mm. Teža oružja od ovih mogla bi da budu suviše glomazna za ugradnju na poklopce ulaza na kupoli samohodne haubice.

U uslovima kada je težište snaga Varšavskog pakta na vazdušno-desantnim i helikopterskim jurišima i na taktici operativnih manevarskih jedinica (radi dezorganizovanja taktičke i strategijske pozadine NATO), oklopna borbena vozila zapadnih saveznika za posredna borbena dejstva moraju da ima-



Sl. 3 Izgled protivavionskog tenka OTOMATIC 76/62 kada bi dobio mitraljesku barbetnu turelu na bočnom poklopcu

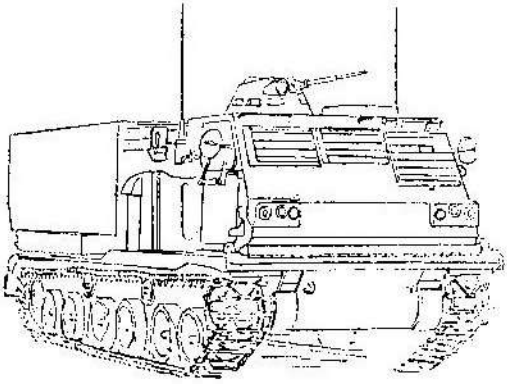
ju određene samoodbrambene sposobnosti, dejstvujući iz unutrašnjosti oklopnog vozila protiv neprijateljeve pešadije naoružane ručnim protivoklopnim bacačima RPG-7/16 sa kojima se samohodne haubice i njihove jedinice za osiguranje mogu suočiti. Mitraljezi ug-

rađeni na bočnim poklopcima otvora kupole mogu da budu čak i korisni za samohodne haubice naoružane »lančanim topom« 25 mm, jer se na taj način može uštedeti njihova municija za prave ciljeve.

Mitraljezi u oklopnom postolju (barbetni mitraljezi), tipa nemačkog aviona HORNET, mogu, takođe, biti korisni za oklopna borbena vozila čiji osnovni sistemi na krovu kupole — kao što su radari na italijanskom protivavionskom tenku 76/62 OTOMATIC (sl. 3) — komplikuju ugradnju krovnih turela tipa M60 ili kupola sa mitraljezima tipa CHIEFTAIN.

Odbrana lokalnog značaja

Slične mogućnosti samoodbbrane i lokalne odbrane, dejstvujući ispod oklopa, trebalo bi iskoristiti i za druga oklopna vozila za posredno dejstvo, kao što su američki i NATO raketni artiljerijski sistem MLRS (sl. 4), nemačka i italijanska vozila za serijsko miniranje (bazirana na šasiji tipa M548) i oklopna inžinjerijska borbena vozila (posebno u



Sl. 4 Kako bi izgledao višestruki raketni lanser MLRS sa dodatkom sekundarnog oružja u obliku turele

akcijama minskog ratovanja). Kako ova vozila imaju fiksne kabine i nadgrađe, poželjnije su kupole postavljene sa gornje strane vozila od bočno ugrađenih oklopljenih (barbetnih) mitraljeza. Da bi se na sva ova vozila ugradila jednoseda oklopna kupola sa mitraljezom 7,62 mm i ručnim komandovanjem (kao što je na francuskom oklopnom transporteru VTT), trebalo bi žrtvovati malo prostora i izvršiti neke rekonstrukcije i ojačavanja. Predviđeno je da se ugradi kupola sa mitraljezom 7,62 mm na kabinu udaračkog oklopnog minočistača AARDVARK Mk 3. Francusko vozilo VPX 5000 ima mitraljez 7,62 mm sa daljinskim upravljanjem, ugrađen na gornjoj strani. Takvo rešenje je skuplje i potrebno mu je više prostora, ali se nišandžija nalazi u oklopljenom vozilu.

Trebalo bi, takođe, razmotriti korišćenje većih sistema samoodbrambenog oružja. Za veća oklopna borbena vozila za posredno dejstvo podesna je mala kupola sa mitraljezom 12,7 mm, kao na brazilskom oklopnom transporteru CHARRUA, ili gornja kupola tipa osnovnog borbenog tenka M60 sa mitraljezima 7,62 mm i 12,7 mm ili sa teškim mitraljezom 15 mm.

Oklopna borbena inžinjerijska vozila i oklopna vozila za evakuaciju obično su izrađena na tenkovskoj šasiji i na njih se lako može ugraditi jednocevna ili dvocevna mitraljeska kupola (firme »Creusot-Loire« ili druge), ili se umesto toga može ugraditi kupola tipa CADILLAC GAGE sa mitraljezom 12,7 mm (ili 15 mm) i automatskim bacačem bombi 40 mm, kao što je ugrađeno na američkom amfibijskom oklopnom vozilu AAV7A1. Ovako dobro naoružana kupola, koja je istovremeno i jednostavna, ne samo što poboljšava samoodbrambene sposobnosti, već pojačava odbranu inžinjerijskog pionirskog odeljenja. Francusko oklopno vozilo za evakuaciju, Model 55, i oklopno pionirsko vozilo AMX 13 VCG imaju po jedan mitraljez za samoodbranu, ali su ova oružja nezaštićena oklopom.

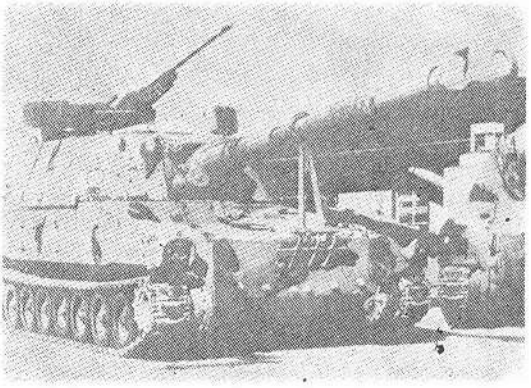
Odbrambeni sistemi sa mitraljeskim kupolama moraju, takođe, da budu ugrađeni na oklopna borbena vozila za neposrednu borbenu podršku snaga NATO smatraju zapadni vojni struč-

njaci. To su oklopna vozila za dotur materijalnih sredstava i municije. U svim slučajevima protivavionski mitraljezi sa nezaštićenim nišandžijama moraju da se koriste samo za odbranu od napada iz vazdušnog prostora. Ako oklopna borbena vozila za posredna dejstva i borbenu podršku nemaju bar puškarnice kroz koje će posada dejstvovati ličnim oružjem, ova vozila su bespomoćna u uslovima bliske borbe na zemlji.

To isto važi za oklopna C^3 vozila i vozila za taktičko elektronsko ratovanje, čak i ako treba izmeniti raspored unutrašnje elektronske opreme. Ukoliko zbog antena na krovu oklopnih C^3 vozila i vozila za elektronsko ratovanje ne bude moguća ugradnja kupola sa mitraljezima, tada oko tela vozila treba postaviti mitraljeze na loptastim postoljima sa daljinskim i ručnim upravljanjem za obezbeđenje što bolje samoodbrane. Turelna postolja sa daljinskim upravljanjem (kao što su repne turele na sovjetskim bombarderima i transportnim avionima) mogla bi da budu ugrađena na čeonom delu nadgrađa M109 u varijanti komandnog mesta kao dodatni komplet, a motori, zupčanici i municijske kutije mogu da se smeste u oklopljenom bunkeru nad kojim je postavljeno turelno postolje. U telu ove varijante M109 postavile bi se samo komande, otvor sa poklopcem za pristup mitraljezu, električni vodovi i kanal za dopunu kompleta municije. Dodavanjem obrtnih nišana na krovu omogućilo bi vidno polje od skoro 180° u prednjem luku. Mitraljezi na kuglastom postolju na bočnim i zadnjim ulaznim vratima dopunili bi kružnu odbranu vozila. Tako britansko komandno vozilo FV105 SPARTAN ima jedan mitraljez 7,62, ali je to opet nezaštićeno protivavionsko oružje.

Ugradnja automatskog topa ASP 30 na samohodnu haubicu M109

Za naoružavanje različitih oklopnih vozila predložen je američki automatski top ASP 30, 30 mm, koji bi služio i za samoodbranu od napada sa zemlje i od helikoptera. Posebno bi se koristio na oklopnim borbenim vozilima za posredno dejstvo, kao što su samohodna haubica M109 (sl. 5). Za top ASP 30 konstruisana je specijalna kupola sa spravama za pokretanje po pravcu i visini i sa mehanizmom za punjenje topa municijom. Nijedan od ovih mehanizama ne viri u unutrašnjost vozila. Kupola bez modifikacija ide na M109 i oklopni transporter M113, jer komandirova kupola na oba vozila ima iste dimenzije. Kupola za ASP 30 može se ugraditi na vozilo za manje od jednog sata, čak i sa neobučenim ljudstvom. Njegova ukupna masa je 325 kg.



Sl. 5 Automatski top »ASP 30« 30 mm kao sekundarno oružje samohodne haubice M109

Zaključak

Sva oklopna borbena vozila NATO za posredno dejstvovanje i borbenu podršku trebalo bi da budu naoružana mitraljezima koji su zaštićeni oklopom i da imaju bar domet ravan malokalibarskom oružju, srednjim mitraljezima i raketnim bacačima pešadijskog voda snaga Varšavskog pakta. To bi se moglo postići mitraljezom 7,62 mm. Mitraljez 12,7 mm ili teški mitraljez 15 mm mogao bi se suprotstaviti četnim mitraljezima i oklopnim transporterima Var-

šavskog pakta, naoružanim mitraljezom 14,5 mm, dok bi kupola sa automatskim bacačem bombi Mk19 40 mm mogla odgovoriti na napad grupe sa protivoklopnim vođenim projektilima AT-3/4 SAGGER-SPIGOT ili bilo kojeg oklopnog vozila pešadije BMP-1 koja se nađe u dometu. Posade oklopnih borbenih vozila NATO za posredno dejstvovanje i borbenu podršku imaju potrebu za takvim odbrambenim naoružanjem, tako da bi se oko njih koncentrisala pešadija u toku žestokog odbrambenog boja. Dobro naoružana oklopna borbena vozila efikasnije će se izvući iz obruča neprijateljeve pešadije, smanjiti zadatke združenih jedinica pešadije i oklopnih borbenih vozila za neposredno dejstvovanje i obezbediće bolju podršku odbrambenim dejstvima sopstvenih snaga.

P. M.

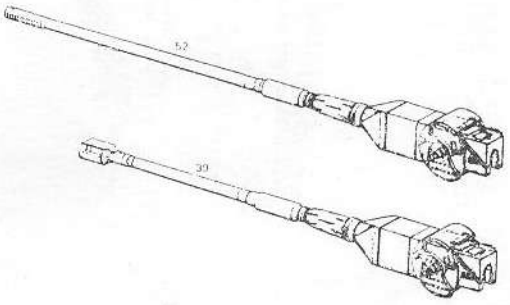
tehničke novosti i zanimljivosti

Artiljerijsko oruđe kalibra 155 mm zapadnonemačke firme »RHEINMETALL« za NATO haubice 90-ih godina[1]

Prema modifikovanim NATO standardima definisani su balistički zahtevi za artiljerijska oruđa kalibra 155 mm buduće generacije, tako da sa rasprskavajućim projektilom L15A1 treba da se obezbedi domet od 30 km. U septembru 1987. godine SAD, Francuska, Velika Britanija, SR Nemačka i Italija saglasile su se da osnovu za ostvarenje ovog zahteva treba da čini oruđe sa cevi dužine 52 kalibra, ležištem metka zapremine 23 litra i početnom brzinom na ustima cevi topa 945 m/s.

Modernizacija postojećih haubica u cilju zadovoljenja ovih zahteva u toku je u SAD, Velikoj Britaniji i SR Nemačkoj. Pored toga, Ministarstvo odbrane SR Nemačke je sa koncernima na čijem čelu su KRAUSS MAFFEI na jednoj i WEGMANN na drugoj strani, zaključilo ugovore za izradu konkurentskih rešenja novih samohodnih haubica PzH

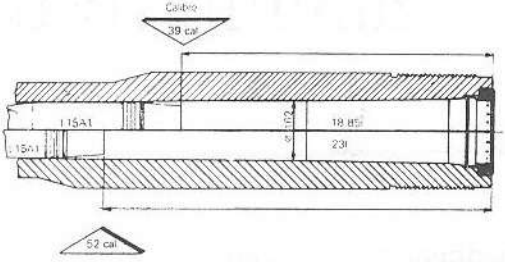
Izgled nove samohodne haubice PzH 2000 firme KRAUSS MAFFEI sa topom 155 mm dugačke cevi, firme RHEINMETALL. Isti top će biti i u konkurentskom sredstvu konzorcijuma WECO, koji predvodi firma WEGMANN



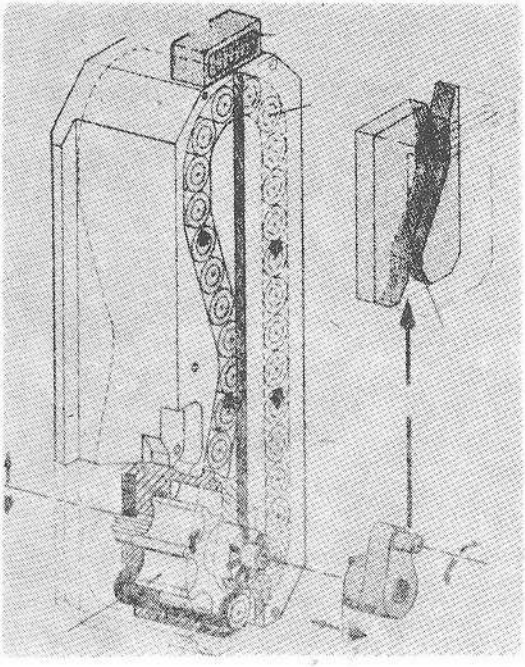
Top cevi dužine 52 kalibra, mase 5270 kg; i top cevi dužine 39 kalibara i mase 4150 kg, kojim je naoružana modernizovana samohodna haubica M109A3G. Na ovom topu uočava se usavršena višekomorna gasna kočnica na ustima cevi topa, efikasnosti 48%

[1] Prema podacima iz: INTERNTAIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 5, str. 653—655.

2000, predviđenih za uvođenje u naoružanje 1998. godine. Oba rešenja imaće isto oruđe kalibra 155 mm i dužine cevi 52 kalibra, firme RHEINMETALL, koja za firmu KRAUSS MAFFEI radi i kupolu. Ugovor za izradu topa zaključen je novembra 1987. da bi se već početkom 1988. počelo sa ispitivanjima gađanjem sa postolja. U jesen iste godine



Poređenje zapremina ležišta metka topova sa cevima dužine 39 i 52 kalibra



Mehanizam firme RHEINMETALL za automatizovani transport i uvođenje kapisle i zatvarač topa, kapaciteta 30 kapisla, razvijen je za samohodnu haubicu PzH 2000. Mehanizam je postavljen na zadnju površinu zatvarača, kreće se zajedno sa njim, a pogon dobija posredstvom kopirnog mehanizma

po jedan top isporučen je za ugradnju u prototipove samohodnih haubica, a treći je ostao za dalja ispitivanja balistike i barutnih punjenja. Put projektila u cevi je bio 6022 mm, ukupna dužina cevi je 8060 mm, a masa 1850 kg. Masa trzajućih delova je 3070 kg, sila trzanja je 600 kN, a dužina trzanja je max 700 mm. Masa delova pokretnih po visini je 5250 kg. Ostvarene početne brzine projektila od preko 950 m/s su veće od zahtevanih NATO standardom, pa će se, verovatno, početna dužina cevi od 52 kalibra smanjiti za najviše 2 kalibra. Ovo će predstavljati olakšanje za kupolu zbog smanjenja mase i lakšeg balansiranja. Novost je višekomorna kočnica na ustima cevi topa, efikasnosti 48%, i bajonet-veza cevi sa zadnjakom i protivtrzajućim uređajem, što znatno ubrzava i olakšava zamenu cevi u poljskim uslovima, tako da je zamena moguća pola sata. Kapisle DM191A1 se u klasični vertikalni zatvarač uvode automatski, preko mehanizma kapaciteta 30 kapisla.

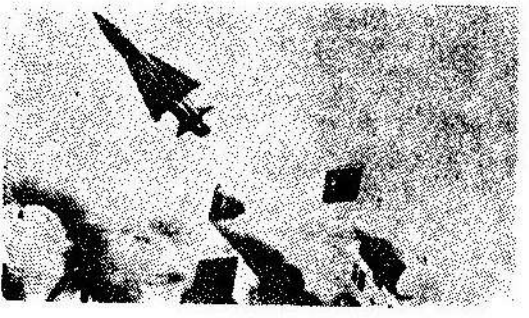
Oruđe je projektovano prvenstveno za upotrebu municije sa modularnim sistemom barutnih punjenja (MTLS). Ovo je originalno rešenje firme RHEINMETALL, koje obuhvata maksimalno 6 modula pojedinačne mase 2,5 kg, napunjenih granuliranim barutom nepoznatog tipa. Promenom broja modula obezbeđuje se pokrivenost celokupnog dijapazona dometa (2,5 do 30 km) sa preklapanjem zona 10% (najmanje 1500 m). Svaki modul ima sagorljivu oblogu od nitroceluloze i centralni štapin za paljenje barutnog punjenja. Glavna prednost ove municije je olakšana manipulacija, u slučaju primene u automatskom sistemu za punjenje topa, što se predviđa za drugu fazu razvoja PzH 2000.

Ispitivanja prototipova sredstava (gađanjem i vožnjom) obaviće se u toku 1989. godine, a odluka koja će rešenje biti odabrano za dalji razvoj doneće se 16. novembra 1990. godine.

Britanski laki PA-protivraketni sistem »SEAWOLF GWS 26 MOD2«[2]

Razarači britanske RM TYPE 42 treće serije i nosači aviona klase INVINCIBLE, počeće od 1991. godine da se naoružavaju lakim protivavionsko-protivraketnim sistemom vođenog projektila kratkog dometa SEAWOLF GWS 26 Mod 2.

Na razarače će biti ugrađena dva četvorocevna lansera, a na nosače aviona 4 lansera. Svi će imati po dva uređaja za praćenje.



Nosač aviona ILLUSTRIOUS biće prvi koji će se naoružavati ovim sistemom, mada je verovatnije da će ispitivanja na moru biti obavljena na razaraču.

Početak modifikacije i modernizacije ILLUSTRIOUS je planiran 1991. godine, a završetak 1993. Prvi prateći radar 805SW SEAWOLF firme MARCONI treba da bude isporučen sredinom 1991.

Firma MARCONI RADAR SYSTEMS zaključila je ove godine ugovor za više od 15 pratećih radara. Firma FERRANTI COMPUTER SYSTEMS takođe je zaključila podugovor u vrednosti 4 miliona funti za isporuku računara F2420 za ovaj sistem.

Ugradnja lakog sistema SEAWOLF na tri nosača aviona verovatno će biti u toku planirane modernizacije. Nosač aviona ARC ROYAL počeće sa modernizacijom sredinom devedesetih godina i biće drugi nosač sa ugrađenim sistemom vođenog projektila.

Firma SWAN HUNTER zaključila je ugovor ove godine za obezbeđenje tehničke podrške za modernizaciju i osavremenjavanje nosača aviona i razarača TYPE 42.

Sistem za određivanje položaja vazdušnog cilja »NITE LITE« izraelske firme »RAFAEL«[3]

Na pariskoj vazduhoplovnoj izložbi izraelska firma RAFAEL je prvi put prikazala kompjuterizovani poljski sistem za određivanje položaja vazdušnog cilja i upravljanje vatrom NITE LITE.

Sistem obezbeđuje podatke u realnom vremenu za uočene vazdušne stacionarne ili pokretne ciljeve, u svim vremenskim uslovima, danju i noću. Sistem objedinjuje FLIR, laserski merač daljine, goniometar, elektronsku i kom-

pjutersku jedinicu. Podaci o cilju obuhvataju identifikaciju, pravac i elevaciju, visinu, daljinu i geografske koordinate, a daju se simultano na LCD displeju na FLIR monitoru.

Prema izjavi proizvođača, izraelska armija je već naručila više ovakvih sistema, od kojih su prvi već montirani na oklopnim vozilima M113. Namenje-

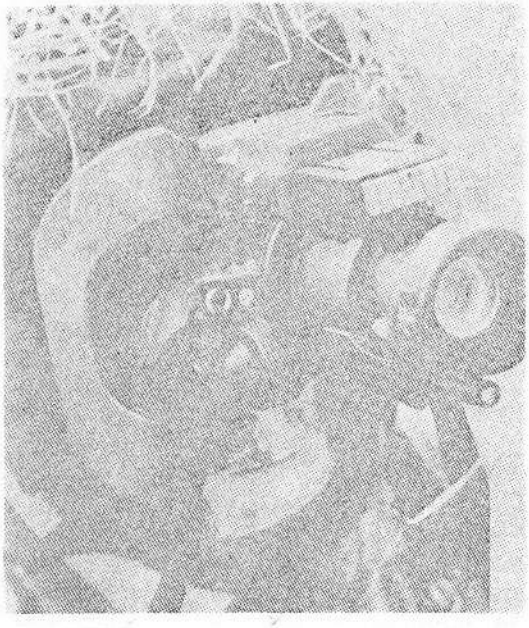
[2] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 8. juli, str. 15.

[3] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 3. jun, str. 1083.

ni su za osmatranje na državnim granicama radi davanja tačnih koordinata napadača, te za označavanje ciljeva i upravljanje artiljerijskom vatrom, noću i u svim vremenskim uslovima. Sistem se hidraulično podiže na visinu 1,5 m iznad vozila, a operator rukuje iz zaštićene unutrašnjosti vozila. Uz pomoć tronošca (na slici) moguća je upotreba u poljskim uslovima. Napajanje je moguće iz instalacije vozila ili pomoću baterija.

Pasivni dogled za noćno osmatranje »NOVA« britanske firme »PILKINGTON«[4]

Britanska firma PILKINGTON PE Ltd. razvila je pasivni dogled za noćnu upotrebu NOVA sa primenom optičkog sistema koji uspostavlja binokularno gledanje (praktično za korisnika), zahvaljujući samo jednoj cevi za pojačanje svetlosti, čime je postignuta ušteda u težini i ceni.



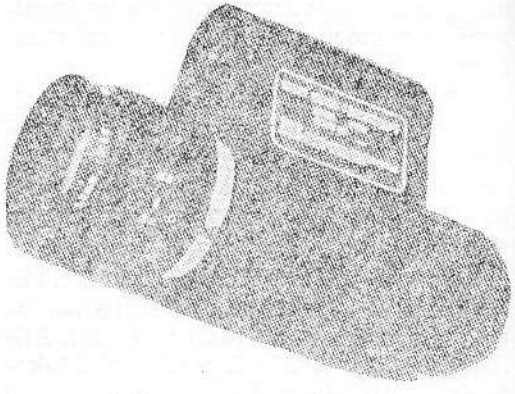
[4] Prema podacima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 86, str. 78.

Ovaj dogled može da se drži u ruci ili nosi sa opremom za glavu, tako da su ruke korisnika slobodne za obavljanje drugih radnji.

Dogled se može priključiti za laserski obeleživač cilja istog proizvođača. Mase 675 g (dimenzija $190 \times 90 \times 100$ mm), sa baterijom na bazi žive od 2,7 V (čiji je radni vek 66 časova), NOVA ima samo 3 komande: birač uključenje/isključenje, regulisanje rada i podešavanje okulara. Dogled ima vidno polje 40° i jedinstveno uveličanje; omogućuje raspoznavanje cilja veličine čoveka na 300 m pri osvetljenosti zvezdanog neba od 10^{-3} $l\times$, ali isto tako i obavljanje radnji u neposrednoj blizini (čitanje karte ili popravka vozila).

Američki džepni optički uređaj za noćno osmatranje »GEN III«[5]

U okviru firme ITT ELECTRO-OPTICAL PRODUCTS, odnosno njenog dela ITT DEFENCE razvijen je i pušten na tržište model treće generacije prenosnog džepnog uređaja za noćno osmatranje GEN III.



Karakteristike ovog uređaja (koji ima 18 milimetarski pojačavač slike) su mnogo bolje od karakteristika do sada korišćenog uređaja GEN II: poboljšana je rezolucija, fotoosetljivost je tri puta

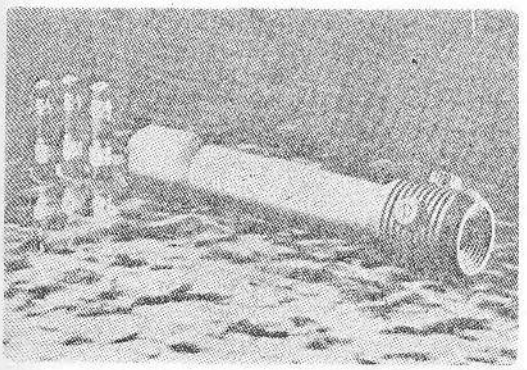
[5] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 24. juni, str. 13, 29

veća, pojačanje je veće više nego dva puta, a vek eksploatacije produžen je za blizu četiri puta.

Jedna od značajnih karakteristika ovog uređaja je njegov rad, u oblasti talasnih dužina bliskih infracrvenoj oblasti (2,5 do 25 μm), a koje su karakteristične za noćnu svetlost.

Laserski nišani »LS-25« i »LS-55« američke firme »IMATRONIC«[6]

Firma IMATRONIC je prodala laserski nišan LS-45 u oko 40 zemalja u svetu .Ohrabrena ovim uspehom razvila je još dva laserska nišana malih dimenzija, namenjena streljačkom naoružanju. Oba nišana bila su prikazana u SAD u toku 1989. godine.



Laserski nišan IMATRONIC LS-55

Manji od dva nišana, oznake LS-25, razvila se američka filijala firme, IMATRONIC Inc. Namenjen je za pištolje ili automate manjih gabaritnih dimenzija koji omogućuju da se pri ugradnji ostvari paralelnost ose nišana i cevi (ne postoji mehanizam za podešavanje po pravcu i visini). Dužina nišana je 83 mm, prečnik 19 mm (3/4 inča) i masa (sa baterijama za napajanje) 99 g. Za napajanje se koristi litijumska baterija napona 3,5 V (ili dve standardne AAA alkalne baterije). Sa jednom litijumskom baterijom nišan može kontinuirano da se koristi oko 8 časova. Izlazna snaga lasera je 1 mW. Prečnik snopa na rastojanju od 100 m je oko 51 mm. U noćnim uslovima nišan može da se koristi do rastojanja od 100 m.

Drugi nišan razvila je britanska filijala iste firme pod oznakom LS-55. Namenjen je za automatske puške i automate. Ima ugrađen mehanizam za podešavanje položaja po pravcu i visini. Dužina mu je 152 mm, prečnik 25,4 mm (1 inč) i masa (sa baterijama) 198 g. Napajanje se vrši pomoću tri litijumske ili alkalne baterije. Život litijumskih baterija je približno isti kao kod modela LS -25. Izlazna snaga je 3 mW, a prečnik snopa kao i kod modela LS-25. Daljina upotrebe mu je 300 m.

Britanski opiti sa municijom velike početne brzine[7]

U britanskom istraživačkom centru SOWERBY DE BRITISH AEROSPACE DE FILTON konstruisan je top iz koga se projektili pomoću gasa pod visokim pritiskom, ispaljuju velikom poečtnom brzinom. Top za sada služi kao alat za istraživanje čiji je cilj da se ispita ponašanje materijala od koga je izrađen cilj, kada u njega udari projektil velikom brzinom. Iz topa se ispaljuju projektili mase 1 g čija je brzina pri udaru u cilj 3200 m/s.

Pri udaru projektila u cilj velikom brzinom nastaju visoki pritisak i temperatura, a materijal se ponaša slično kao da je u tečnom stanju. Dolazi do veoma visokih naprezanja, što za posledicu imaju javljanje udarnih talasa velike snage, koji se prostiru kroz materijal nadzvučnom brzinom. Talasi izazivaju ozbiljna oštećenja i na mestima udaljenim od mesta udara.

Top u istraživačkom centru SOWERBY dug je 10 m i sastoji se od rezervoara za gas, klipa u obliku cevi, ce-

[6] Prema podacima iz DEFENCE 1989, juni, str. 463.

[7] Prema podcima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 86, str. 57.

vi iz koje se ispaljuje projektil i komore u kojoj je smešten cilj. Prečnik klipa (35 mm) je veći od prečnika cevi za ispaljivanje projektila (8 mm). Ova dva dela spojena su konusnim elementom u kome se (u najužem delu) nalazi masivni bakarni disk koji služi kao zaptivač između njih. Projektil se nalazi u plastičnoj oblozi, a u cev za ispaljivanje postavlja se pod određenim pritiskom.

Na početku opita rezervoar se puni helijumom pod pritiskom od 2500 lb/sq.in. (17,24 MPa), dok posebna pumpa u komori u kojoj se nalazi cilj održava pritisak ispod 1/100 lb/sq.in. (69 Pa).

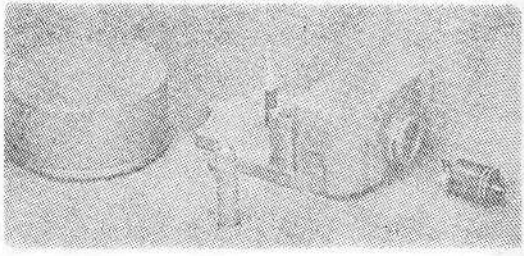
Pri »opaljenju helijum se oslobađa iz rezervoara, potiskuje klip napred velikom brzinom i sabija gas u cevi, između klipa i bakarnog diska. Tako se u cevi stvara pritisak reda 20000 lb/sq.in. (137,90 MPa). Visoki pritisak izaziva prskanje bakarnog diska i potiskuje projektil. Projektil pri udaru u cilj u komori ima brzinu 3200 m/s.

Udar projektila u cilj snima se ultrabrzom kamerom. Posebnim uređajima postavljenim iza cilja mere se naprezanja i deformacije materijala u trenutku udara projektila. Na osnovu dobijenih podataka računa se pritisak, temperatura i promena gustine materijala od koga je izrađen cilj, kao i širenje udarnih talasa kroz cilj.

U istraživačkom centru očekuju da će uskoro vršiti opite sa pritiskom u rezervoaru od 60000 lb/sq.in. (413,69 MPa), što će omogućiti da se dostigne brzina projektila pri udaru u cilj od 5000 m/s. U tom slučaju snimanje ponašanja materijala od koga je izrađen cilj vršilo bi se pomoću uređaja koji emituje X zrake i laserskog snopa. Pretpostavlja se da će tako dobijeni udarni talasi, pored ostalog, dovesti do promena molekularne strukture supstance, što bi omogućilo dobijanje novih materijala, koji bi imali i nove karakteristike.

Francuska protivtenkovska mina »HPD2«[8]

Francuska firma TRT proizvodi PT mine od 1973. godine prema strogim zahtevima francuske armije. Mina HPD1 sa ugrađena dva nekontaktna senzora u upaljaču (seizmički i magnetski) pripada prvoj generaciji ovih mina. Razvoj savremenih sistema za čišćenje minskih polja, kao što su uređaj sa aerosolnim eksplozivom, minočistači sa mlatilima i širokim plugovima, učinili su mine prve generacije nedovoljno efikasnim u borbi protiv tenkova. Kao odgovor na to, TTR je u periodu od 1980. do 1986. godine razvila novu PT minu HPD2 koja se polaže istim sistemima. Mina HPD2 se sastoji iz dva osnovna modula: sklopa upaljača i sklopa izbacnog i osnovnog eksplozivnog punjenja.



Upaljač se sastoji iz nekontaktnih senzora, osiguravajućeg mehanizma sklopa za samoneutralizaciju, izvora napajanja, pirotehničkog osiguravajućeg mehanizma i sklopa za armiranje. Funkcija nekontaktnih senzora je bazirana na »niskoj emisiji«. Magnetno polje koje oni stvaraju je oko 10.000 puta slabije od magnetnog polja zemlje, toliko malo da se teško može otkriti raznim detektorima, a ipak dovoljno jako da detektuje prisustvo ciljeva na rastojanju 5 do 10 m. S jedne strane upaljača se emituje signal, a pri refleksiji se prima s druge strane. U tom stanju dva mikroprocesora upoređuju signale i analiziraju nekoliko parametara uključujući visinu i brzinu reflektujuće po-

[8] Prema podacima iz: MILITARY TECHNOLOGY 1989, br. 4, str. 110.

vršine (cilja). Analizom reflektovanog signala je moguće odrediti poziciju i tip cilja. Tada se pomoću mikroprocesora donosi odluka da li da mina deluje ili ne. U slučaju kada na minu naiđe borbeno vozilo koje gura minočistač kao što je na primer sovjetski KMT-45 sa kotrljajućim plugovima, mina neće eksplodirati sve dok uređaj za čišćenje ne prođe i delovaće ispod šasije vozila. Kod vozila točkaša će mina HPD2 uvek delovati ispod šasije vozila, a neće delovati ispod točkova. Ovo nedelovanje je iz razloga što savremena točkaška oklopna vozila mogu nastaviti kretanje čak i ako im se unište jedan ili dva točka.

Kod guseničara mina deluje i ispod šasije i ispod gusenica. Ako deluje ispod gusenice onda se, radi boljeg efekta, istovremeno aktiviraju i izbacno i osnovno eksplozivno punjenje.

Optimalna dubina ukopavanja mine je 30 cm u čvrstom tlu. Mina efikasno deluje i pod ledom i snegom kao i pod vodom do dubine 4 m. Za isti tip borbenog vozila mina deluje na istom mestu nezavisno od brzine njegovog kretanja. Pri normalnoj funkciji mine, prvo se aktivira izbacno punjenje kojom se odstranjuju sve prepreke koje umanjuju efekat dejstva osnovnog punjenja, i posle 100 ms se aktivira osnovno punjenje.

Mina se može otkriti ručnim detektorom i onda deluje, sem u slučaju kad bi se detektor neposredno držao iznad mine.

Za izvor napajanja se koriste dve litijumske baterije koje obezbeđuju vek mine od 12 godina.

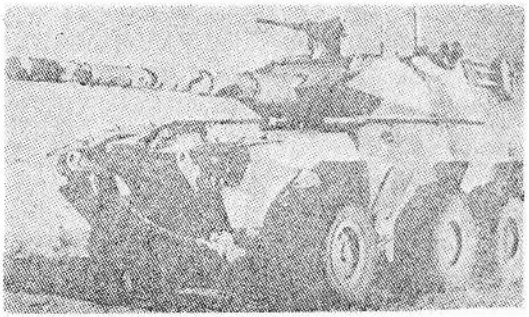
Kada se položi i armira, mina ostaje bojevo sposobna u toku unapred izabranog vremena od nekoliko dana do nekoliko meseci. Kada istekne programirano vreme, deluje sistem za samoneutralisanje koji izbacuje teleskopski indikator prema površini zemlje i mina se može podići i pripremiti za ponovnu upotrebu. Ako se mina pokuša podići pre isteka vremena samoneutralizacije, doći će do aktiviranja.

Mina HPD2 sa sadašnjom koncepcijom predstavlja savremenu minu i za sledeći vek. Proizvođač planira da je, zadržavajući osnovnu modulnu koncepciju, dalje osavremenjava ugradnjom seizmičkih ili infracrvenih senzora i obezbeđujući mogućnost daljinskog aktiviranja ili neutralizacije.

Ovom minom se opremaju armije Belgije, Norveške i Švajcarske.

Američko oklopno vozilo »COMMANDO V-600« sa topom kalibra 105 mm »L-7« firme »CADILLAC GAGE«[9]

Američka firma CADILLAC GAGE je na oklopno točkaško vozilo sa 6 točkova COMMANDO V-600 ugradila kupolu sa topom kalibra 105 mm L-7 britanske firme ROYAL ORDNANCE. Po potrebi u kupolu se može ugraditi i uređaj za stabilizaciju u 2 ose (4 žirobloka CADILLAC GAGE) koji omogućuje gađanje iz pokreta sa velikom verovatnoćom pogotka iz prvog hica. Bojevi komplet se sastoji od 8 metaka spremnih za paljbu, a 26 je smešteno u unutrašnjost kupole.



Oklopno vozilo Commando V-600 sa topom 105 mm L-7

Kupola se okreće u krug 360° brzinom od 40°/s i po visini −7,5° do +20°, istom brzinom. Nišandžija ras-

[9] Prema podacima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 84. str. 81.

polaže nišanskom spravom dan/noć SIRE sa laserskim daljinomerom (termovizijskom kamerom na poseban zahtev).

Pored toga vozilo je naoružano spregnutim mitraljezom 7,62 mm, a po potrebi i mitraljezom 7,62 mm ili 12,7 mm ugrađenim na krovu.

Vozilo COMMANDO V-600 ima borbenu masu od 18 t i može da se prevozi avionima LOCKHEED C-13 HERCULES.

Za pogon vozila služi turboprehranjivani dizel-motor VT-504, V-8 snage 198 kW na 3000 min^{-1}.

Maksimalna brzina kretanja vozila iznosi 90 km/h, a autonomija kretanja 640 km.

Oklopna zaštita vozila je pancirnog čelika visoke otpornosti CADLOY.

Hodni uređaj sastoji se od specijalnih pneumatika i sistema oslanjanja sa spiralnim oprugama napred i torzionim štapovima nazad, što omogućuje veliku stabilnost platforme za ugradnju topa.

Isto naoružanje predlaže se i za lako gusenično vozilo STINGRAY firme CADILAC GAGE.

Novi izraelski tenk »MERKAVA MARK 3«[10]

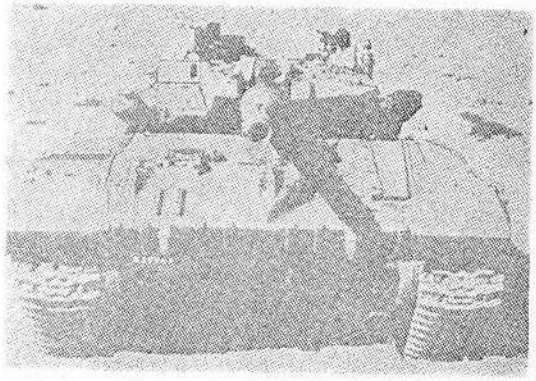
Izraelski tenk MERKAVA MARK 3 (Mk3) predstavlja dalje usavršavanje originalne koncepcije tenka čiji su prethodnici dobro poznati tenkovi Mk1 i Mk2.

Na prvi pogled tenk Mk3 se ne razlikuje mnogo od ranijih verzija. Međutim pažljivom analizom utvrdiće se da je skoro svaka komponenta ugrađena u tenk nova. Slobodno se može reći da je tenk Mk3 potpuno novi tenk.

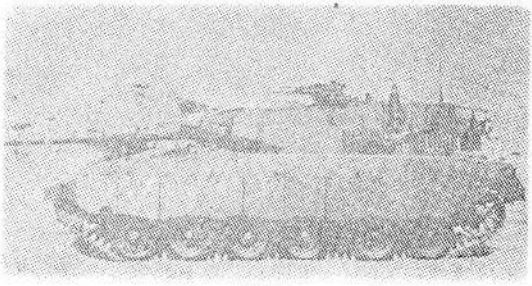
Za razliku od ranijih izraelskih tenkova, u tenk M3 ugrađeno je daleko više specijalnog oklopa. Specijalni oklop je integrisan u oklopno telo i kupolu (naročito kupolu) u obliku zamenljivih modula. Kao posledica takvog koncepta ugradnje specijalnog oklopa omogućeno je da se, u slučaju pronalaženja efektivnijeg specijalnog oklopa, izmeni celokupna oklopna zaštita tenka.

Tenk Mk3 okretanje kupole i elevaciju vrši isključivo električnim putem (kod starijih tenkova ovaj sistem je bio elektrohidraulični). Top je stabilisan.

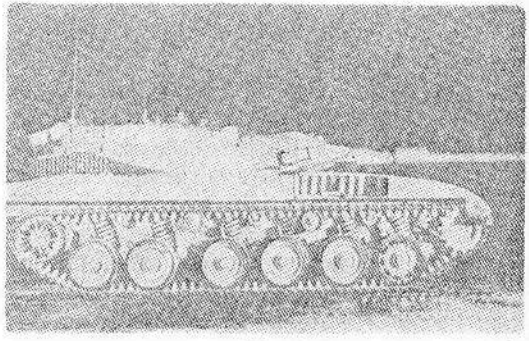
Uvedena je nova osmatračka sprava nišandžije sa uveličavanjem od 12 puta. Ova sprava je nezavisno stabilisa-



Sl. 1



Sl. 2



Sl. 3

[10] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 5, str. 612—616.

na po pravcu i elevaciji. Uz spravu je povezan neodymium-YAG laserski daljinomer. Uz pomoć balističkog kompjutera i grupe senzora (uključivši i meteorološki senzor) znatno se povećava verovatnoća prvog pogotka.

Sistem za upravljanje vatrom razvijaju firme ELOP i ELBIT. Tvrdi se da sistem ima znatna poboljšanja, ali se ona ne navode.

Objavljeno je, međutim, da je tenk Mk3 snabdeven usavršenim sistemom za detekciju opasnosti. Ovaj sistem, koji razvija firma AMCORAM, u stanju je da detektuje široko područje elektromagnetnih emisija.

Osnovno naoružanje tenka je top 120 mm sa glatkom cevi. Top je vrlo sličan topu ugrađenom u nemačkom tenku LEOPARD 2. Tenk će imati automatski punjač, a borbeni komplet mu iznosi 50 granata.

Dopunsko naoružanje sačinjavaju jedan koaksijalni i dva spolja montirana mitraljeza kalibra 7,62 mm. Takođe ugrađen je i minobacač kalibra 60 mm kao i bacač dimnih kutija.

U tenk je ugrađen vazduhom hlađen dizel-motor firme TELEDYNE CONTINENTAL oznake AVDS 1780-9AR.

Snaga motora iznosi 895 kW.

Transmisija je proizvod firme ASHOT i u potpunosti je ista kao u tenku Mk2.

Sistem oslanjanja je u potpunosti nov. Sastoji se od 12 oslonih točkova, zavojnih opruga, rotacionih hidrauličnih prigušivača i hidrauličnih graničnika.

Sistem oslonjanja omogućuje oslonim točkovima ukupni vertikalni hod ne manji od 600 mm, što odgovara najnovijim hidropneumatskim sistemima oslanjanja.

Sistem oslanjanja tenka Mk3 omogućava razvijanje velikih brzina preko teškog terena.

Sl. 1 i 2 prikazuju izgled novog izraelskog tenka Merkava Mark 3, pogled spreda i sa strane. Na sl. 1 odmah iznad topovske cevi uočljiv je detektor sistema za upozoravanje, dok je na sl. 2 na bočnoj strani kupole uočljiv meteorološki senzor.

Na sl. 3 jasno se vidi novi sistem oslanjanja.

Osnovne tehničke karakteristike:

— masa:	
— borbena (t)	61
— praznog vozila (t)	59
— dimenzije:	
— ukupna dužina bez topa (m)	7,6
— ukupna dužina top napred (m)	8,78
— ukupna širina (m)	3,70
— visina do krova kupole (m)	2,65
— visina do komandirovog periskopa (m)	2,76
— klirens (m)	0,53
— širina gusenica (m)	0,66
— naoružanje:	
— top (mm)	1×120
— elevacija (°)	20
— depresija (°)	−8
— mitraljez (mm)	3×7,62
— minobacač (mm)	1×60
— motor:	
— proizvođač	Teledyne Continental
— model	AVDS 1790-9AR
— konfiguracija	90° V 12
— zapremina (dm^3)	29,3
— snaga (kW)	895 pri 2400°/min
— hlađenje	vazduhom

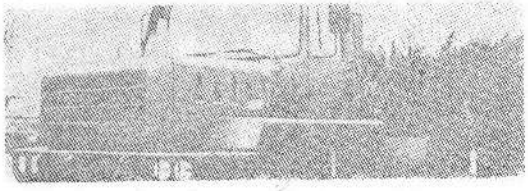
— performanse:

— specifična snaga (kW/t) — — —	14,6
— maksimalna putna brzina (km/h) —	55
— ubrzanje 0—32 km/ /h (s) — — —	10
— površinski pritisak (bar) — — —	0,96
— maksimalni uspon (%) — — — —	70
— maksimalni bočni nagib (%) — —	38
— savlađivanje rova (m) — — — —	3,5
— savlađivanje vertikalne prepreke (m)	1
— savlađivanje vodene prepreke bez pripreme (m) —	1,38
— savlađivanje vodene prepreke sa pripremom (m) — —	2,4
— autonomija kretanja (km) — —	500

Vučni voz za tenkove »TT6×6« britanske firme »AWD/ /BEDFORD«[11]

Britanska firma BEDFORD razvila je vučni voz za tenkove TT 6×6.

Prototip vučnog voza za tenkove TT 6×6 razvijen je na osnovu vozila BEDFORD TD2600 i ima mogućnost za prevoz tenkova klase do 120 t. Za pogon ovog vozila služi dizel-motor CUMMINS NTE snage 274 kW turboprehranjivani. Motor je spregnut sa menjačem FULLER sa devet stepeni prenosa i razvodnikom KIRKSTALL.



U ovaj vučni voz može da se ugradi i pogonska grupa drugih proizvođača (CATERPILLAR, ROLLS-ROYCE itd.).

Ovaj prototip vučnog voza je prvo vozilo iz familije sa novom linijom čija se proizvodnja predlaže u kombinaciji: 4×2,6×4 i 6×6 i 8×6, koja treba da koristi sistem »Multidrive«.

Pokretne oklopne radionice »BwI« i »BwII« zapadnonemačke firme »DORNIER«[12]

Zapadnonemačka firma DORNIER razvija familiju oklopnih vozila vrlo različitih namena, među kojim se posebno ističu dva tipa radionice BwI i BwII namenjenih za zadatke tehničkog održavanja i remonta vozila i elektronske opreme na terenu.

Oklopna radionica BwI, montirana na terenskom vozilu 4×4 MERCEDES-BENZ UNIMOG U 1300 L (korisne nosivosti 2 do 2,5 t), ima dužinu 2900 mm, širinu 2050 mm i visinu 1825 mm. Maksimalna dozvoljena masa radionice (u užem smislu) je 2 t a u praznom stanju 650 kg. Vozilo ima sistem za grejanje i ventilaciju na tečno gorivo.

Oklopna radionica BwII, instalirana je na terenskom vozilu 4×4 MERCEDES-BENZ UNIMOG U 1700 L. Korisna nosivost vozila je 5 t, dužina 4250 mm, širina 2200 i visina 2075 mm. Maksimalna masa radionice (u užem smislu) je 5 t, a u praznom stanju 900 kg. Prema opciji, BwII može da bude opremljena i sistemom za klimatizaciju vazduha.

[11] Prema podacima iz: DÉFENCE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONALE 1989, br. 76, str. 33.

[12] Prema podacima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERATIONAL 1989, br. 81, str. 59.

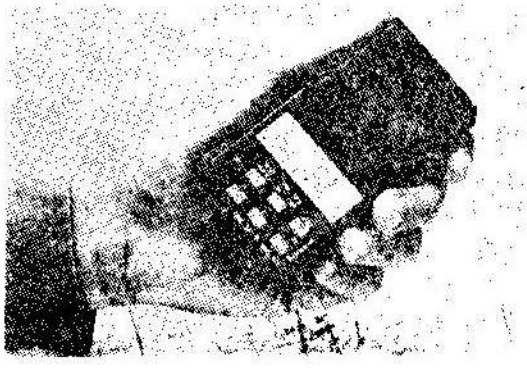
Kopnena navigacija uz pomoć GPS-a[13]

Kopnena navigacija na bojnom polju ne obuhvata samo jednostavnu orijentaciju pomoću mape, naročito kada se radi o borbenim vozilima sa ograničenim vidnim poljem ili visokomobilne udarne jedinice, kada to diktiraju uslovi modernog vođenja bitke. U te svrhe sve više se koriste inertni navigacioni sistemi čije osnovne osobine treba da budu male dimenzije i radio-ćutanje. Jedan način za orijentaciju na kopnu je GPS (engl. Global Position System). Osnovna zamisao je da različiti korisnici na kopnu pomoću svojih, za te namene projektovanih, prijemnika primaju specijalno kodirane signale sa jednog ili više satelita i na taj način proračunavaju svoju poziciju, mere vreme, pređenu udaljenost itd. Doskora je u SAD sve bilo samo na nivou testiranja i ispitivanja mogućnosti. Sada je, međutim, američka firma ROCKWELL COLLINS zaključila ugovor po kome treba da ostvari GPS proizvodnju, koja će pokrivati sve tipove opreme, od prenosnih (manpack) prijemnika kompleta za ugradnju u borbena vozila i vazduhoplove. Ostvarivanje programa GPS pomoću satelita zaustavljeno je neko vreme eksplozijom CHALLENGERA. Do ove godine bilo je ostvareno delimično pokrivanje teritorije od interesa pomoću 6 prototipova GPS satelita iz takozvane grupe Blok I. Prvi od satelita iz Bloka II lansiran je u februaru ove godine i počeo aktivno da emituje 19. marta, iako još uvek podleže intenzivnoj kontroli i testiranju. Svaki sledeći satelit iz Bloka II lansira se u razmacima po oko 60 dana, a lansiranje poslednjeg očekuje se do sredine 1990. godine. Kodni signali za grubu akviziciju C/A (coarse/aquisition) biće dostupni svim korisnicima. Na osnovu njih moći će se postići tačnost od 15 m ili bolja. Osim toga, vojni korisnici moći će da koriste kripto-štićene P-kodovane (precision) signale pomoću kojih će se ostvarivati tačnost od samo nekoliko metara. GPS sistem će omogućavati i merenje brzina do tačnosti 0,1 m/s i vremena reda 0,1 s. Osim firme ROCKWELL COLLINS i druge firme započinju sa intenzivnim razvojem GPS prijemnika i opreme za kopnenu navigaciju.

[13] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, maj, str. 607, 608 i 610.

GPS prijemnik »VIRGINIA SLIMS« američke firme »ROCKWELL COLLINS«[14]

Ime ovog ručnog GPS prijemnika treba da ukaže na vrlo male dimenzije (kao kutija poznate marke cigareta sa istim imenom). Prijemnik predstavlja mali navigacioni sistem sa tačnim određivanjem pozicije za potrebe specijalnih snaga i drugih visokomobilnih jedinica. Zapremina prijemnika je 100 kubnih santimetara, a masa 230 g. Mikrotalasni sklop, koji ostvaruje GPS funkciju, izveden je u čipu na bazi galijum-arsenida i on je, dosad, jedinstven



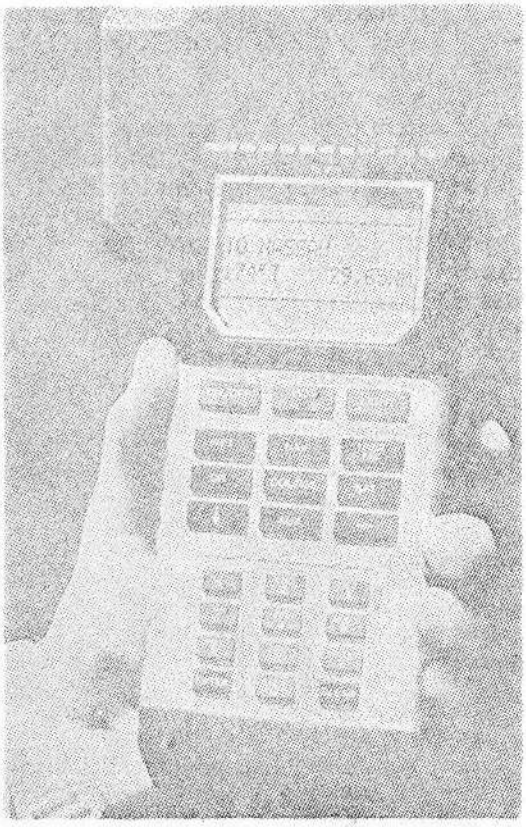
u svetu po svojoj kompleksnosti i visokom stepenu integracije. U prijemniku se koristi mikroprocesor, takođe proizvod firme COLLINS. Prijemnik postiže grubu akviziciju signala, a zatim ga pretvara u P kodovani oblik na osnovu kojeg se vrši fina procena pozicije. Kva-

[14] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, maj, str. 607 i 610.

dratna površina na gornjem delu prijemnika je keramička pločasta antena. Prijemnik je potpuno autonoman i sam ne zrači.

GPS prijemnik za kopnenu navigaciju »GPS NAV 1000« američke firme »MAGELLAN SYSTEMS CORP«[15]

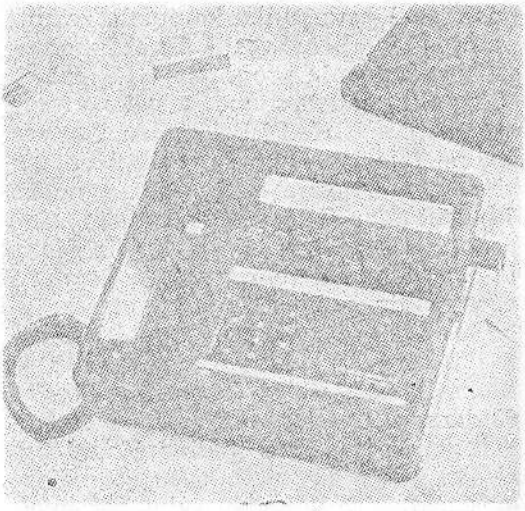
Prijemnik koristi signale za grubo navođenje C/A (coars acquisition) emitovane sa satelita. Može se nabaviti po ceni od 3000 dolara. Opremljen je LCD



displejom, koji ima dve linije sa po 16 karaktera. Prijemnikom se upravlja pomoću jednostavne tastature. Na displeju se prikazuje trenutna pozicija, altituda i longituda, proračunat kurs i brzina, vreme stizanja u određenu tačku na zadatom putu ili cilj puta, procenjeno vreme stizanja u cilj i postignuta razdaljina i brzina. Prijemnik može da zapamti do 50 prolaznih tačaka i može se izračunati udaljenost i položaj bilo kog cilja. Izrađen je tako da bude nepotopljiv (potopljen u vodu pluta), otporan je na vodu i udarce. Masa mu je 0,8 kg ,a dimenzije 22,2×8,9×5,7 cm. Koristi 8,9 cm dugu antenu, prečnika takođe 8,9 cm, a napaja se iz 6 AA alkalnih baterija (10 do 15 V DC), ili pomoću adaptera 115 V AC.

Američki telefonski terminal za prenos kriptoštićenog govora ili podataka »SECTEL 1500«[16]

Američka firma MOTOROLA (Motorola's Govermnet Electronics Group) razvila je nove telefonske terminale SECTEL 1500 za prenos kriptozaštićenih signala govora i podataka brzinom 9,6 kb/s, ili oba istovremeno brzinom od 2,4 kb/s. Telefoni su u maju 1989. go-



[15] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, maj, str. 610.

[16] Prema podacima iz: DEFENSE ELECTRONICS & COMPUTING 1989, maj, str. 54.

dine isporučeni Agenciji za nacionalnu sigurnost po ugovoru vrednom 50 miliona dolara.

Telefoni SECTEL 1500 predstavljaju deo programa STU-III za izradu terminalnih jedinica sa kriptozaštitom za koji je Motorola već isporučila 20000 terminala po ranijim ugovorima.

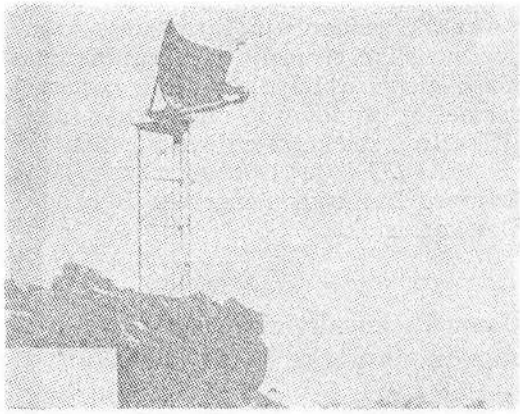
Novi radar američke firme »ITT GILFILLAN«[17]

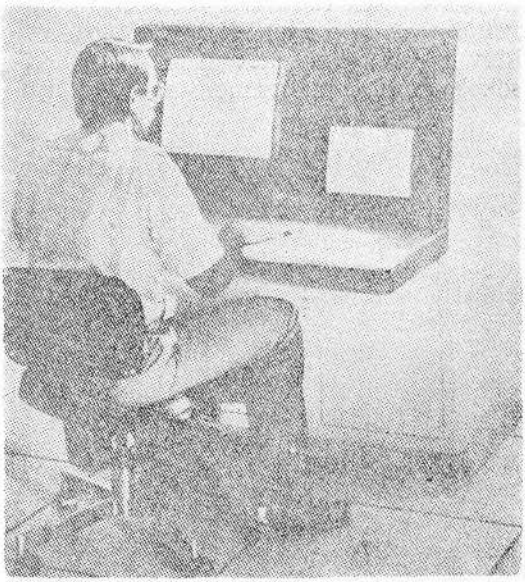
Američka firma ITT GILFILLAN objavila je da razvija novi radar sa antenskim faznim nizom koji je namenjen kako za otkrivanje niskoletećih ciljeva, tako i za otkrivanje ciljeva na većim visinama, uz uslov da i po ceni, ovaj radar sa multifunkcionalnim karakteristikama, bude konkurentan na tržištu.

Tokom 1991. firma će demonstrirati module ovog radara s ciljem da se verifikuju po ceni, po parametrima za ocenu pouzdanosti i po pogodnosti za održavanje.

Multifunkcionalne karakteristike uključuju detekciju, identifikaciju i praćenje svih vrsta letilica uključujući i rakete različitog načina vođenja, kao i integraciju komunikacionih i funkcija radara preko iste antene. Očekuje se znatno poboljšanje mogućnosti detekcije relativno malih ciljeva uz desetostruko povećanje ciklusa ispravnog rada u odnosu na postojeće radare. Kaže se da će pouzdanost biti povećana oko 7 puta, da će masa i zapremina da budu prepolovljeni, a uštede u energiji ostvarene sa 50—60%.

Na bazi tehnološkog lanca sa galijum-arsenidom realizovaće se primopredajni moduli snage do 20 W i propusnog opsega većeg od 1 GHz, uz faktor šuma manji od 2 dB. U toku dosadašnjeg rada na projektu u firmi je sa uspehom realizovan primopredajni modul snage 15 W na C-opsegu frekvencija .Očekuje se da će nove tehnologije da omoguće realizaciju modula na istom čipu sa zadovoljavajućim karakteristikama u pogledu zahteva za visokim nivoom snage, niskim nivoom šuma i vrlo brzim digitalnim kolima. Komplementarni signal-procesing sa 16-bitnom arhitekturom na ulazu nastavlja se na 32-bitni procesing podataka sa klokom od 25 MHz.





Istraživanja u firmi ITT GILFILLAN obuhvataju L, S, C i X opsege frekvencije, sa posebnim aspektima primene u KoV, mornarici i PVO. Najuspešnijim projektom u firmi smatra se ra-

[17] Prema podacima iz: MARITIME DEFENCE 1989, juli, str. 203.

dar FALCON namenjen za priobalne PVO sisteme. FALCON je multifunkcionalni dvodimenzionalni radar koji omogućuje da uspešno budu detektovani vrlo brzi avioni i rakete iznad mora i kopna, posebno u fazama leta na malim visinama. Sistemi na bazi radara FALCON omogućuju formiranje kompozitne slike situacije u vazduhu i na moru, prikazujući niskoleteće ciljeve i razmeštaj brodova, te omogućuju identifikaciju i selekciju ciljeva i oruđa.

FALCON je isporučen zemljama Evrope, Latinske Amerike, Bliskog i Dalekog istoka.

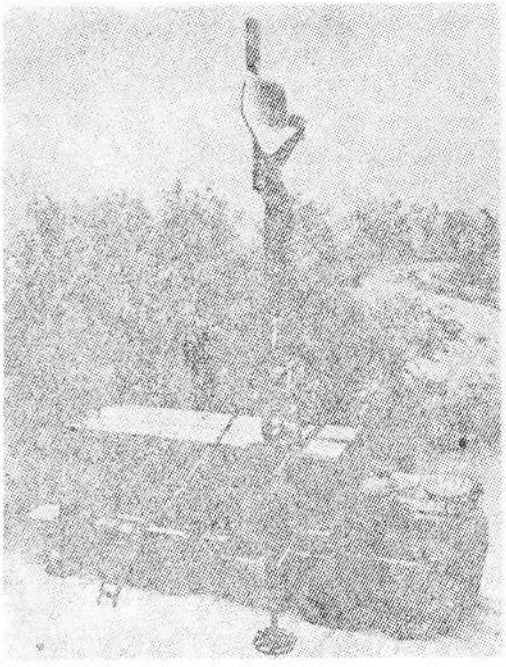
Osmatračko-akvizicijski radar zapadnonemačke firme »AEG«[18]

Zapadnonemačka firma AEG razvila je familiju radara u C-opsegu frekvencije za potrebe PVO. Osnovni zahtev je bio da se razvije pouzdan i visokokvalitetan instrument za detekciju, praćenje i predaju podataka o vazdušnim ciljevima.

Primenjena savremena tehnologija zadovoljava višestruke zahteve kao što su modularan i standardizovan dizajn, za mobilan i za stacionaran rad, dvodimenzionalno i trodimenzionalno određivanje koordinata otkrivenih ciljeva, frekvencijska i polarizaciona agilnost, te visok stepen otpornosti na elektronske smetnje.

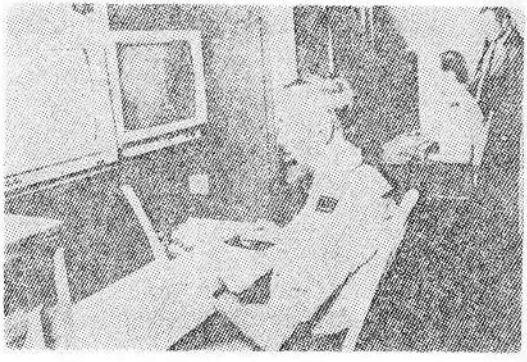
Primenjena je digitalna obrada signala, kao i računar projektovan za procese izvršavanja različitih funkcija u skladu sa taktičkooperativnim zahtevima i konkretnim razmeštajem na položaju.

Ovi radari projektovani su kao senzori za PVO sisteme, mogu biti upotrebljeni kao autonomni senzori, ili, prošireni sa odgovarajućim modulima, kao PVO operativni centri.



Američko-britanski sistem za obradu radarskih podataka »TADMS«[19]

Konzorcijum američko-britanskih firmi na čelu sa GENERAL ELECTRIC i FERRANTI COMPUTER SYSTEMS, razvio je prototip zemaljske stanice za obradu podataka TADMS koji se dobijaju od izviđačkog aviona TR-1A u koji je ugrađen HUGHESOV radar sa sintetičkom antenom (ASARS-2).



[18] Prema podacima iz: JOURNAL OF ELECTRONIC DEFENSE 1989, maj, str. 19.

[19] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 12. avgust, str. 267.

TADMS je projektovan da prima, obrađuje i distribuira podatke radarskog izviđanja korisnicima u NATO komandama u centralnoj Evropi.

ASARS-2 je visokorezolucioni izviđački radarski sistem projektovan da obezbedi otkrivanje ciljeva sa velikih visina u svim vremenskim uslovima. U avionu TR-1A, instalacija radarskog sistema ASARS-2 obuhvata predajnik, prijemnik, antenu i rashladnu jedinicu. Koriste se dva tipa antene. Za neke operativno-strategijske primene predviđa se da se radarski sistem ASARS-2 dopuni i proširi delom opreme sistema COMINT/ELINT.

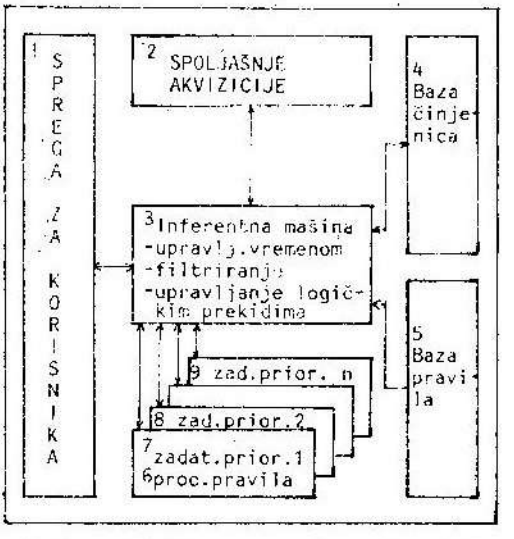
Prototip TADMS je smešten u vučno vozilo sa kabinom. Za razvoj je upotrebljena komercijalno raspoloživa računarska oprema što je omogućilo da se programi TADMS završe za svega 13 meseci i da troškovi razvoja prototipa budu svedeni na 1/10 u odnosu na sisteme sa vojnom verzijom opreme.

Neophodne modifikacije i budući zahtevi za TADMS treba da se provere i definišu (tokom perioda ispitivanja) u narednih 12 meseci.

Francuski generator ekspertnih sistema »CHRONOS«[20]

Uz podršku Nacionalne agencije za vrednovanje istraživanja (ANVAR), francuske firme EURISTIC SYSTEMES i SAGEM su zajednički razvile generator ekspertnih sistema CHRONOS. Napisan pomoću programskog jezika ADA i posebno koncipiran za primene u realnom vremenu, ovaj sistem je prvenstveno namenjen za realizaciju ekspertnih sistema koji treba da funkcionišu na osnovu podataka kontinualno dobijenih iz fizičkog procesa.

Njegovi domeni primene, veoma različiti, idu od pomoći operatoru i nadgledanja kontinualnih industrijskih procesa, od nadgledanja i upravljanja mrežama (telekomunikacionim, saobraćajnim itd.), prelazeći preko koncentracija i filtriranja alarma.



Opšta arhitektura generatora ekspertnih sistema CHRONOS

1 — sprega za korisnika; 2 — spoljašnje akvizicije; 3 — inferentna mašina: upravljanje vremenom, filtriranje, upravljanje logičkim prekidima; 4 — baza činjenica; 5 — baza pravila; 6 — procena pravila; 7 — zadatak prioriteta 1; 8 — zadatak prioriteta 2; 9 — zadatak prioriteta n

Primene u vojsci obuhvataju, na primer, fuziju senzora, klasifikaciju signala, pomoć pri donošenju odluka.

Između karakteristika sistema koje rezultuju iz njegove specifičnosti primene u realnom vremenu, posebno se može zapaziti da:

— informacije prikupljene spolja mogu kontinualno obogaćivati bazu činjenica;

— činjenice kojima se manipuliše, koje se prikupljaju ili dedukuju, snabdevene su podacima o početku i kraju pravovaljanosti, kao i parametrabilnim rokom trajanja.

Pored svojih mogućnosti u oblasti vremenskog rezonovanja, CHRONOS takođe nudi svu moć inferentne mašine prvog reda, sa lančanjem unapred (ve-

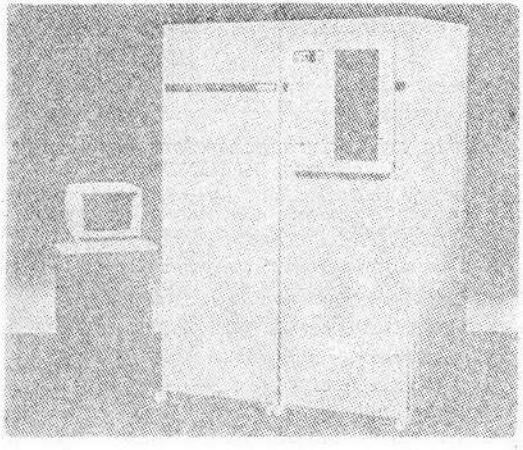
[20] Prema podacima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 85, str. 75.

like mogućnosti pisanja logičkih relacija i vremenskih ograničenja, korišćenje proceduralnih sekvenci i pozivanje eksternih procedura u zaključnim delovima pravila).

Američki računar »MICRO3200« za podršku simulaciji[21]

Američka firma CONCURRENT COMPUTER CORP (CCC) predstavila je novu familiju računarskih sistema MICRO3200.

Računari su namenjeni za rad u realnom vremenu i pogodni su za korišćenje u simulaciji leta i opremi za testiranje i kontrolu.



Familiju MICRO3200 čini 6 računara, koji se proizvode u dve serije nazvane MICROTHREE i MICROFIVE. Ova druga daje veoma dobre performanse za rad u realnom vremenu, uz povoljnu cenu postignutu implementacijom na jednoj ploči, dok prva koristi arhitekture serije 3200.

CCC je angažovana u nekoliko simulacionih projekata, uključujući C-130, B-52, SPACE SHUTTLE NASA-E, evropski TORNADO i britanski HARRIER GR5. U saradnji sa firmom SINGER-LINK-MILES CCC će proizvesti simulator za švedski lovac JAS-39 GRIPEN, a to će biti važan korak ka simulatoru za budući evropski lovački avion.

Pored ovih poslova, CCC je uključena u mnoge druge projekte za koje obezbeđuje računarsku opremu, a pre svih treba spomenuti mrežu novih vojnih radara NEXTRAD, koja će pokriti 195 mesta u SAD.

Varijante vojnog računara »HAWK/II« američke firme »ROLM MSC«[22]

Firma ROLM MSC koja predstavlja deo firme LORAL CORP će do oktobra 1990. godine predstaviti novu jednoprocesorsku i dvoprocesorsku varijantu vojnog računara HAWK/II. Jednoprocesorski računar treba da postigne performanse od 9 MWhet/s, što je za 30% bolje od performansi vojnih računara trenutno dostupnih na tržištu.

Dvoprocesorska verzija će postizati performanse do 17 MWhet/s, a to je dovoljno i za najsloženije vojne primene.

ROLM MSC je takođe najavio vojnu verziju 802.3 ENTERNET, protokola koji predstavlja standardni industrijski interfejs. Zajedno sa HAWK/II računarima i potpuno militarizovanim diskovima od 680 megabajta ENTERNET će predstavljati dobru osnovu za formiranje vojnih informacionih sistema.

U ovakve sisteme biće moguće uključiti više interaktivnih terminala, radnih stanica i baze podataka kapaciteta nekoliko gigabajta. Takođe, biće moguće korišćenje komercijalnog softvera za vojne aplikacije.

HAWK/II računari će biti pogodni za primenu u C³I sistemima, elektronskom ratovanju, kontroli naoružanja itd.

[21] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, maj, str. 817.

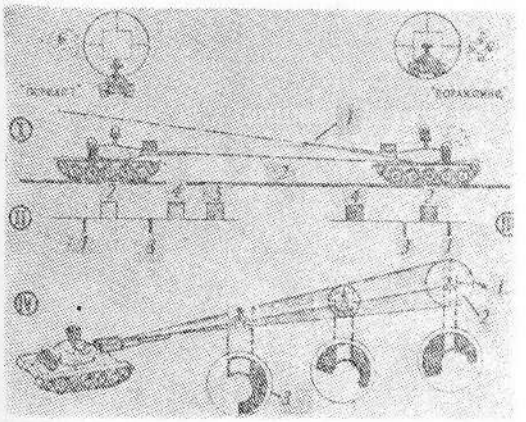
[22] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, mart, str. 479.

Sovjetski laserski simulator gađanja za tenkovsko naoružanje »ZORKIJ-1«[23]

Tehničko nastavno sredstvo ZORKIJ-1 namenjeno je da, pomoću laserskog zraka, simulira gađanje iz tenkovskog artiljerijskog oruđa i BMP-1, njihovo uzajamno pogađanje i uništenje pri izvršavanju dvostranih taktičkih vežbi i obuke pešadijske posade na združenim taktičkim vežbama.

Komplet sredstava sačinjavaju: primopredajnik, blok elektronike, prijemni uređaj, komandne table (nišandžije, komandira, poslužioca), komplet kablova, naglavak nišanske sprave, eksploataciona dokumentacija, individualni komplet (rezervnog alata i pribora), sanduk za pakovanje.

U opštem slučaju, princip dejstva laserskog simulatora gađanja sastoji se u sledećem. U trenutku simuliranog opaljenja emituje se laserski zrak, koji pada na cilj opremljen fotoprijemnicima, transformiše se i pri pravilnom nišanjenju uključuje izvršne organe sistema za simulaciju uništenja cilja. Na sl. 1 data je principijelna šema kojom je objašnjeno dejstvo simulatora ZORKIJ-1.



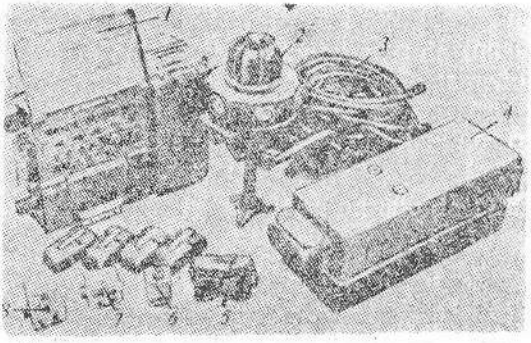
Šema za objašnjenje principa dejstva simulatora gađanja za tenkovsko naoružanje ZORKIJ-I

I — navođenje oruđa (1 — laserski zrak; 2 — linija nišanjenja);

II — sondirajući signal (1 — signal za merenje daljine; 2 — impuls za daljinu; 3 — signal za električno okidanje topa; 4 — impuls za kontrolu tačnosti nišanjenja (kontrolni); 5 — impuls za »uništavanje«

III — signal koji se reflektuje od cilja (1 — signal za merenje daljine; 2 — impuls daljine; 3 — signal za električno okidanje topa; 4 — kontrolni impuls)

IV — kontrola nišanjenja pomoću specijalne dijafragme (1 — zona »pogađanja« srazmerna s površinom cilja na željenoj daljini; 2 — zona »gađanja«, jednaka površini laserskog spota na cilju; 3 — specijalna dijafragma)



Simulator gađanja, namenjen za ugradnju na tenk i borbeno vozilo pešadije:

1 — blok elektronike; 2 — prijemni uređaj; 3 — komplet kablova; 4 — primopredajnik; 5 — zaštitne naočare; 6 — komandna tabla nišandžije; 7 — komandna tabla punioca; 8 — komandna tabla komandira

U simulatoru ZORKIJ-1 pravilnost nišanjenja na cilj (postojanje nišanske oznake u konturi cilja u trenutku simuliranog opaljenja) kontroliše se pomoću specijalne dijafragme, postavljene u primopredajniku.

Pritiskom na dugme električnog okidača topa primopredajnik emituje sondirajući (kontrolni) impuls laserskog zraka, koji (prilikom pada) fotoprijemnike prijemnog uređaja cilja dovodi u stanje pripravnosti za prijem narednog impulsa laserskog zraka (»uništavaju-

[23] Prema podacima iz: TEHNIKA I VOORUŽENIE 1989, br. 5, str. 20–21.

ćeg«) kroz 34,6 μs. Deo te energije, koja dospeva na uglove tripl-prizme prijemnog uređaja, reflektuje se i vraća nazad u prijemni kanal primopredajnika »tenka koji gađa«.

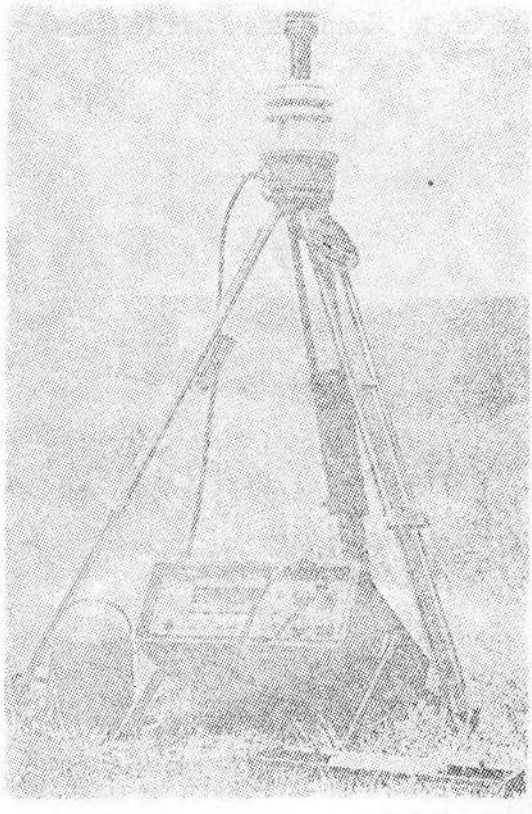
Ako je izvršeno pravilno nišanjenie, onda povratni laserski zrak, dospevši u taj kanal, prolazi kroz specijalnu dijafragmu i po isteku 34,6 μs automatski aktivira primopredajnik »tenka koji gađa« da emituje »uništavajući« impuls laserskog zraka. Ovaj impuls, kada dospe na fotoprijemnike prijemnog uređaja cilja, transformiše se i aktivira izvršne uređaje sistema za simulaciju uništenja cilja, naime: za 1—2 minuta zasvetli signalna lampica prijemnog uređaja, pali se dimna patrona, zaustavlja se rad motora tenka i isključuje se primopredajnik cilja.

Ukoliko je izvršeno nepravilno nišanjenje na cilj (nišanska oznaka se nalazi iza konture cilja u trenutku imitiranog opaljenja) laserski zrak, koji se reflektuje od uglova tripl-prizme prijemnog uređaja cilja, vraća se u prijemni kanal primopredajnika »tenka koji gađa«, pod uglom greške nišanjenja, reflektuje se od specijalne dijafragme i dospeva u kanal za registrovanje pravca promašaja. U tom slučaju, »uništavajući« impuls se ne emituje, kod nišandžije i komandira osvetljava se podatak o daljini i pravcu promašaja, a kod nišandžije i komandira »tenka-cilja« informacija o tome da je gađan.

Primopredajnik simulatora ZORKIJ-1, pored naznačenih, vrši i funkciju kvantnog daljinomera. Izmerena daljina pre imitacionog opaljenja, koristi se da omogući rad klinastih kompenzatora primopredajnika, pomoću kojih se ostvaruje otklon laserskog zraka za ugao koji je suprotan određenom uglu topa, u odnosu na daljinu nišanjenja, a takođe i pri simulaciji gađanja sa preticanjem.

Pokretni sistem za merenje meteoroloških elemenata »MILMET 2« zapadnonemačke firme »THIES-CLIMA«[24]

Pokretni sistem za merenje meteoroloških elemnata MILMET 2, koji je razvila zapadnonemačka firma THIES-CLIMA, omogućuje određivanje pet osnovnih podataka (brzinu i pravac vetra, relativnu vlažnost, temperaturu i pritisak vazduha) pomoću samo jednog instrumenta. Ovaj robusni i hermetični



uređaj od nemagnetičnog materijala, koji se lako transportuje, instalira i pušta u rad, ima tri glavna dela: tronožno postolje (6,5 kg, rastegljivo od 1086 do 1800 mm) na kome se montira mer-

[24] Prema podacima iz: DÉFENSE ET ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 86, str. 80.

ni instrument (8,5 kg, prečnik 205 mm, visina 380 mm) povezan kablom sa aparatom za elektronsko očitavanje (32 kg, dimenzije 550×560×216 mm).

Merni instrument sa noćnim osvetljavanjem sadrži:

— integrisani kompas za određivanje pravca severa i vizir sa dobošem izgraduisanim milimetarskim podeocima za viziranje markantnih tačaka terena;

— senzore temperature, relativne vlažnosti i pritiska vazduha;

— kombinovani senzor vetra (termoelektrična metoda) u teleskopskoj cevi.

Aparat za elektronsko očitavanje sadrži mikroprocesor za obradu signala dobijenih od mernog instrumenta i za prikazivanje na alfanumeričkom ekranu pomoću 5 ključeva za prikazivanje, koji odgovaraju 5 meteorološkim elementima.

Napajanje električnom energijom (15 V, 4 Ah) vrši se iz integrisane baterije. Sistem MILMET 2 obezbeđuje merenja sa određenom tačnošću sledećih meteoroloških elemenata:

— pravca vetra od 0° do 360° (±5°),

— brzina vetra od 0 do 40 m/s (±5% između 0 i 10 m/s, ±7,5% između 10 i 20 m/s, ±10% između 20 i 40 m/s);

— relativne vlažnosti od 0 do 100% (±1,5% između 0 i 75%, ±3% između 75 i 100%);

— temperature od −40 do +80° C (+0,1° C do 0° C);

— pritiska vazduha od 800 do 1100 mbar (±5%).