

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

General-major
dr ALEKSANDAR RADOVIC, 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 TODOROVIC, 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 VLAŠKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIĆ, dipl. inž.

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

Pukovnik
IVAN SLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ZIVOTA ILIĆ, dipl. inž.

Major
RADOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MESUD HADŽIALIĆ, dipl. inž.

FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

●

**GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**

Pukovnik
mr TOMISLAV STULIĆ, dipl. inž.

●

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

**ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK** — Beograd, Svetozara Mar-
kovića 70, VE-1. Telefoni: centrala
656-122, lokali: odgovorni urednik 22-976,
sekretar 23-156, pretplata 32-937, žiro-
račun: Vojnoizdavački i novinski centar
(za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393
Beograd. Godišnja pretplata: za pojedin-
ca — 150 dinara, a za ustanove, orga-
nizacije udruženog rada i druge orga-
nizacije — 450 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampe: Vojna štamparija —
Beograd, Generala Ždenova 40 b.

IZDAJE**SAVEZNI SEKRETARIJAT ZA NARODNU ODBRANU**

**STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
JUGOSLOVENSKE NARODNE
ARMIJE**

**VOJNOTEHNIČKI
glasnik**



4

GODINA XXXIX ● JUL—AVGUST 1991.

SADRŽAJ

Milan Nićiforović, pukovnik	389	Uticaj savremenih borbenih dejstava na razmeštaj trup- nih tehničkih jedinica
Mr Ljubiša Tančić, kapetan I klase, dipl. inž., Mr Mirko Kukulj, kapetan I klase, dipl. inž.	397	Povećanje početne brzine projektila pomoću računara
Mr Zoran Ristić potpukovnik, dipl. inž.	402	Uticaj konstruktivnih parametara vodišta cevi na put urezivanja prstena projektila
Mr Ivan Bago, dipl. inž.	408	Zamjena evolvente kružnicom
Srboljub Krštenić, potpukovnik, dipl. inž.	414	Odstupanje pogodaka po visini kada funkcija praćenja cilja u vertikalnoj ravni nije uključena u balistički mo- del za proračun elemenata gađanja, kod automatiziranih sistema za upravljanje vatrom na savremenim tenkovima i PT topovima
Dr Mirko Dozet, dipl. inž.	426	Frekvencijski odziv homogenog RC lanca
Dušan Dobrila, kapetan I klase, dipl. inž., Mr Nenad Parčina, major, dipl. inž.	430	Neuralne mreže
Mr Nasuf Hadžiahmetović, major, dipl. inž.	437	Jonska implantacija i neki primeri praktične primene

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

449	Ručni raketni protivoklopni bacači — P.M.
457	Nemačka samohodna haubica (panzerhaubitze) »PzH 2000« — P.M.
462	Laki američki top MF 30 mm — P.M.
463	Španska oklopna borbena vozila — P.M.
465	Napredak u razvoju oklopnih materijala — P.M.
474	Nemački neofanzivni odbrambeni sistem »DAVID« — P.M.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

479	Mađarska automatska puška 5,56 mm »NGM«
479	Komercijalna varijanta austrijske puške »AUG«
480	Britanska laka vučna haubica 155 mm »UFH«
480	Španski višecjevni bacač raketa 140 mm »TERUEL«
481	Brazilski višecjevni lansirni sistem »ASTROS II« za ra- kete 127, 180 i 300 mm
482	Američki ručni raketni bacač »M 72 E4«

- 482 Mitraljesko postolje »OWS« izraelske firme RAFAEL
- 483 Irački kosmički top bio je bacač raketa
- 484 Tenkovski protivraketni sistem »TAMS« britanske firme MARCONI
- 484 Sovjetski uređaji za kontrolu cevi artiljerijskih oruđa
- 485 Termovizijski binokularni durbin »TD-42 FALCON« izraelske firme RAFAEL
- 486 Stabilizovani modularni panoramski nišan »VIGY 40« za kupole oklopnih vozila
- 487 Noćni nišan »BNS« za švedski protivtenkovski sistem »RBS 56 BILL«
- 487 Hiperbrzi vođeni projektil zemlja-vazduh malog dometa »RM5«
- 488 Italijanska protivoklopna mina »ATIS«
- 489 Nemačke protivradarske bespilotne letelice »KДАР«
- 489 Britanski tenk »CHALLENGER 2«
- 490 Novo sovjetsko borbeno vozilo
- 490 Familija lakih oklopnih vozila »PUMA« nemačke firme KRAUSSMAFFEI
- 491 Višenamensko oklopno borbeno vozilo »MARS 15« francuske firme CREUSOT-LOIRE
- 492 Pogonska grupa za laka gusenična vozila nemačke firme MTU
- 492 Sovjetski radio-uređaj »R 173« za oklopna vozila
- 493 Radar »DRBV 26C« francuske firme THOMSON-CSF
- 494 Novi zapadnoevropski radar za otkrivanje položaja oruđa »COBRA«
- 494 Francuski radar za otkrivanje i praćenje niskoletućih ciljeva »3D-RAC«
- 495 Mali prenosni radar »RB 12B«
- 496 Strategija razvoja informatike u Jugoslaviji i Evropa '92
- 496 Najpoznatije »pretnje« po sistem automatske obrade podataka
- 497 Sadašnje stanje u problematiki računarskih virusa
- 497 Saradnja firmi IBM i SIMENS u proizvodnji čipova
- 497 Nemački borbeni simulator »ASPA«
- 498 Sistem za automatsku detekciju požara »PBS 16« francuske firme MATHER ET PLATT WORMALD

Uvod

Savremena borbena dejstva omogućavaju da se napadnuta zemlja stavi pod istovremeni udar iz sve tri dimenzije (kopna, mora i vazduha), a u zalivskom ratu izviđanje je vršeno i iz kosmosa.

Pošto je u našoj vojnostručnoj literaturi vrlo malo pisano o zaštiti pozadinskih jedinica, a o zaštiti tehničkih jedinica uopšte nije pisano, bio je to valjan razlog da se pozabavimo ovim problemom.

Neke karakteristike savremenog rata

Kada je reč o fizionomiji mogućeg rata i dužini njegovog trajanja, može se reći da ne postoji nikakav kliše, na šta ukazuju svi do sada vođeni ratovi. Složenost mogućih ratova proteže se od subverzivnih oblika i ograničenih sukoba do katastrofalnih i uništavajućih razaranja sa upotrebom (ili stalnom pretnjom), makar i selektivnom, ABHO oružja.

Poslednji rat u Zalivu imao je i jednu novu dimenziju — oružane snage Iraka namerno su izazvale ekološku katastrofu.

Fizionomija rata, ratna tehnika i načelo komandovanja međusobno se u-

slovljavaju i neprestano utiču jedni na druge. U svakoj od njih od bitnog je uticaja organizacija i funkcionisanje pozadinskog obezbeđenja, a tehničkog posebno, zbog energije rata (municijska i gorivo). Ono je direktno uslovljeno, kako savremenim borbenim dejstvima kao neposrednoj posledici strateških odluka, tako i masovnošću, složenošću i kvalitetom savremenog naoružanja i vojne opreme (NVO). U završenom ratu u Zalivu snage koalicije su posvetile posebnu pažnju pokretljivosti trupa na velikim rastojanjima, a samim tim i svemu što omogućava njihovu upotrebu, a to su: sredstva ratne tehnike i najneposrednija logistička podrška, ovom prilikom na Bliskom istoku, a inače na svim prostorima zemaljske kugle.

Eventualni rat izazvao bi ogromne ljudske i materijalne žrtve zaraćenih strana na širim prostranstvima, pa i čitavog čovečanstva. O tome se mora voditi računa u pripremi i vođenju borbenih dejstava i blagovremeno tražiti efikasna rešenja mnogih složenih problema popune jedinica i tehničkog obezbeđenja, (TOb-a) tih dejstava.

U drugom svetskom ratu gubici ljudstva u tehničkim jedinicama iznosili su od 0,3 do 1,1% dnevno u toku intenzivnih borbenih dejstava, ili 20 do 30 puta manje od gubitaka jedinica na frontu [1].

Nasuprot takvim gubicima u tehničkim jedinicama u drugom svetskom ratu, interesantni su podaci sa skorijih vežbi jedinica jedne članice NATO, iz kojih se vidi da se očekuje da u eventualnom ratu gubici u tehničkim (pozadinskim) jedinicama budu skoro isti kao gubici ostalih jedinica na frontu. Na toj vežbi za 10 dana borbe predviđaju se gubici kod jedinica na frontu 40%, a kod tehničkih jedinica 30—35%. Prosečan odnos gubitaka kod jedinica na frontu i tehničkih jedinica je 1,5 : 1 [1].

Na osnovu ovoga može se reći da tehničke jedinice više ne spadaju u one koje imaju manje gubitke. Uz to, dolazi i do velikog porasta gubitaka ljudstva i tehničkih sredstava u svim jedinicama, pa narastaju njihove materijalne potrebe, a tehničke jedinice izvršavaju mnogo obimnije i složenije zadatke u težim uslovima. Pored toga, borbena i materijalna sredstva su osetljiva na spoljne uticaje i onda kada jedinice ne vode borbena dejstva.

Požar i eksplozija municije, MES, eksploziva i goriva mogu se lako izazvati u toku dotura i čuvanja. Gorivo se može lako onesposobiti, ubacivanjem vode ili peska. U toku opravki i remonta TMS su pogodna za izvođenje sabotaža. Stoga je veoma važno da se problemu razmeštaja tehničkih jedinica u trupnom ešelonu posveti posebna pažnja. U mirnodopskim uslovima kod starešina treba stvoriti naviku da razmeštaju tehničkih jedinica daju istu važnost kao i razmeštaju ostalih jedinica trupnog ešelona.

Savremena borbena sredstva i način vođenja operacija bitno menjaju uslove razmeštaja trupnih tehničkih jedinica i mogućnosti funkcionisanja TOB-a. Savremeni rat i način vođenja operacija i mogućnosti sredstava, posebno raketa i avijacije, izbrisali su granice između »fronta« i »pozadine«, a to se posebno odnosi na trupni ešelon. Avijacija, rakete i artiljerijske jedinice pokrivaju celokupnu zonu odbrane taktičkih i združeno-taktičkih jedinica, što znači da će i sve tehničke je-

dinice u toj zoni biti izložene dejstvu neprijatelja. To nameće nove probleme tehničkim jedinicama, jer sa povećanim gubicima ljudstva i TMS treba obezbediti blagovremeno snabdevanje jedinica i opravku TMS.

Nameće se pitanje — šta je rentabilnije: uništiti rezerve goriva i maziva u jednoj oklopnoj brigadi, ili ići na njeno razbijanje i uništenje, a zna se da je veoma žilava, pokretljiva i sa velikom vatrenom moći. Otuda postaje ne samo mogućnost nego i potreba da se dejstva u savremenoj operaciji od samog početka usmeravaju na tehničke jedinice radi uništavanja njihovih rezervi i transportnih kapaciteta. To je potvrđeno u završenom ratu u Zalivu.

Pored avijacije, raketnih i artiljerijskih jedinica, treba imati u vidu sredstva za masovno uništavanje žive sile i TMS, kao što su: kasetne i napalmbombe, projektili sa hemijskim i nuklearnim punjenjem. Pored ovih sredstava, mora biti prisutna stalna pretnja upotrebe atomskog i hemijskog naoružanja. U sadašnjim ratovima (Irak-Iran) upotrebljavano je hemijsko naoružanje za masovno uništavanje žive sile, TMS, trovanje hrane i vode.

Ova sredstva nalažu da tehničke jedinice u trupnom ešelonu preduzimaju posebne mere zaštite, a posebno da vode računa o izboru rejona za razmeštaj.

Ta sredstva znatno utiču na mogućnosti blagovremenog obavljanja pojedinih delatnosti TOB-a, posebno na snabdevanje municijom i gorivom.

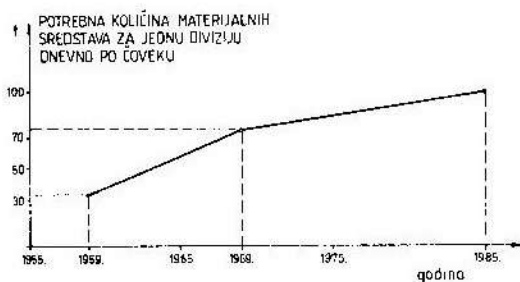
Ove probleme još više usložavaju mogućnosti izviđanja iz vazduha i sa zemlje, danju i noću, pa noć više nije sigurna zaštita za dotur TMS. Pri tome, treba imati u vidu da su tehničke jedinice sa materijalnim sredstvima i rezervama koje nose sa sobom, dosta glomazne, pa su samim tim i lako uočljive.

U završenom ratu u Zalivu dejstva su se odvijala neprekidno — danju i noću.

Uticaj veličine TMS na razmeštaj tehničkih jedinica

Združene taktičke jedinice i taktičke jedinice u borbenim dejstvima su veliki potrošači municije, goriva i ostalih TMS [2], tako da se njihov dotur i evakuacija neprekidno odvijaju od regiona razmeštaja tehničkih jedinica ka frontu, i obratno. Ono što je utrošeno treba popuniti, oštećena sredstva evakuisati, popraviti i vratiti jedinicama.

Sve to tehničke jedinice obavljaju u vrlo složenim uslovima, pa njihovom razmeštaju i zaštiti treba posvetiti posebnu pažnju, tim pre što ove jedinice svoje borbene zadatke izvršavaju u teškim uslovima (noću i u svim meteorološkim uslovima) i za njih u borbi nema predaha. One nisu borbene jedinice u pravom smislu reči, ali moraju uvek biti spremne za borbena dejstva.

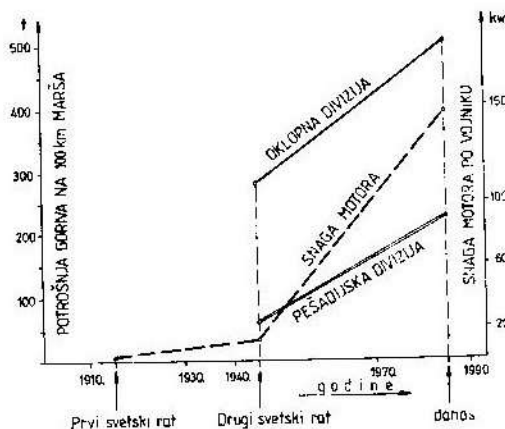


Sl. 1 Porast potrošnje materijalnih sredstava

Jedan od najbitnijih ciljeva modernizacije savremenih armija je povećanje vatrene moći sredstvima naoružanja. Bez vatre i udara nema pobjede nad neprijateljem, bez uništavanja njegove žive sile i materijalnih sredstava, uključujući i privrednu infrastrukturu, nema uspeha u borbi i uslova za pobjedonosni završetak rata. Vatrene moć se meri tonama čelika koji se može izbaciti u jedinici vremena, ali je, isto tako, značajan učinak izbačenih projektila na cilj. Ta količina čelika povećavala se uvođenjem naoružanja sa sve većom brzinom dejstva (poluautomatskog i automatskog naoružanja), ali i stalnim

povećanjem broja borbenih sredstava u taktičkim i združenim jedinicama. Razorna moć povećana je poboljšanjem preciznosti dejstva, kao i primenom sve moćnijih eksplozivnih materija i podešavanjem vremena njihovog dejstva na cilj. Sve to se postiže, naravno, stalnim usavršavanjem sredstava naoružanja i vojne opreme na osnovu novih tehnoloških rešenja, njihovim razvojem i masovnom proizvodnjom, kao i neprekidnim naoružavanjem klasičnim i nuklearnim oružjem [3].

Povećanje vatrene moći ne bi bilo moguće bez adekvatnog povećanja utroška municije i minsko-eksplozivnih sredstava, kao jedne od ključnih vrsta energije boja, pogonskog goriva i električne energije. Sve te vrste energije, integralno posmatrano, obezbeđuju funkcionisanje naoružanja i svih borbenih i neborbenih sredstava i sistema, i bez jedne od njih ne bi se moglo zamisliti savremeno ratovanje u celini. Radi ilustracije trenda povećanja pot-



Sl. 2 Porast potrošnje goriva i snage motora

rošnje materijalnih sredstava u ratu, navodimo nekoliko primera. Potrošnja materijalnih sredstava u oružanim snagama u odnosu na ranije, porasla je za nekoliko puta (sl. 1). Samo po osnovi povećanja broja motornih vozila utrošak goriva se u odnosu na drugi svetski rat utrostručio (sl. 2).

U iračko-iranskom ratu, posebno na njegovom početku, potrošnja goriva je bila izrazito velika. I pored toga što su te zaraćene strane, jedne od najvećih proizvođača nafte u svetu, zbog neblagovremenog snabdevanja i dotura goriva i maziva do pozadinskih jedinica tenkovskih brigada, veliki broj tenkova zaraćenih strana padao je u ruke protivnika bez borbe. Iako je mirnodopsko stanje, kriza u Persijskom zalivu dovela je do znatnih poremećaja snabdevanja naftom u celom svetu. Zbog toga treba imati u vidu i krizne situacije koje mogu imati i bitnijih odraza na vođenje borbenih dejstava [4].

Potrošnja municije takođe je drastično povećana. U drugom svetskom ratu za izbacivanje iz stroja jednog vojnika u toku borbenih dejstava utrošeno je oko 45 hiljada zrna ili oko 1,1 tone čelika. U vijetnamskom ratu Amerikanci su morali da utroše oko 350 artiljerijskih zrna da bi se jedan vijetnamski vojn timer rano i oko 1.200 projektila da bi ubili jednog vojnika. Sve te količine municije, uz stalno ometanje snabdevačkih kolona, trebalo je doturiti do potrošača.

Utrošak municije po vojniku, koji učestvuje u borbi, iznosio je u drugom svetskom ratu 1,1 t, u korejskom 8,2 t i u vijetnamskom ratu 26 t. Ovakav trend porasta nastavljen je i u iračko-iranskom ratu, a bio bi još veći u budućem ratu, iako se raspolaže vođenim raketama i artiljerijskim projektilima, čija je verovatnoća pogađanja mnogo veća u odnosu na sredstva starije generacije [4].

Izbor i uređenje reiona za razmeštaj tehničkih jedinica

U pogledu mogućnosti izvršavanja pojedinih delatnosti TOB-a u zoni odgovornosti trupnih jedinica treba posebno razmotriti svaku tehničku jedinicu ponaosob. Treba sagledati na kom nivou organizovanja (batalion, puk i više) mogu se opravljati TMS.

Neprijatelj će nastojati da onemogućiti ili ometa rad tehničkih jedinica na TOB-u. Zbog toga se posebna pažnja mora pokloniti izboru i uređenju reiona za razmeštaj tehničkih jedinica. Tehničke jedinice u združenim taktičkim jedinicama (ZTJ) moraju biti osposobljene da se samostalno štite u PVO i protivdiverzantskim dejstvima. Raspored tehničkih jedinica u rejonu razmeštaja pozadinskih jedinica mora biti rastresit i sa takvim odstojanjima da se dejstvom avijacije i raketnih jedinica ne mogu lančano uništavati municija, MES i gorivo. Ti rejoni moraju biti maskirani i obezbeđeni sa PVO, a posebno zaštićeni od diverzantskih dejstava. U okviru borbenog obezbeđenja protivpožarna zaštita zauzima posebno mesto. Ona zahteva održavanje protivpožarne discipline, a posebno obezbeđenje municije i goriva.

U osnovi, savremena borbena dejstva, pred tehničke jedinice trupnog ešelona, nameću dva osnovna problema:

— na koji način parirati dejstvima neprijatelja radi zaštite od uništenja ljudstva i TMS;

— kako se u takvim uslovima organizovati i sa smanjenim materijalnim mogućnostima izvršiti blagovremeno TOB jedinica.

To nameće potrebu da se tehničke jedinice razmeste na široj, pogodnoj i komunikativnoj prostoriji radi lakšeg manipulisanja i bržeg dotura TMS, mada to pogoduje dejstvima neprijateljevih diverzantskih snaga. Svakako da su manja naseljena mesta vrlo pogodna za razmeštaj tehničkih (pozadinskih) jedinica, jer pružaju vrlo povoljne uslove za smeštaj ljudstva, TMS i rezervi i korišćenje prostorija za opravku TMS.

Pravilno razmestiti rezerve municije, MES i goriva isto je toliko važno, koliko i da budu odgovarajuće veličine. Glavni problem tehničkog obezbeđenja jedinica trupnog ešelona, jeste činjenica što je za održavanje vatrene moći i pokretljivosti borbene jedinice potreb-

no njeno svakodnevno popunjavanje gotovo svim TMS, a u prvom redu municijom, gorivom i rezervnim delovima.

Zaštita trupnih tehničkih jedinica

Savremene armije imaju specijalne jedinice za zaštitu armijskih i frontovskih tehničkih jedinica i ustanova. Svoje trupne tehničke jedinice, štite borbenim poretkom ili dodeljenim snagama iz sastava matične jedinice.

Razmeštaj trupnih tehničkih jedinica savremenih armija je veoma složen, jer se na relativno malom prostoru nalazi i kreće (ka frontu i obratno) veliki broj motornih vozila radi snabdevanja i evakuacije TMS, koja se kreću po ratom oštećenim komunikacijama. Zbog oštećenih komunikacija i objekata na njima, moraju se često koristiti zaobilazni putevi, koji znatno usporavaju dotur i evakuaciju, pa time direktno utiču na vođenje boja i operacije. Da bi se to ublažilo, motorni transport, na trupnom nivou, mora se kombinovati sa vazдушnim transportom [5]. Transportni helikopteri su vrlo pogodni za snabdevanje snaga na prednjem kraju napada i brzu evakuaciju oštećenih složenih TMS.

Savremene armije za snabdevanje sve više koriste transportnu avijaciju, sa sletanjem i bacanjem municije i goriva na određena mesta. U našim procesima neprijatelja i njegovih mogućnosti za logističko (tehničko) obezbeđenje, ove njegove mogućnosti nedovoljno cenimo.

Zbog toga se nameće potreba da školski centri, pri rešavanju taktičkih zadataka i putem vežbi daleko više proigravaju vazдушni transport naših OS i stranih armija.

Zaštita naših trupnih tehničkih jedinica, u sklopu pozadinskih jedinica, prvenstveno se postiže borbenim poretkom matične jedinice. Zbog toga borbeni poredak ZTJ i TJ ima bitnog uticaja i na zaštitu tehničkih (pozadinskih) je-

dinica. Borbeni poredak treba da omogućiti uspešno TOB. Zbog toga se u okviru borbenog poretka ZTJ i TJ nalaze i snage za kontrolu teritorije i borbu protiv ubačenih specijalnih snaga neprijatelja, koje, pored ostalih zadataka, štite i rejone razmeštaja trupnih tehničkih (pozadinskih) jedinica. Pored toga, u rejonima razmeštaja tehničkih jedinica biće i neke jedinice TO i deo teritorijalne PVO, što predstavlja respektivnu snagu za protivdiverzantska dejstva i protivdiverzantsku odbranu (PDO). Ove snage nalaze se na komunikacijama, štite objekte na njima i obezbeđuju transport. Sve to pozitivno utiče na zaštitu i bezbednost tehničkih jedinica. U skladu sa situacijom i nekim promenama u teritorijalnoj odbrani, u nekim rejonima neće biti jedinica teritorijalne odbrane.

Povezivanje svih raspoloživih snaga u odbrambeni sistem predstavlja složen zadatak za komandante i komandire, trupnih tehničkih jedinica. Osnovni problem predstavlja — kako maskirati rejone tehničkih jedinica i inženjerskih radi zaštite ljudstva, TMS i rezervi od uništenja. To se može rešiti na dva načina: da se tehničkim jedinicama pridaju inženjerske jedinice (što je slabije rešenje) ili putem uređenja teritorije u miru (što je bolje rešenje). U svojim taktičkim rešenjima moramo težiti da se tehničke jedinice razmeštaju u naseljenim mestima, u kojima će se ljudstvo, TMS i rezerve sklanjati u skloništa, podrume, tunele i zgrade. Ovakav razmeštaj zahteva dobro maskiranje i borbeno obezbeđenje. Prilikom premeštanja tehničkih jedinica treba nastojati da se one razmeste u rejone, u kojima su bile razmeštene naše ili neprijateljeve tehničke jedinice, jer se tako smanjuju potrebe za uređenjem rejona, ekonomise sa radnom snagom i TMS, a ljudstvu se pruža mogućnost za veći odmor.

Rejon tehničkih jedinica treba da ima uređenje pomoćne objekte za prijem i evakuaciju TMS, kao što su rampe, stajanke, helidromi, unutrašnji pu-

tevi i veze, što doprinosi boljoj manipulaciji TMS, posebno municijom i gorivom.

Važno mesto u svemu tome zauzima procena situacije i procena gubitaka u tehničkim jedinicama. Procenom situacije tehnički organi treba da dođu do saznanja koje mere i aktivnosti treba preduzimati na planu zaštite od savremenih borbenih sredstava i stvaranja potrebnih uslova za bezbedno i sigurno izvršavanje zadataka tehničkog obezbeđenja jedinica.

Neka iskustva iz skorijih ratova u zaštiti tehničkih jedinica

Iskustvo iz pakistanskog rata govori da se zaštita tehničkih jedinica, u savremenim dejstvima, postiže dobrim maskiranjem. Maskiranje se, po sovjetskim gledištima, smatra vidom obezbeđenja borbenih dejstava, te se kao takvo javlja u svakidašnjim potrebama i delatnostima tehničkih jedinica. Ono podrazumeva i uključuje sprovođenje kompleksnih mera, kako bi se neprijatelj doveo u zabludu u odnosu na rejon razmeštaja, raspored i sastav tehničkih jedinica i materijalnih rezervi. Maskiranjem se postiže veća zaštita i bezbednost, a ljudstvu se daje potrebna sigurnost.

U tehničkim jedinicama mogu se primenjivati raznovrsni načini maskiranja delova i jedinica u celini, tehnike, rezervi, kolona tehničkih jedinica pri doturu i premeštanju, itd. Pri tome je neophodno da se u svim situacijama imaju u vidu ona sredstva izviđanja pomoću kojih neprijatelj može otkriti tehničke jedinice i objekte.

Načini maskiranja mogu biti: skrivanje (odstranjivanje ili slabljenje demaskirajućih obeležja jedinica ili rejon njihovog dejstva i aktivnosti), demonstrativne (lažne) radnje, premeštanje tehničkih jedinica i njihovo sređivanje za rad, sa ciljem da se kod neprijatelja stvori lažna slika o namerama komande u toku borbenih dejstava; i-

mitacije (uređenje lažnih rejon razmeštaja, delova i celih tehničkih jedinica i lažnih objekata).

Praksa je pokazala da je tehničke jedinice i objekte moguće prikrivati samo striktnim poštovanjem maskirne discipline, odnosno izborom pogodnih rejon razmeštaja i korišćenjem maskirnih svojstava zemljišta i okoline, rastresitim razmeštajem delova jedinica, korišćenjem prirodnih zaklona (jame, špilje, vrtače, rudnici) primenom tehničkih formacijskih i priručnih sredstava zaštite, ograničavanjem vidljivosti, i sl.

Navedeni načini maskiranja od svih vrsta vizuelnog osmatranja ili izviđanja od strane protivnika posebno su značajni za zaštitu tehničkih jedinica, što se u novijim ratovima pokazalo veoma uspešnim.

Važan uslov skrivenog rada tehničkih jedinica jeste poštovanje pravila svetlosnog maskiranja. Signalna i gabaritna svetla vozila otkrivaju kretanja kolona, a unutrašnja svetla prostorija često mogu otkriti razmeštaj tehničkih jedinica. Zato se pri noćnom kretanju i radu svi svetlosni izvori moraju brižljivo maskirati.

Određenu pažnju treba, posvetiti i zvučnom maskiranju. Zbog toga zvučne signale ne treba koristiti bez preke potrebe, kako u vreme kretanja jedinica, tako i prilikom razmeštaja tehničkih jedinica na zemljištu. Po karakterističnom zvuku, bez većih teškoća i bez vidljivosti, mogu se odrediti mesta motornih vozila, agregata i drugih uređaja koji se koriste, te se kao sredstva zaštite moraju koristiti razni prigušivači zvuka, filteri zvuka, i drugo.

U toku borbenih dejstava važan značaj ima i imitacija. U tom smislu celishodna je izrada lažnih objekata: rampi, helidroma, aerodroma, skladišta za gorivo i drugih materijalnih sredstava, železničkih stanica, i dr.

Za maskiranje se mogu koristiti i razna dimna sredstva. Praksa pokazuje da se pri njihovoj upotrebi tehničkim

jedinicama za duži vremenski period obezbeđuje prikrivenost. U avganistan-skom ratu protivnik je na otvorenom napao jednu sovjetsku pozadinsku jedinicu. Upotrebom dimnih sredstava i pod zaštitom gustog dima sastav pozadinske jedinice odabrao je pogodniji rejon i uspešno se odbranio od napadača.

Pojedini objekti, npr. agregati i vozila, odaju toplotu i na taj način olakšavaju svoje otkrivanje. Pokrivanjem raznim sredstvima za maskiranje, zaštitom grejnih površina i sprečavanjem infracrvenog zračenja, može se obezbediti ne samo od otkrivanja već i zaštita ovih objekata od visokopreciznog oružja protivnika (oružja sa sredstvima za toplotno navođenje).

Zajedno sa ostalim, poželjno je sprovesti i mere maskiranja rada radio i radarskih stanica, jer one često demaskiraju razmeštaj i rad organa rukovođenja tehničkim jedinicama i ustanovama.

Planiranje, organizacija i sprovođenje maskirnih mera, kao važna zaštitna funkcija, veoma su značajne i za delatnost tehničkih organa i jedinica. Zbog toga prilikom borbenih priprema tehničkih jedinica ovom problemu treba pridavati posebnu pažnju.

Vođenjem tzv. minskog rata avganistanski pobunjenici su težili da dezorganizuju rad tehničkih jedinica, da poremete dotur i evakuaciju i nanesu što veće gubitke živoj sili i TMS sovjetskih jedinica. Za postavljanje minsko-eksplozivnih prepreka najčešće su birani teže prohodni delovi puteva, planinski prevoji, klaneci, i slično.

Minska polja se mogu postavljati ne samo na prednjem kraju sopstvene odbrane, već i u dubokoj pozadini protivnika. Na taj način velika opasnost može zapretiti i jedinicama i ustanovama materijalno-tehničkog i sanitetskog obezbeđenja, na šta se mora uvek računati.

Pojavom sredstava za distanciono miniranje (SMD) u stranim armijama, minsko-eksplozivno zaprečavanje dobilo

je nove mogućnosti i značajno povećalo efekte psihološkog dejstva kod protivnika.

Da bi tehničke (pozadinske) jedinice očuvale svoju vitalnost i umanjile efekte eventualnog minskog dejstva protivnika, neophodno je poznavati ne samo taktičko-tehničke podatke SMD i način njihove primene i dejstva, već i način kako se od njih zaštititi. Zato je sticanje znanja i praktičnih navika u otklanjanju opasnosti od SMD veoma važan zadatak svakog pripadnika tehničkih jedinica. Cilj je da se pripadnici tih jedinica obuču u izviđanju i savlađivanju minsko-eksplozivnih prepreka.

Iskustva iz završenog rata u Zali-vu potvrđuju da je Irak imao vrlo solidno maskiranje svojih tehničkih jedinica, pa je uspevao da izvrši dotur goriva i municije do svojih brigada. S druge strane, opravka i izvlačenje tenkova i oklopnih transportera i drugih krupnijih TMS nije uopšte funkcionisala, pa su ova sredstva ostala razasuta na ratištu, a bila su lak plen združenih snaga koalicije.

Kod snaga koalicije posebna pažnja je poklonjena izviđanju iz vazduha, koje je, pored ostalog, imalo za cilj da usmeri vlastitu avijaciju na snabdevačke kolone iračkih OS.

Sledeća karakteristika bila je da su se dejstva odvijala neprekidno i danju i noću, pa noć nije bila sigurna zaštita iračkih tehničkih jedinica. S druge strane, iračke OS nisu ispoljile nikakav uticaj na ometanje i uništenje pozadinskih jedinica i rezervi koalicije. Može se reći da nam ova iskustva ne mogu biti niže koristiti, jer su jednostrana, odnosno OS Iraka nisu ispoljile nikakav uticaj na pozadinsko obezbeđenje snaga koalicije, koje se odvijalo sličnije vežbo-nim nego ratnim uslovima.

Zaključak

Savremena borbena dejstva nameću nam zahtev da stalno pronalazimo nova rešenja TOB-a, kako bismo zado-

voljili zahteve oružane borbe. U tome dobru pomoć mogu pružiti iskustva iz skorijih ratova (Vijetnam, Pakistan, Irak i rat u Zalivu), koja treba analizirati i ugraditi u naša rešenja.

Na osnovu iznetog može se zaključiti da trupne tehničke jedinice moramo razmestiti u takve rejone, koji pružaju optimalne uslove za rad i zaštitu u skladu sa borbenom situacijom.

U svojim taktičkim rešenjima moramo težiti da se tehničke jedinice razmeštaju u naseljenim mestima, u kojima će se ljudstvo, TMS i rezerve skla-

njati u zgrade, skloništa, podruma i tunele, koji pružaju dobre mogućnosti za zaštitu i bezbednosno obezbeđenje.

U mirnodopskim uslovima kod starenja treba stvoriti naviku da razmeštaju tehničkih jedinica daju istu važnost sa razmeštajem ostalih jedinica trupnog ešelona.

Da bi sistem tehničkog obezbeđenja bio efikasan, i pored nepovoljnih uslova u savremenim borbenim dejstvima, potrebno je izvršiti takvu zaštitu, kojom bi se ljudstvo i materijalne rezerve sačuvali od uništenja.

Literatura:

- [1] »Gubici OS u ratu«, materijal sa seminara, COSIS, 1988.
- [2] Praprotnik J.: »Uticaj NVO na organizaciju TOB«, Savremeni strateški problemi, br. 8/9 COSIS.
- [3] Šljivić V.: »Faktori koji utiču na razvoj, organizaciju i funkcionisanje TOB«, VTG 3/87, Beograd.
- [4] Informativni bilten prevoda br. 6/90, CVNDI, Beograd.
- [5] Kapon J. »Rukovođenje i komandovanje vojnom logistikom«, Revue militaire BP-5 1981.

Mr Ljubiša Tančić,
kapetan I klase, dipl. inž.,

Mr Mirko Kukolj,
kapetan I klase, dipl. inž.

Povećanje početne brzine projektila pomoću računara

Uvod

Razvojem vazduhoplovne tehnike povećavaju se manevarske mogućnosti i otpornost (žilavost) aviona. Za uništavanje takvih ciljeva potrebni su savremeni vazduhoplovni topovi. Na njihovu efikasnost utiču: kalibar, početna brzina projektila, brzina gađanja, masa projektila, manje vreme leta projektila do cilja, itd. Početna brzina projektila je jedan od važnijih faktora efikasnosti, tako da većina zemalja razvija novu ili modifikuje postojeću municiju.

Kod savremenih topova početna brzina dostiže 1200 m/s. Međutim, ima i topova koji imaju brzinu gađanja 3000—3400 metaka u minuti, ali relativno malu početnu brzinu projektila. Top, odabran za ovaj rad, ima maksimalni pritisak barutnih gasova u cevi $p_m < 330$ MPa, i $V_0 = 715 \pm 15$ m/s.

Cilj ovog stručnog rada jeste istraživanje mogućnosti povećanja početne brzine projektila. Usvojeno je da kriterij za izbor optimalne varijante bude $p_m \leq 330$ MPa, s obzirom na to da je na osnovu njega konstruisana cev odabranog oruđa. Ideja je da se simulacijom procena opaljenja na računaru odredi optimalni model i tip, kao i masa baruta za ostvarenje što veće V_0 bez promene ostalih karakteristika metka i cevi.

Gasodinamička analiza procesa opaljenja u cevi oruđa

Radi određivanja zakonitosti razvoja pritiska barutnih gasova i kretanja projektila u cevi oruđa, potrebno je razviti određenu teoriju tj. definisati neophodne zavisnosti između karakterističnih veličina. Polazi se od sistema jednačina unutrašnje balistike [1]. Sistem čine sledeće jednačine:

1. Osnovna jednačina unutrašnje balistike:

$$pS(X_0 + X) = f_0 \Psi - \frac{\Theta}{2} \varphi m V^2$$

2. Jednačina kretanja projektila:

$$\varphi M \frac{dV}{dt} = pS$$

3. Definicija brzine projektila:

$$\frac{dx}{dt} = V$$

4. Brzina sagorevanja baruta:

$$\frac{de}{dt} = u = u_1 p$$

Umesto ove jednačine često se koristi izraz za promenu relativne sago-rele debljine baruta:

$$\frac{dy}{dt} = \frac{u_1}{e_0} p = \frac{p}{I_k}$$

5. Relativna sagorela masa baruta:

$$\Psi = \chi y (1 + \lambda y + \mu y^2)$$

ili

$$\Psi = \chi_1 y (1 + \lambda_1 y)$$

6. Svedena dužina slobodne zapremine:

$$X_\psi = \frac{W_\psi}{S} = \frac{1}{S} \left[W_0 - \frac{\omega}{\delta} - \omega \Psi \left(\omega - \frac{1}{\delta} \right) \right]$$

7. Relativna sagorevajuća površina barutnog zrna:

$$\sigma = 1 + 2 \lambda y + 3 \mu y^2$$

ili

$$\sigma = 1 + 2 \lambda_1 y$$

gde je:

p [Pa]	— pritisak barutnih gasova,
S [m ²]	— površina poprečnog preseka cevi,
X [m]	— put projektila u cevi,
f [J/kg]	— specifičan rad barutnih gasova,
ω [kg]	— masa baruta,
Θ	— odnos specifičnih toplota umanjen za jedan,
φ	— koeficijent fiktivnosti projektila,
m [kg]	— masa projektila,
V [m/s]	— brzina kretanja projektila,
u_1 [m/s · Pa]	— jedinična brzina sagorevanja baruta,
e_0 [m]	— polovina debljine barutnog zrna,
I_k [Pa s]	— ukupni impuls pritiska barutnih gasova,
y	— relativna sagorevajuća debljina baruta,
$\chi, \chi_1, \lambda, \lambda_1, \mu$	— koeficijenti oblika barutnog zrna,
α [m ³ /kg]	— kovolumen barutnih gasova,
W_0 [m ³]	— zapremina barutne komore.

Za unutrašnji balistički proračun odabira se jedna od metoda koja se koristi za oruđa sa jednom vrstom baruta. Rešenje sistema jednačina vrši se po periodima u procesu opaljenja.

Deo procesa opaljenja do stvaranja pritiska p_0 u kojem se javlja samo sagorevanje baruta u konstantnom volumenu naziva se PRETHODNI PERIOD. Nakon njega započinje PRVI PERIOD i traje do momenta završetka sagorevanja baruta. Kretanjem projektila povećava se volumen iza projektila u kojem sagoreva barut. U početku, zbog male brzine projektila, priraštaj volumena, dobiven kretanjem projektila, manji je od volumena koji zahtevaju novostvoreni barutni gasovi. Rezultat toga je povećanje pritiska barutnih gasova. U momentu kada se izjednače ova dva uslova po pitanju volumena javlja se maksimalni pritisak. Nakon toga dolazi do pada pritiska. Karakteristike kraja sagorevanja, odnosno »prvog perioda«, označavaju se indeksom »k«. Razlika između p_m i p_k iznosi 10 do 30%.

Od kraja sagorevanja započinje DRUGI PERIOD i traje do momenta kada projektil napusti usta cevi, odnosno kada se ravnina dna projektila poklopi sa ravinom usta cevi. U »drugom periodu« nastavlja se kretanje projektila, barutni gasovi se šire, opada pritisak barutnih gasova, a raste brzina projektila. Brzina projektila na kraju »drugog perioda« naziva se početnom brzinom projektila.

Ovakvim razmatranjem, postojeće programsko rešenje unutrašnjeg-balističkog proračuna na Katedri naoružanja VVTŠ-a je modificirano, tako da se variraju različite vrste baruta, mase baruta i dužine cevi. Odabrani su baruti namenjeni za srodna oruđa. Korak za variranje dužine cevi je dva kalibra, a masa baruta varira do dozvoljene gustine barutnog punjenja. Programsko rešenje se ne daje zbog njene obim-

nosti, već se daju samo ulazno-izlazne karakteristike bitne za analizu. Za odabrano oruđe ulazne karakteristike su uzete iz tabele 1 (redni broj 6), tabele 2 ($\omega = 0,038$ kg) i tabele 3 ($X_u = 0,916$ m).

Ovaj uslov ispunjava veći broj kombinacija, ali su neke od njih sa relativno malim povećanjem početne brzine. Radi eliminisanja takvih kombinacija uvodi se dopunski kriterij o početnoj brzini projektila, tako da se raz-

Karakteristike baruta

Tabela 1

Br.	Model	Θ	f	α	u_1	e_0	x_1	λ_1
1	BARUT-V	0,265	1024470	0,00109	$6,83 \cdot 10^{-10}$	0,00025	1,17612	-0,14975
2	BARUT-B	0,31	875000	0,0009	$7,6 \cdot 10^{-10}$	0,00022	1,052	-0,0476
3	BARUT-Z	0,27	970000	0,00094	$9,00 \cdot 10^{-10}$	0,00023	0,69132	0,20818
4	BARUT-P	0,25	909000	0,00092	$6,83 \cdot 10^{-10}$	0,00018	0,77687	0,17782
5	BARUT-H	0,27	975000	0,000912	$7,40 \cdot 10^{-10}$	0,00025	1,27027	-0,21277
6	BARUT-G	0,2	922000	0,001015	$7,53 \cdot 10^{-10}$	0,000285	1,18	-0,152

Moguće mase baruta

Tabela 2

Red. broj	1	2	3	4
ω	0,037	0,038	0,039	0,040

Moguće dužine cevi

Tabela 3

Red. br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
X_u	0,916	0,966	1,016	1,066	1,116	1,166	1,216	1,266	1,316

Analiza rezultata i izbor najbolje kombinacije

Variranje šest modela baruta, četiri mase baruta i devet dužina cevi daje 216 kombinacija. Međutim, sve kombinacije ne ispunjavaju postavljeni cilj. Kriterij za izbor najbolje kombinacije jeste da maksimalni pritisak barutnih gasova mora biti manji od 330 MPa, pošto postojeće konstrukciono rešenje odabranog topa ima upravo takav maksimalni pritisak.

matraju samo one kombinacije koje daju $V_0 > 800$ m/s. Na taj način dobivene su 23 kombinacije koje su prikazane u tabeli 4.

Analizom rezultata iz tabele 4 uočava se da model BARUT-Z daje najbolje rezultate za sve mase baruta i dužine cevi.

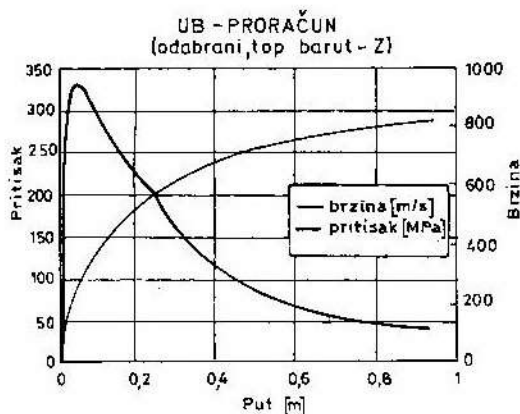
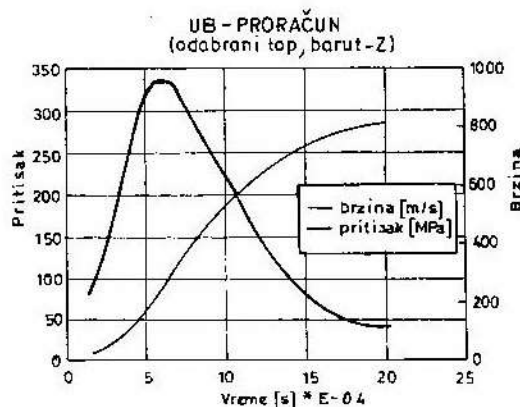
Tako, na primer, ako se upotrebi model BARUT-Z za odabrani top, zadrži ista dužina cevi, a masa baruta poveća za 1 g (kombin. br. 15), dobija se

Rezultati proračuna za $p_m < 330 \text{ MPa}$ i $V_o > 800 \text{ m/s}$

Red. br.	Model	Omega	X_u	P_{MAX}	V_o
1	BARUT-Z	0,0370	1,266	269611937.	801,952
2	BARUT-Z	0,0370	1,316	269611937.	806,724
3	BARUT-P	0,0370	1,316	278591744.	800,856
4	BARUT-Z	0,0380	1,066	295540828.	803,987
5	BARUT-Z	0,0380	1,116	295540828.	809,969
6	BARUT-P	0,0380	1,116	305504718.	803,832
7	BARUT-Z	0,0380	1,166	295540828.	815,389
8	BARUT-P	0,0380	1,166	305504718.	809,157
9	BARUT-Z	0,0380	1,216	295540828.	820,586
10	BARUT-P	0,0380	1,216	305504718.	814,176
11	BARUT-Z	0,0380	1,266	295540828.	825,490
12	BARUT-P	0,0380	1,266	305504718.	818,916
13	BARUT-Z	0,0380	1,316	295540828.	830,130
14	BARUT-P	0,0380	1,316	305504718.	823,406
15	BARUT-Z	0,0390	0,916	324898046.	808,520
16	BARUT-Z	0,0390	0,966	324898046.	815,557
17	BARUT-Z	0,0390	1,016	324898046.	822,095
18	BARUT-Z	0,0390	1,066	324898046.	828,194
19	BARUT-Z	0,0390	1,116	324898046.	833,902
20	BARUT-Z	0,0390	1,166	324898046.	839,261
21	BARUT-Z	0,0390	1,216	324898046.	844,306
22	BARUT-Z	0,0390	1,266	324898046.	849,069
23	BARUT-Z	0,0390	1,316	324898046.	853,576

$V_o = 808 \text{ m/s}$, što je za 80 m/s veća od realizovane V_o sa odabranim topom. Ako se poveća i dužina cevi za 40 cm , dobija se $V_o = 854 \text{ m/s}$, što je za 125 m/s

veća od realizovane V_o na odabranom topu sa njegovim barutom. Za kombinaciju br. 15 napravljen je kompletan unutrašnji balistički proračun koji ilu-

Sl. 1 Dijagram zavisnosti $p(X)$ i $V(X)$ Sl. 2 Dijagram zavisnosti $p(t)$ i $V(t)$

strira zakonitosti kretanja projektila i razvoja pritiska barutnih gasova u cevi topa.

Dijagrami su prikazani na slikama 1 i 2.

Zaključak

Ovaj rad ilustrira kako se variranjem polaznih podataka gasodinamičkog proračuna može doći do boljih izlaznih parametara. Radom je obuhvaćeno šest modela i tipova baruta, četiri mase baruta i devet dužina cevi. Analizirane su 23 kombinacije koje daju znatno veće početne brzine. Najveću početnu brzinu ($V_0 = 855 \text{ m/s}$) dala je

kombinacija broj 23, koja zahteva primenu modela i tipa BARUT-Z, povećanje mase baruta za dva grama i dužine cevi za 40 cm. Međutim, za realizaciju ove kombinacije trebalo bi menjati konstrukciju topa. Zato je odabrana kombinacija br. 15 kao povoljnija. U daljim istraživanjima trebalo bi povećati broj parametara koji se kombinuju radi dobijanja optimalnog rešenja. Prezentirana analiza može se primeniti i na ostala oruđa-oružja gde je prisutan problem povećanja V_0 . Usvojena kombinacija može se opitno proveriti. Ukoliko opiti potvrde prezentirane zaključke, onda se ideja izmene barutnog punjenja može vrlo lako realizirati u redovnoj proizvodnji municije za razmatrani top.

Literatura:

- [1] M. Cvetković: »Unutrašnja balistika«, lekcije, Tehnička vojna akademija KoV JNA, Zagreb, 1981.

Uticaj konstruktivnih parametara vodišta cevi na put urezivanja prstena projektila

Uvod

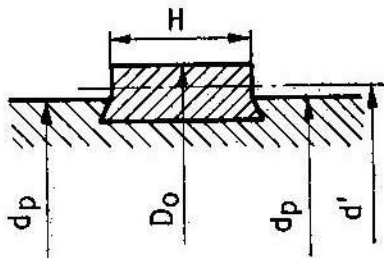
Urezivanje vodećeg prstena projektila u olučenom vodištu cevi je složen dinamički proces koji se odvija za relativno kratko vreme opaljenja. Celi proces može se uslovno posmatrati u najmanje dve, odnosno tri faze, ovisno o obliku izvedene trase oluka. Prva faza obuhvata period gnječenja, ili utiskivanja ispusta vodećeg prstena u početak vodišta, druga faza period od potpunog urezivanja u oluke cevi i treća faza kontinuirano (uslovno »korigovano«) urezivanje dok projektil ne napusti kanal cevi s obzirom na promenljivi ugao uvijanja oluka. U celom procesu, funkcionisanje vodećeg prstena mora biti pouzdano, kako bi se obezbedili zahtevani parametri rotacija i početna brzina projektila (odnosno zaptivanje barutnih gasova). Interakciju između prstena projektila i oluka cevi karakterišu promenljivi uslovi pri svakom opaljenju, izrazito visoki iznosi pritiska i temperature u radijalnom smeru, kao i intenzivno habanje cevi. Može se postaviti hipoteza da će kod nekog broja opaljenja nastati takvi uslovi kod kojih funkcija vodećeg prstena ili vodišta cevi ne može da obezbedi zahtevane balističke i druge karakteristike.

Postoji više parametara koji se mogu uzeti za merodavne pri analizi zahtevanih karakteristika, kako projektila tako i kanala cevi [1], [2].

Problem koji se rešava u ovom stručnom radu obuhvata sledeća pitanja: kako odrediti veličinu puta projektila do potpunog urezivanja pri kojem nastaje smicanje ispusta vodećeg prstega i kako na njega utiču pojedini parametri. Rešenje postavljenog problema dobijeno je primenom matematičkog modela [1] i preko algoritma programskog modela na računaru CYBER 170. Na osnovu dobijenih rezultata za veći broj projektila dat je kraći komentar.

Definisanje problema i način rešavanja

Za rešavanje problema posmatra se olučena cev sa konstantnim uglom nagiba oluka (α_0). Dubina oluka je konstantna i iznosi $t = 0,01 d$ (d je kalibar oruđa). Razmatra se sjedinjeni projektil sa tipičnom konfiguracijom vodećeg prstena i dimenzijama prema slici 1. Vodeći prsten je izrađen od bakra.



Sl. 1 Konfiguracija vodećeg prstena

Utica j temperature i napre zanja unutrašnjeg sloja vodišta cevi i trenja na uslove funkcionisanja vodećeg prstena pri urezivanju nije uzet u obzir. Pretpostavka je da je cev ispalila neki broj projektila i da je kanal cevi delimično ishaban.

U ovakvoj cevi vodeći prsten se počne urezivati u oluke vodišta onda kada projektil dobije brzinu translacije (v). Zbog toga na radnim bokovima ispusta (ili zuba) vodećeg prstena dolazi do velikih napre zanja i temperatura usled rada sila trenja. Materijal ispusta prstena postupno prelazi u stanje tečenja. Proces približno traje dok se rotaciona brzina projektila (v_r) ne izjednači sa brzinom koja odgovara trenutnoj brzini translacije u olučenom vodištu [1].

Energija rotacionog kretanja koja se saopšti projektilu do trenutka smicanja ispusta prstena je:

$$E_1 = n H t \sigma_T b, \text{ odnosno}$$

$$E_1 = \pi d^2 H \sigma_T \cdot \frac{b}{a+b} \cdot \frac{t}{d} \quad (1)$$

gde su:

- n — broj oluka,
 σ_T — granica tečenja materijala prstena,
 a, b — širina polja i oluka vodišta cevi.

$$x_{sr} = x_0 (1 - \alpha \Delta) \cdot \left[\left(1 - \frac{\Theta}{2} \sqrt[6]{\frac{2,56 \pi \Lambda}{1 - \alpha \Delta} \varphi \frac{H \sigma_T \cdot \frac{b}{a+b} \cdot \frac{t}{d} \cdot d}{\omega p_m \left(\frac{\rho}{r} \right)^2 \text{tg}^2 \alpha_n}} \right)^{-\frac{2}{6}} - 1 \right] \quad (5)$$

Istovremeno ukupna energija koju projektil treba da dobije u olucima sa konstantnim uglom nagiba (α_n) je:

$$E_2 = 2J \frac{v_r^2 \text{tg}^2 \alpha_n}{d^2} \quad (2)$$

gde je:

- $J = m p^2$ — dinamički moment inercije projektila,
 m — masa projektila,
 ρ — radijus inercije projektila,

Izjednačavanjem (1) i (2) i rešavanjem jednačine dobija se izraz za brzinu rotacije projektila:

$$v_r = \sqrt[6]{\frac{\pi d^4 H \sigma_T \cdot \frac{b}{a+b} \cdot \frac{t}{d}}{2 J \text{tg}^2 \alpha_n}} \quad (3)$$

S druge strane, na osnovu relacija unutrašnje balistike [3] za veličinu puta projektila do potpunog urezivanja važi relacija:

$$x_{sr} = x_0 (1 - \alpha \Delta) \cdot \left[\left(1 - \frac{B \Theta}{2} \cdot \frac{v_r}{v_k} \right)^{-\frac{2}{6}} - 1 \right] \quad (4)$$

gde je:

- x_0 — dužina barutne komore,
 α, Δ — kovolumen i gustina punjenja,
 Θ — koeficijent adijabate,
 v_k — brzina projektila na kraju sagorevanja punjenja,
 $B = f(\Delta, p_m)$ — parametar punjenja prema Drozdovu.

Ako se u relaciju (4) uvrsti izraz za v_r prema (3), nakon sređivanja članova konačno se dobija [1]:

gde je:

- $\left(\frac{\rho}{r} \right)^2 \cong (0,64 \div 0,68)$ — za trenutno fugasne projekte,
 $\cong 0,56$ — za pancirne projekte.

Relacija (5) eksplicitno pokazuje da veličina x_{sr} pri kojoj dolazi do smicanja ispusta vodećeg prstena zavisi od:

- balističkih parametara za dati kalibar i vrstu projektila (ω, Δ, p_m, x_0),

- parametara projektila (ρ/r),
- geometrijskih parametara i čvrstoće vodećeg prstena (H , σ_T) i
- konstrukcijskih parametara olučenog vodišta $\left(-\frac{b}{a}, -\frac{t}{d}, \alpha_n \right)$

Ako se proračunska veličina puta smicanja ispusta prstena usvoji kao mogući kriterij ili uslov za ocenu radnog veka cevi, onda važi relacija [1]:

$$x_{sr} = \delta\lambda_2 \quad (6)$$

gde je:

$\delta\lambda_2$ — povećanje puta potrebnog za urezivanje vodećeg prstena na punu dubinu oluka cevi.

U slučaju cevi oruđa za barutna punjenja bez čaure, ovaj uslov se može napisati u obliku:

$$x_{sr} = \delta\lambda_2 - \delta\lambda_1 \quad (7)$$

gde je:

$\delta\lambda_1$ — produženje barutne komore u odnosu na novu cev.

Brojna ispitivanja cevi oruđa nedvosmisleno su pokazala da je najveći

intenzitet habanja cevi, usled čega dolazi do degradacije konstruktivnih parametara oluka, pa, prema tome, i uslova urezivanja prstena (povećanje x_{sr}) u predelu oko početka olučenog vodišta.

S obzirom na to, u radu je posebno analiziran slučaj kako promena parametara $\left(b, t, H, \frac{\rho}{r} \text{ i } \sigma_T \right)$ utiče na veličinu x_{sr} .

Prikaz rezultata i diskusija

Programskim modelom na slici 2, pomoću računara može se odrediti x_{sr} za više vrsta sjedinjenih projektila i kalibara cevi oruđa. Prema podacima sa kojima se raspolagalo, rezultati koji su dobijeni važe za kalibar oruđa 100 mm i pripadajuće vrste projektila.

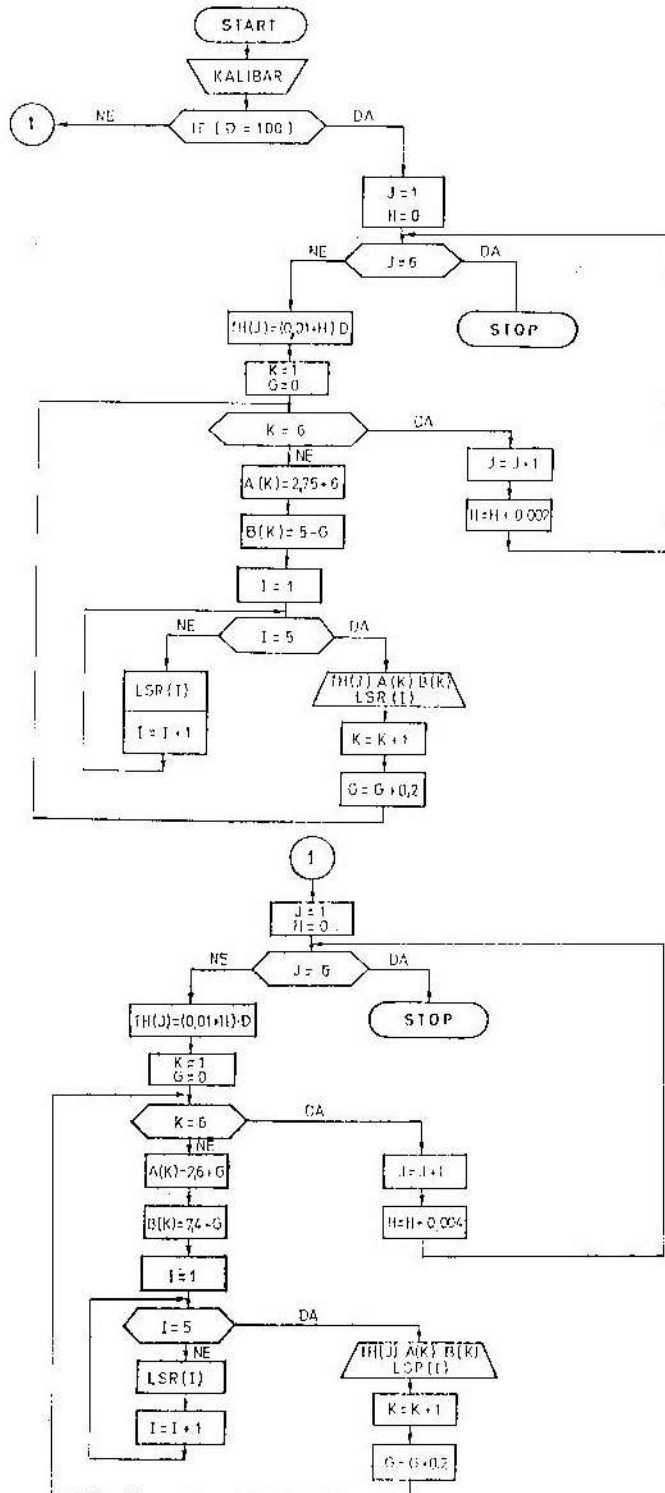
Oznake za važnije veličine, koje su korištene prema slici 2, kao i vrednosti ulaznih podataka, objašnjene su i date u programu za računar CYBER 170 (FORTRAN V).

Parametri cevi i projektila koji su varirani u dozvoljenim granicama [1], [2], [4] za dati kalibar oruđa prikazani su u tabeli 1.

Tabela

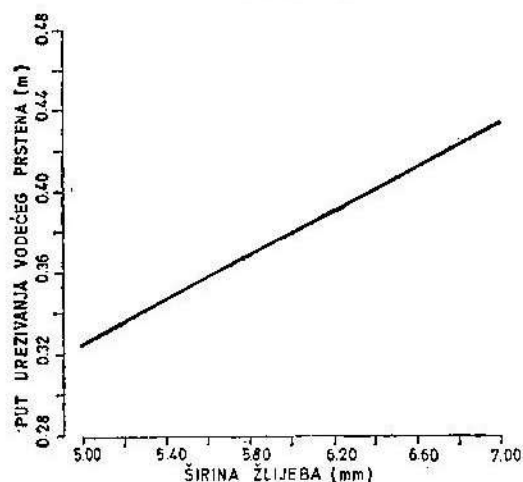
b [mm]	$x_{sr}(b)$ [m]	t [mm]	$x_{sr}(t)$ [m]	H [mm]	$x_{sr}(H)$ [m]	$\frac{\rho}{r}^2$	$x_{sr}(\frac{\rho}{r})^2$ [m]	σ_T [MPa]	$x_{sr}(\sigma_T)$ [m]
5,00	0,3252	0,80	0,2254	15,80	0,3689	0,56	0,3729	180	0,275
5,25	0,3387	0,90	0,2464	15,85	0,3700	0,64	0,3329	200	0,300
5,50	0,3523	1,00	0,2673	15,90	0,3710	0,65	0,3287	220	0,324
5,75	0,3659	1,10	0,2882	15,95	0,3720	0,66	0,3245	240	0,348
6,00	0,3797	1,20	0,3092	16,00	0,3730	0,67	0,3205	260	0,373
6,25	0,3935	1,30	0,3303	16,05	0,3740	0,68	0,3166	280	0,398
6,50	0,4074	1,40	0,3516	16,10	0,3750	—	—	300	0,423
6,75	0,4214	1,50	0,3730	16,15	0,3760	—	—	320	0,449
7,00	0,4355	1,60	0,3946	16,20	0,3770	—	—	340	0,475

Proračunate vrednosti za x_{sr} date su u tabeli 1 i grafički na slikama 3, 4, 5, 6 i 7.



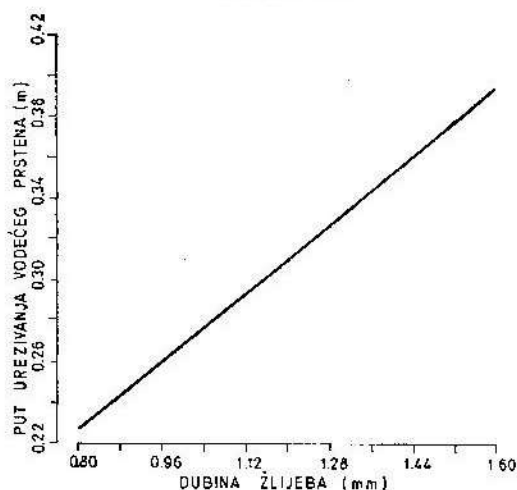
Sl. 2 Određivanje x_{sr}

$$XSR = F(b)$$



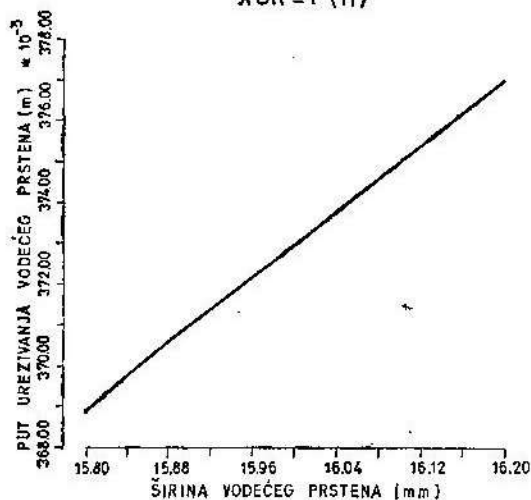
Sl. 3

$$XSR = F(t)$$



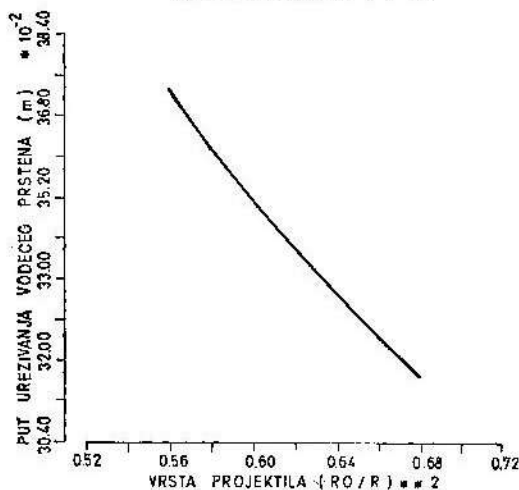
Sl. 4

$$XSR = F(H)$$



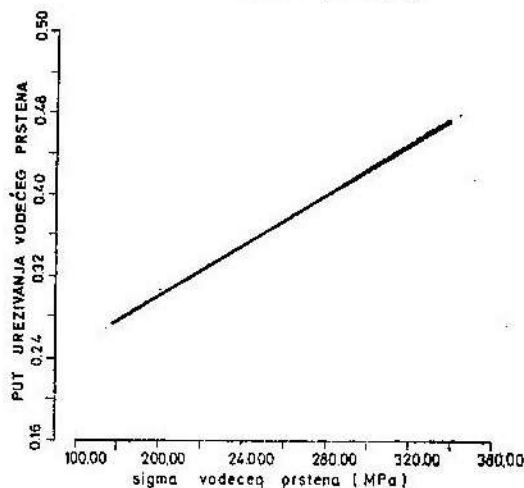
Sl. 5

$$XSR = F((RO/R) \cdot 2)$$



Sl. 6

$$XSR = F(\sigma_T)$$



Sl. 7

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti:

— veličina puta smicanja ispusta vodećeg prstena x_{sr} u najvećoj meri zavisi od karakteristike materijala vodećeg prstena (σ_T) i širine oluka (b);

— promena parametara (H i t) približno isto utiče na povećanje veličine x_{sr} ;

— pancirni projektili, što se i očekivalo, imaju veći uticaj na povećanje x_{sr} , od trenutno-fugasnih. Prema tome, oni će uticati na znatno brže dostizanje granice radnog veka cevi;

— prema rezultatima u tab. 1, indikativno je, da se za određene odnose parametara b , t , H , $\left(\frac{\rho}{r}\right)^2$ i σ_T dobija praktično ista veličina $x_{sr} = 0,373$ m.

Dakle, postoji prihvatljiva granica dozvoljenih promena ovih parametara, unutar koje se za dati kalibar cevi i vrstu projektila može korektnije predvideti radni vek projektovane cevi;

— s druge strane, pad početne brzine projektila $\frac{\Delta v_0}{v_0}$, kao jedan od po-

uzdanih pokazatelja da je došlo do narušavanja stanja kanala cevi u odnosu na novu, može se dovesti u korelaciju sa veličinom x_{sr} [1].

Prema tome, proračunska veličina x_{sr} se indirektno može usvojiti kao jedan od mogućih kriterija za procenu radnog veka cevi.

U tom smislu, potrebno je da se i dalje provede odgovarajuća teorijska i eksperimentalna istraživanja ovog problema.

Literatura:

- [1] V. Čuev: »Proektirovanie stvolnih kompleksov«, Moskva, Mašinostroenie, 1976.
- [2] N. Kršić, D. Dimitrijević: »Vodeći prsten projektila«, Zagreb, TSC KoV JNA, 1980.
- [3] M. Serebrjakov: »Vnutrenaja ballistika stvolnih sistema«, Moskva, Oborongiz, 1962.
- [4] V. Pavelić: »Tehnologija proizvodnje naoružanja«, Zagreb, CVTS, 1968.
- [5] B. Orlov i dr.: »Ustrojstvo i proektirovanie stvolov artiljerijskih orudija«, Moskva, Mašinostroenie, 1976.

Uvod

Pri izradi provlakača za evolventna ozubljenja, poseban problem predstavlja izrada profila zuba provlakača u obliku evolvente [1], [3], [4]. Zbog toga se profil evolvente zamjenjuje kružnim lukom. Potrebno je, pri tome, izvršiti što približniju zamjenu i napraviti alat koji ima što manje odstupanja od traženog profila. U radu se objašnjava način zamjene evolvente kružnicom, te izračunavanje potrebnih veličina pomoću računara.

Definiranje problema

Zamjena evolvente kružnicom izводи se, kako pokazuje daljni tok, tako što se evolventa podijeli na veći broj dijelova i izvrši zamjena kružnicom [2], [5] (sl. 1). Kružni luk se povuče kroz točke 1, 2 i 3. Između točaka 1 i 2, te 2 i 3 odrede se tačke 4 i 5, koje se koriste za određivanje greške zamjene evolvente kružnicom.

Za određivanje tačaka 1, 2, 3..... treba naći koordinate x, y odgovarajućih tačaka. Potrebno je definirati veličine zupčanika koje ulaze u proračun koordinata x i y.

Širina uzubine (međuzublja) e biće

$$e = \frac{d \cdot \pi}{z} - s_{\max} \quad (1)$$

Polovica centralnog kuta uzubine je

$$\Theta^0 = \left(\frac{e}{d} - \text{inv}\alpha \right) \cdot \frac{180}{\pi} \quad (2)$$

$$\text{inv}\alpha = (\text{tg}\alpha - \alpha \text{rad})$$

Polumjeri odgovarajućih tačaka dati su jednadžbama (3)

$$r_1 = \frac{d_f}{2}, \quad r_2 = \frac{d}{2}, \quad r_3 = \frac{d_a}{2},$$

$$r_4 = \frac{r_1 + r_2}{2}, \quad r_5 = \frac{r_2 + r_3}{2} \quad (3)$$

Ako su tačke 1 i 3 podjednako udaljene od tačke 2, tada se r_2 uzima prema jednadžbi (3), u protivnom je

$$r_2 = \frac{d_a + d_f}{2} \quad (4)$$

Zamjena evolvente kružnicom izводи se uz dozvoljenu grešku koja za zupčanike modula do 3 mm iznosi 0,015 mm, a za modul preko 3 mm 0,020 mm.

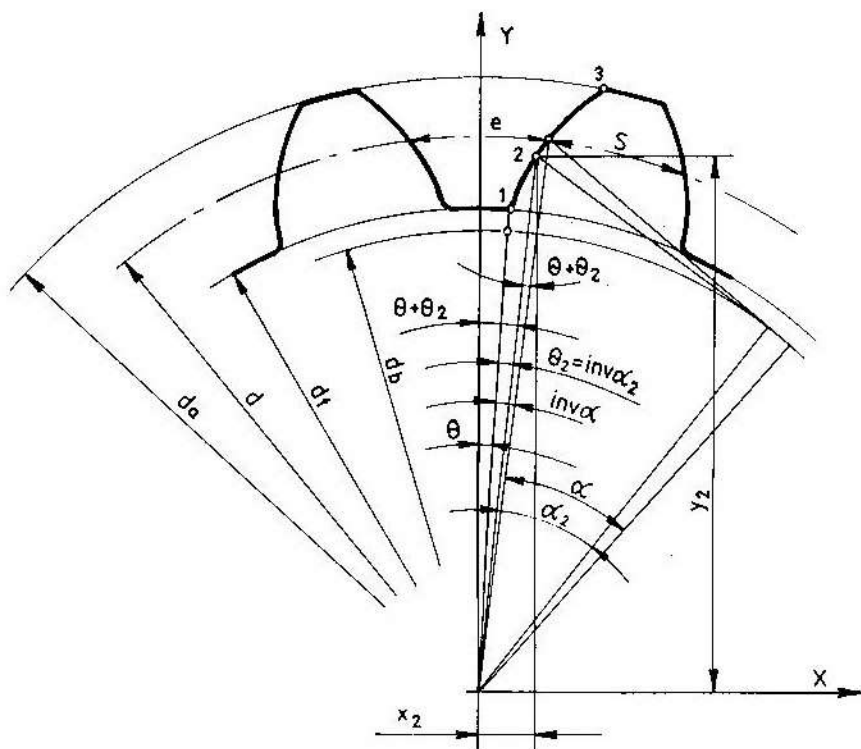
Ako je greška veća od dozvoljene, treba uzimati druge vrijednosti r_1 i r_3 , tako da tačke 1 i 3 budu bliže tački 2.

Kutovi zahvatne linije dati su jednadžbom (5).

$$\cos\alpha_1 = -\frac{d_b}{2r_1}, \quad \cos\alpha_2 = \frac{d_b}{2r_2},$$

$$\cos\alpha_3 = -\frac{d_b}{2r_3}, \quad \cos\alpha_4 = \frac{d_b}{2r_4},$$

$$\cos\alpha_5 = -\frac{d_b}{2r_5} \quad (5)$$



Sl. 1 Zamjena evolvente kružnicom

Svakom kutu zahvatne linije odgovara po jedan tzv. evolventni kut Θ . Ovaj kut je kut između pravca početne tačke evolvente na temeljnoj kružnici i pravca posmatrane tačke — jednadžbe (6).

$$\begin{aligned}\Theta_1^0 &= (\operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1) \frac{180}{\pi} \\ \Theta_2^0 &= (\operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2) \frac{180}{\pi} \\ \Theta_3^0 &= (\operatorname{tg} \alpha_3 - \alpha_3) \frac{180}{\pi} \\ \Theta_4^0 &= (\operatorname{tg} \alpha_4 - \alpha_4) \frac{180}{\pi} \\ \Theta_5^0 &= (\operatorname{tg} \alpha_5 - \alpha_5) \frac{180}{\pi}\end{aligned}\quad (6)$$

Ovdje je:

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \alpha_1 - \alpha_1 &= \operatorname{inv} \alpha_1 \\ \operatorname{tg} \alpha_2 - \alpha_2 &= \operatorname{inv} \alpha_2 \\ \operatorname{tg} \alpha_3 - \alpha_3 &= \operatorname{inv} \alpha_3\end{aligned}\quad (7)$$

$$\operatorname{tg} \alpha_4 - \alpha_4 = \operatorname{inv} \alpha_4$$

$$\operatorname{tg} \alpha_5 - \alpha_5 = \operatorname{inv} \alpha_5$$

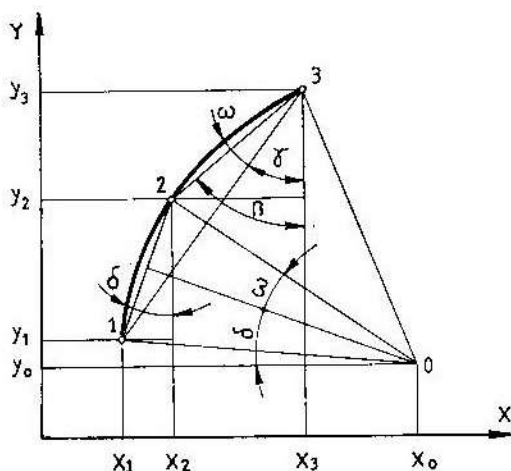
Koordinate odgovarajućih tačaka slike 2 su:

$$\begin{aligned}x_1 &= r_1 \sin(\Theta + \Theta_1) & y_1 &= r_1 \cos(\Theta + \Theta_1) \\ x_2 &= r_2 \sin(\Theta + \Theta_2) & y_2 &= r_2 \cos(\Theta + \Theta_2) \\ x_3 &= r_3 \sin(\Theta + \Theta_3) & y_3 &= r_3 \cos(\Theta + \Theta_3) \\ x_4 &= r_4 \sin(\Theta + \Theta_4) & y_4 &= r_4 \cos(\Theta + \Theta_4) \\ x_5 &= r_5 \sin(\Theta + \Theta_5) & y_5 &= r_5 \cos(\Theta + \Theta_5)\end{aligned}\quad (8)$$

Da bi se dobio polumjer kružnice kojom se zamjenjuje evolventa, potrebno je odrediti koordinate centra tražene kružnice (sl. 2).

Kao potrebne dodatne veličine prema slici 2 uzimaju se kutovi β , γ , δ i ω , koje se definiraju jednadžbama (9):

$$\begin{aligned}\operatorname{tg} \beta &= \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2} & \operatorname{tg} \gamma &= \frac{x_3 - x_1}{y_3 - y_1} \\ \operatorname{tg} \delta &= \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1} & \omega &= \beta - \gamma\end{aligned}\quad (9)$$



Sl. 2 Određivanje koordinata centra kružnice

Dijagram toka

Ulaz

d	d ₁	d ₂	d ₃	m	z	α	S _{max}	S _{min}	h _a	h _f

Izlaz

Pisanje ulaznih podataka

$$\pi = 3.141592653$$

$$e = \frac{\theta \pi}{2} - S_{max}$$

$$\text{inv} \alpha = \text{tg} \alpha - \frac{\alpha \pi}{180}$$

$$\theta'' = \left(\frac{e}{d} - \text{inv} \alpha \right) \frac{180}{\pi}$$

$$r_1 = \frac{d_1}{2} \quad r_2 = \frac{d_2}{2} \quad r_3 = \frac{d_3}{2}$$

$$r_4 = \frac{r_1 + r_2}{2} \quad r_5 = \frac{r_2 + r_3}{2}$$

$$i = 1 + 5$$

$$\alpha_1 = \arccos \frac{d_3}{2r_1}$$

$$\theta_1 = \text{tg} \alpha_1 - \alpha_1$$

$$x_1 = r_1 \sin (\theta + \theta_1)$$

$$y_1 = r_1 \cos (\theta + \theta_1)$$

$$\beta = \arctg \frac{x_3 - x_2}{y_3 - y_2}$$

$$\gamma = \arctg \frac{x_3 - x_1}{y_3 - y_1}$$

$$\delta = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$$

$$\omega = \beta - \gamma$$

$$R_0 = \frac{x_2 - x_1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \delta \sin \omega}$$

$$x_0 = x_2 + R_0 \cos (\omega + \delta)$$

$$y_0 = y_2 - R_0 \sin (\omega + \delta)$$

Sada je polumjer kružnice kojom se zamjenjuje evolventa

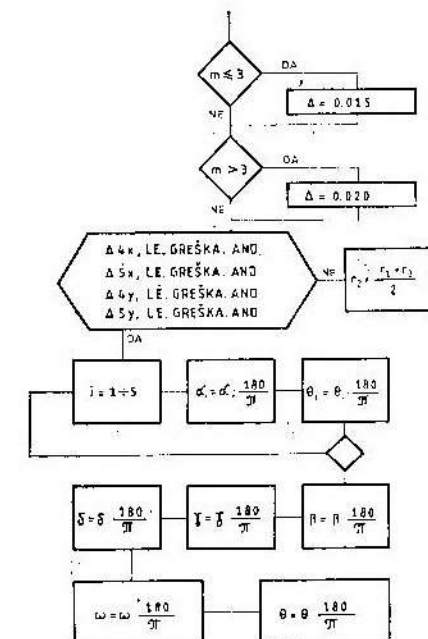
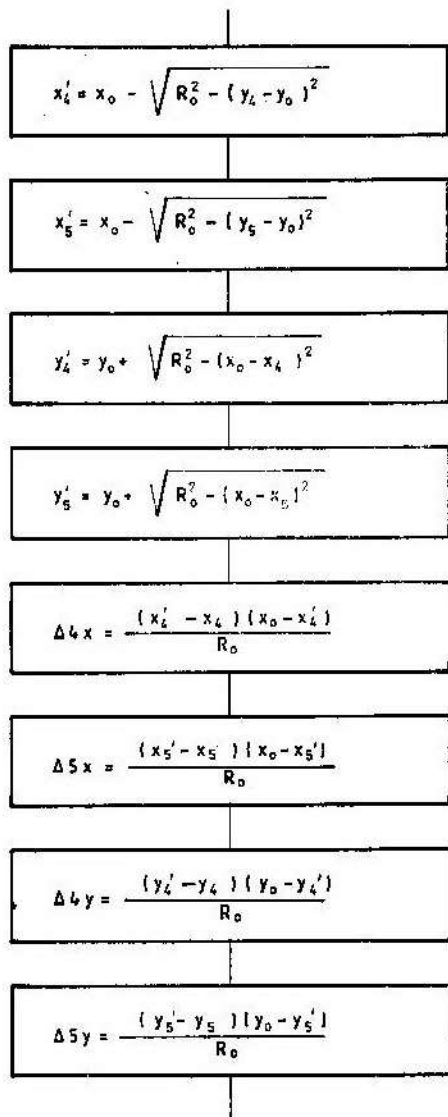
$$R_0 = \frac{x_2 - x_1}{2} \cdot \frac{1}{\sin \delta \sin \omega} \quad (10)$$

Koordinate centra tražene kružnice biće:

$$\begin{aligned} x_0 &= x_2 + R_0 \cos (\omega + \delta) \\ y_0 &= y_2 - R_0 \sin (\omega + \delta) \end{aligned} \quad (11)$$

Da bi se odredile greške odstupanja kružnice od evolvente, potrebno je utvrditi stvarne koordinate tačaka 4 i 5, što je dato jednadžbama (12)

$$\begin{aligned}x_4' &= x_0 - \sqrt{R_0^2 - (y_4 - y_0)^2} \\ y_4' &= y_0 + \sqrt{R_0^2 - (x_0 - x_4)^2} \\ x_5' &= x_0 - \sqrt{R_0^2 - (y_5 - y_0)^2} \\ y_5' &= y_0 + \sqrt{R_0^2 - (x_0 - x_5)^2}\end{aligned}\quad (12)$$



izlaz

e	R ₀	x ₀	y ₀	x ₄	x ₅	y ₄	y ₅	θ
θ ₁	θ ₂	θ ₃	θ ₄	θ ₅	γ	γ'	δ	
ω	α ₁	r ₁	Δ _{4x}	Δ _{5x}	Δ _{4y}	Δ _{5y}		

Greške zamjene evolvente kružnicom izračunavaju se prema jednadžbama (13)

$$\begin{aligned}\Delta 4_x &= \frac{(x_4' - x_4) \cdot (x_0 - x_4')}{R_0} \\ \Delta 5_x &= \frac{(x_5' - x_5) \cdot (x_0 - x_5')}{R_0} \\ \Delta 4_y &= \frac{(y_4' - y_4) \cdot (y_0 - y_4')}{R_0} \\ \Delta 5_y &= \frac{(y_5' - y_5) \cdot (y_0 - y_5')}{R_0}\end{aligned}\quad (13)$$

Na osnovu izračunatih koordinata može se napraviti šablon kojim će se vršiti kontrola odgovarajućeg profila.

Priprema informacija za proračun pomoću računara

Da bi se olakšao posao oko pisanja programa za računar, potrebno je napraviti sistematizaciju naziva svih ele-

menata potrebnih za definiranje problema te, također, i njihovo matematičko definiranje. To će se prikazati u obliku tablice i dijagrama toka. Svi nazivi i oznake usklađeni su prema ISO i DIN.

Red. br.	Naziv	Oznaka	Jednadžba
1	2	3	4
1.	Promjer deobene kružnice	d	$d = m \cdot z$
2.	Promjer tjemene kružnice	d_a	$d_a = d + 2h_a$
3.	Promjer podnožne kružnice	d_f	$d_f = d - 2h_f$
4.	Promjer temeljne kružnice	d_b	$d_b = d \cdot \cos \alpha$
5.	Tjemena visina zuba	h_a	
6.	Podnožna visina zuba	h_f	
7.	Standardni kut zahvatne linije	α	
8.	Broj zuba	z	
9.	Modul	m	
10.	Debljina zuba	s	
11.	Širina uzubine (međuzublja)	e	$e = \frac{d \cdot \pi}{z} - S_{\max}$
12.	Evolventni kut	$\text{inv } \alpha$	$\text{inv } \alpha = \text{tg } \alpha - \frac{\alpha^0 \pi}{180}$
13.	Polovica centralnog kuta uzubine	Θ^0	$\Theta = \left(\frac{e}{d} - \text{inv } \alpha \right) \cdot \frac{180}{\pi}$
14.	Polumjer tačke 1	r_1	$r_1 = \frac{d_f}{2}$
15.	Polumjer tačke 2	r_2	$r_2 = \frac{d}{2}$
16.	Polumjer tačke 3	r_3	$r_3 = \frac{d_a}{2}$
17.	Polumjer tačke 4	r_4	$r_4 = \frac{r_1 + r_2}{2}$
18.	Polumjer tačke 5	r_5	$r_5 = \frac{r_2 + r_3}{2}$
19.	Kut evolventne linije	α_i	$\alpha_i = \arccos \frac{d_b}{2r_i}$
20.	Broj tačaka na evolventi	i	$i = 5$
21.	Evolventni kut odgovarajuće zahvatne linije	Θ_i	$\Theta_i = \text{tg } \alpha_i - \alpha_i$
22.	Apscisa tačaka	x_i	$x_i = r_i \sin(\Theta + \Theta_i)$
23.	Ordinata tačaka	y_i	$y_i = r_i \cos(\Theta + \Theta_i)$
24.	Pomoćni kut	β	$\beta = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$

1	2	3	4
25.	Pomoćni kut	γ	$\gamma = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_1 - y_1}$
26.	Pomoćni kut	δ	$\delta = \arctg \frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}$
27.	Pomoćni kut	ω	$\omega = \beta - \gamma$
28.	Polumjer kružnice kojom se zamjenjuje evolventa	R_0	$R_0 = \frac{x_2 - x_1}{2 \sin \delta \cdot \sin \omega}$
29.	Apscisa centra tražene kružnice	x_0	$x_0 = x_2 + R_0 \cdot \cos(\omega + \delta)$
30.	Ordinata centra tražene kružnice stvarna	y_0	$y_0 = y_1 - R_0 \cdot \sin(\omega + \delta)$
31.	Stvarna apscisa tačke 4	x'_4	$x'_4 = x_0 - \sqrt{R_0^2 - (y_4 - y_0)^2}$
32.	Stvarna apscisa tačke 5	x'_5	$x'_5 = x_0 - \sqrt{R_0^2 - (y_5 - y_0)^2}$
33.	Stvarna ordinata tačke 4	y'_4	$y'_4 = y_0 + \sqrt{R_0^2 - (x_0 - x_4)^2}$
34.	Stvarna ordinata tačke 5	y'_5	$y'_5 = y_0 + \sqrt{R_0^2 - (x_0 - x_5)^2}$
35.	Greška tačke 4 po apscisi	$\Delta 4_x$	$\Delta 4_x = \frac{(x'_4 - x_4) \cdot (x_0 - x'_4)}{R_0}$
36.	Greška tačke 5 po apscisi	$\Delta 5_x$	$\Delta 5_x = \frac{(x'_5 - x_5) \cdot (x_0 - x'_5)}{R_0}$
37.	Greška tačke 4 po ordinati	$\Delta 4_y$	$\Delta 4_y = \frac{(y'_4 - y_4) \cdot (y_0 - y'_4)}{R_0}$
38.	Greška tačke 5 po ordinati	$\Delta 5_y$	$\Delta 5_y = \frac{(y'_5 - y_5) \cdot (y_0 - y'_5)}{R_0}$

Zaključak

Primjena aproksimacije evolvente kružnicom izloženom metodom daje mogućnost preciznog konstruiranja evolvente, a uz korišćenje računara do-

bija se i velika ušteda u vremenu u odnosu na ručni proračun. Ovaj način proračuna moguće je koristiti i za svaku drugu krivulju gdje je potrebna aproksimacija.

Literatura:

- [1] A. V. Šegaljev: »Konstruktovanje pratjažek«, Mašgiz, 1960.
- [2] D. Vukelja: »Dimenzioniranje reznih alata za obradu provlačenjem«, Tehnika br. 11/1965.
- [3] B. Rebec: »Rezni alati«, Tehnička knjiga, Zagreb, 1972.
- [4] V. N. Ašimov: »Protjagivanie«, Mašinostroenie, Moskva, 1981.
- [5] I. Bago: »Diplomski rad«, Mašinski fakultet,

Srboljub Krštenić,
potpukovnik, dipl. inž.

Odstupanje pogodaka po visini kada funkcija praćenja cilja u vertikalnoj ravni nije uključena u balistički model za proračun elemenata gađanja, kod automatiziranih sistema za upravljanje vatrom na savremenim tenkovima i PT topovima

Uvod

U ovom originalnom stručnom članku analiziran je uticaj isključivanja ugaone brzine cilja (relativne ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe) u vertikalnoj ravni iz balističkog modela, na tačnost proračuna elemenata za gađanje. Pri tome se razmatraju situacije koje mogu najčešće da nastanu u praksi, a odnose se na tenkove i PT topove.

Automatizirani sistemi za upravljanje vatrom (ASUV) primenjuju se sve više kod savremenih tenkova i protivtenkovskih topova, jer obezbeđuju niz novih funkcija kojima se povećavaju performanse ovih sredstava. Pored ostalog, bitno se povećava efikasnost, preko povećanja verovatnoće pogađanja cilja i brzine otvaranja vatre.

U obavezne funkcije ASUV-a spadaju:

- lasersko merenje daljine u pokretu;
- stabilizacija nišanske sprave i oruđa i u pokretu;
- određivanje ugaonih brzina cilja po pravcu i visini (praćenje cilja);
- proračun elemenata za gađanje elektronskim računarom;
- tačno prenošenje elemenata za gađanje na cev oruđa servosistemima koji su deo ASUV na osnovu signala iz računara.

Kod ovako koncipiranih ASUV, na verovatnoću pogađanja preko povećanja tačnosti pogađanja najviše utiče:

- tačnost izmerene daljine;
- kvalitet praćenja cilja u toku procesa gađanja (čime se određuje ugaona brzina cilja);
- kvaliteta funkcije praćenja cilja;
- tačnost matematičkog modela za proračun elemenata za gađanje;
- tačnost unetih meteo-balističkih podataka, pre svega, bočnog vetra, početne brzine i nagiba ramena kolenke topa;
- kvalitet uređaja za stabilizaciju topa kada se gađa iz pokreta.

Pregled upotrebljenih oznaka:

- | | |
|------------|---|
| α_A | — ugao viziranja cilja po visini na početku praćenja; |
| α_B | — ugao viziranja cilja po visini na kraju praćenja (u trenutku opaljenja projektila); |
| α_C | — ugao nagiba kosine po kojoj se kreće cilj; |
| α_T | — ugao nagiba kosine po kojoj se kreće tenk; |
| α_1 | — veličina izračunatog ugla preticanja cilja po visini; |
| V_T | — brzina kretanja tenka duž kosine; |
| V_V | — brzina kretanja cilja u vertikalnoj ravni; |

- V_H — brzina kretanja cilja u horizontalnoj ravni;
- V_N — komponenta brzine kretanja tenka normalna na pravac viziranja cilja u trenutku laserovanja (merjenja daljine do cilja);
- V_C — brzina kretanja cilja duž kosine;
- t_{PR} — potrebno vreme praćenja cilja zbog definisanja ugaone brzine;
- t_{PA} — vreme leta projektila do daljine X_A ;
- t_{T2} — vreme leta projektila od oruđa do očekivane tačke susreta na kosini kojom se kreće cilj;
- X_{T2} — rastojanje do očekivane tačke susreta projektila i cilja;
- X_A — rastojanje u trenutku merjenja daljine do cilja (na početku praćenja cilja);
- X_B — rastojanje na kraju praćenja cilja (u trenutku opaljenja projektila),
- Ω — ugaona brzina kretanja cilja po visini u odnosu na oruđe,
- δY — preticanje po visini zbog ugaone brzine kretanja cilja u odnosu na oruđe;
- δY_1 — odstupanje pogotka po visini, zbog razlike u vremenu leta projektila do tačke susreta sa ciljem, od vremena leta računatog za izmerenu daljinu do cilja;
- δY_2 — odstupanje pogotka po visini zbog veće daljine cilja od stvarne, kojom treba računati elemente gađanja.

Postavka problema

Ukoliko se pri proračunu elemenata za gađanje ne uzimaju u obzir svi uticajni parametri, javljaju se greške koje utiču na smanjenje tačnosti pogađanja cilja. Da bi se uspostavili odnosi između parametara kretanja tenka, cilja i grešaka koje nastaju, posmatra se

najopštiji međusobni odnos kretanja tenka i cilja u istoj vertikalnoj ravni, koji je predstavljen na slici 1.

Pre nego što se pređe na analizu, izložiće se odvijanje procesa nišanjenja i gađanja sa ASUV, koji je predstavljen na slici 1.

U toku procesa osmatranja, kada nišandžija proceni da može da gađa cilj, počinje da ga prati i vrši merenje daljine do njega, dobijajući daljinu do cilja (X_A), pri čemu se tenk u tom trenutku nalazi u tački T_0 , a cilj u tački C_0 .

U daljem toku nišandžija nastavlja kontinualno praćenje cilja u toku vremena t_{PR} nišaneći nišanskom spravom kojom upravlja komandnim blokom (KBN).

Za vreme praćenja cilja, cilj promeni položaj iz tačke C_0 u tačku C_1 , a tenk iz tačke T_0 u tačku T .

Na taj način dobija se daljina do cilja X_A i ugaona brzina praćenja cilja, koja sa određenom tačnošću predstavlja relativnu ugaonu brzinu cilja u odnosu na oruđe.

Na osnovu ovih i ostalih podataka (vrsta municije, meteo-balistički podaci) računar SUV-a stalno izračunava elemente za gađanje, odnosno uglove oruđa po elevaciji i pravcu (istovremeno i vreme leta projektila) koje cev topa stalno zauzima u određenim tolerancijama.

U tački T završava se proces praćenja opaljenja. Cilj se u tom trenutku nalazi u tački C_1 . Za vreme leta projektila, cilj će da pređe rastojanje po kosini C_1 2, dok je rastojanje koje projektil treba da pređe do tačke susreta (2) jednako X_{T2} .

Pod uslovom da se izvrši dobro praćenje cilja, tačno merenje daljine i meteo-balističkih podataka, mogu se tačno proračunati elementi za gađanje. Njihovim korišćenjem može se očekivati postizanje velike verovatnoće pogađanja cilja, s obzirom na to da su sve greške male.

Ukoliko se neki od ovih ulaznih podataka izostavi, dolazi do grešaka koje smanjuju tačnost pogađanja, a samim tim i verovatnoću pogađanja cilja.

Analiza grešaka pri proračunu preticanja po visini

U opštem slučaju ne mogu se uzeti svi parametri za proračun, te se javljaju greške u proračunu preticanja po visini, a samim tim i odstupanje pogodaka po visini, čime se smanjuje tačnost pogađanja.

Pri analizi problema, moguće je uočiti sledeće greške:

a) greške praćenja cilja

Ove greške se javljaju kao posledica uticaja kvaliteta praćenja cilja od strane nišandžije u procesu praćenja cilja. Direktna su posledica kvaliteta sistema kojim se prati cilj i obučenosti nišandžije. Kako ove greške po svojoj problematici podležu posebnoj analizi, ovde neće biti obrađivane;

b) greške određivanja parametara kretanja cilja (ugaone brzine praćenja cilja, daljine do cilja frontalne brzine)

Ove greške su posledica principa određivanja ugaone brzine cilja. S obzirom na to da se preticanje računa sa srednjom ugaonom brzinom praćenja u intervalu merenja i rastojanjem do cilja koje ne odgovara daljini u trenutku susreta projektila i cilja, čini se izvesna greška koja smanjuje tačnost pogađanja, zavisno od dužine intervala praćenja i odnosa tenk-cilj;

c) greške koje nastaju zbog uprošćenja matematičkog modela za rešavanje problema

Greške se analiziraju uzimajući u obzir jedan opšti slučaj, prikazan na slici 1.

Prema matematičkom modelu, na osnovu izmerene ugaone brzine Ω i iz-

računatog vremena leta projektila t_{PA} , izračunava se ugao preticanja po visini koji treba pridodati korigovanom tabličnom uglu, da bi se dobio pogodak u cilj u očekivanoj tački susreta (2).

Dakle, računa se kao da je očekivana tačka susreta (2) određena uz zanemarivanje razlike daljine $X_{A1} - X_{A2}$ i vremena leta projektila $t_{PA} - t_{T2}$, odnosno da je prema slici 1¹:

$$\overline{15} = X_A \cdot \Omega \cdot t_{PA}$$

Međutim, ovo je samo približno rešenje problema, dok bi za tačno trebalo voditi računa o sledećem:

— vreme leta projektila do očekivane tačke susreta t_{PA} razlikuje se od stvarnog vremena leta projektila, koje je računato za merenu daljinu X_A , što znači da bi zbog toga došlo do podbačaja (prebačaja) u odnosu na nišansku tačku za veličinu δY_1 ;

— sa druge strane, zbog toga što je daljina X_A veća od stvarne, izračunato preticanje je nešto veće, pa bi projektil u odnosu na nišansku tačku imao podbačaj δY_2 .

— takođe, treba uzeti u obzir, da će zbog proračuna korigovanog tabličnog ugla elevacije za daljinu X_A , koja je veća od očekivane daljine X_{T2} u tački susreta, doći do prebačaja za δY_3 , koji je jednak ordinati takve putanje na daljini X_{T2} .

To je kvalitativna analiza, dok kvantitativne odnose ovih veličina treba izračunavati za svaku situaciju posebno da bi se dobile stvarne veličine ukupnog odstupanja. Pri tome se odstupanja ne mogu eksplicitno izraziti, pa je analiza složenija, jer zahteva korišćenje konkretnog balističkog modela ASUV-a;

¹ Kako je daljina $T5 > 25$, to je i vreme leta projektila do daljine X_A $t_{PA} = t_T$, pa je time obezbeđeno da tačka susreta projektila i cilja bude tačka 2, odnosno tačka u kojoj se cilj nalazi posle vremena t_{PA} .

d) *greške usled nepostojanja pojedinih funkcija sistema* (unošenje ugaone brzine cilja po visini u matematički model)

Ove greške nastaju ukoliko se izostavi funkcija sistema koja omogućava merenje i unošenje ugaone brzine cilja u matematički model za proračun elemenata za gađanje.

Zbog toga što su ovi sistemi u najčešćem slučaju namenjeni za male ugaone brzine cilja po visini, može se smatrati da se odsustvom ugaone brzine pri proračunu elemenata za gađanje dobijaju relativno mala odstupanja pogodaka po visini koja bitno ne umanjuju verovatnoću pogađanja cilja.

Na osnovu ovog zaključka, kod nekih sistema funkcija praćenja cilja u svrhu određivanja ugaone brzine po visini ne postoji. Ovakvo rešenje najčešće može da zadovolji, ali treba imati u vidu nedostatke koji se mogu javiti pri rešavanju pojedinih taktičkih zadataka koji nisu tako retki u praksi, a odnose se na složene odnose oruđe-cilj i gađanje relativno brzih ciljeva. Predmet ovog članka je upravo kvantitativna analiza ovih grešaka u različitim odnosima oruđe-cilj.

Analiza odstupanja pogodaka po visini kada ne postoji funkcija određivanja ugaone brzine kretanja cilja po visini

S obzirom na to da se u ovom slučaju greške po visini javljaju u funkciji međusobnog odnosa oruđe-cilj, u ovom članku će biti prikazano i izračunavanje i kvantitativna analiza grešaka za nekoliko najčešćih odnosa oruđe-cilj koji se sreću u praksi.

Ukoliko sistem ne uzima u obzir relativno kretanje cilja u odnosu na oruđe u vertikalnoj ravni, pojavljuju se greške pogodaka po visini u taktičkim situacijama u kojima je dominantno frontalno kretanje tenka u odnosu na cilj.

Pri tome, da bi se definisao problem, uvode se sledeće pretpostavke:

— cilj se kreće brzinom V_C po kosini nagiba α_C ;

— tenk se kreće brzinom V_T po kosini nagiba α_T ;

— daljina do cilja u početnom trenutku praćenja cilja je jednako X_A ;

— brzine tenka i cilja su konstantne u toku vremenskog intervala praćenja i vremena leta projektila;

— razmatra se problem u vertikalnoj ravni (nema bočnog kretanja ni cilja ni tenka).

Analiziraju se dva oblika dejstva oruđa:

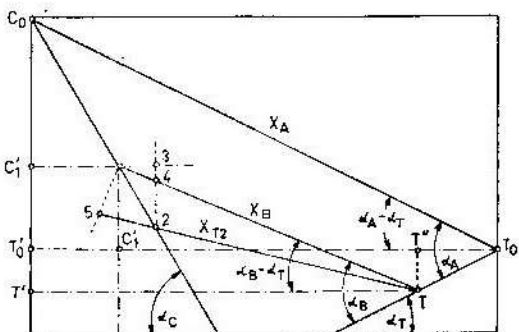
— gađanje pokretnih i nepokretnih ciljeva na zemlji iz mesta i pokreta,

— gađanje sporih ciljeva u vazдушnom prostoru iz mesta i pokreta.

Gađanje pokretnih i nepokretnih ciljeva na zemlji sa mesta i iz pokreta

U opštem slučaju, kako je prikazano na slici 1, tenk se kreće duž puta $T_0 T$, pri čemu se nišanskom spravom prati kretanje cilja duž puta $C_0 C_1$ u vremenskom intervalu t_{PR} , da bi se odredila ugaona brzina kretanja cilja u odnosu na oruđe.

Na početku praćenja, izmerena daljina do cilja je X_A , a ugao viziranja α_A . U ovom položaju se ispaljuje projektil koji u tački 2 treba da ima susret sa ciljem, ukoliko elementi za ga-



Sl. 1 Međusobni odnos kretanja tenka i cilja u vertikalnoj ravni

đanje sadrže preticanje po visini. Ako projektil nije ispaljen sa elevacijom koja sadrži preticanje, biće pogodoena tačka C_1 , dok će cilj za vreme leta zrna dospeti u tačku 2, pa je očigledan promašaj nišanske tačke po visini.

Praćenje pokretnog cilja na kosini iz tenka koji se kreće po kosini

Određivanje relativne ugaone brzine kretanja cilja u odnosu na oruđe

Srednja ugaona brzina kretanja cilja, zbog toga što se ne uzimaju u obzir greške praćenja cilja, jednaka je merenoj ugaonoj brzini praćenja cilja Ω . Računa se na osnovu razlike uglova viziranja na početku i kraju praćenja cilja i predstavlja srednju vrednost u intervalu vremena praćenja t_{PR} , a dobija se na sledeći način:

Projektovanjem rastojanja na vertikalnu osu dobija se jednakost

$\overline{C_1 T} = \overline{C_0 T_0} - \overline{C_0 C_1} + \overline{T T'}$, odakle sledi:

$$X_B \cdot \sin(\alpha_B - \alpha_T) = X_A \cdot \sin(\alpha_A - \alpha_T) - V_C \cdot t_{PR} \cdot \sin(\alpha_C) + V_T \cdot t_{PR} \cdot \sin(\alpha_T) \quad (1)$$

Projektovanjem rastojanja na horizontalu ose dobija se jednakost

$\overline{C_1 T'} = \overline{T_0 T_0} - \overline{C_1 C_1} - \overline{T_0 T'}$, odakle sledi:

$$X_B \cdot \cos(\alpha_B - \alpha_T) = X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - V_C \cdot t_{PR} \cdot \cos(\alpha_C) - V_T \cdot t_{PR} \cdot \cos(\alpha_T) \quad (2)$$

Deljenjem jednačina (1)/(2) dobija se ugao viziranja na kraju vremena praćenja cilja t_{PR} :

$$\operatorname{tg}(\alpha_B - \alpha_T) = \frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A - \alpha_T) - V_C \cdot t_{PR} \cdot \sin(\alpha_C) + V_T \cdot t_{PR} \cdot \sin(\alpha_T)}{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - V_C \cdot t_{PR} \cdot \cos(\alpha_C) - V_T \cdot t_{PR} \cdot \cos(\alpha_T)}$$

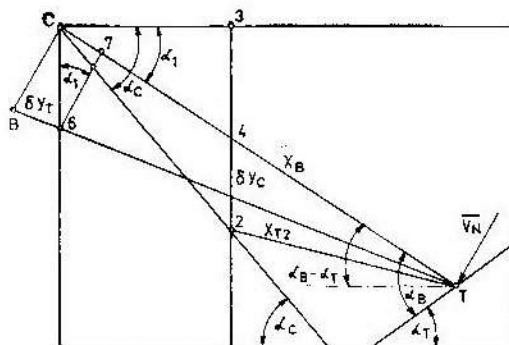
Ugaona brzina praćenja je:

$$\Omega = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{t_{PR}} \quad (3)$$

Odstupanje pogotka po visini zbog odsustva proračuna preticanja po visini

Odstupanje pogotka po visini, ukoliko se ne računa preticanje po visini zbog odsustva funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini Ω , računa se prema šematskom prikazu na slici 2.

Ukoliko se projektil ispali sa elevacijom koja sadrži preticanje, tačka 2 je tačka susreta projektila i cilja.



Sl. 2 Odstupanje pogotka po visini zbog odsustva proračuna preticanja po visini

Ukoliko preticanje nije zauzeto, projektil će po visini promašiti nišansku tačku za veličinu odstupanja po visini δY , koje je jednako zbiru odstupanja usled kretanja tenka δY_T i cilja δY_C . Da bi se odredile veličine odstupanja, posmatraće se odvojeno uticaji ovih kretanja.

Odstupanje pogotka po visini koje nastaje zbog kretanja cilja

Prema slici 2 to odstupanje jednako je veličini za koju je projektil po visini odstupio od nišanske tačke na cilju, koji je u toku vremena leta zrna

promenio položaj iz tačke $C1$ u tačku 2. Ovo odstupanje ima karakter prebacaja cilja i jednako je:

$$\delta Y_C = \overline{24} = 23 - \overline{34} = 12 \cdot \sin \alpha_C - 13 \cdot \operatorname{tg} \alpha_1 = 12 \cdot \sin \alpha_C - 12 \cdot \cos \alpha_C \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

$$\alpha_1 = \alpha_B - \alpha_C$$

$$\delta Y_C = 12 \cdot (\sin \alpha_C - \cos \alpha_C \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B - \alpha_T)) = V_C \cdot t_{PA} \cdot \frac{\sin(\alpha_C - \alpha_B + \alpha_T)}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (4)$$

$$\delta Y_T = - \frac{\overline{67}}{\cos \alpha_1} = \frac{\sin \alpha_B}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \cdot \left(1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin \alpha_B \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B - \alpha_T) \right)$$

Odstupanje pogotka po visini koje nastaje zbog kretanja tenka

Prema slici 2 to odstupanje jednako je veličini za koju se pogodak po visini spušta usled brzine kretanja tenka, koja se, kao prenosna brzina, saopštava projektilu u trenutku opaljenja.

$$X_B = \frac{\overline{C_1'' T''}}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot [V_C \cdot \cos(\alpha_C) + V_T \cdot \cos(\alpha_T)]}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (6)$$

Ovo odstupanje ima karakter podbačaja, pa mu zato dodeljujemo negativan predznak. Međutim, ono bi se u najvećoj meri moglo eliminisati uzimanjem u obzir ugaone brzine praćenja cilja koja nastaje zbog kretanja tenka ($\Omega \approx V_T \cdot \sin \alpha_B / D$).

Veličina odstupanja zbog kretanja tenka, prema slici 2, jednaka je:

$$\delta Y_T = - \overline{16} = - \frac{\overline{67}}{\cos \alpha_1}; \alpha_1 = \alpha_B - \alpha_T$$

Prema slici 2 mogu se napisati tri relacije:

1. Iz sličnosti trouglova $\triangle T18$ i $\triangle T67$ sledi prva relacija:

$$\frac{\overline{18}}{\overline{67}} = \frac{X_B}{X_B - \overline{17}}$$

2. Druga relacija:

$$\overline{17} = \overline{67} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1$$

3. Treća relacija:

$$\overline{18} = V_N \cdot t_{PA} = V_T \cdot \sin \alpha_B \cdot t_{PA}$$

Posle sređivanja se dobija:

$$\overline{67} = \frac{\overline{18}}{1 + \frac{\overline{18}}{X_B} \cdot \operatorname{tg} \alpha_1}$$

odnosno posle zamene:

$$\left(1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin \alpha_B \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B - \alpha_T) \right)$$

Ukupno odstupanje pogotka po visini je:

$$\delta Y = \delta Y_T + \delta Y_C \quad (5)$$

Rastojanje od tenka do cilja, u momentu opaljenja projektila (prema sl. 1), jeste:

Sada kada su izvedene sve potrebne formule za opšti slučaj, moguće je analizirati svaki od mogućih odnosa tenk-cilj koji se u daljem tekstu nazivaju situacijama.

U daljoj analizi, za nekoliko mogućih karakterističnih situacija izvedene su formule na osnovu kojih se računaju odgovarajuća odstupanja pogodaka, čije su vrednosti grafički prikazane.

Izabrani parametri: brzina cilja, tenka i nagibi odgovaraju praktično maksimalnim realnim uslovima u praksi, dok su uglovi viziranja dati u rasponu od -2° do 12° , što predstavlja dijapazon mogućih elevacija topa tenka. U praksi se mogu očekivati manje vrednosti tih uglova, a prema proceni od -2° do 6° .

Analiza važi i za PT topove ukoliko se posmatraju krive dobijene za $V_T = 0$ km/h, odnosno za slučaj kada je oruđe u miru.

Situacija 1

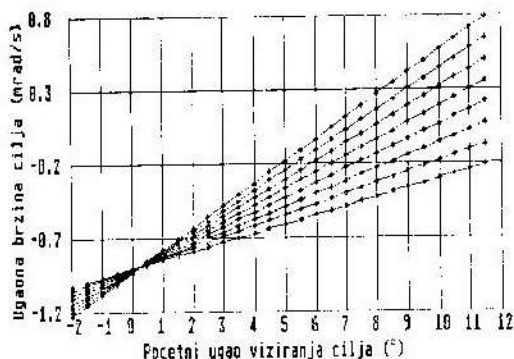
Praćenje pokretnog cilja na kosini iz tenka koji se kreće po kosini

Ovo je najopštiji slučaj međusobnog odnosa oruđe-cilj i predstavljen je na slici 1.

$$\alpha_B = \alpha_T + \arctg \left(\frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot [V_C - V_T \cdot \sin(\alpha_T)]}{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) + t_{PR} \cdot V_T \cdot \cos(\alpha_T)} \right) \quad (10)$$

U ovom slučaju važe formule (3), (4), (5) i (6) koje su date za najopštiji slučaj.

Da bi se dobila predstava o veličinama ugaonih brzina praćenja cilja u vertikalnoj ravni, izvršen je proračun za jedan realan odnos tenka i cilja i prikazan na slici 3. Na slici je pozitivan smer ugaone brzine smer suprotan kretanju kazaljke časovnika, a proračun je izveden za kumulativni projektil čija je početna brzina reda 900 m/s za daljinu 2000 m.



Sli. 3 Relativna ugaona brzina cilja po visini u odnosu na oruđe:

za $V_T=0$ do 35 km/h, $V_C=25$ km/h, $\alpha_T=5^\circ$, $\alpha_C=10^\circ$

Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 4 odstupanja pogodaka po visini δY , koja nastaju zbog neuzimanja u obzir pri proračunu elemenata za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe.

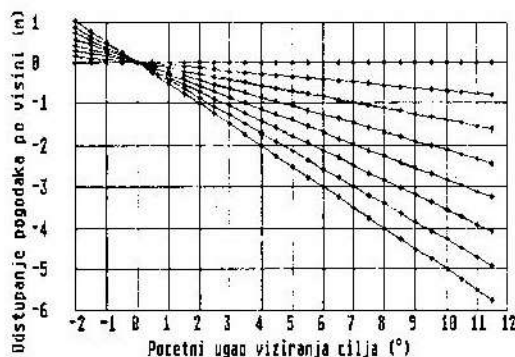
Situacija 2

Stavljanjem u jednačine (3), (4), (5), (6):

$$V_C=0 \text{ m/s}$$

$$\alpha_C=90^\circ$$

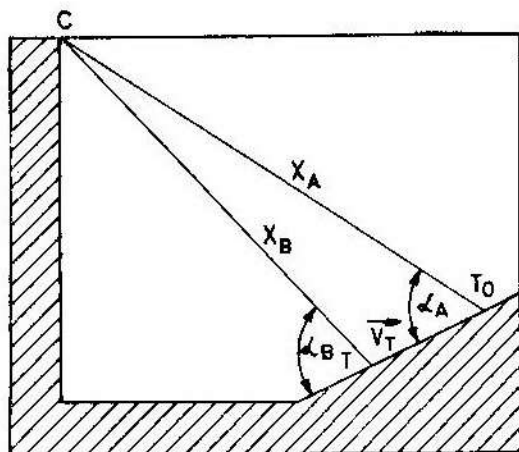
dobijaju se za ovu situaciju izrazi:



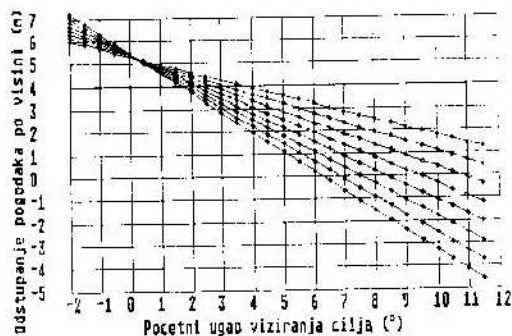
Sli. 4 Odstupanje pogodaka po visini zbog odsustva funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

za $V_T=0$ do 35 km/h, $V_C=25$ km/h, $\alpha_T=5^\circ$, $\alpha_C=10^\circ$

(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)



Sli. 5 Praćenje nepokretnog cilja u slučaju kretanja tenka po kosini ispod nivoa cilja



Sl. 6 Odstupanje pogodaka po visini zbog odstupanja funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

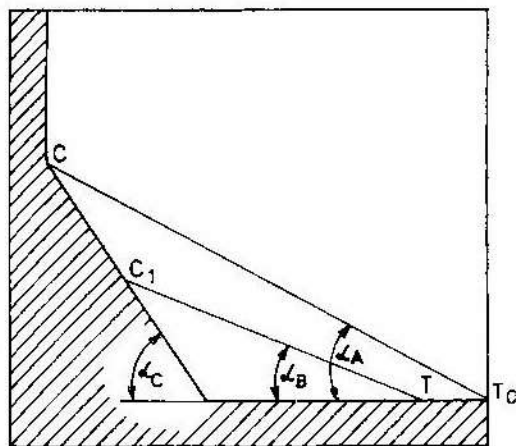
za $V_T = 0$ do 35 km/h , $V_C = 0 \text{ km/h}$, $\alpha_T = 5^\circ$, $\alpha_C = 90^\circ$
(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)

$$\Omega = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{t_{PR}}$$

$$\alpha_B = \alpha_T + \arctg \left(\frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A) - t_{PR} \cdot V_C \cdot \sin(\alpha_C)}{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot [V_C \cdot \cos(\alpha_C) + V_T]} \right) \quad (13)$$

$$X_B = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot [V_C \cdot \cos(\alpha_C) + V_T]}{\cos(\alpha_B)} \quad (14)$$

$$\Omega = \frac{\alpha_B - \alpha_A}{t_{PR}}$$



Sl. 7 Praćenje cilja koji se kreće po kosini u slučaju kretanja tenka u horizontalnoj ravni ispod nivou kretanja cilja

$$X_B = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot V_C \cdot \cos(\alpha_T)}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (11)$$

$$\delta Y \approx - \frac{\sin \alpha_B}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \cdot$$

$$\left[1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin \alpha_B \cdot \lg(\alpha_B - \alpha_T) \right] \quad (12)$$

Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 6 odstupanja pogodaka po visini δY , koja nastaju zbog neuzimanja u obzir pri proračunu elementa za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe².

Situacija 3

Stavljanjem u jednačine (3), (4), (5) i (6): $\alpha_T = 0^\circ$ dobijaju se za ovu situaciju izrazi:

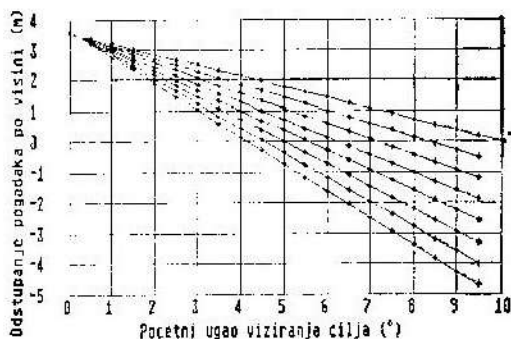
$$\delta Y_T = - \frac{\lg \alpha_B \cdot V_T \cdot t_{PA}}{\left(1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin \alpha_B \cdot \lg \alpha_B \right)}$$

$$\delta Y_C = V_C \cdot t_{PA} \cdot \frac{\sin(\alpha_C - \alpha_B)}{\cos(\alpha_B)} \quad (15)$$

Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 8 odstupanja pogodaka po visini δY , koja nastaju zbog

² Treba napomenuti da se uzimanjem u obzir ugaone brzine eliminiše, ova greška (90—100%), u najvećoj meri, što zavisi od odnosa početne brzine i D/t_{PA} i primenjenog matematičkog modela.

neuzimanja u obzir pri proračunu elemenata za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe.



Sl. 8 Odstupanje pogodaka po visini zbog odstupanja funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

za $V_T = 0$ do 35 km/h , $V_C = 25 \text{ km/h}$, $\alpha_T = 0^\circ$, $\alpha_C = 10^\circ$

(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)

Gađanje sporih ciljeva u vazдушnom prostoru sa mesta i iz pokreta

U nizu taktičkih situacija, predviđa se i gađanje tenkom relativno sporijih ciljeva u vazдушnom prostoru (helikopteri i vazdušni desanti), pa je od interesa razmotriti kolike se greške čine korišćenjem sistema kod kojeg ne postoji preticanje u vertikalnoj ravni. U narednoj analizi prikazane su tri taktičke situacije. Potrebne jednačine za rešavanje ovog problema dobijaju se iz osnovnih jednačina (3), (4), (5) i (6) uvođeci vertikalnu V_V i horizontalnu V_H brzinu cilja umesto rezultujuće brzine cilja i nagiba kosine puta cilja.

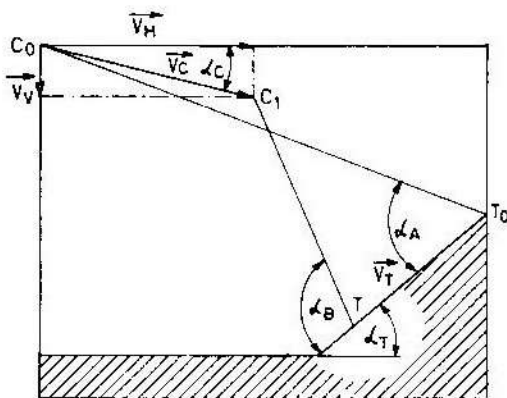
Analiza je vršena za brzine helikoptera u horizontalnom pravcu od 300 km/h i daljinu do cilja 2000 m , što

su mogući uslovi za otvaranje vatre iz helikoptera sa nevođenim raketama.

Kod otvaranja vatre sa vođenim raketama brzina helikoptera može biti u granicama od 150 km/h , ali na dva puta većem rastojanju do cilja, tako da odnosi odstupanja ostaju približno u analiziranim granicama.

Korišćeni su podaci za trenutno-fugasnu municiju, koja je trenutno najverovatnija za korišćenje u ovim situacijama.

Polazni uglovi viziranja cilja izabrani su od -2° do 12° , tako da se pokriva celo upotrebno područje mogućih elevacija topa tenka.



Sl. 9 Praćenje pokretnog cilja u naletu pri frontalnom kretanju tenka

Situacija 1

Zamenjujući u jednačinama (3), (4), (5) i (6) sledeće izraze:

$$V_V = V_C \cdot \sin(\alpha_C)$$

$$V_H = V_C \cdot \cos(\alpha_C)$$

dobijamo jednačine u kojima figurišu komponente brzine cilja u vertikalnoj V_V i horizontalnoj ravni V_H

$$\alpha_B = \alpha_T + \arctg \left(\frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot [V_V - V_T \cdot \sin(\alpha_T)]}{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot [V_H + V_T \cdot \cos(\alpha_T)]} \right) \quad (16)$$

$$X_B = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A - \alpha_T) - t_{PR} \cdot [V_H + V_T \cdot \cos(\alpha_T)]}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (17)$$

$$\delta Y_C = V_C \cdot t_{PA} \cdot \frac{\sin(\alpha_C - \alpha_B + \alpha_T)}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (18)$$

Karakter ovog odstupanja je:

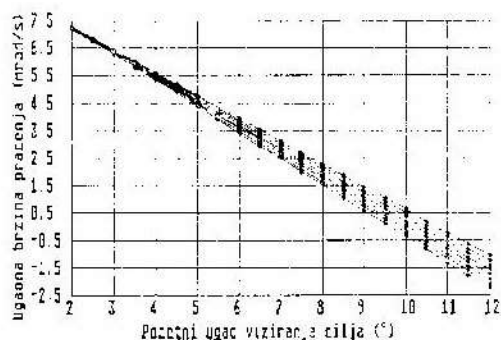
- za $\alpha_C < \alpha_B - \alpha_T$ podbačaj,
- za $\alpha_C > \alpha_B - \alpha_T$ prebačaj

gde je: $\alpha_C = \arctg(V_V/V_H)$

$$\delta Y_T = - \frac{\sin \alpha_B}{\cos(\alpha_B - \alpha_T)} \cdot \frac{V_T \cdot t_{PA}}{1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin \alpha_B \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B - \alpha_T)} \quad (19)$$

ukupna greška po visini: $\delta Y = \delta Y_C + \delta Y_T$

Da bi se dobila predstava o veličinama ugaonih brzina praćenja cilja u vertikalnoj ravni, izvršen je proračun za jedan realan odnos tenka i cilja i prikazan na slici 10.



Sl. 10 Relativna ugaona brzina cilja po visini u odnosu na oruđe:

za $V_T=0$ do 35 km/h, $V_V=30$ km/h, $V_H=300$ km/h, $\alpha_T=5^\circ$

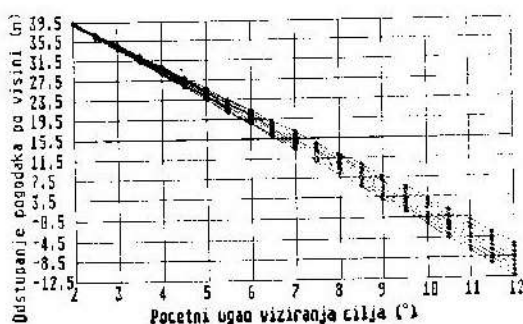
Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 11 odstupanja pogodaka po visini δY , koja nastaju zbog neuzimanja u obzir pri proračunu elemenata za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe.

Situacija 2

Stavljajući u jednačinama: (16), (17), (18) i (19) $\alpha_T=0[^\circ]$ dobijaju se sledeći izrazi:

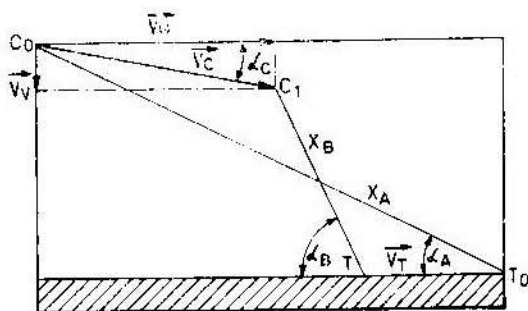
$$\alpha_B = \arctg \left(\frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A) - t_{PR} \cdot V_V}{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot (V_H + V_T)} \right) \quad (20)$$

$$X_B = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot (V_H + V_T)}{\cos(\alpha_B)} \quad (21)$$



Sl. 11 Odstupanje pogodaka po visini zbog odsustva funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

za $V_T=0$ do 35 km/h, $V_V=30$ km/h, $V_H=300$ km/h, $\alpha_T=5^\circ$
(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)



Sl. 12 Praćenje pokretnog cilja u naletu pri frontalnom horizontalnom kretanju tenka prema cilju

$$\delta Y_C = V_C \cdot t_{PA} \cdot \frac{\sin(\alpha_C - \alpha_B)}{\cos(\alpha_B)} \quad (22)$$

Karakter ovog odstupanja je:

— za $\alpha_C < \alpha_B$ podbačaj,

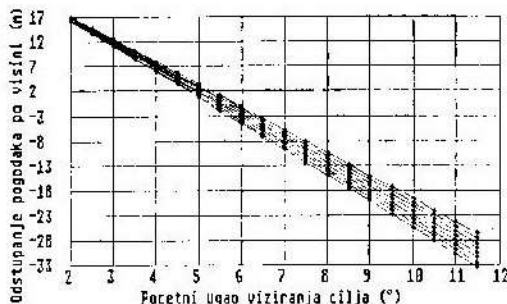
— za $\alpha_C > \alpha_B$ prebačaj,

gde je: $\alpha_C = \arctg(V_V/V_H)$

$$\delta Y_T = - \frac{\operatorname{tg} \alpha_B \cdot V_T \cdot t_{PA}}{1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin(\alpha_B) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B)} \quad (23)$$

Ukupna greška po visini je: $\delta Y = \delta Y_C + \delta Y_T$

Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 13 odstupanja pogodaka po visini δY , koja nastaju zbog neuzimanja u obzir pri proračunu elemenata za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe.



Sl. 13 Odstupanje pogodaka po visini zbog odsustva funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

za $V_T = 0$ do 35 km/h, $V_V = 30$ km/h, $V_H = 300$ km/h, $\alpha_T = 0^\circ$

(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)

Situacija 3

Stavljajući u jednačinama (16), (17), (18) i (19):

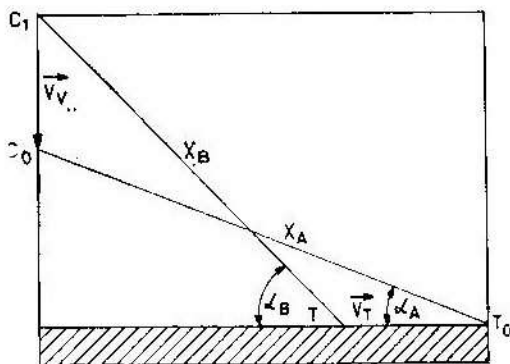
$$\alpha_T = 0^\circ$$

$$\alpha_C = 90^\circ$$

$$V_H = 0 \text{ [m/s]}$$

dobijaju se izrazi:

$$\alpha_B = \arctg \left(\frac{X_A \cdot \sin(\alpha_A) - t_{PR} \cdot V_V}{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot V_T} \right) \quad (24)$$



Sl. 14 Praćenje pokretnog cilja koji se kreće u vertikalnoj ravni pri frontalnom horizontalnom kretanju tenka prema njemu

$$X_B = \frac{X_A \cdot \cos(\alpha_A) - t_{PR} \cdot V_T}{\cos(\alpha_B)} \quad (25)$$

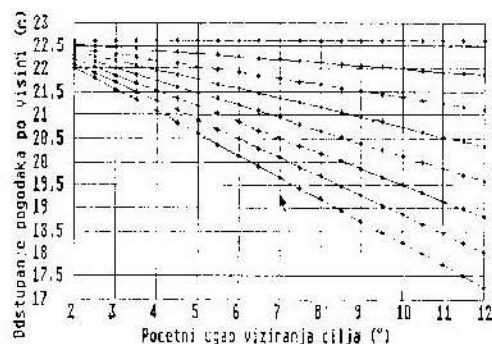
$$\delta Y_C = V_C \cdot t_{PA} \quad (26)$$

$$\delta Y_T = - \frac{\operatorname{tg}(\alpha_B) \cdot V_T \cdot t_{PA}}{1 + \frac{V_T \cdot t_{PA}}{X_B} \cdot \sin(\alpha_B) \cdot \operatorname{tg}(\alpha_B)} \quad (27)$$

Ukupna greška po visini je:

$$\delta Y = \delta Y_C + \delta Y_T$$

Za ovu situaciju izračunata su i prikazana na slici 15 odstupanja pogo-



Sl. 15 Odstupanje pogodaka po visini zbog odsustva funkcije merenja ugaone brzine cilja po visini:

za $V_T = 0$ do 35 km/h, $V_V = 30$ km/h, $\alpha_T = 0^\circ$, $\alpha_C = 90^\circ$

(pozitivne vrednosti znače odstupanje po visini iznad cilja)

daka po visini δY , koja nastaju zbog neuzimanja u obzir pri proračunu elemenata za gađanje ugaone brzine cilja u odnosu na oruđe.

Zaključak

Ukoliko sistem za upravljanje vatrom ne uzima u obzir preticanje po visini, u pojedinim taktičkim situacijama mogu se pojaviti greške koje smanjuju tačnost pogađanja cilja po visini, što dovodi do smanjenja ukupne verovatnoće pogađanja cilja.

Veličine nastalih grešaka bi u situacijama gađanja sa projektilima koji imaju početne brzine reda 800 do 1000 [m/s], pod većim mesnim uglovima, većim relativnim brzinama cilja u odnosu na oruđe i većim daljinama gađanja (reda 2000 m) znatno umanjile efikasnost sredstva.

S obzirom da karakter grešaka zavisi od međusobnog odnosa oruđe-cilj

i parametara kretanja, vrlo je teško primeniti unapred određene korekture, pri čemu bi se to kosilo sa načinom korišćenja ASUV-a, koje ne predviđa subjektivne procene korekturnih elemenata za gađanje od strane nišandžije u toku procesa gađanja.

Ove greške su posebno izražene pri gađanju ciljeva u vazdušnom prostoru (helikoptera i vazdušnih desanata), pa se može reći da se ovako koncipirani sistemi vrlo teško mogu primeniti za rešavanje ovih taktičkih zadataka.

Za tačnu predstavu svih odstupanja potrebno je analizirati i ostale uticaje koji su nabrojani u članku, ali nisu obrađeni.

Kako se da zaključiti, ovaj problem je vrlo složen, jer se navedena analiza može proširiti na analizu smanjenja verovatnoće pogađanja cilja zbog ovih odstupanja. Uzevši, pri tome, verovatnoću uništenja cilja, može se dati konačna ocena smanjenja efikasnosti sredstva zbog nepostojanja ove funkcije.

Literatura:

[1] Vasović, P.: »Balistički model za sistem za upravljanje vatrom na tenku«, NTP 10/1978.

[2] Abdul, R.: »Sistemi za automatsko upravljanje u vojnoj tehnici«, VIZ, 1985, Beograd.

[3] Tablice gađanja za top 125 mm.

Uvod

Kao nastavak razmatranja provedenih u radu [1], sada se razmatra frekvencijski odziv homogenog RC lanca. Razmatranja se provode na normaliziranom homogenom lancu duljine »n«, koji je pokazan na slici 1. U navedenom radu pokazano je da se za prenosnu funkciju dobiva relacija:

$$T_n(s) = \frac{U_n(s)}{U_0(s)} = \frac{1}{P_n(s)} \quad (1)$$

$$P_2 = s^2 + 3s + 1$$

$$P_3 = s^3 + 5s^2 + 6s + 1 \quad (3)$$

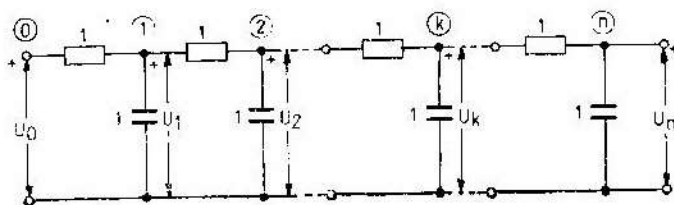
$$P_4 = s^4 + 7s^3 + 15s^2 + 10s + 1$$

$$P_5 = s^5 + 9s^4 + 28s^3 + 35s^2 + 15s + 1 \quad \text{itd.}$$

Također je izvedena relacija za određivanje nultočki polinoma P_n i ona glasi:

$$s_m = -2 \left(1 - \cos \frac{2m-1}{2n+1} \pi \right) \quad (4)$$

$m=1, 2, \dots, n$



Sl. 1 Homogeni RC lanac

gdje je sa $P_n(s)$ označen polinom n-tog stupnja, za koji je izvedena rekurzivna formula, pa se mogu lako izračunati polinomi bilo kojeg stupnja:

$$P_n(s) = (s+2) P_{n-1}(s) - P_{n-2}(s) \quad (2)$$

Prvih nekoliko polinoma, izračunatih na osnovu sheme za $n+1$ i $n=2$ i rekurzivne formule jesu:

$$P_0 = 1$$

$$P_1 = s + 1$$

Iz (4) lako se zaključuje da su sve nultočke na negativnom dijelu realne osi u s-ravnini, što je i za očekivati, jer se radi o RC mreži koje imaju takva svojstva. Kada su poznate nultočke polinoma $P_n(s)$, on se može napisati u faktoriziranom obliku, pa se za prenosnu funkciju može napisati relacija koja je pogodna za ova razmatranja:

$$T_n(s) = \frac{1}{(s-s_1)(s-s_2) \dots (s-s_m) \dots (s-s_n)} \quad (5)$$

Frekvencijska karakteristika

Ova karakteristika daje informacije o promjeni amplitude i faze u ovisnosti o frekvenciji pri prolazu sinusnog signala kroz neku mrežu ili sistem. Pri tome se podrazumijeva da je nastupilo stacionarno stanje, što znači da je prelazni proces iščezao.

Frekvencijska karakteristika sadrži amplitudnu i faznu karakteristiku, a dobiva se iz prenosne funkcije, tako da se u njoj izvrši zamjena $s = j\omega$. Prema tome, kad se u (5) umjesto »s« piše »j ω « dobiva se relacija (6) iz koje se određuju amplitudna i fazna karakteristika:

$$T_n(j\omega) = |T_n(j\omega)| e^{j\Phi(\omega)}$$

$$T_n(j\omega) = \frac{1}{(-s_1 + j\omega)(-s_2 + j\omega) \dots (-s_m + j\omega) \dots (-s_n + j\omega)} \quad (6)$$

a) Amplitudna karakteristika

Amplitudna karakteristika odgovara modulu relacije (6). Budući da su u nazivniku relacije (6) u zagradama sume jednog realnog i jednog imaginarnog broja, očito je da će modul relacije (6) biti:

$$|T_n(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(s_1^2 + \omega^2)(s_2^2 + \omega^2) \dots (s_m^2 + \omega^2) \dots (s_n^2 + \omega^2)}} \quad (7)$$

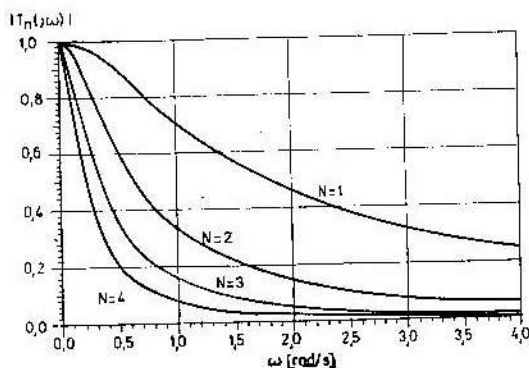
Relacija (7) omogućuje da se primjenom računara odredi amplitudna karakteristika, praktički, za proizvoljnu duljinu homogene RC mreže. Na dijagramu na slici 2 pokazane su amplitudne karakteristike za RC lanac duljine 1, 2, 3 i 4. Sa porastom duljine »n« amplitudna karakteristika sve brže opada sa porastom frekvencije, što je i za očekivati kada se promatra shema na slici 1.

b) Fazna karakteristika

Argument frekvencijske karakteristike predstavlja faznu karakteristiku, a dobiva se rutinskim postupkom iz relacije (6) i iznosi:

$$\Phi(\omega) = - \left(\arctg \frac{\omega}{-s_1} + \arctg \frac{\omega}{-s_2} + \dots + \arctg \frac{\omega}{-s_m} + \dots + \arctg \frac{\omega}{-s_n} \right) \quad (8)$$

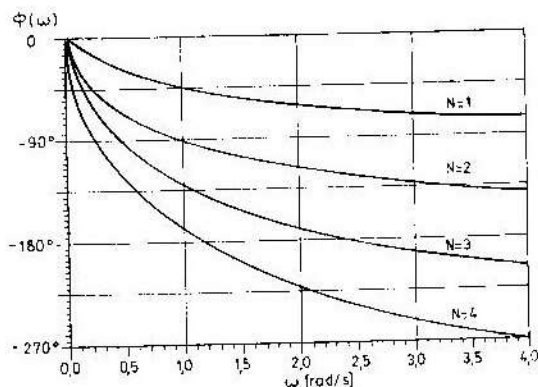
Sa porastom frekvencije, svaki od pribrojnika u zagradama relacije (8) te-



Sl. 2 Amplitudne karakteristike

ži prema » $\pi/2$ «, a budući da ih ima ukupno »n«, fazna karakteristika teži asimptomski prema kutu » $-n\pi/2$ « kada $\omega \Rightarrow \infty$.

Na dijagramu na slici 3 pokazane su fazne karakteristike za duljine RC lanca 1, 2, 3 i 4.



Sl. 3 Fazne karakteristike

Od posebnog su interesa frekvencije na kojima je fazni pomak između izlaznog i ulaznog napona jednak »-k 180°«. Tada su naponi na ulazu i izlazu protufazni ili su u fazi, pa se ta činjenica koristi za izvedbu jednostavnih RC oscilatora. Očito je da za tu svrhu duljina RC lanca mora biti najmanje 3. Sa dijagrama na slici 3 može se očitati da je to kod frekvencije $\omega = 2,45$, a da je pri toj frekvenciji odnos napona na izlazu prema naponu na ulazu jednak 0,034. Prema tome, da bi se ostvario oscilator, potrebno je na kraj lanca spojiti pojačalo sa pojačanjem jednakim recipročnom iznosu, a to je jednako 29, s tim da se izlaz pojačala spoji na ulaz RC lanca. Da bi oscilator funkcionirao, pojačalo treba da obrće fazu, što znači da pojačanje mora biti $A = -29$ (sl. 4).

Analitički postupak

Do tačnog izraza frekvencije osciliranja za kraće RC lance može se doći i analitičkim putem, tako da se u izraz za odgovarajući polinom $P_n(s)$ uvrsti $s=j\omega$ i odredi modul i argument za $T_n(j\omega)$.

Tako se za slučaj kada je $n=3$ dobiva da je:

$$T_3(j\omega) = \frac{1}{1 - 5\omega^2 + j\omega(6 - \omega^2)} \quad (9)$$

Za argument ove prenosne funkcije dobiva se relacija:

$$\Phi(\omega) = -\arctg \frac{\omega(6 - \omega^2)}{1 - 5\omega^2} \quad (10)$$

a za modul se dobiva:

$$|T_3(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 - 5\omega^2)^2 + \omega^2(6 - \omega^2)^2}} \quad (11)$$

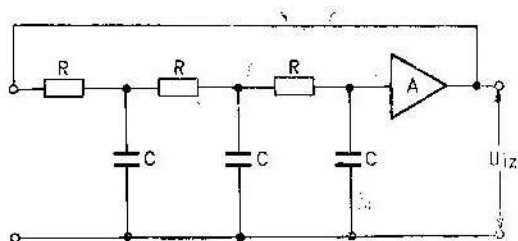
Jednostavnim operacijama zaključuje se da argument stalno opada, pa je tako za $\omega=0$ jednak nuli, za $\omega=\sqrt{0,2}$

jednak je -90° , a za $\omega=\sqrt{6}=2,45$ iznosi -180° . Za slučaj kada $\omega \Rightarrow \infty$ argument teži prema graničnom iznosu od -270° .

Kada se u (11) uvrsti $\omega = \sqrt{6}$, dobiva se iznos modula

$$T_3(j\sqrt{6}) = \frac{1}{29} \quad (12)$$

što zahtijeva pojačanje pojačala $A = -29$ da bi se ostvario RC oscilator. Principijelna shema ovakovog oscilatora pokazana je na slici 4.



Sl. 4 RC oscilator na $n=3$

Sličnim postupkom, za situaciju kada je duljina RC lanca $n=4$, za frekvencijsku karakteristiku se dobiva:

$$T_4(j\omega) = \frac{1}{1 - 15\omega^2 + \omega^4 + j\omega(10 - 7\omega^2)} \quad (13)$$

Argument će iznositi:

$$\Phi(\omega) = -\arctg \frac{\omega(10 - 7\omega^2)}{1 - 15\omega^2 + \omega^4} \quad (14)$$

dok se za amplitudnu karakteristiku dobiva:

$$|T_4(j\omega)| = \frac{1}{\sqrt{(1 - 15\omega^2 + \omega^4)^2 + \omega^2(10 - 7\omega^2)^2}} \quad (15)$$

Fazna karakteristika stalno opada, za $\omega=0$ jednaka je nuli, za $\omega=\sqrt{0,2587}$ iznosi -90° , a za $\omega=\sqrt{10/7}=1,195$ jednaka je -180° .

Za $\omega=3,864$ iznosi -270° , a za $\omega \Rightarrow \infty$ teži prema -360° , kao što se i očekuje. Do ovih rezultata dolazi se iz

relacije (14), a mogu se vrlo približno odrediti i sa dijagrama na slici 3.

Kada se u relaciju (15) uvrsti iznos frekvencije kod koje je fazni pomak između izlaznog i ulaznog napona jednak -180° , dobiva se iznos od $49/901$, što zahtijeva pojačanje pojačala $A = -901/49 = -18,387$ da bi se ostvario oscilator.

Primjenom polinoma $P_n(s)$ mogu se, na sličan način, izračunati frekvencije » ω « na kojima je fazni pomak » $-k \cdot 180^\circ$ « i za veće duljine lanca. U tim slučajevima bit će nekoliko frekvencija za koje je to ispunjeno, pa se skokovita promjena frekvencije osciliranja može postići promjenom pojačanja pojačala. Za neparne iznose » k « pojačalo mora obrtati fazu, a za parne » k « ne, pri čemu duljina RC mora biti veća od 4 ($n > 4$).

U literaturi o RC oscilatorima analiza se provodi nekom od metoda za a-

nalizu električnih mreža, jer se redovito koriste kraći RC lanci, pa duljina postupka nije od presudnog značaja. U ovom članku pokazan je postupak koji proizlazi iz analize ljestvičastih mreža koji je općenitiji. Problematika konstrukcije RC oscilatora nije tema razmatranja u ovom članku, te se čitaoci upućuju na literaturu koja se bavi tom problematikom [2].

Zaključak

Poznavanjem osobina polinoma $P_n(s)$ koje generira homogeni RC lanac mogu se dobiti opći izrazi za vremenski i frekvencijski odziv ovih mreža. Primjena ovih polinoma korisna je i pri obradi na računaru i u analitičkim postupcima, a pokazana je na primjerima za određivanje frekvencije osciliranja RC oscilatora, te pojačanja pojačala koje je potrebno za njihov rad.

Literatura:

- [1] Dozet M.: »Vremenski odziv homogenog RC lanca«, Vojno-tehnički glasnik br. 2, Beograd 1991.
- [2] Modlić I., Modlić B.: »Visokofrekvencijska elektronika«, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

- [3] Dozet M.: »Polinomi homogenog ljestvičastog četveropola«, Naučno-tehnički pregled br. 6., Beograd, 1979.
- [4] Dozet M.: »Neka svojstva ljestvičastih četveropola«, Radovi TVA br. 23, VVTS Kov JNA, Zagreb, 1979.

Dušan Dobrila,
kapetan I klase, dipl. inž.,

Mr Nenad Parčina,
major, dipl. inž.

Neuralne mreže

Uvod

Na svakodnevnu upotrebu računara u raznim oblastima već smo navikli. Međutim, na ono što je novo u toj oblasti i na što još nismo navikli — to su pojmovi »vještačka inteligencija« i »neuralne mreže«. Ovi pojmovi i ono šta oni podrazumjevaju izazivaju veliko zanimanje kod ljudi. Timovi naučnika se sa manje ili više uspjeha bave ovom problematikom, a veliki je broj ljudi koji na razne načine (u bankama, na aerodromima) dolaze sa njima u dodir, često i ne znajući to [1].

Ovaj članak ukratko obrađuje pojam neuralnih mreža, te daje primjer kako se jednim softverskim paketom koji simulira rad sa neuralnom mrežom može napraviti jednostavna primjena mreže. Jasno je da je primjer odabran tako da je svima dostupan. Mogu se uočiti neke zakonitosti koje se javljaju u radu mreže, a prava primjena ovih mreža se u zrakoplovstvu ogleda kroz prepoznavanje komandi koje izgovara pilot složenim situacijama pri komandiranju glasom i pri pomoći pilotu kod donošenja odluka.

Osnovni pojmovi o vještačkoj inteligenciji i neuralnim mrežama

Široka upotreba računara u nauci, tehnici i u svakodnevnim životnim si-

tuacijama, dovodi do daljeg povećanja zahtjeva prema njima. U početku, računari su korišćeni isključivo kao sredstvo za brzo rješavanje složenih matematičkih problema, no uz porast brzine rada i kapaciteta memorije počele su se praviti usporedbe računara sa nervnim sistemom bioloških bića, te su se pojavili termini vještačka inteligencija, neuralne mreže i sl. [2]. Ukoliko se zanemare pretjerivanja koja su se pri tome pojavljivala, može se smatrati da je prikazivanje određenih oblika znanja pomoću računara otvorilo nove oblasti njihove primjene u nenumeričke svrhe.

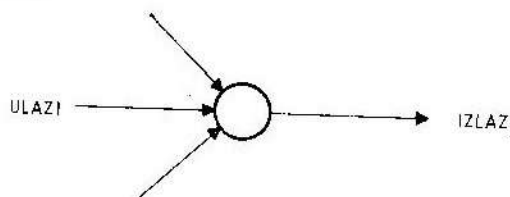
Ono što je zajedničko veštačkoj inteligenciji i neuralnim mrežama je njihova polazna osnova, a to je reprezentacija ljudskog iskustva, odnosno određenih oblika znanja u računarima. Pojmovi kao što su adaptacija, inteligencija, iskustvo i znanje vezani su uz nervne mreže i živa bića, a nastali su kroz evoluciju živih bića i nervnih mreža. Nasuprot tome, računarima se mogu prikazivati samo ona znanja koja se mogu opisati matematičkim aparatom. Računar je, stoga, ograničen na sasvim određene segmente reprezentacije ljudskog znanja, s obzirom na to da obrađuje matematičke izraze koji su po svojoj prirodi samo okvir za spoznavaju.

Neuralne mreže su oblast koja se naglo razvija poslednjih godina i pred

njima se nalazi široko polje za razvoj i usavršavanje, a neuroračunarstvo je oblast koja je, istovremeno, izbila u prvi plan zbog brojnih primjena koje su postale moguće zahvaljujući neuralnim mrežama [3]. U primjene o kojima se sada već može govoriti svakako spadaju problemi raspoznavanja i sinteze govora, problemi prepoznavanja jasnih i zamagljenih oblika na slikama, roboti i rješavanje problema njihovog kretanja pomoću senzora, pronalaženje eksplozivnih naprava u prtljagu na aerodromima, klasifikacija kvaliteta proizvoda, prepoznavanje, identifikacija i klasifikacija radarskih odraza ciljeva aviona i raketa, te još mnogo drugih primjena.

Neuralne mreže

Pod pojmom neuralna mreža podrazumijeva se mreža sastavljena od elemenata koji se nazivaju neuroni. Kao i ime, tako je i razvoj neurona inspiriran biološkim neuronima, ali u neuroračunarstvu neuroni nemaju striktnu povezanost sa biološkim neuronima.

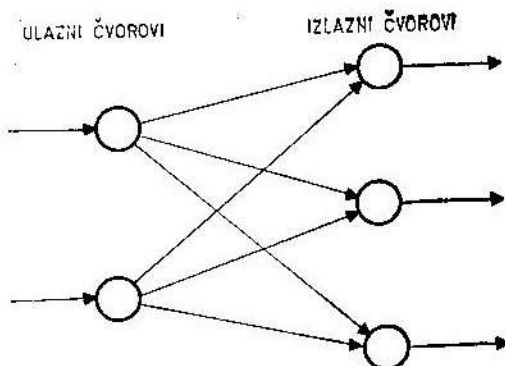


Sl. 1 Neuron

Osnovni element neuralne mreže je neuron, prikazan na slici 1, koji obrađuje više ulaza i daje jedan izlaz. Ulazi i izlazi obično su numeričke vrijednosti između nule (0) i jedinice (1), gdje vrijednosti blizu jedinice predstavljaju pozitivne stimulacije, a vrijednosti blizu nule negativne stimulacije ili stanje bez stimulacije. Ulazi u neuron mogu biti iz drugih neurona, ili iz »vanjskog svijeta«, a izlazi mogu biti povezani sa drugim neuronima ili sa »vanjskim svijetom«. Proces pomoću

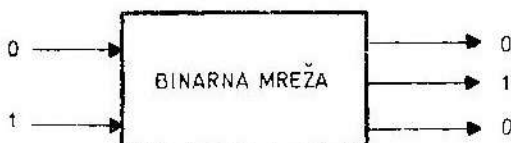
kojega neuron obrađuje svoje ulaze i proizvodi izlaz obično je suma ulaza obrađena linearnom funkcijom koja se naziva izlazna funkcija.

Nezavisni neuron je od male koristi i zato je interesantan za razmatranje samo kada je povezan u mrežu, a neuroni povezani u mrežu čine čvorove. Slika 2 prikazuje neuralnu mrežu sa dva sloja čvorova, pri čemu su čvorovi u prvom sloju ulazni čvorovi (njihov ulaz je iz »vanjskog svijeta«), a tri čvora u drugom sloju su izlazni čvorovi (njihovi izlazi su u »vanjski svijet«).



Sl. 2 Dvoslojna neuralna mreža

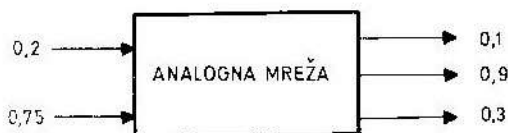
Svaki od ulaznih čvorova šalje svoje izlaze na izlazne čvorove na završnu obradu. Prvi sloj prosljeđuje svoje vrijednosti na drugi sloj sa nekim težinskim koeficijentom, koji predstavlja jačinu sprege. Tako za pojačavanje sprege treba povećati težinski koeficijent, i obrnuto.



Sl. 3 Binarna neuralna mreža

Neuronska mreža obrađuje podatke tako što prima ulazne veličine (u rasponu između 0 i 1) u ulazne čvorove,

a na izlaznim čvorovima daje oblik izlaza koji ovisi o vrsti mreže. Na slici 3 prikazana je binarna neuralna mreža koja daje binarni oblik (0; 1; 0) iz binarnog ulaza (0; 1), a na slici 4 prikazana je analogna neuralna mreža koja obrađuje analogne vrijednosti (0,2; 0,75) i daje izlaz (0,1; 0,9; 0,3). Pogledaju li se ove dvije mreže malo bolje, može se uočiti da obje, u stvari, imaju isti algoritam. U analognoj verziji kaže se da su izlazi u uključenom stanju ako su iznad nekog zadatog praga (na primjer 0,5).



Sl. 4 Analogna neuralna mreža

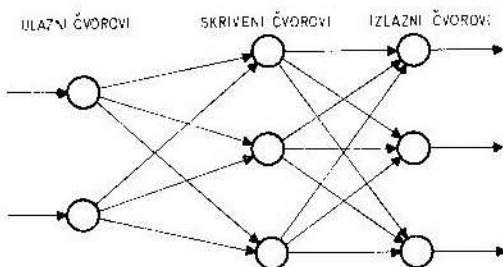
Vanjska povratna sprega određuje kolika će biti veza između neurona. Povratna sprega stvara se onda kada je oblik koji treba da se nauči priključen na ulazne čvorove. Svaki ulazni oblik ima poznati izlazni oblik koji se očekuje na izlazu. Takav par oblika naziva se primjer. Greška između predviđenog i stvarnog izlaza se mjeri (ukupna greška je suma zbir kvadrata razlika). Sprege, odnosno težine koje vode ka izlaznim čvorovima se mijenjaju, tako da dovode do smanjenja greške kada se dovede isti oblik na ulaz. Ponavljanje oblika na ulazu, odnosno promjena težina, tj. sprega između čvorova, naziva se učenje. Ono se ponavlja sve dok greška ne padne ispod praga koji se unaprijed postavlja.

Poslije učenja, ili bolje rečeno treniranja mreže, ona je sposobna da reproducira ispravan izlazni oblik, kada je na ulazu oblik sa kojim je mreža trenirana. Štaviše, mreža je u stanju da prepozna ulazni oblik, koji je sličan obliku kojim je trenirana. Može se reći da ona može razvrstati dva slična ulaza kao da su isti, ako su svi izlazni

čvorovi iznad ili ispod izlaznog praga jednog slučaja respektivno iznad ili ispod praga u drugom slučaju.

Nerealne mreže sa prostiranjem unazad

Problem koji se javlja kod mreža sa dva sloja ogleda se u tome što one nisu pogodne za rješavanje složenijih problema. Neuralne mreže sa prostiranjem unazad riješavaju ovaj problem sa ubacivanjem još jednog sloja čvorova između ulaznog i izlaznog (sl. 5) nivoa. Čvorovi koji se nalaze u ovom sloju nazivaju se skriveni čvorovi. Pod uslovom da mreža ima dovoljan broj skrivenih čvorova, tri sloja su dovoljna za rješavanje složenijih problema. Kod ove vrste neuralnih mreža prenosna funkcija je nelinearna.



Sl. 5 Neuralne mreže sa prostiranjem unazad

Sa tri sloja, promena koeficijenata težine mora se obaviti ne samo između drugog i trećeg sloja, već se mora prostirati i unazad između prvog i drugog sloja. Zato se ova mreža i naziva mreža sa prostiranjem unazad.

Broj čvorova u ulaznim i izlaznim slojevima jasno je određen brojem ulaza i izlaza, dok broj skrivenih čvorova nije baš tako jasno određen i ne postoji gotova formula za izračunavanje broja ovih čvorova. Metod pokušaja i mjerenja grešaka najbolji je način da se odredi broj skrivenih čvorova. Ukoliko je broj skrivenih čvorova neodgovarajući — premalen, može se desiti da mreža neće biti sposobna da u sebi drži sve

situacije, pa će se pojaviti slučaj nemogućnosti treniranja mreže ili će greške pri klasifikaciji biti velike.

»Neuroshell« neuralna mreža

Jednostavna, ali veoma korisna neuralna mreža, jeste programski paket NeuroShell firme Ward System Group [4]. Ovaj softver je pisan za IBM PC XT/AT kompatibilne računare i simulira neuralnu mrežu sa prostiranjem unazad. Potrebno je da se definišu ulazne karakteristike, zadaju primjeri za učenje i posle učenja ili, bolje rečeno, treniranja mreže, a nakon postavljanja ranije nepoznatih slučajeva mreža ih klasificira prema modelu kojim je ranije bila istrenirana.

Kao ilustracija primene NeuroShell mreže može poslužiti primjer nazvan »Avioni«. Ovaj pojednostavljen opis i primjer primjene namijenjen je da unaprijedi razumijevanje neuralne mreže sa prostiranjem unazad upravo primjenom NeuroShell mreže.

Da bi se postavio primjer, potrebno je da se definiraju karakteristike za primjere sa kojima će se mreža trenirati. Karakteristike koje su, zapravo, ulazi u mrežu, jesu, kao prvo, razne osobine, a, kao drugo, razni avioni.

	A-10A
krila pravougaona	Su-25
krila delta	TORNADO
krila promenjive geometrije	MiG-25
krila strela	C-141B
krilo	B-52G
krila trapezna	F-117A
jedan motor	B-2
dva motora	SEA HARRIER
četiri motora	TR-1A
osam motora	JAK-38
vertikalno poletanje	
dva vertikalna stabilizatora	
jedan vertikalni stabilizator	

bez vertikalnog stabilizatora
posada jedan
posada dva
posada četiri
posada šest
top
dva topa
mitraljezi
rakete
bombe

Slijedeći korak je treniranje — učenje mreže, koje se obavlja unošenjem nekih od karakteristika vezanih za konkretan avion, tako da se postepeno savladava sve veći broj karakteristika po avionu. Ovdje postoji mogućnost kombiniranja karakteristike i aviona, unošenje jedne karakteristike koja je zajednička za više aviona, i tome slično, ali zbog pojednostavljenja primjera to ovdje nije urađeno.

Sample Case: 1

krila pravougaona
dva motora
dva vertikalna stabilizatora

A-10A

Sample Case: 2

krila pravougaona
dva motora
dva vertikalna stabilizatora
posada jedan

A-10A

Sample Case: 3

krila pravougaona
dva motora
dva vertikalna stabilizatora
posada jedan
top
rakete
bombe

A-10A

Sample Case: 4

krila delta
dva motora
jedan vertikalni stabilizator

Su-25

Sample Case: 5

krila delta
dva motora

jedan vertikalni stabilizator
posada jedan

Su-25

Sample Case: 6

krila delta
dva motora
jedan vertikalni stabilizator
posada jedan
top
rakete
bombe

Su-25

Sample Case: 7

krila promenjive geometrije
dva motora
jedan vertikalni stabilizator

TORNADO

Sample Case: 8

krila promenjive geometrije
dva motora
jedan vertikalni stabilizator
posada dva

TORNADO

Sample Case: 9

krila promenjive geometrije
dva motora
jedan vertikalni stabilizator
posada dva
dva topa
rakete
bombe

TORNADO

Sample Case: 10

krila delta
dva motora
dva vertikalna stabilizatora

MiG-25

Sample Case: 11

krila delta
dva motora
dva vertikalna stabilizatora
posada jedan
rakete

MiG-25

Sample Case: 12

krila strela
četiri motora

C-141B

Sample Case: 13

krila strela
četiri motora
jedan vertikalni stabilizator
posada četiri

C-141B

Sample Case: 14

krila strela
osam motora

B-52G

Sample Case: 15

krila strela
osam motora
jedan vertikalni stabilizator
posada šest
mitraljezi
rakete
bombe

B-52G

Sample Case: 16

krilo
dva motora

F-117A

Sample Case: 17

krilo
dva vertikalna stabilizatora

F-117A

Sample Case: 18

krilo
dva motora
dva vertikalna stabilizatora
posada jedan
bombe

F-117A

Sample Case: 19

krilo
četiri motora

B-2

Sample Case: 20

krilo
bez vertikalnog stabilizatora

B-2

Sample Case: 21

krilo
četiri motora

bez vertikalnog stabilizatora
posada dva
rakete
bombe

B-2

Sample Case: 22

krila strela
vertikalno poletanje

SEA HARRIER

Sample Case: 23

krila strela
jedan motor
posada jedan

SEA HARRIER

Sample Case: 24

krila strela
jedan motor
vertikalno poletanje
jedan vertikalni stabilizator
posada jedan
dva topa
rakete
bombe

SEA HARRIER

Sample Case: 25

krila trapezna
jedan motor

TR-1A

Sample Case: 26

krila trapezna
jedan motor
jedan vertikalni stabilizator
posada jedan

TR-1A

Sample Case: 27

krila delta
vertikalno poletanje

JAK-38

Sample Case: 28

krila delta
jedan motor

JAK-38

Sample Case: 29

krila delta
jedan motor
vertikalno poletanje
jedan vertikalni stabilizator
posada jedan

dva topa
rakete
bombe

JAK-38

Sample Case: 30

krila delta
jedan motor
vertikalno poletanje

JAK-38

Sada, nakon obavljenog učenja, dolazi na red faza zadavanja svog, novog, računara do sada nepoznatog slučaja. Mreža će na izlazu dati verovatnoću kojom ga klasificira u do sada naučene primjere.

Classified Case: 1

krila promenjive geometrije

TORNADO 0,82

Classified Case: 2

krila delta

JAK-38 0,70

Classified Case: 3

krila delta
dva motora

MiG-25 0,51

Classified Case: 4

krila delta
dva motora
jedan vertikalni stabilizator

Su-25 0,89

Classified Case: 5

krilo
bez vertikalnog stabilizatora

B-2 0,89

Classified Case: 6

krila delta
dva motora
rakete

MiG-25 0,76

Classified Case: 7

krila strela
jedan vertikalni stabilizator

SEA HARRIER 0,60

Classified Case: 8

krila strela
vertikalno poletanje
jedan vertikalni stabilizator

SEA HARRIER 0,91

Classified Case: 9

krila strela
jedan motor
vertikalno poletanje
jedan vertikalni stabilizator

SEA HARRIER 0,93

Analiziraju li se rezultati i usporede li se sa unesenim karakteristikama, tada se za primjer (1) uočava da je imao unesenu samo jednu ovu karakteristiku za samo jedan tip aviona, pa je i odgovor bio sa visokom vjerovatnoćom. Primjeri (2; 3 i 4) pokazuju da od broja unesenih karakteristika koje su zajedničke za više tipova aviona zavisi i odgovor i vjerovatnoća, dok primjeri (2 i 3) pokazuju da se sa dvije do tri pravilno odabrane karakteristike može doći do ispravnog rezultata sa visokom vjerovatnoćom pravilne klasifikacije.

Literatura:

- [1] Daniel W. Rasmus: »Putting the Experts to Work«, Byte, Jan, 1991, str. 281—287.
- [2] Rajko Tomović: »Reprezentacija znanja u računarima«, Neuronske mreže u računarskoj tehnici — zbornik radova, Beograd, 1990.

To naročito potvrđuju posljednji primjeri (7; 8 i 9), gdje vjerovatnoća pravilne klasifikacije nepoznatog slučaja u poznati »naučeni« oblik raste sa brojem poznatih karakteristika.

Zaključak

Na kraju ovog kratkog članka i prezentiranog primjera može se zaključiti da su mogućnosti primjene neuralnih mreža u životu i armiji praktično neograničene. Ovdje moramo spomenuti zrakoplovstvo i njegov visok tehničko-tehnološki nivo, koji zahtijeva od pilota borbenog aviona da u izuzetno kratkim vremenskim intervalima ostvaruje prave procjene i donese pravilne odluke. Uloga neuralnih mreža može se sagledati u pomoći pri donošenju odluke i u izvršavanju komandovanja glasom, što je dalja faza rastećenja pilota pri izvršavanju borbenih i drugih zadataka. Ovaj članak je imao za cilj upoznavanje sa neuralnim mrežama i upućivanje na softver kojim se one mogu simulirati.

- [3] Jozo Dujmović: »Primene neuronskih mreža«, Neuronske mreže u računarskoj tehnici-zbornik radova, Beograd, 1990.
- [4] Ward System Group »NeuroShell Program Reference Book«, Frederick, USA, 1990.

Uvod

Da bi se shvatila svojstva i princip rada monolitnih integralnih krugova, neophodno je poznavati tehnološke postupke, odnosno procese njihove proizvodnje.

Pod pojmom monolitni integrisani krugovi podrazumevaju se integrisani krugovi kod kojih su svi elementi formirani na jednom kristalu poluprovodnika. Pored niza poluprovodnih materijala za proizvodnju integrisanih krugova, najpovoljniji i najprihvatljiviji je silicijum, zbog toga što je hemijski jednostavniji nego npr. galijum-arsenid ili kadmijum-sulfid. Osim toga, silicijum daje stabilan oksid, njegova tehnologija je vrlo razvijena, moguće je izrastanje u velike monokristale sa vrlo malo nesavršenosti i veoma kontrolisanom koncentracijom nečistoća. Monolitni integrisani sklopovi formiraju se planarnim procesima, uvedenim 1960. u poluprovodničku tehnologiju. Pod pojmom planarni proces podrazumeva se proces koji ne rezultira u potpuno planarnoj strukturi, jer se komponente, realizirane tim procesom, protežu u sve tri dimenzije. Međutim, planarne dimenzije realizovanih komponenti redovno su puno veće od volumnih, odnosno prodiranje pojedinih područja komponenti u volumen poluprovodničke pločice. Pri tome površina te pločice ostaje relativno glatka i ravna

i posle primene svih postupaka planarnog procesa.

Planarni proces se realizuje sledećim osnovnim postupcima, odnosno procesima:

- epitaksijalni rast,
- pasivizacija površine poluprovodnika,
- fotolitografija,
- difuzija,
- implantacija jona, i
- metalizacija.

Planarni proces je vrlo pogodan za proizvodnju monolitnih integrisanih sklopova iz sledećih razloga:

— pn-spojevi, formirani procesom difuzije, zaštićeni su na površini poluprovodničke pločice oksidnim slojem, te nisu izloženi spoljnim uticajima. To rezultira vrlo niskim iznosima površinskih odvodnih struja pn-spojeva i visokom pouzdanošću komponenti;

— fotolitografska tehnika omogućava realizaciju difuzionih prozora vrlo malih dimenzija (nekoliko mikrometara) u oksidnom sloju, čime se postižu vrlo male dimenzije komponenti uz simultanu proizvodnju velikog broja različitih aktivnih i pasivnih komponenti u istoj poluprovodničkoj pločici.

U narednom izlaganju biće obrađen samo proces jonske implantacije, i to u meri koja je neophodna za zhva-

tanje suštine fizičkih i električnih procesa pri realizaciji implantacije, kao i neki primeri primene jonske implantacije.

Jonska implantacija

Pod pojmom jonske implantacije podrazumeva se postupak kontrolisanog unošenja atoma primesa p ili n tipa u poluprovodnik pod delovanjem električnog ili magnetnog polja od nekoliko KeV do nekoliko MeV.

Tako ubrzanim mlazom atoma bombarduje se površina poluprovodnika, čime se menja njegova struktura, elektromehaničke, fizičko-hemijske, optičke, magnetne, mehaničke, električne i druge osobine u površinskom sloju.

Fizički procesi pri implantaciji jona u poluprovodnik

Kada joni sa energijom $E \geq 1$ KeV dospeju u kristalnu rešetku poluprovodnika, sudaraju se sa matičnim atomima, predajući im deo svoje kinetičke energije. U početku svog kretanja oni zahtevaju slobodne elektrone i neutraliziraju ih ako je brzina jona manja od brzine elektrona na prvoj borovskoj putanji.

Sudari, pri kojima dolazi do gubljenja energije, dele se na elastične i na neelastične. Kod elastičnih sudara količina unutrašnje energije sudarajućih čestica i impulsa ostaju nepromenjeni, što je karakteristično za sudare tvrdih lopti.

Sudari, pri kojima dolazi do gubljenja energije, dele se na elastične i na neelastične. Kod elastičnih sudara količina unutrašnje energije sudarajućih čestica i impulsa ostaju nepromenjeni, što je karakteristično za sudare tvrdih lopti.

U ovom slučaju menja se kinetička i potencijalna energija čestica, kao i smer impulsa. Pri neelastičnim sudarima dolazi do izmene unutrašnje energije ili impulsa.

Uzajamnim dejstvom jona sa atomima kao celinom dolazi do elastičnih sudara, a dejstvom jona na elektronski oblak nastaju neelastični sudari. Ener-

gija pridodata atomima pri trenju sa jonima zagreva kristalnu rešetku materijala.

Ako je energija, pridodata atomima pri elastičnom sudaru, veća od energije koja veže atome u kristalnoj rešetki materijala, dolazi do raskidanja međusobnih veza. Kao rezultat kidanja tih veza nastaju Frenklijevi parovi slobodnih i međuveznih atoma. Atomi koji se nalaze u površinskom sloju primaju energiju od jona i, kao takvi, mogu napustiti kristalnu rešetku. U tom slučaju, dolazi do procesa raspršivanja atoma i stvaranja slobodnih mesta, čime se formiraju Šotkijevi defekti u kristalu.

Energija prethodno pomećenog atoma, kojeg nazivamo atom davač, prilično je velika, zbog čega na svom putu kretanja atomi davači stvaraju čitavu seriju pomeranja, pa u kristalu nastaju raspukline veličine 3—10 nm.

Pri jonskoj implantaciji dolazi do akumulacije radijacionih defekata. Kada gustina jona, smeštenih na jedinicu površine, premaši kritičan broj nazvan dozom amorfizacije, tada na površini dolazi do formiranja amorfne sloja. Ubačeni jon može upasti u slobodnu vezu umesto donora ili akceptora, ali je mogućnost zamene veze mala.

Većina ubačenih jona nalazi se u međuvezama u kojima su električki neaktivni, a njihovim uključivanjem u veze i kristalnu strukturu poluprovodnika nastaju spojevi. Pri stvaranju spojeva dolazi do raspada radijacionih defekata, a ubačene primese zauzimaju slobodne veze i, kao rezultat toga, nastaju p i n — tip slojevi.

Energija i doza zračenja

Osnovni parametri pri određivanju načina jonske implantacije su energija ubrzanih jona i doza zračenja.

Jon sa nabojem q pod dejstvom napona U ima energiju:

$$E_0 = q \cdot U$$

Jedinica za merenje energije ubrzanih jona je elektronvolt [eV] ili kiloelektronvolt [KeV]. Naboj jona [q] izražen je u obliku $q = n \cdot e$; $n = 1, 2, 3, \dots$; e -naboj elektrona.

Za određivanje stepena jonizacije koristi se znak »+«: $31p^-$, $31p^{++}$, 31^{+++} 31 označava atomsku težinu jona fosfora (p). Kada se za implantaciju koriste molekuli umesto jednoatomskih jona, koriste se sledeće oznake: $14N_2^+$ — jednom jonizovan molekul azota, atomske težine 14 i molekulске težine 28, ili BF_2^+ — jonizovani troatomski molekul fluorida bora. Jonizovani molekuli, određivanje energije koju poseduje svaki atom, mase M_1 koji se nalazi u jonizovanom molekulu mase M_m , koristi se relacija:

$$E_i = E_0 M_1 / M_m$$

Doza ozračenja je količina (broj) čestica koje bombarduju jedinicu površine za dato vreme. Doza ne mora biti jednaka onom broju jona koji je preostao u kristalu usled postojanja procesa raspršivanja i refleksije. U većini slučajeva te pojave ne pokazuju veliki uticaj na broj ubačenih jona.

Doza ozračenja određena je gustinom jonske struje j [A/cm^2] i vremena ozračenja t [s]

$$Q = j \cdot t [C/m^2]$$

Veličina Q ne pokazuje jasno broj primesnih jona. Da bismo izrazili dozu u broju čestica ubačenih u jedinicu površine, veličinu Q delimo sa nabojem jedne čestice.

$$N = Q/q = j \cdot t/en, [jon/m^2]$$

Imajući u vidu da je jedinično naelektrisanje $1,6 \cdot 10^{-19}$ kulona, a Q ima dimenzije C/cm^2 sledi:

$$N = 6,25 \cdot 10^{12} \cdot Q/n [jona/cm^2]$$

Materijali za dobijanje jona

Materijali za dobijanje jona mogu se nalaziti u sva tri agregatna stanja: čvrstom, tečnom i gasovitom. Za dobi-

janje jona O^+ , N^+ , Ne^+ , Ar^+ , F^+ , Cl itd., upotrebljava se odgovarajući gas, koji se dobija u vakuumskoj komori izviranjem jona kroz odgovarajuće mikrosakupljače. Pored navedenih materijala za dobijanje jona, još se mogu koristiti i sledeća jedinjenja: BF_3 za jone bora, CO_2 za jone ugljenika, H_2S za jone sumpora. Široka je primena i tečnih materijala, posebno hlorida BCl_3 , BBr_3 , PCl_3 , CCl_4 , $SiCl_4$ koji dobro isparavaju na sobnoj temperaturi.

Najbolje jonske struje obično se postižu pri upotrebi materijala u elementarnom stanju. Te materijale treba zagrevati do određene temperature da bi dostigli pritisak pare: S i P (crveni) — $175^\circ C$, As — $260^\circ C$, Zn, Se i Te — $550^\circ C$, Mg i Sb — $580^\circ C$. Osim ovih, mogu se koristiti i drugi materijali. Za sve ove materijale ne postavljaju se strogi uslovi za čistoću.

Električna aktivacija i difuzija primesa

Zakoni niskotemperaturnog otiska.

Pod pojmom niskotemperaturni proces podrazumevamo takav proces utiskivanja, kod kojeg se difuzioni procesi mogu zanemariti (npr. za silicij pri $T < 1000^\circ C$). Ubačen nakon implantacije vodi ka uspostavljanju kristalne rešetke, a ima i sposobnost prelaza ubačenih atoma u vezne pozicije, gde oni primaju donorske ili akceptorske osobine.

Električna aktivacija većine ubačenih primesa počinje pri temperaturi višoj od $300^\circ C$. Pri $400-500^\circ C$ nepotpuno obrazovanje rešetke ima mali uticaj na pokretljivost nosioca i veliku temperaturnu zavisnost koncentracije donora i akceptora u slojevima. Pri ubacivanju B, Al i P, pokretljivost nosioca je manja nego u nekompenzovanim materijalima sa istim koncentracijama primesa. Posle ubacivanja na $500^\circ C$, bez obzira na raspad većeg dela unetih smetnji, u sloju još ostaje kompenzirajućih defekata i dubokih nivoa koji malo utiču na veličinu pokretljivi-

vosti, ali znatno umanjuju koncentraciju nosilaca naelektrisanja. Ako je ubacivanje izvršeno sa većim dozama, pri takvim uslovima da je ozračen oblast postala amorfna, to u oblasti temperatura utiskivanja 500—650°C nastaje naglo povećanje količine nosilaca naelektrisanja.

Ti stadiji električne aktivacije primesa događaju se u isto vreme sa otiskom amornog sloja i objašnjavaju njegovu epitaksijalnu rekristalizaciju, u procesu koji ima veliku verovatnoću zamenjivanja nepopunjenih čvorova (veza) u rešetki kristala sa atomima primesa. O električnoj aktivnosti legiranog sloja posle otiska sudimo po veli-

čini efektivnog preseka koncentracije nosilaca naelektrisanja N_s koja se karakteriše brojem nosilaca u sloju po jedinici površine pločice. Ako svaki ubačeni atom smatramo električni aktivnim, onda je $N_s = N$, obično je $N_s \leq N$.

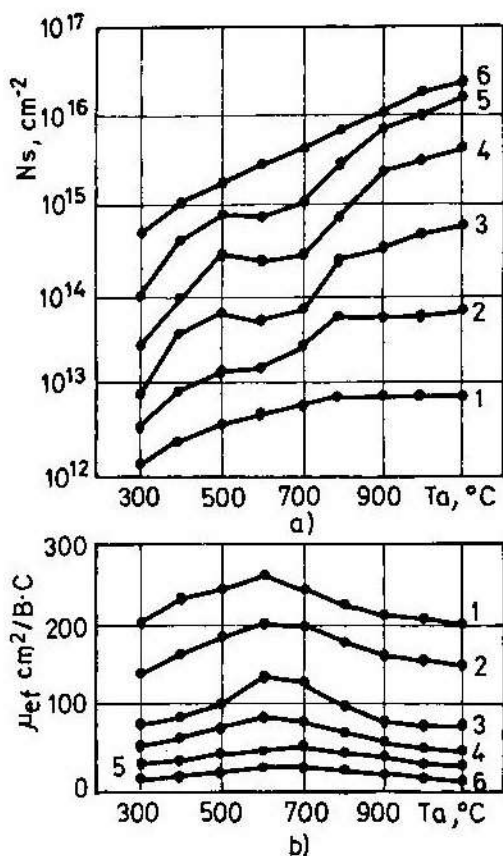
Na slici 1 prikazana je zavisnost N_s i efektivne holovske pokretljivosti u sloju od temperature utiskivanja za B (bor), ubačen u pločicu silicijuma sa dozama ozračenja od $6 \cdot 10^{12}$ do $6 \cdot 10^{16}$ cm⁻², pri trajanju procesa utiskivanja od 10 minuta.

Sa krive N_s (T_a) vidi se da koncentracija nosilaca naboja u temperaturnom intervalu 500—700°C opada i ako temperatura raste. To je interval negativnog otiska.

Pojava negativnog otiska karakteristična je za slojeve silicijuma sa ubačenim borom (B) i povezana je sa odlaskom atoma bora iz veza kristalne rešetke. Uzrok ovakve pojave može biti dvojak: raspadanje tvrdog rastvora bora (B) u silicijum (Si), praćeno taloženjem atoma bora (B) na dislokacijama i istiskivanje atoma bora iz atomskih veza silicijuma, pojavljujući se u međuvezama (međučvorištima) kao rezultat raspada složenih defekata.

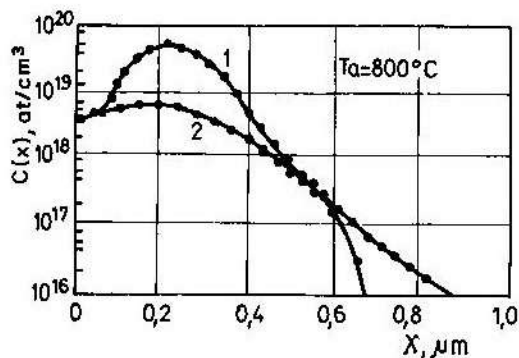
Promena efektivne pokretljivosti šupljina na slici 1 (b) odražava pojavu otiska defekta — pokretljivost raste usled smanjivanja rasejavanja na defektima. Zatim se povećava koncentracija nosilaca naboja, a potom, zbog porasta rasejavanja jonizovanih primesa, pokretljivost opada. Sama činjenica da je $N_s \leq N$ označava postojanje novih atoma primesa u reaktivnom stanju. Osnovni deo reaktivnih primesa usredsređen je u oblasti maksimuma raspodela.

Na slici 2 prikazan je profil maksimalne količine atoma bora (1) (70KeV, 10^{15} cm⁻²) posle otiska pri temperaturi od 800°C i raspodela koncentracije aktivnih atoma (2).



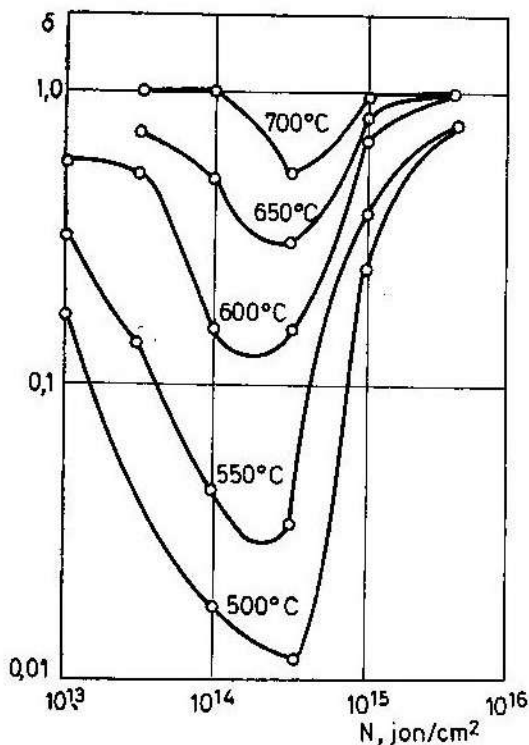
Sl. 1 Promena efektivnog preseka koncentracije (a) i pokretljivosti (b) šupljina sa temperaturom otiska pri različitim dozama ozračenja borom N [jon/cm³]: 1- $6,2 \cdot 10^{12}$, 2- $6,2 \cdot 10^{13}$, 3- $6,2 \cdot 10^{14}$, 4- $6,2 \cdot 10^{15}$, 5- $6,2 \cdot 10^{16}$, 6- $6,2 \cdot 10^{17}$.

Posle utiskivanja na temperaturi od 900°C , električna aktivnost atoma bora (B) raste i N_s skoro dostiže vred-



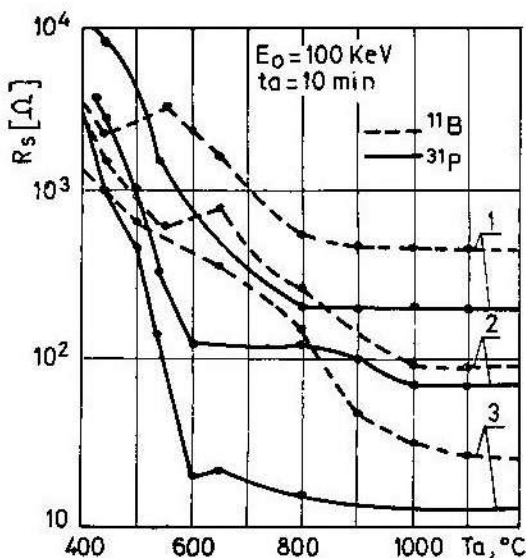
Sl. 2 Raspodela ubačenih atoma bora (1) i šupljina (2)

nost N . Što je viša doza ozračenja, potrebna je i viša temperatura za stvaranje pune električne aktivacije uba-



Sl. 3 Količinska zavisnost stepena električne aktivnosti fosfora (P)

čenih primesa. Na slici 3 prikazana je primena električki aktivnih atoma fosfora (P) ili stepen aktivnosti primesa $\delta = N_s/N$ u zavisnosti od promene doze ozračenja pri različitim temperaturama otiska. Nastajanje minimuma na krivuljama posledica je postojanja defekata koji su doveli do pojave prekida u amorfnom sloju. Kada nastane neprekidan amorfni sloj, odnosno kada nema defekata u kristalu, onda se pri otisku javlja epitaksijalna rekristalizacija i raste. Kod bora se takve pojave ne primećuju zbog drugačijeg karaktera radijacionih defekata.



Sl. 4 Promena površinskog otpora pri otisku slojeva sa fosforom i borom

Na slici 4 prikazana je zavisnost površinskog otpora slojeva silicijuma sa ubačenim atomima bora (B) i fosfora (P). Sa slike se vidi da je za potpunu električnu aktivnost fosfornog sloja potrebna temperatura od 600 do 800°C , a za bor (B) od 900 do 1000°C . Veličina otpora R_s zavisi od vremena trajanja otiska (t) i energije jona. Razlika krivih $R_s(t)$ za dve energije, npr. 40 i 100 KeV, uslovljena je time što je pri implantaciji s energijom od 40 KeV debljina sloja manja. Srednja koncentracija prime-

sa u njemu je veća i pokretljivost manja, pa je i R_s veće. Pri dovoljno dugom otisku sloj se širi usled difuzije, srednja koncentracija i pokretljivost ostaju isti i krive $R_s(t)$ se približavaju. Sa porastom temperature vreme trajanja otiska se znatno smanjuje.

Difuzija primesa iz jonolegiranog sloja pri niskim dozama ozračenja

Jedna od najrasprostranjenijih tehnoloških primena u savremenoj tehnologiji je ujedinjavanje jona implantacijom i difuzijom.

Jonska implantacija primenjuje se za prethodno ubačenu, strogo kontrolisanu količinu primesa, visokom reprodukcijom od procesa ka procesu i visokom ravnomernošću raspodele po površini ozračenih pločice. Difuzija se primenjuje za naredno raspršivanje ubačenih primesa s potpunim obezbeđenjem potrebnog profila, raspodele atoma sa potrebnom dubinom naslaga p - n spoja i koncentracijom nosilaca naelektrisanja. Primena jonske implantacije daje najbolji efekat pri stvaranju slabo legiranih oblasti: baze tranzistora i tiristora, elementi rezistora, itd. Na osnovu toga sledi da veliku praktičnu primenu ima opisana difuzija iz jonolegi-

je $\alpha = AR_p^{2*}$. Pri difuzionom raspršivanju deo atoma bora prelazi u rastuću oksidnu membranu usled obratne difuzije. Debljina rastuće membrane oksima menja se po paraboličnom zakonu $h = \sqrt{Bt}$, gde je B — magnetna indukcija.

Difuzija u silicijumu, ne uzimajući u obzir obratnu difuziju primesa, opisuje se krivom:

$$C(x,t) = N/\sqrt{\pi(\alpha + Dt)} \exp[-x^2/4(\alpha + Dt)];$$

D — koeficijent difuzije [cm^2/s].

Obratna difuzija opisuje se jednačinom u koju se unosi koeficijent raspodele koncentracije bora među atome silicijuma i opnom (membranom) SiO_2 k :

$$C'(x,t) = -C(0,t)k\sqrt{\pi/2} \cdot \sqrt{B/D} \cdot$$

$\text{erfc } x/2\sqrt{Dt}$; i $\text{erfc } x/2\sqrt{Dt}$ — predstavlja komplementarnu funkciju pogreške.

U ovom izrazu nema koeficijenta difuzije primene u oksidnom sloju, jer on opisuje proces difuzije iz silicijuma u oksid koji karakteriše veličinu D za silicijum. Konačno, raspodela koncentracije bora određuje se sumiranjem ove dve raspodele i izračunavanjem $C(0,t)$.

$$C(x,t) = N/\sqrt{\pi(\alpha + Dt)} \left\{ \exp[-x^2/4(\alpha + Dt)] - \frac{1}{1 + 2/\pi \cdot 1/k \cdot \sqrt{D/B}} \text{erfc} \frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right\} \quad [1].$$

ranog sloja sa dozama zračenja $Q \leq 10^2 \mu\text{C}/\text{cm}^2$. Razmotrimo to na primeru bora i silicijuma.

Raspodela $C(x)$, dobijena posle otiska u trajanju od 30 min sloja ozračenog jonima bora sa energijom 30 KeV i dozom $3 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ u razmeri $\lg C(x) = f(x^2)$, može se aproksimirati krivom $C(x,t=0) = N/\sqrt{\pi\alpha} \cdot \exp(-x^2/4\alpha)$, gde

Količina bora preostalog u silicijumu je:

$$N(t) = N \left[1 - \frac{(1 + 2/\sqrt{\pi} \cdot 1/k \sqrt{D/B})^{-1}}{2\sqrt{Dt/\pi\alpha + Dt}} \right]$$

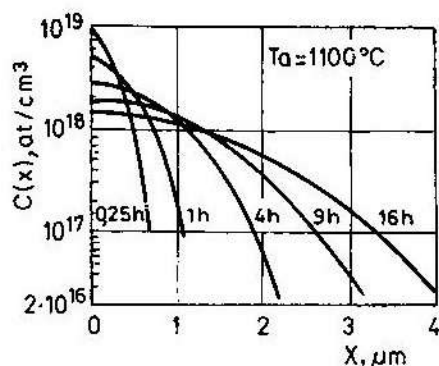
Ova jednačina dopušta upotrebu izvoda, što u početnom stanju raspršivanja atoma bora iz legiranog sloja silicijuma predstavlja glavne gubitke.

Kada se postigne odnos $Dt \gg \alpha$, onda je $N(t) = \text{const}$. Veličina koeficijenta raspodele bora za $T = 900\text{--}1100^\circ\text{C}$ je oko $k = 16 \pm 5$. Za kratki vremenski

* U literaturi [1] je detaljno objašnjena zavisnost difuzije jona od disperzije (AR_p) srednje dozvoljenog prodora R_p .

otisak k je manji, tako da se u tom slučaju ravnotežno stanje ne može uspostaviti.

Na slici 5 dati su profili raspodele koncentracije bora dobijeni posle raspršavanja pri 1100°C u trajanju od 0,25 do 16 časova u atmosferi argona. Pri tome je debljina oksidnog sloja narasla od 4–22 nm. Eksperimentalne tačke se dobro slažu sa teoretski dobijenim krivuljama.



SL. 5 Profili raspodele bora u silicijumu posle difuzionog raspršavanja $N=3 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$

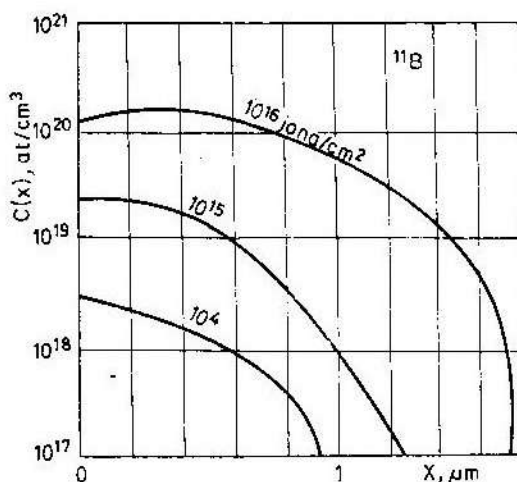
Veličina koeficijenta difuzije pri različitim trajanjima raspršavanja odgovara podacima koji su dobijeni za običnu difuziju pri malim koncentracijama primesa.

Između dubine sloja p-n spoja i trajanja raspršavanja, uzimajući u obzir sloj prelaza, važi zavisnost koja je dobijena pri konstantnom koeficijentu difuzije.

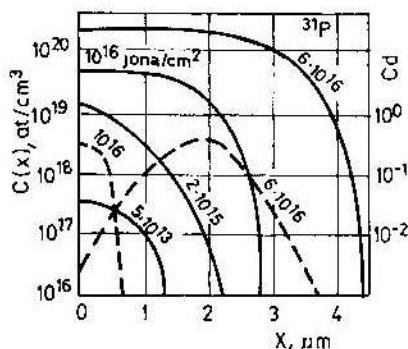
Ubrzana difuzija pri većim dozama zračenja

Na slici 6 prikazana su tri profila raspodele bora u silicijumu, ubačenog s energijom 70 KeV s dozom 10^{14} , 10^{15} , 10^{16} cm^{-2} posle raspršavanja pri 1100°C , za vreme od 35 minuta, a na slici 7 neprekidnim linijama pokazani su profili fosfora ubačenog sa energijom 40 KeV i dozama $5 \cdot 10^{13}$, $2 \cdot 10^{15}$, 10^{16} , $6 \cdot 10^{16}$ i

$6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$ posle raspršavanja u suvom azotu, pri 1150°C , u trajanju od 90 minuta.



SL. 6 Profili raspodele bora u silicijumu posle difuzionog raspršavanja



SL. 7 Profili raspodele fosfora (P) $C(x)$ i dislokacije Cd u silicijumu

Ako proračunamo odnos dubine p-n sloja i veličine $\sqrt{\text{Lg}N}$ s kojom mora biti ta dubina proporcionalna, vidi se da dubina sloja X izrasta više i naglo kada je doza ozračenja veća, što sledi iz teorijski dobijenih jednačina za običnu difuziju [1].

Oblik profila raspodele u dubini sloja svedoči o intenziviranju procesa difuzije primesa, čime je koncentracija primesa u pripovršinskoj zoni smanje-

na i brzo opada. Ta pojava se naziva ubrzana difuzija. Ubrzavajući faktori su visoka koncentracija primesa i postojanje većeg broja radijacionih defekata, čiji raspored pri zagrijavanju, dovodi do pojava ulaza suvišnih praznina.

Forma profila fosfora pri dozama višim od 10^{16} cm^{-2} karakteristična je za običnu difuziju i uslovljena je postojanjem dislokacija nesvojstvenim za oblast legiranja.

Raspodela dislokacija po dubini, izražena u relativnim jedinicama, prikazana je na slici 7 isprekidanim linijama za doze 10^{16} i $6 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$. Dubina prostiranja mreže dislokacija manja je od dubine difuzije. Veća dubina difuzije pri većim dozama zračenja vezana je sa pojavom toka neravnotežnih praznina i uzajamnim delovanjem dislokacione mreže. Praktično je nemoguće razdvojiti te efekte.

Radijaciono ubrzana difuzija

Ova pojava obuhvata tri oblika procesa difuzije:

1. Pri implantaciji primesa javlja se radijacioni defekti migracije primarnih atoma na sobnim temperaturama.

Pri neorijentisanom ubacivanju primesa profili raspodele atoma sadrže »rep«, odnosno prostiru se dalje nego je moguće postići efektom kanalisiranja. Tako povećana dubina prodiranja primesa mnogo je manja nego što daje sama mala difuzija.

2. Tanki legirani sloj, dobijen implantacijom ili difuzijom, ozračen snopom lakih čestica, npr. protona, obrazuje veoma oštre defekte, parove Frenkelja koji prodiru u dubinu, premeštajući debljinu legiranog sloja.

Kristal se drži na takvoj temperaturi da je termička ravnoteža difuzije uspostavljena pri $600\text{--}900^\circ\text{C}$ za silicijum. Dubina difuzionih primesa u tom slučaju, koja nastaje pri zračenju, uvek je veća nego u slučaju kada nema zračenja. Praznine koje su generisane protonima stvaraju stacionaran tok u dubini kristala i povećavaju br-

zinu difuzionog poremećaja primesa. Ova pojava je korisna u nizu tehnoloških procesa.

3. Implantacija primesa, dobijena dozama $10^{15}\text{--}10^{16} \text{ cm}^{-2}$, koje su dosta visoke i koje bi obrazovale veću količinu radijacionih defekata, srazmerno je mala da bi se mogla očekivati veća koncentracija zavisnosti koeficijenta difuzije.

U toku kasnijeg rasijavanja, raspad radijacionih defekata vodi ka pojavi praznina, ubrzavajući difuziju primesa, što naročito dolazi do izražaja u početnom periodu raspršavanja. Taj slučaj radijacionog ubrzanja difuzije predstavlja praktičan interes, pa ćemo ga detaljno proučiti na primeru difuzije aluminijuma ubačenog u pločicu silicijuma sa dozom 10^{15} cm^{-2} .

Nastanak praznine obrazuje se u oblasti radijacionih poremećaja, koji se difundiraju u dubinu kristala, gde se rekombinuju sa međučvornim atomima silicijuma, čija je raspodela po formuli praktično jednaka onoj nastaloj usled njihove velike brzine migracije pri slobodnim mestima, pri čemu je koeficijent difuzije proporcionalan koncentraciji slobodnih mesta (praznina). Jednačina za protok praznina sa koeficijentom difuzije D_v glasi:

$$\frac{\delta C_v}{\delta t} = - D_v(\delta^2 C_v / \delta x^2) - C_v / \tau$$

gde je:

C_v — koncentracija praznina (šupljina) do rekombinacije.

τ — vreme života praznina (šupljina) do rekombinacije.

U ravnotežnom stanju je:

$C_v(X) = C_v(0) \exp(-x/L_v)$, gde je:

$C_v(0)$ — koncentracija šupljina na granici oblasti razgrađivanja,

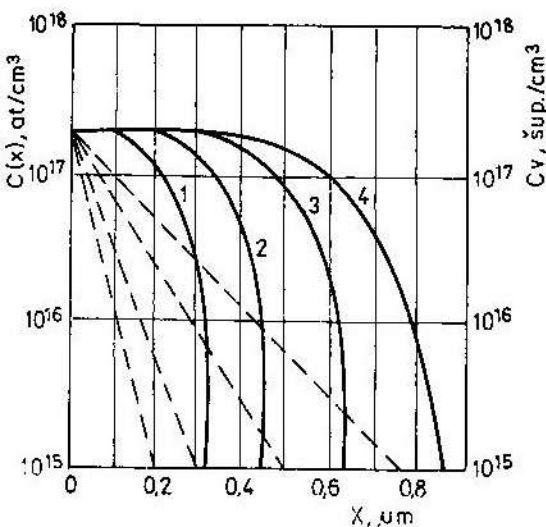
$L_v = \sqrt{D_v \tau}$ — difuziona dužina šupljina.

Koeficijent difuzije aluminijuma:

$D = 1,74 \cdot 10^{-23} \exp(-1,15/kT) C_v(x)$ i menja se sa dubinom po jednačini difuzije atoma aluminijuma.

Na slici 8 isprekidanim i punim linijama prikazani su profili raspodele šupljina i atoma aluminijuma, unoseći u jednačine poznate veličine $C_v(o) = 2 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}$ i poznavanjem difuzionih dužina za šupljine $0,04 - 0,14 \mu\text{m}$.

Veličina difuzionih dužina za šupljine u silicijumu nije tačno utvrđena. Eksperimentalno je dokazano da pri 600°C , $L_v = 0,53 \mu\text{m}$. Znajući to, i veličinu $C_v(o) = 10^{18} \text{ cm}^{-3}$, obezbeđena su sopstvena rešenja sa eksperimentalnim podacima (tačke na slici) profila raspodele atoma Al.



Sl. 8 Radijaciono ubrzana difuzija $L_v, \mu\text{m}$:
1-0,04; 2-0,06; 3-0,09; 4-0,14.

Osnovni pravci primene jonske implantacije u poluprovodničkoj proizvodnji

Jonska implantacija ima široku primenu u poluprovodničkoj tehnologiji. Tu primenu možemo razvrstati u tri veće grupe. To su:

- 1 — sinteza materijala,
- 2 — uvođenje legirajućih primesa,
- 3 — kontrolisano uvođenje radijacionih raspada.

Sinteza materijala

Zahvaljujući preciznom upravljanju unesenim primesama metodom jonske implantacije moguće je dobiti stehometrijski čvrsta jedinjenja koja su praktično, dodirujućeg sastava.

Kao principijelno ograničenje u ovom postupku sjedinjavanja materijala mala je debljina sloja u kojem se vrši sinteza. Ona, obično, ne prelazi 2—3 RP i ograničena je pokretljivošću jona.

Pomoću jonske implantacije jona O_2^+ , N_2^+ , C^+ u silicijumu, mogu se dobiti membrane oksida nitrata i karbida silicijuma. Karbid silicijuma dobijen je implantacijom jona Si^+ u dijamant. Unošenjem u arsenid galijum jona p- ili Al, dobijamo tvrde rastvore tipa GaAsP i GaAlAs. Za sintezu sloja SiO_2 koristi se implantacija jona $^{16}\text{O}_2^+$ sa energijom od 30 KeV. Prodiranje jona $^{16}\text{O}_2^+$ iznosi oko 40 nm.

Za ispunjavanje stehometrijskog uzajamnog odnosa koncentracija atoma kiseonika u sloju mora biti $4,6 \times 10^{22} \text{ cm}^{-3}$. Pri ravnomernom rasporedu kiseonika legirajuća doza zračenja je:

$$N = N_2 R_p = 3,7 \cdot 10^{17} \text{ cm}^{-2}.$$

Usled neravnomerne raspodele ubačenih jona za dobijanje sloja SiO_2 potrebna je doza od 10^{10} cm^{-2} . Debljina sloja oksida SiO_2 posle implantacije iznosi 80 nm. Za poboljšavanje svojstava silicijuma koji se nalazi ispod sloja oksida, a koji u sebi ima niz nepravilnosti, vrši se ubacivanje jona pri 800°C u trajanju od 2 časa. Debljina oksida pri tome se ne menja.

Sinteza materijala je ograničena dugotrajnim tehnološkim postupkom i pojavom raspršavanja za teške jone, što ne dozvoljava da ih uvodimo u većim dozama, pa zato dotični proces nije našao široku primenu u tehnologiji.

Uvođenje legirajućih primesa

Metod jonske implantacije je osnovni metod u planarnoj tehnologiji, koji sjedinjava primese u vidu dozi-

rane količine jona i difuzionog raspršavanja. Ujedinjavanjem jonske implantacije sa planarnom tehnologijom dolazi do prožimanja primene legirajućih primesa i materijala za njegovo dobijanje, kao i pri difuziji.

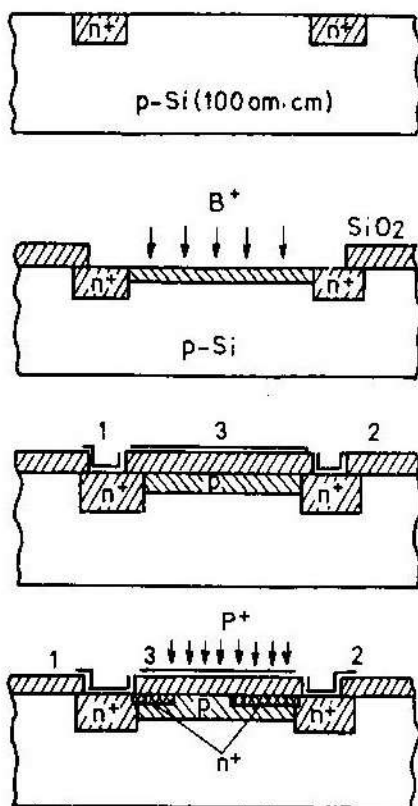
Korišćenjem tih materijala za maskiranje pri tankim debljinama, što se ne pojavljuje u procesu litografije, moguće je upravljati dozama zračenja u vrlo velikom opsegu 10^{10} do 10^{17} cm⁻² pri velikoj proizvodnji. Osnovne prednosti metode jonske implantacije, na kojima je zasnovano njeno iskorištavanje u serijskoj proizvodnji, ogledaju se u potpunoj kontroli količine unešenih primesa i visokoj ravnomernosti, provodnosti legiranog sloja po površini pločice. Nejednakost u raspodeli gustine primesa po pločici ϕ 5—8 cm iznosi 1% ili manje pri ponavljanju rezultata od procesa do procesa u opsegu 3%. Tačnost kontrole kvaliteta tehnoloških procesa poluprovodničke proizvodnje ne dostiže 1—3% već se kreće u opsegu 10—20%. Oštro iskazana prekompenzacija ili prelegiranje (za jednotipne primese), predstavlja neophodan uslov za postizanje tačnosti svojstvene metodu jonske implantacije.

MOS tranzistori

Jedna od prvih praktičnih primena metoda jonske implantacije je u proizvodnji MOS-tranzistora. Pri proizvodnji ovih tranzistora ova metoda se pokazala vrlo efikasnom.

Na slici 9 prikazane su osnovne etape izrade MOS-tranzistora. U visokomsku pločicu silicijuma p-tipa difundira se fosfor radi dobijanja n⁺ oblasti uvida i odvoda. Posle oksidacije i fotolitografije vrši se implantacija jona bora za stvaranje uskog provodnog kanala (inicijalnog kanala) p-tipa. Nakon toga vrši se narastanje oksida debljine 50 nm. Korišćenje implantacije jona obezbeđuje se visoka ravnomernost i reprodukcija parametara tranzistora i znatno povećava procenat proizvodnje ispravnih tranzistora, posebno pri proizvodnji MOS-integralnih mikrošema.

Napravljanjem sloja aluminijuma u napravljene otvore uvida i odvoda, kao i na oksidni sloj SiO₂ kroz napravljene maske postupkom litografije, dobijaju se metalni kontakti za uvid S (1), odvod D (2) i vrata (gejt) G (3). Ši-



Sl. 9 Postupak izrade MOS-tranzistora

rina gejta iznosi 1 μ m. Sledeća etapa je izrada samopovezanog gejta putem implantacije fosfora sa dozom $4 \cdot 10^{15}$ cm⁻², koja je dovoljna za amortizaciju silicijuma. Kontakt gejta ima ulogu maske koja obezbeđuje njegovo samospajanje neophodno za tačno primicanje oblasti gejta ka kontaktima uvida i odvoda. Rezultat tog samospajanja je 40 puta manja parazitna kapacitivnost, što obezbeđuje upotrebu tranzistora na višim frekvencijama. Posle otiska pri 550°C oblast legirana fosforom postaje dobro vodeća.

U savremenoj MOS tehnologiji moguće je uočiti oko 10 različitih mogućnosti korišćenja jonske implantacije, među kojima jedno od glavnih mesta zauzima precizno regulisanje praga granice zategnutosti. Potreba za dodatnom p difuzijom predstavlja nedostatak ovog tranzistora. Dodatna p difuzija znači dodatni visokotemperaturni postupak, a to vodi povećanju broja mogućih defekata u celom monolitnom sklopu i na smanjenje prinosa u proizvodnji sklopova.

Bipolarni tranzistori

Pri proizvodnji bipolarnih tranzistora jonska implantacija se primenjuje za dobijanje emitera, baze, kolektora, jako legiranih oblasti za bazne i kolektorske kontakte i dr.

Promena doze zračenja pri izradi baze dozvoljava regulisanje koeficijenta strujnog pojačanja, promena energije jona pri formiranju profila raspodele legirajućih primesa u bazi reguliše njenu širinu, a samim tim određuje frekventnu karakteristiku uređaja. Najčešće se koriste dva načina stvaranja bipolarnih tranzistora sa visokim koeficijentom pojačanja.

Prvi način se zasniva na unošenju bora pri nevelikim dozama i visokim energijama za formiranje p-baze i unošenjem arsena i visokom dozom za dobijanje malih emitera. Ovim načinom proizvodnje bipolarnih tranzistora obezbeđuje se neizmenjenost profila i visoka električna aktivnost primesa u procesu termoorade emitterskog sloja pri temperaturi 900–950°C u trajanju 10–15 minuta.

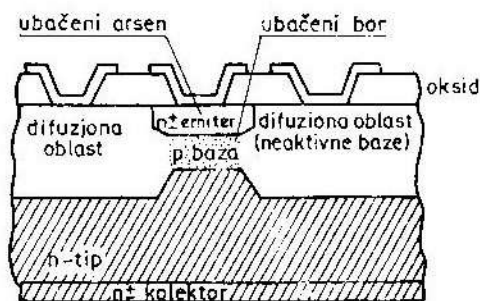
Problem se sastoji u tome što »rep« (kraj) raspodele implantiranih jona u emiteru zaklanja (prekriva) raspodelu primesa u bazi i menja broj nosilaca naelektrisanja u njoj. Jasno izražen kraj, nastao pri implantaciji fosfora, može prekompenzirati usku baznu oblast. Ova pojava je slabo izražena kod implantacije arsena u silicijumu, pa se arsen najčešće koristi u ove svrhe.

Drugi način se ogleda u raspršavanju emitterskih primesa pri visokim temperaturama i u kratkom vremenskom intervalu.

U tom slučaju emitterski spoj je napravljen od takvog materijala koji ne krši granicu između emitera i baze. Efektivnost emitera je visoka, a vreme života nosilaca ne menja kristalnu rešetku. Struktura bipolarnog tranzistora prikazana je na slici 10. Njegova izrada počinje izradom neaktivne baze koja služi za pričvršćivanje omskih kontakata pomoću ubačenog bora.

Preko pločice se nalazi oksidni sloj debljine 1 μm kroz koji mogu prolaziti implantirani joni $^{75}\text{As}^{+}_{32}$ s energijama od 100 KeV i dozama $10^{15} - 10^{16} \text{ cm}^{-2}$.

Posle otisaka pri temperaturi od 1000°C u vremenu 20–30 minuta, arsen difundira na dubinu 0,3 μm gde se obrazuje emitterski p-n spoj.



Sl. 10 Struktura bipolarnog tranzistora

Aktivna baza se formira implantacijom bora pri energiji od 200 KeV i dozama $2 \cdot 10^{12} - 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ i kasnijim otiskom pri 850°C u vremenu od 20 minuta. Pri optimalnom izboru parametara spoja moguće je napraviti tranzistore sa koeficijentom strujnog pojačanja 100–300 i frekventnom karakteristikom 1–8 GHz.

Pri izradi bipolarnih tranzistora treba primenjivati specijalne metode za narastanje oksida nad oblašću baze koja je podvrgnuta jonskoj implantaciji bora. Ako se oksidacija vrši sa ovlaže-

nim kiseonikom dolazi do pojave defekata koji dovode do curenja u $p-n$ spoju. Radi sprečavanja ovih defekata prvo se vrši otisak pri temperaturi od 1100°C u vremenu od 15 minuta u struji azota, a potom propušta ovlaženi kiseonik. Tako se curenje smanjuje za tri reda veličine.

Zaključak

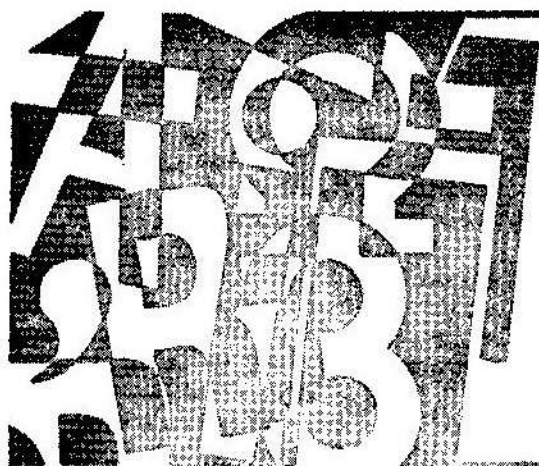
Iz napred iznešenog može se zaključiti da je jonska implantacija postupak kontrolisanog unošenja atoma primena p ili n tipa u poluprovodnik pod delovanjem jakog električnog ili magnetnog polja. Jonski izvor daje određen broj jonizovanih atoma koji se metodama elektronske balistike i optike ubrzavaju, fokusiraju, separiraju od ostalih neželjenih jona pre nego što udare u metu, odnosno poluprovodničku pločicu. Koncentracija implantiranih atoma od-

ređena je gustoćom struja snopa i trajanjem implantacije. Dubina prodiranja jona u poluprovodnik, a time i udaljenost pn -spoja od površine pločice raste s naponom ubrzanja jona. Danas se obično postiže dubina pn -spojeva do $1\text{ }\mu\text{m}$, uz napon ubrzanja od nekoliko stotina KV. Obično se koriste naponi ubrzanja ispod 500 KV. Veći naponi nisu pogodni, jer dovode do prevelikih oštećenja kristalne rešetke poluprovodnika. Jonska implantacija se vrši na sobnoj temperaturi, ali se nakon izvršene implantacije vrši zagrevanje pločice implantacije do temperature na više od 500°C , radi uklanjanja defekata kristalne rešetke, izazvanih prodiranjem jona u poluprovodnik. Mogućnost dobijanja vrlo plitkih pn -spojeva, kao i niska temperatura pri kojoj se vrši implantacija, glavne su prednosti ovog postupka. To je razlog sve šire i sve češće primene ovog postupka u savremenim monolitnim sklopovima.

Literatura:

- [1] A. I. Kurnosov, V. V. Judin: Tehnologija proizvodstva poluprovodnikovih priborov i integralnih mikroshem, Moskva, 1979.
- [2] Z. Pešić: »Impulsna i digitalna elektronika II«, Sarajevo, 1974.

- [3] V. Cvekčić: »Integrisana kola«, Beograd, 1979.
- [4] R. H. Dennard et al.: »Design of Ion-Implanted MOSFET's with very small Physical Dimensions«, IEEE J. Solid-State Circuits, Oct. 1974.



prikazi iz inostranih časopisa

Ručni raketni protivoklopni bacači*

Uvod

Vojnici se slažu sa činjenicom da bestrzajna oružja, koja se ispaljuju sa ramena, nisu u stanju da poraze savremene tenkove gađanjem u čeonu luk. Jedno vreme taktika pešadije je to imala u vidu, pa su korišćeni napadi sa boka ili protivtenkovske zasede radi kompenziranja navedenog nedostatka. Ova oružja pešaci su smatrali veoma upotrebljivim sredstvom za vatrenu podršku. Na primer, Amerikanci u Vijetnamu i Britanci na Foklandskim ostrvima koristili su, pa i zloupotrebljavali, veliki broj lakih protivoklopnih bacača (LAW) M72 66 mm za dejstvo protiv ukopanih trupa i bunkera. Razmeštanje jednonamenskih oružja na Zapadu je sve doskora bilo kao normalna praksa.

Kasnije je preovladalo mišljenje, bar na nivou vojne industrije, da bi bilo poželjno i potrebno da se takvo oružje može primeniti i za druge opšte zadatke, uključujući ispaljivanje drugih vrsta municije: osvetljavajuće, razorne i dimne. Ovakav trend mogao bi se pojačati, ukoliko oružane snage u zapadnim zemljama budu težile formiranju lakih mobilnih jedinica. Razvoj takvih

višenamenskih oružja bio bi privlačan za vojnu industriju radi upošljavanja novih kapaciteta i naoružanja jedinica novim korisnim oružjima.

Višenamenske mogućnosti oružja mogu se postići na različite načine, a svaki način ima svoja operativna predimućstva i nedostatke. Najjednostavniji način za obezbeđenje višenamenskih mogućnosti takvog naoružanja jeste korišćenje različitih vrsta municije, koja bi se ispaljivala iz bacača nepotrošnog tipa (koji bi se punili više puta). Klasičan primer je bestrzajni top CARL GUSTAV M2 84 mm iz kojeg se ispaljuje kumulativna, razorna, dimna i osvetljavajuća municija. Novi ručni bacač PANZERFAUST-3 gađa municijom koja ima različite bojne glave, ali je, u stvari, robusna lansirna cev nepotrošnog tipa, sa relativno sofisticiranim optikom za nišanje. Glavni nedostatak obova oružja je relativno velika masa: masa bestrzajnog topa CARL GUSTAV je 17 kg (u borbenom položaju) a masa vučnog bacača PANZERFAUST-3 14 kg. Proizvođač je snizio masu bacača CARL GUSTAV (verzija M3) na 8,5 kg u praznom stanju korišćenjem čelične košuljice omotane slojevima karbonskog vlakna i epoksidnog materijala.

Alternativni prilaz je razmeštaj familije bacača, kojima se dejstvuje sa ramena i svaki bacač ima specifičnu ulogu i specijalizovanu bojnu glavu.

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 12/80.

Osnovna verzija familije ručnih bacača C-90 je protivoklopna, ali takođe, postoje protivpešadijska, dimna i kombinovana bojna glava, koja se ispaljuje iz iste konstrukcije bacača potrošnog tipa. Ova oružja isporučuju se u stanju spremnom za gađanje i imaju masu između 4,2 i 5,35 kg, što predstavlja znatno poboljšanje u odnosu na masu bacača nepotrošnog tipa (koji se mogu ponovo puniti). Bacači potrošnog tipa koriste se slično i mogu se borbeno upotrebiti brže od bacača nepotrošnog tipa, a potreban im je samo jedan poslužilac.

Treći i najskoriji prilaz je korišćenje višestrukog podešavanja upaljača protivoklopne bojne glave. Razorno-protivoklopne ili kumulativne bojne glave normalno detoniraju vrlo brzo, kako bi se maksimalno iskoristilo kumulativno dejstvo. Odlaganjem detonacije telo eksplozivnog punjenja može da dođe u dodir sa ciljem (bunker, zgrada) kako bi se povećao udarni efekat eksplozije, a u oba slučaja parčadno dejstvo bojne glave je slično. Savremeni ručni protivoklopni bacači, kao što su francuski AB92 i švedski laki višenamenski AT4 kalibra 84 mm, imaju birač usporenja upaljača pored obarača. Međutim, nikakvo podešavanje usporenja upaljača ne može da izmeni činjenicu da su kumulativne bojne glave optimizirane za protivoklopno dejstvo i da nemaju dovoljnu masu eksploziva kako bi bile efikasne za druge različite zadatke.

Svaki pokušaj da se poboljša sekundarno dejstvo kumulativnih bojnih glava pomoću više eksploziva stvara problem mase i zapremine, jer su taktičko-tehnički zahtevi za oružja sa kojima se gađa sa ramena postali stroži, a masa i zapremina na prvom mestu kod svakog prenosnog pešadijskog oružja. Tako za savremene ručne bestrzajne bacače taktičko-tehnički zahtevi traže visoku verovatnoću pogađanja do daljne od 300 m, dobru uništavajuću moć protivoklopnih ciljeva, malu cenu (5 do 10 hiljada dolara), veliku pouzdanost i

jednostavnost, a takođe malu masu i zapreminu. Svako odstupanje od jednodomenskog oružja uticaće na skoro sve ove činioce, naći će na odbojnost kod korisnika ukoliko se ne dokaže da su apsolutno potrebni.

Najnoviji dodatni taktičko-tehnički zahtev je da se može gađati i iz zatvorenog prostora, jer je vođenje borbenih dejstava u urbanim uslovima svakim danom sve važnije. U takvim uslovima potrebno je gađati iz zatvorenih prostorija i bunkera, a da se pri tome ne dovedu u opasnost ostali vojnici i sam nišandžija zbog povećanja pritiska i buke. Neka rešenja ovih problema postoje: korišćenje protivmase i malih pogonskih punjenja (princip Devisovog topa), kako je to primenjeno kod bacača PANZERFAUST-3. Bacač WASP koristi relativno veliko punjenje, ali sa protivmasom koja se širi i rasprskava posle ispaljivanja, rasipajući brzo energiju eksplozivnog talasa koja se širi nazad. Malo je verovatno da će mnogi savremeni bacači zadovoljiti taktičko-tehnički zahtev u pogledu buke. Jedno novije rešenje je »protivmasa pokretne cevi«, gde jedna laka cev klizne unazad iz lansirne cevi i tako sprečava rasturanje mlaza dok raketa ne napusti čelo lansirne cevi.

Taktičke implikacije proširivanja asortimana tipova lakih bacača sa ramena mogu da budu značajne. Komandir više ne bi mogao jednostavno da vojnike ili vozila natovari bacačima, već će morati da proceni verovatnu prirodu budućih operacija, tako da se ne desi da nastupajuće tenkove dočeka dimnim raketama. Štaviše, širenje specijalizovanog naoružanja na nivou voda već brine one koji tvrde da počinje da opada »bajonetska« snaga pešadijskih bataljona u nekim savremenim kopnenim snagama. Na višim nivoima nabavka takvih bacača bi, verovatno, vodila ka većim rasipanjima, koja bi bila rezultat nepredvidljivog tempa potrošnje svake vrste municije.

Razvoj bacača sa višenamenskom municijom možda bi izgledao kao kraj

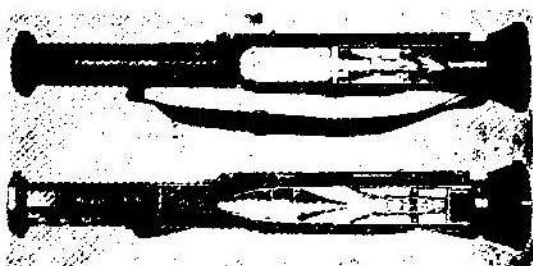
specijalizovanom protivoklopnom oružju, ali je to malo verovatno, s obzirom na povećano korišćenje lakih oklopnih vozila i na značajan razvoj tehnologije kumulativnih bojnih glava. Pri laboratorijskim ispitivanjima, kumulativne bojne glave (HEAT) postizale su dubinu probijanja do 15 puta veću od prečnika konusa. Međutim, proizvodni procesi i operativni uslovi mogli su da smanje efikasnost serijskih bojnih glava do 30%. Rakeete sa bojnim glavama HEAT su vrlo osjetljive na varijacije podešavanja upaljača i kvalitet izrade. Sada je već jasno, da se mogu izraditi raketni projektili sa bojnim glavama u tandemu, raketni sistemi »ispali-pa-zaboravi« i raketni projektili koji djeluju u gornju ploču oklopnog vozila. Ali, ostaje da se vidi da li će se ručni bacači i dalje smatrati oruđima potrošnog tipa, ili će biti dovedeni do optimalnog stanja.

Razvoj američkih protivoklopnih ručnih bacača sa ramena

Američkom KoV-u trebalo je preko jedne decenije da razmesti ručne raketne bacače koji zadovoljavaju zahteve i za borbu protiv oklopnih vozila i protiv poljskih utvrđenja. Na razvoj su uticali tehnički nedostaci, budžetska ograničenja i promene u naglašavanju specifične uloge ovih bacača. U međuvremenu pojavila se i serija bacača od kojih skoro svi, ali ne sasvim, zadovoljavaju potrebe američkog KoV. jima je data američka oznaka M136 (sl.

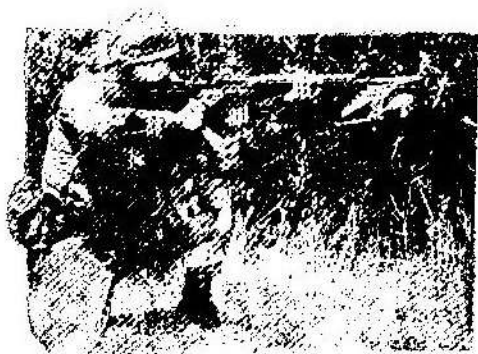
Posle obustave razvoja programa »Viper« 1981. godine, američki KoV je ispitivao različite moguće zamene za svoj laki protivoklopni bacač M72, uključujući poboljšanu verziju M72E4 i švedski AT4. Odlučeno je, da se kao međurešenje usvoji AT4, ali da se paralelno radi na poboljšanju bacača M72. Dat je nalog da se razvije M72E4 do faze razvojnih i operativnih ispitivanja. Zbog tehničkih i finansijskih problema u ovom razvoju, KoV SAD je formalno naručio 1985. bacače AT4, ko-

1) i u toku zvaničnih ispitivanja pokazali su verovatnoću pogađanja pet puta veću od M72A3 protiv nepokretnih ciljeva na 300 m.



Sl. 1 Bacač M136 (levo) i AT8 (desno)

Kopnena vojska SAD, koja je uvek smatrala da je bacač M136 suviše dugačak i težak kako bi postao definitivno oružje, sredinom osamdesetih godina, postavila je zahtev za višenamensku individualnu municiju MPIM (Multi-Purpose Individual Munition) (sl. 2), čija bi namena bila da onemogući ljud-



Sl. 2 Tromblonska municija HESII-RAW, mase 3,85 kg, sa bojnom glavom od 1,1 kg

stvo u bunkerima i da bude efikasna protiv oklopnih vozila, da bude maksimalno dugačka 81,3 cm i mase do 4,55 kg. Planirano je da MPIM zameni ručne bacače sa ramena M136, M72 i SMAV u borbi u urbanim uslovima i da se borbena efikasnost pojedinačnog borca poveća faktorom 6—8. Zahteva se mogućnost probijanja zida od cigle debljine 30 cm, betonskog zida deblji-

ne 20 cm i svih poboljšanih oklopa sovjetskih borbenih vozila pešadije.

Nekoliko činilaca doprinelo je da se rodi sumnja u budućnost MPIM: tehnički problemi koji su se pojavili u toku gađanja u fazi ispitivanja principa; verovatno smanjivanje nabavke sa 375.000 na 150.000 i pretpostavljeno odabiranje ručnog bacača SWAM od strane američkog KoV-a kao međurešenja za MPIM.

U toku faze ispitivanja principa municije MPIM firme koje su učestvovala u konkursu suočile su se sa problemima. SCORPION, firme McDONNELL DOUGLAS, pokazao se dobar pri ispitivanju ubojnosti, ali mu je pogonski sistem bio neodgovarajući, pa je firma pristupila proučavanju alternativnih šema pogona koje bi odgovarale tandem-bojnim glavama, koje koriste kombinaciju hemijske i kinetičke energije i imaju jedinstveni (još neobjavljeni) upaljački mehanizam. Uništavani su oklopni ciljevi, zaštićeni eksplozivnim reaktivnim oklopom sa znatnim dejstvom posle probijanja zidova od cigle i betona.

Što se tiče druga dva kandidata (firme MARQUARDT/TALLEY i BRUNSWICK DEFENSE), čiju ubojnost je merio američki KoV, nisu ispunila očekivanja konstruktora. Industrija kritikuje američki KoV što nije razvio matematički model tačke eksplozije, koji bi omogućio precizno merenje dejstava bojnih glava koje koriste najnovije tehnologije, uzimajući u obzir, pored probojnosti, i parčadno dejstvo.

Bacač M136 je mnogo korišćen za vreme operacije JUST CAUSE decembra 1989. kako za borbu protiv oklopnih ciljeva, tako i borbi u urbanim uslovima. Njegova je dužina 1 m, a masa 6,7 kg. Kumulativni projektil ovog bacača, kalibra 84 mm, sa početnom brzinom od 290 m/s, preleti za manje od 1 s daljinu od 250 m, dok mu je maksimalni domet protiv nepokretnih ciljeva 500 m. Bojna glava može da probije 400 mm valjanog homogenog oklopa i

ima znatno dejstvo posle probijanja oklopa, uključujući stvaranje krhotina, zapaljivih parčića, zaslepljujuću svetlost i natpritisak.

Američki KoV je postavio hitan zahtev za oružjem, koje bi bilo optimizirano za rušenje zidova, bunkera i uništenje neoklopljenih ciljeva. Vršeno je ispitivanje preko 20 kandidata iz celog sveta, koji bi zadovoljavali uslove za »privremenu municiju MPIM«. Privremeno rešenje američkog KoV je da od mornaričke pešadije pozajmi ručne bacače SMAW radi dopune bacača M136.

Za specijalne namene može se prihodati i drugo naoružanje, ali dugotrajno rešenje još nije jasno.

Razvoj novih ručnih bacača u SAD

Razvija se poboljšana varijanta bacača M136 koja ima oznaku AT4E1, a koja bi bila konkurentna na svetskom tržištu bacačima kao što su LAW80, APILAS i PANZERFAUST 3, a predložena je američkom KoV-u kao moguća alternativa za MPIM. U odnosu na osnovnu verziju AT4, probojnost valjanog homogenog oklopa verzije E1 povećana je sa 400 m na najmanje 610 mm jednostavnim produženjem punjenja, rekonstruisanjem levka i odustajanjem od aluminijumskog sloja koji se koristi kod standardnog projektila, a ima dejstvo u unutrašnjosti probijenog cilja. Predložen je dalji razvoj u varijantu AT4E2 sa poboljšanom probojnošću oklopa i odgovarajućom efikasnošću protiv bunkera i zgrada. Proizvođač proučava mogućnost »mekog« lansiranja M136, kako bi se gađanje moglo vršiti i iz zatvorenog prostora, a da pri tome nišandžija ima samo običnu zaštitu ušiju. Proizvođač nastavlja usavršavanje tehnologije, koja omogućuje izbacivanje neotrovne tečnosti kroz zadnji deo bacača pri lansiranju. Time se znatno smanjuju i buka i emisija otrovnih gasova.

Firma ALLIANT, koja razvija bacač AT4E1, takođe radi i na bacaču AT8 (sl. 1), koji se sastoji od bojne glave SMAW koja je pričvršćena na pogonski sistem AT4 i koristi isti bacač. Namešten je za izvoz kao oružje protiv bunkera, a takođe je još jedna potencijalna alternativa za MPIM. U toku ispitivanja bacača AT8, marta 1989, od 39 projektila 37 je lansirano uspešno, a samo dva su otkazala zbog toga što su im upaljači bili pogrešno postavljeni. U toku drugih ispitivanja, od 20 ispaljenih 17 je bilo uspešno, a tri su otkazala zbog gađanja ispod minimalne nišanske daljine.

Uprkos mnogih pokušaja da budu zamenjeni, bacači M72A3 ostaju u proizvodnji za potrebe kopnenih snaga SAD, Velike Britanije i Danske. U toku je razvoj narednih varijanti E4, E5 i E6. Sve imaju novi raketni motor koji povećava brzinu leta projektila sa 150 m/s na 200 m/s. Time se udvostručuje verovatnoća pogađanja na daljinu od 250 m, a maksimalni operativni dolet se povećava na 350 m. Za poboljšanje preciznosti koriste se nišani kao na puškama i rekonstruisani mehanizam za okidanje, koji obezbeđuje konstantnije povlačenje okidača.

Mada je američki KoV završio sa programom bacača M72E4 još februara 1986, firma TALLEY je nastavila sa radom na ovom projektu, ispitivanja su obavljena 1989, a kvalifikaciona ispitivanja su vršena u Norveškoj. Ova varijanta bacača namenjena je za izvoz.

Izrađeno je 70.000 primeraka varijante M72E5, koja se sastoji od bojne glave varijante E3 sa pogonskim sistemom i bacačem varijante E4 za potrebe KoV Finske. Želja nekih korisnika da dobije bacač, optimiziran protiv klase vozila BMP, dovela je do razvoja varijante E6.

Firma BRUNSWICK-DEFENSE završila je razvoj i izradu alata za kumulativnu bombu na raketni pogon kalibra 140 mm HESH-RAW (High-Explosive Squash Head Riflemann's As-

sault Weapon), koja se baca pomoću puške (sl. 2). Ima masu od 3,85 kg sa bojnom glavom od 1,1 kg. Ova bomba može da uništi urbane ciljeve, poljska utvrđenja i lako oklopljena vozila do daljine od 200 m pri neposrednom gađanju i do daljine od 2.000 m kada se gađa po balističkoj putanji. HESH-RAW se baca pomoću vojničke puške i koriste se standardni nišani puške. Obični bojni puščani metak i barutni gasovi pale raketni motor ove bombe. Upaljač sa promenljivim režimom dejstva (udarno ili tempirno) omogućuje korišćenje bacača i protiv »mekih« i protiv »tvrdih« ciljeva, uključujući i lakooklopljene.

Programi američke mornaričke pešadije

Firma McDONNELL DOUGLAS MISSILE SYSTEMS COMPANY prikazala je ručni bacač SMAW (Shoulder-launched Multipurpose Assault Weapon), koji je ušao u naoružanje mornaričke pešadije 1984, nekolicini stranih kupaca posle odobrenja izvoza. Bacač SMAW koristi višekratnu lansirnu cev, koja ima, kao integralni deo, pušku za korekturu. Može da izbacuje dva tipa projektila 83 mm: razorni dvonamenski HEDP (High-Explosive Dual-Purpose) protiv bunkera od vreća sa peskom, betonskih vatrenih položaja i lakooklopljenih vozila, i razorno-protivoklopni HEAA (High-Explosive Anti-Armour) koji sa bilo koje strane, može da uništi savremeni tenk, kao što je T-72.

Projektil HEDP ima upaljač koji može da razlikuje ojačani od neojačanog cilja, tako da će bojna glava detonirati u optimalnom vremenu. Pomoću projektila HEAA nišandžija bacača SMAW može da napadne tenkove do daljine od 500 m. Verovatnoća pogađanja prvim projektilom nepokretnog cilja, dimenzija 2,3 × 2,3 m, na to daljini iznosi 30%, a na daljini od 250 m verovatnoća se povećava do 75%. Pro-

izvođač tvrdi da je protivoklopni projektil prevazišao konstruktivni zahtev da uništi 600 mm valjanog homogenog oklopa sa izlaznim otvorom od 6,25 mm, pod uglom od 70°.

Firma OLIN ORDNANCE konstruisala je tromblonski projektil RAAM (Rifle-launched Anti-Armour Munition) za naoružanje američke mornaričke pešadije. RAAM se ispaljuje iz nemodifikovane puške M16A2, pomoću plastičnog adaptera koji se pričvršćuje na usta cevi. Standardno pušćano zrno ulazi u »hvatač zrna« (bullet trap) koji se nalazi u projektilu RAAM, izbacuje projektil iz puške i pali raketni motor. Ovakav princip pogona projektila obezbeđuje nišandžiju od dejstva udara i omogućuje da se projektil RAAM ispali iz zatvorenog prostora. Projektil RAAM je dugačak 56,4 cm, a masa mu je 1,65 kg. Ima kumulativno punjenje koje može da probije 400 mm

poboljšano oružje (LAW) bude bacač SRAW (Short-Range Anti-tank Weapon) (sl. 4), koji je razvijen pod nazivom BTI u okviru napora (Balanced Technology Initiative) za ubrzavanje uvođenja novih tehnologija u operativna oružja i opremu, smanjujući pri tome troškove.



Sl. 4 Predlog bacača firme HUGHESE AIR-CRAFT za američki program SRAW



Sl. 3 Protivoklopna municija RAAM koja se ispaljuje iz standardne puške M16A2 sa doimetom protiv tenkova od 10 do 250 m

valjanog homogenog oklopa, a inicira se pomoću sonde na određenoj daljini od cilja. Projektil se armira na daljini od 10 m od puške, ima maksimalni domet od 250 m pri neposrednom gađanju, a rasturanje pogotka je 4 mrad. Projektil RAAM prikazan je na slici 3.

Bacač SRAW

Američka mornarička pešadija planirala je da njeno lako protivoklopno

SRAW je bacač potrošnog tipa za jednog čoveka, namenjen za uništavanje tenkova sledeće generacije, koji su zaštićeni poboljšanim oklopom. Projektil se može lansirati i iz zatvorenog prostora, tako da se može koristiti za borbu u urbanim uslovima, a posle lansiranja on je autonoman. Zahtevani i poželjni parametri su dužina ispod 1,01 m, masa ispod 9,1 kg, maksimalni domet od 400 m, a poželjan je 500 m, minimalni domet 17 m (širina tipične evropske ulice), verovatnoća pogađanja 0,7 protiv nepokretnog cilja na daljini od 500 m, mogućnost napada na cilj koji prolazi brzinom 15 km/h na daljini od 200 m sa istom zahtevanom verovatnoćom pogađanja, a iste performanse i za cilj koji prolazi brzinom od 20 km/h na daljini od 250 m. Brzina gađanja trebalo bi da bude najmanje tri projektila u minuti, da nema mnogo dima pri lansiranju, a da su buka i IC odraz uzeti u obzir.

Dve firme, potpisnice ugovora za razvoj, treba da do marta 1992. isporuče po 45 projektila za ispitivanje. Od

toga broja 40 će se koristiti za utvrđivanje preciznosti, a preostali za ispitivanje uništavajućeg dejstva. Posebno će se ispitivati kombinacija bojne glave i upaljača.

Predložena konstrukcija firme LORAL AERONAUTICS predviđa napad sa gornje strane prilikom preletanja cilja (overflight top-attack) i ispaljivanje bojne glave kod koje se ubojni elementi formiraju eksplozijom, koji dejstvuju nadole prema cilju. Nišandžija nišani na cilj pomoću jednostavnog optičkog nišana sa nepomičnom mrežicom, a projektil leti pod komandom jednog jeftinog inercijalno-referentnog autopilota. Pri tome se putanja leta projektila podiže, tako da preleti cilj na određenoj visini. Laserski senzor, ukošen napred u nosu projektila, »hvata« prvu, pa drugu ivicu tenka, a zatim inicira boju glavu.

Kandidat firme HUGHES predstavlja bacač sa neposrednim gađanjem, a njegov projektil ima bojne glave u tandemu. Nišandžija drži cilj u nišanu i prati ga ako se on kreće. Projektil tada koristi ovo kretanje bacača radi proračunavanja korekcije u toku leta.

Francusko gledište na protivoklopne performanse

U budućnosti će se u bataljonima francuskog KoV-a sva vođena i nevođena oružja deliti prema dometu na četiri kategorije:

- dugog dometa (4.000—5.000 m): HOT i njegov naslednik AC3G dugog dometa,

- srednjeg dometa (2.000 m): MILAN i njegov naslednik AC3G srednjeg dometa,

- kratkog dometa (600 m): ERYX,

- vrlo kratkog dometa (do oko 300 m).

Dok su prva tri dometa pokrivena sistemima vođenih raketa radi postizanja preciznosti na većim daljinama do

cilja, vrlo kratki domet je oblast nevođenih raketnih sistema. Ako se isključi stari bacač LRAC Mle F1 89 mm, osnovno oružje u KoV Francuske za tu ulogu je APILAS. To je bacač potrošnog tipa, mase 9 kg, sa korisnim dometom od 300 m, a njegova bojna glava od 112 mm može da probije 720 mm oklopa. APILAS se sada smatra jednim od najefikasnijih oružja u svojoj kategoriji. Međutim, on je relativno skup i KoV Francuske ga kupuje po pojedinačnoj ceni od 25.000 francuskih franaka. Takođe zastareva, jer su prvi serijski modeli ušli u naoružanje 1983. Pored toga, njegov je veliki nedostatak što se ne može upotrebiti iz zatvorenog prostora.

U toku osamdesetih godina u Francuskoj su lansirana dva programa na osnovu dobro definisanih zahteva za protivoklopno oružje vrlo kratkog dometa. To su ACTTA i ACTCP.

ACTTA

Protivoklopni bacač za sve rodove ACTTA (Antichar Toutes Armes) jeste lak i jeftin sistem za naoružavanje i drugih rodova sem pešadije, kako bi se omogućilo da unište laki oklop i neutrališu tenkove. Taktičko-tehnički zahtevi traže domet od 200 m (poželjno i 300 m), mogućnost gađanja iz zatvorenog prostora, masu do 7 kg i, iznad svega, maksimalnu cenu od 8.000 francuskih franaka po ceni iz 1991. Ovaj poslednji uslov objašnjava zašto su francuske vlasti spremne da razmatraju oružja iz trgovačke mreže. Sada postoje tri kandidata: C90 firme INSTALAZA, švedski AT4C firme FFV i francuski AB92 firme MANURHIN.

Firma INSTALAZA, bez partnera, predložila je jednu od osnovnih verzija svog bacača C90 90 mm. Ova verzija se ne može koristiti iz zatvorenog prostora, ali joj je preimućstvo jeftinoća. AT4 CS se može koristiti iz zatvorenog prostora, predstavlja verziju bacača ne-

vođenih raketa 84 mm. Mogućnost gađanja iz zatvorenog prostora je ostvarena žongliranjem sa unutrašnjim balističkim karakteristikama bacača i dodavanjem jednog uređaja koji, ne striktno kao protivmasa, služi za eliminisanje naknadnog eksplozivnog talasa unazad. Ako se zatraži da tako uradi, proizvođač može da izradi novu dimno-zapaljivu bojnu glavu za neutralisanje teških oklopnih vozila.

Poslednji kandidat, AB92, jeste jedini bacač koji je posebno razvijen za program ACTTA. To je jednokratni sistem dužine 1 m sa maksimalnom masom od 6,9 kg. Ispaljuje nevođenu raketu 92 mm sa početnom brzinom od 290 m/s do daljine od 300 m sa maksimalnom visinom putanje od 1,7 m. Ima jednostruku kumulativnu bojnu glavu koja može da probije 520 mm valjanog homogenog oklopa. Verovatnoća pogađanja cilja na daljini od 300 m je nešto preko 90% kada su u pitanju nepokretni ciljevi i 80% kada su pokretni.

Pri lansiranju izbacuje se rasprskavajuća protivmasa, pa je ljudstvo u laku od 40^o sigurno i bezbedno na daljini manjoj od 20 m od zadnje ivice bacača. AB92 je rodonačelnik familije sistema koji će omogućiti korišćenje jednog jedinog vežbovnog bacača. Sastoji se od skraćene verzije (0,80 m), lake verzije (5,1 kg), verzije smanjenog dometa (200 m), koji je firma MANURHIN predložila za američki program MPIM (Multi-Purpose Individual Munition) — univerzalna individualna municija, zapaljivog oružja (SAMI) dužine 1 m i mase 10 kg sa dometom od 150 m, koje će se pojaviti pre 1995. i bacača vrlo kratkog dometa protivoklopnog tipa AVTCP.

Zvanično ocenjivanje učesnika u konkursu ACTTA počelo je novembra 1990. i trebalo je da se završi februara ili marta 1991. Sredinom 1991. doneće se odluka o nabavci, a isporuka potrebnih 100.000 raketnih bacača trebalo bi da počne 1994.

ACTCP

Paralelno sa razvojem programa ACTTA Francuzi su započeli i program protivoklopnog bacača vrlo kratkog dometa ACTCP (AntiChar à Très Courte Portée) za naoružavanje pešadije. Biće u stanju da uništi oklop savremenih borbenih tenkova pod svim uglovima udara i na daljinama od 15 do 300 m. Taktičko-tehnički zahtevi su posebno ambiciozni, traži se bacač lakši od 7 kg i kraći od 0,8 m, sa mogućnošću ispaljivanja iz zatvorenog prostora, uvis ili nadole, a da mu cena bude oko 10.000 francuskih franaka.

Pet proizvođača izradilo je ukupno šest različitih tehničkih rešenja. Firma MANURHIN (sada član grupacije GIAT) predložila je verziju bacača AB92 sa tandemskom bojnou glavom, koja koristi puni kalibar originalne lansirne cevi. Firma LUCHAIRE ima dva predloga projektila sa stabilizacijom nagiba, jedan za neposredni napad, a drugi za napad nadole pri preletanju cilja. Firma THOMSON-BRANDT ARMENT nudi verziju za neposredni napad isto kao i firma HUNTING ENGINEERING (jedinu strani učesnik), dok francuska firma AEROSPATIALE predlaže projektil koji napada nadole pri likom preletanja cilja, a ima žiroskopsku stabilizaciju. Postoji ozbiljna opasnost da program ACTCP ne napreduje dalje od faze studije na papiru, pod uslovima da ne bude dovoljno novca za nastavak punog tehničkog razvoja oba programa (i ACTTA i ACTCP) i da je francuskoj potrebno samo 16.000 bacača čije bi isporuke verovatno bile 1997. Usled toga još nije došlo do obraćanja Britancima za iniciranje zajedničkog programa.

Stanje u istraživačko-razvojnom radu u Francuskoj

U oblasti istraživanja, laboratorijska ispitivanja košuljica punjenja od vrlo gustog materijala, kao što je osi-

romašeni uran, i eksplozivna velikih energija, pokazala su da je moguće postići sposobnost probijanja debljine oko 14 prečnika bojne glave. Međutim, uopšteno je prihvaćeno da će performanse serijskih modela biti smanjene sa faktorom od oko 20%.

Umesto da traže veliko poboljšanje probojne moći, konstruktori bojnih glava izgleda da su sada koncentrisani više u pokušaju da poboljšaju konzistentnost performansi u odnosu na kalibar, posebno što se tiče tandemskih punjenja.

P.M.

Nemačka samohodna haubica (PANZERHAUBITZE)

»PzH 2000«*

Uvod

Brojni su primeri međunarodnih ugovora o saradnji i razvoju naoružanja, radi standardizacije, uzajamne zamenjivosti, podele rada i smanjivanja troškova razvoja. Međutim, ono što je poželjno iz političkog, ekonomskog i operativnog aspekta, može da bude nepoželjno i neizvodljivo, ako nisu usaglašeni parametri zajedničkog programa razvoja. Primer za to je trinacionalni razvoj programa samohodne haubice SP70, započet 1972, a obustavljen 1986. Za sve učesnike u ovom razvojnom programu to je bila skupa lekcija, kako sa aspekta troškova, tako i izgubljenog vremena. Nemačke potrebe za naslednikom samohodne haubice M109 iznete su 1968, ali neće biti zadovoljene pre 1997. samohodnom haubicom PzH 2000 koja je nacionalni razvojni program.

Ne želeći da okrive nijednog od tri učesnika u razvoju SP70, koji je koštao oko 400 miliona dolara (nemački

udeo je oko 400 miliona DEM), navode da je osnovni nedostatak SP70 bila nepouzdanost, a osnovni hendikep činjenica da je svaka nacija — učesnica imala sopstvenog nosioca ugovora. Napori da se iz logističkih razloga koriste postojeće komponente, kao što je oruđe haubice FH70 i šasija tenka LEOPARD 1, očevidno su bili očiti promašaji, jer je to štetilo fleksibilnosti konstrukcije. Različiti nacionalni taktičko-tehnički zahtevi stvarali su teškoće, a one su uvećavane brojnim tehničkim problemima, što se nije moglo rešavati delimičnim rešenjima. Poseban je problem u snabdevanju municijom (ručno punjenje) a i pozadinske jedinice nisu se pokazale zadovoljavajućim.

Uočivši ranije greške, nemački planeri nabavki naoružanja sada su znali da postave prioritete, kada su 1987. utvrdili taktičko-tehničke zahteve za nacionalni program zamene samohodne haubice.

Osnovni taktičko-tehnički zahtevi su:

- autonomija u pogledu upravljanja vatrom, navigacije i snabdevanja municijom (borbeni komplet 60 metaka);

- automatski punjač municije, čime bi se smanjila posada;

- velika brzina gađanja (3 metka/10 s za rafalno gađanje, odnosno 8 metaka/min ili 20 metaka/3 min za neprekidno gađanje) u kombinaciji sa preciznošću gađanja i kratkim vremenom reagovanja;

- mogućnost raspolaganja potrebnim brojem haubica;

- visoki stepen pokretljivosti;

- velika verovatnoća opstanka na bojištu, tj. savremena oklopna zaštita.

Godine 1987. zaključen je ugovor u vrednosti 89 miliona maraka sa dve grupacije firmi za nadmetanje u fazi definisanja koncepcije. Južnu grupu sačinjavale su firme KRAUSSMAFFEL, RHEINMETALL i KuKa, a severnu WEGMANN i KRUPP MaK. Prema u-

* Prema podacima iz časopisa »International defense reviews«, 3/1991.

govoru, svaki konzorcijum treba da izradi po jedan tehnološki demonstrator i oba demonstratora su bila kompletirana pre kraja 1989. Pošto su prošli kroz fabrička ispitivanja, oba demonstratora su predana za uporedna ispitivanja početkom 1990, a pre kraja iste godine zaključen je ugovor sa severnom grupom, jer je njihova koncepcija usvojena zbog boljeg automatskog sistema punjenja oruđa. Prema ugovoru vrednom 195 miliona maraka, ovaj konzorcijum treba da izradi četiri prototipa u toku naredne dve godine, tako što bi prvi prototip trebalo da bude isporučen u jesen 1991, a ostali u mesečnim intervalima. Po ugovoru je obuhvaćena modifikacija demonstratora (sl. 1) do standarda prototipa. Tehničko ocenjivanje će početi 1993. i trajće dve godine, a trupna i pozadinska ispitivanja će se obaviti paralelno. Odluka o serijskoj proizvodnji i razmeštaju očekuje se do sredine 1995, a isporuka serijskih haubica PzH 2000 verovatno će početi posle dve godine.



Sl. 1 Demonstrator samohodne haubice 155 mm PzH 2000, predlog firme WEGMANN i MaK

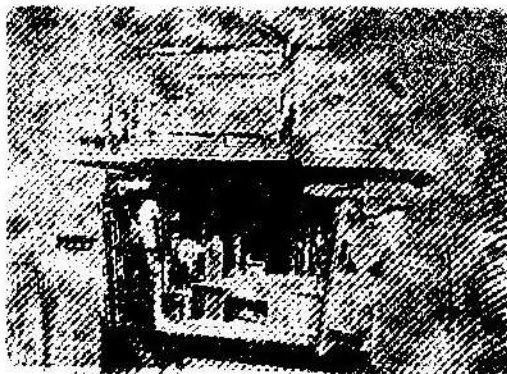
Prva faza programa (kombinacija koncepcije i definicije) trajala je neobično kratko, jer su oba ponuđena demonstratora ne samo kompletirana, već

su i prošli dvogodišnja fabrička ispitivanja. Veliki doprinos ubrzanju razvojne faze je u novoj menadžerskoj politici ministarstva odbrane, koja se sastoji u postavljanju ciljeva i proveravanju rezultata bez ulaženja u detalje.

Druga proceduralna novina je tzv. »blok garancija« radi poboljšanja rentabilnosti (efikasnosti u odnosu na cenu). Proizvođač garantuje da će obezbediti potreban broj ovih samohodnih haubica, a to znači da će obezbediti remont i ako je potrebno poboljšanja po fiksnoj ceni, koja je utvrđena ugovorom o kupovini. Aranžman obuhvata prelazni period, dok se korisnik ne obuči i reši svaki bitni problem.

Karakteristike samohodne haubice PzH 2000

Jedno od iskustava, stečenih sa haubicom FH70, bilo je da smeštaj motora u zadnji deo vozila ograničava prostor za smeštaj municije, pa je jedan od osnovnih TTZ za samohodnu haubicu PzH 2000 bio da motor bude u prednjem delu, što su usvojila oba po-



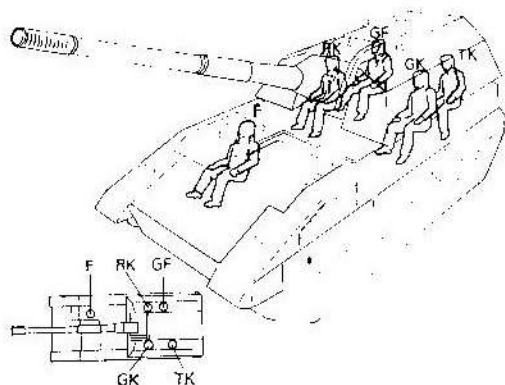
Sl. 2 Pogled na samohodnu haubicu PzH 2000 sa zadnje strane, sa širokim dvokrilnim vratima. Vežbovni projektili spremni za utovar.

nuđača. Izabrano konstruktivno rešenje sa smeštajem spremišta municije u sredini zahtevalo je njegovo odvajanje od borbenog odeljenja, a kapacitet spre-

mišta je 60 metaka. Ovakav aranžman omogućuje da se komponente automatskog punjača smeste ispod korpe kupole.

Oruđe 155 mm 52 kalibra, firme RHEINMETALL, ima barutnu komoru od 23 l i ukupnu dužinu 8,060 m. Dužina cevi koja prevazilazi ivicu vozila zadržana je na 3,30 m (kod cevi samohodne haubice M109 cev dužine 39 kalibra prevazilazi ivicu vozila 2,70 m) postavljanjem prstena kupole, što je moguće nazad na šasiji. Velika dvokrilna zadnja vrata (1,10 × 1,60 m) omogućuju neposredni ulazak u borbenu odeljenje, a služe i kao vrata za spasavanje posade i vozača (sl. 2).

Pogonska grupa u obliku slova L smeštena je u prednjem levom delu vozila, a vozač je sa desne strane. Nišandžija sedi ispred komandira, a punilac ispred punioca barutnih punjenja (sl. 3).



Sl. 3 Razmeštaj članova posade u samohodnoj haubici PzH 2000:

F — vozač; RK — nišandžija; GF — komandir; GK — punilac projektila; TK — punilac barutnih punjenja

Pokretljivost vozila

Samohodna haubica PzH 2000 ima modifikovanu verziju hodnog dela tenka LEOPARD 1 sa sedam potpornih točkova i gusenicama širine 550 mm. Demonstrator-haubicu pokreće dizel-

-motor smanjene snage MTU MT883 sa 12 cilindara, dok će serijska vozila imati kompaktniji osmocilindarski dizel-motor MTU 881, snage 736 kW.

Motor je spojen sa transmisijom-upravljačkim uređajem HSWL 284C firme RENK sa elektronskim upravljanjem i četverostepenim prenosom koji u sebi ima i sistem usporivača (retardera).

Hodni deo vozila zasnovan je na torzionom oslanjanju, a potporni točkovi imaju linearne amortizere i hidrauličke odbojnice. Navodi se da je maksimalna brzina vozila preko 60 km/h.

Vatrena moć haubice

Oruđe LANGESROHR ispaljuje standardne NATO projektele 155 mm i barutna punjenja, a i one koji će biti razvijeni prema revidiranom dogovoru četiri zemlje. Oruđe ima poluautomatski klizni zatvarač i novu gasnu kočnicu. Utvrđena maksimalna početna brzina sa novim maksimalnim barutnim punjenjem je 945 m/s. Maksimalni dolet sa razornim projektilom L15 (koji nema reaktivni pogon) iznosi 30 km, dok će dolet projektila povećanog dometa biti 40 km. Ima novi mehanički balansni uređaj za kompenzaciju umesto uobičajenog hidrauličkog cilindra sa gasnom oprugom.

Punjenje oruđa je poluautomatsko, ali će biti automatsko čim bude na raspolaganju modularni sistem pogonskih punjenja UNICHARGE. Sadašnja pogonska punjenja u vrećicama treba puniti ručno. Osnovni elementi sistema punjenja obuhvataju transportnu šinu, magacin sa mehanizmom za punjenje topa projektilima, prenosnu polugu i pneumatski potiskivač. I transportna šina i mehanizam za punjenje topa pokreću se duž tri ose i svako od njih ima po tri električna pogona. Sistem punjača topa ima sedam električnih pogona sa naizmeničnom strujom i jedan

pneumatski pogon. U slučaju nekog otoka postoje električno poluautomatsko i ručno punjenje.

Ugrađeni digitalni sistem za upravljanje vatrom firme WEGMANN i integrisani inercijalni navigacijski sistem postavljeni na elevacionoj masi obezbeđuju visoki stepen operativne autonomije. Postoje dve opcije navigacijskog sistema: mehanička žiroskopska inercijalna platforma firme BGT je ekstenzivno ispitivana u samohodnoj haubici PzH 2000, dok je nedavno ugrađen modularni sistem MAPS (Modular Azimuth Positioning System), firme HONEYWELL zasnovan na prstenastom laserskom žiroskopu. Centralni računar MICROS proračunava balističke podatke i elemente gađanja, a takođe upravlja računarom za municiju preko magistrale podataka »milbus«. Za napad na cilj neposrednim gađanjem, komandir samohodne haubice ima višespektralnu varijantu PERI-RTWFL 90 modularnog panoramskog nišanskog sistema firme ZEISS, zajedno sa laserskim daljinomerom i balističkim procesorom i televizijske i termovizijske dnevno-noćne osmatračke kanale. On, takođe, ima standardni optički periskop PERI-19 kao neelektronski rezervni periskop.

Posle završne demonstracije januara ove godine na jednom poligonu severne Nemačke, probna haubica treba da bude raslopljena, kako bi se izvršile potrebne modifikacije radi prevođenja u status prototipa. Tom prilikom samohodna haubica PzH 2000 (demonstrator) pokazala je da ona zaista može da u toku 10 s ispali salvu od tri metka, mada su iz bezbednosnih razloga na poligonu korišćena samo barutna punjenja »zone 5«. Navodi se da je obavljeno ispitivanje stabilnosti kupole u svim njenim položajima i da je obavljeno sa ovim demonstratorom 24-časovno dnevno taktičko ispitivanje na bojištu. Međutim, do sada su sva ispitivanja demonstratora samohodne haubice PzH 2000 obavljale civilne posade, koristeći samo službeni sistem barutnih vrećica, prvobitno konstruisan za

cevi dužine 39 kalibara sa 18-litarskom zapreminom barutne komore.

Prema navodu zvaničnog lica iz ovog programa jedan revidirani prototipski sistem 6-zonskog UNICHARGE punjenja, konstruisan da zadovolji uslove 23-litarske barutne komore topa LANGESROHR, do sada je ispaljen samo iz jednog probnog oruđa firme RHEINMETALL sa dužinom cevi od 52 kalibra. Pomenuti UNICHARGE barutni sistem MTLIS izgleda da se ne uklapa sa američkim zahtevom za municiju niskog stepena ranjivosti LOVA (Low-Vulnerability Ammunition). Pomenuti zahtev nije potpuno definisan i neće biti sproveden bez mišljenja drugih potpisnika međunarodnog balističkog dogovora. Očekuje se da će MTLIS, koji se sada nalazi u fazi konkursnog razvoja kod firmi DYNAMIT NOBEL AG i RHEINMETALL, ugraditi u sebe takve zahteve u pogledu neosetljivosti o kojima se bude dogovorilo do završetka razvoja.

Odobrenje za bojno gađanje sa učestvovanjem vojnih posada i sa novim sistemom barutnog punjenja sa samohodnom haubicom PzH 2000 biće dato nešto pre početka trupnih ispitivanja planiranih za kraj 1993.

Verovatnoća opstanka na bojištu

Telo i kupola samohodne haubice PzH 2000 izrađeni su od čeličnog oklopa koji štiti od dejstva teških mitraljeza i parčadi artiljerijskih projektila. Zaštita od napada malim kumulativnim bombama na gornju ploču haubice obezbeđena je pločama reaktivnog oklopa, koje se brzo mogu postaviti i skinuti sa krova snagama same posade uz pomoć formacijske opreme haubice. Međutim, navodi se da će samohodna haubica PzH 2000, kao i sve druge, biti osjetljiva na savremene protivoklopne mine.

Pored toga, samohodna haubica PzH 2000 ima izvestan stepen zaštite od elektromagnetskih impulsa kao posledice nuklearnih eksplozija i opremljena je sistemima NBH zaštite i ventilacije. Jedna obloga u borbenom odeljenju štiti članove posade od neutronskog zračenja. Umesto hidrauličkog, koristi se električni pogon kupole.

Pored osnovnog oruđa, ova samohodna haubica naoružana je i mitraljezom 7,62 mm za samoodbranu, a četiri bacača dimnih bombi obezbeđuju dimnu zavesu od 360°.

Zvanični krugovi i u vojsci i u industriji veruju u budućnost samohodne haubice PzH 2000. I pored specifičnih nemačkih potreba od 800 do 900 artiljerijskih oruđa 155 mm, postoji širom sveta potencijalno tržište za zamenu oko 5.000 samohodnih haubica M109. Ove haubice u nemačkom KoV-u stare su oko 30 godina i njihov potencijal modifikacija završen je sa haubicom M109A3G. Kako je sada koncept haubice PzH 2000 čvrsto ustanovljen, u budućem stepenu razvoja možda bi bila dobrodošla kooperacija, posebno kada je u pitanju program razvoja savremenog artiljerijskog sistema poljske artiljerije (Advanced Field Artillery System), koji je u SAD u ranoj fazi razvoja.

Zaključak

Naglašava se da će samohodna haubica PzH 2000 biti potrebna uprkos promenama na istočnoevropskom bojištu. Visoke performanse ove haubice kompenziraće planirano smanjivanje ljudstva i opreme konvencionalnih snaga u Evropi. Dok samohodna haubica PzH 2000 ima petočlanu posadu, M109 ima osmočlanu. Ako smanjeni broj članova posade i nije važan, odlučujući faktor izgleda da je cena. Očekuje se da će troškovi razvoja PzH 2000 u pu-

noj veličini koštati dodatnih 270 miliona DEM i da će cena jedne samohodne haubice PzH 2000 biti približno ceni jednog tenka LEOPARD 2. Ostaje da se vidi da li će nemački poreski obveznici biti spremni da to plate.

Tehnički podaci za samohodnu haubicu PzH 2000

Kalibar osnovnog oruđa [mm]	155
Dužina cevi [kalibara]	52
Elevacija [stepeni]	—2,5 do +65
Pokretanje po pravcu [stepeni]	360
Brzina gađanja	3 metka/10 s 8 metaka/min
Efikasni domet razornim projektilom [km]	30
Efikasni domet projektilom produženog dometa [km]	40
Borbeni voženi komplet municije [metaka]	60
Borbeni voženi komplet municije [barutnog punjenja]	67
Sekundarno naoružanje	PVO mitraljez 7,62 mm 16 bacača dimnih bombi
Brzina kretanja [km/h]	60
Autonomija vožnje [km]	420
Snaga motora [kW]	736
Klasa savlađivanja mostova (sa dodatnim oklopom)	MIC60
Specifična snaga [kW/t]	13,2
Broj članova posade (vidi sl. 3)	5

P.M.

Laki američki top MF 30 mm*)

Američka firma SWC (Support Weapons Corp) konstruisala je top MF 30 mm, koji ispaljuje standardnu municiju topova ADEN/DEFA sa dometom od oko 4.700 m. Masa mu je ispod 50 kg i ima vrlo malo trzanje. Firma je predstavila ovaj top kao univerzalno oružje za podršku kopnenih, vazduhoplovno-desantnih i pomorskih dejstava. Firma SWC je patentirala metod za smanjivanje trzanja na manje od 6,28 kN, što odgovara trzanju teškog mitraljeza M2 12,7 mm, rasejavanjem opterećenja sa vremenom trzanja. Top MF može da zameni mitraljez M2 ili bacač bombi Mk40 40 mm na sadašnjim zemaljskim tronošcima i složenim postoljima (sl. 1).



Sl. 1 Laki top MF 30 mm

Firma SWC je takođe konstruisala zemaljsko postolje niskog profila, koje omogućuje da se iz ovog topa gađa horizontalno ili sa elevacijom do 45°. To će omogućiti, da top MF može da posluži i kao minobacač, korišćenjem novog metka koji ima toliko barutnog punjenja da održava automatski (ciklični) rad topa. Ostatak postojeće zapremine u čauri može se iskoristiti za smeštaj ubojnih sredstava, kao što je kombinacija kumulativnog punjenja u prednjem delu i rasprskavajućeg tela sa odgovarajućom masom eksploziva. Top se može postaviti na platformu bez posluge za kružnu odbranu granice čuvanog objekta ili zone, korišćenjem pomenutog

metka tipa minobacačke mine, koji može da ispaljuje punom brzinom gađanja od 450 metaka/min, povremeno pomerajući vatru po pravcu i daljini i time obezbeđujući vatru za neutralisanje na površini od 1 km².

Proizvođač, firma SWC, veruje da bi top MF 30 mm mogao da obavlja uloge koje sada obavljaju bestrzajni topovi, laki protivoklopni bacači i drugo protivoklopno oružje, pored zamene teških mitraljeza ili bacača bombi. Cena ovog topa mogla bi da bude oko 60.000 dolara u proizvodnji (sa tronošcem, rezervnom cevi i nekim rezervnim delovima, a što se tiče municije — cena jednog metka HEDP je 22 dolara.

Proizvođač je uspešno obavio gađanje iz vazduha, tako što je ovaj top bio ugrađen u ultralaki avion, a konstruisana je i instalacija za autožir HURRICANE, čija je cena, u osnovnoj verziji, 16.000 dolara. Ovaj top bi se ugradio ispod trupa. Municijski doboš sa 50 metaka ugrađen je u stub (pilon) rotora, a puni top municijom slobodnim padom kroz jedan žleb u kojem se nalazi još 150 metaka.

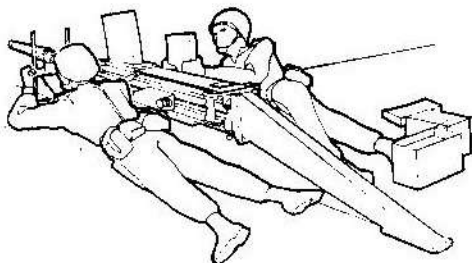
Princip rada topa MF 30 mm je korišćenje trzanja za automatski rad sa potpuno zabravljenim zatvaračem. Sa gornje strane može se priključiti kutijasti okvir sa 10 metaka, ili se može koristiti punjenje pomoću redenika. Top može da gađa jedinačno, poluautomatski (zabravljen zatvarač) i potpuno automatski (zatvarač odbravljen). Brzina gađanja je do 450 metaka/min. Početna brzina projektila je 1.200 m/s, a efikasni domet do 2.000 m. Projektilu je potrebno 3,6 s do daljine od 1.500 m.

Top MF 30 mm ispaljivaće svaki metak iz familije municije ADEN/DEFA, uključujući M789 HEDP, koji može da probije 75 mm balistički ojačanog oklopa, a ima i odgovarajuće parčadno dejstvo; razorno-zapaljivi M799 HEI, koji ima 43 g razornog eksploziva i M733 TP. Istraživačko-razvojni centar američkog KoV (ARDEC) tražio je od firme SWC da ne otkriva podatke

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 2/1991.

o preciznosti ovog topa, ali je top više puta pogađao bunđeve kao mete mećima TP, jedinačnim gađanjem na daljini od 500 m.

Dužina topa MF 30 mm je 1,7 m, a masa ispod 50 kg. Proučava se mogućnost izrade nekih spoljašnjih delova od plastičnog materijala, otpornog na udar, radi daljeg smanjivanja mase topa. Top ima manje od 100 sastavnih delova, a može se rastaviti u poljskim uslovima bez specijalnog alata.



Sl. 2 Postolje niskog profila za top MF 30 mm

Ovaj top predviđen je i za izvoz. Proizvođač nastoji da usavrši oružje i želi da sarađuje sa kupcima radi dovođenja oružja u puno operativno stanje.

U topu ASP, firme McDONNELL DOUGLAS, vidi se realan konkurent. Pregovara se sa firmom AMERICAN DYNAMICS o ugradnji topa MF 30 mm u modularnu kupolu, koja je namenjena za ugradnju na M113.

P.M.

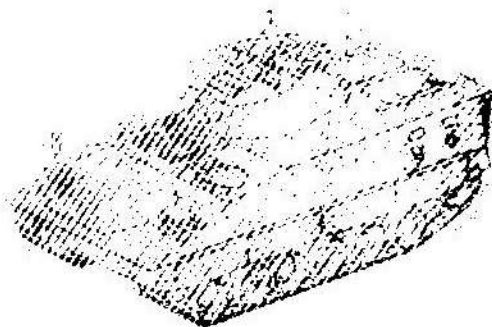
Španska oklopna borbená vozila*)

Špansko državno preduzeće SANTA BARBARA proširilo je svoju aktivnost u oblasti oklopnih borbenih vozila preuzimanjem vojne proizvodnje firme ENASA/PEGASO. Ekípa veoma kvalifikovanih stručnjaka prebačena je u firmu SANTA BARBARA, pa se sa-

da odeljenje za vojna vozila bavi naučnoistraživačkim radom, konstruisanjem, proizvodnjom i marketingom.

Vojna proizvodnja ima perspektivu. U uslovima nesigurne međunarodne situacije i velikog smanjivanja vojnih budžeta, adut firme SANTA BARBARA je nesumnjivi kapacitet za inovacije.

Glavna oklopna vozila firme ENASA su srednje oklopno vozilo na točkovima BMR (Blindado Medio con Ruedas) i lako oklopno vozilo na točkovima BLR (Blindado Ligero con Ruedas), a i amfibijsko vozilo 4 × 4 VAP. Različite verzije sva tri pomenuta vozila su u naoružanju KoV Španije i u nekim srednjeistočnim zemljama. Ova vozila mogu da budu opremljena kupolama TC-13 (sl. 1), TC-3, TC-9 (sl. 2), AC-10 i drugim. BMR-VEC (Vehículo de Exploración de Caballería) je izviđačko vo-



Sl. 1 BMR sa kupolom TC-13 (pojednostavljena kupola TC-25)



Sl. 2 BLR sa kupolom TC-9 za policijske zadatke

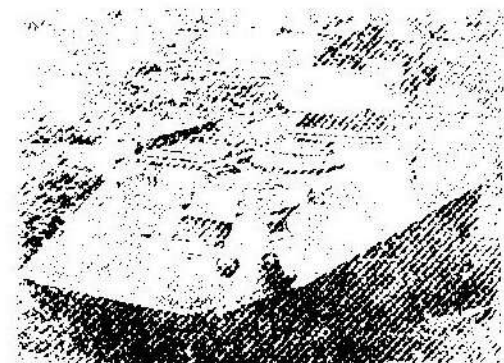
*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 4/1991.

zilo, a takođe postoji i ambulantna verzija (sl. 3) i minobacačka verzija 81 mm.

Jedna od aktivnosti je i modifikacija postojećih vozila i već nekoliko godina radi se na modernizaciji 150 špan-



Sl. 3 Sanitetska verzija BMR



Sl. 4 Novo vozilo BLC

skih tenkova AMX-30. Zamenjuju se motor i transmisija, vrši se potpuni pregled, a u izvesnim slučajevima ugradnja noćnih nišana.

Takođe se vrši modernizacija inženjerskog borbenog vozila VCZ (Vehículo de Combate de Zapadores) koje je zasnovano na šasiji oklopnog transportera M113, koji u Španiji nosi oznaku TOA, modernizuju se i vozila BMR španskog KoV-a.

Jedan od programa vojnog dela fabrike SANTA BARBARA je razvoj jednog civilnog vozila, zasnovanog na ša-

siji BMR, koje je namenjeno da se koristi u slučajevima prirodnih, hemijskih i nuklearnih katastrofa. Već je izrađen prototip ovog vozila, a zaključen je i ugovor sa firmom PEUGEOT-TALBOT za pretvaranje tenkova M47 u inženjerska vozila.

U srednjoročne programe spada i modernizacija tenkova M60A1, koji će biti povučeni iz Srednje Evrope prema dogovorima o razoružanju. SAD će ove tenkove preneti Španiji pa će biti modernizovani do standarda M60A3.

Zaključen je u međuvremenu ugovor sa britanskom firmom ALVIS za saradnju u razvoju nove familije lakih oklopnih vozila na točkovima po britanskim zahtevima FFLAV (Future Family of Light Armoured Vehicles). Takođe se saraduje sa američkom firmom FMC na modernizaciji španskih oklopnih vozila M113.

Najzad, firma SANTA BARBARA razvija novo amfibijsko vozilo 6 × 6 VMA (Vehículo Mecanizado Anfíbio) za špansku mornaričku pešadiju. Već su izrađena dva prototipa i obavljeno je nekoliko prikazivanja potencijalnim kupcima koji su tražili sprovođenje različitih modifikacija.

U Španiji je bilo dosta diskusija o budućem borbenom vozilu pešadije VCI (Vehículo de Combate de la Infantería) za potrebe španskih mehanizovanih snaga. Firma SANTA BARBARA sprovodi ovaj projekt paralelno sa programom razvoja sličnog lakog oklopnog vozila na gusenicama, koje je namenjeno za izvoz. To je BLC (Blindado Ligero de Cadenas) (sl. 4), koje treba da se razvije u saradnji sa austrijskom firmom STEYR koja je uglavnom, zadužena za naoružanje vozila.

Vozilo BLC, a možda i špansko VCI, imaće prednju transmisiju. Prototip bi se trebalo da pojavi 1991, a šasija će predstavljati osnovu za mnoge varijante. Vozilo će imati vrlo nisku siluetu, kao i sniženi toplotni odraz i buku. Biće u stanju da deluje bez pripreme u temperaturnom opsegu od

-25°C do +45°C. Dobra specifična snaga vozila omogućuje pokretljivost po svakom zemljištu. BIC će imati posadu od dve nišandžije u kupoli, zatim vozača i odeljenje od 8 vojnika. Planirano je da bude naoružano topom 20 ili 25 mm, a razmatraće se povećanje kalibra ugrađenog topa na 30 ili 35 mm.

Planirane su sledeće borbene varijante vozila: oklopni transporter, izviđačko vozilo, vozilo za vatrenu podršku, borbeno vozilo i srednji tenk sa topom 105 mm. U verzije za podršku spadaju protivoklopno, protivavionsko, vozilo naoružano vođenim projektilima zemlja-vazduh i vozilo-nosač minobacača. Takođe će biti inženjersko vozilo, sanitetsko, vozilo za spasavanje i izvlačenje drugih vozila i transporter tenkova za pozadinsku podršku i komandno vozilo za korekturu vatre artiljerije.

Privremeni taktičko-tehnički podaci za vozilo BLC

Ocenjena masa [kg]	18.800
Dužina sa topom 30 mm napred [m]	6,173
Dužina sa topom 30 mm nazad [m]	6,405
Širina [m]	2,650
Visina do visine tela vozila [m]	1,176
Vatrena visina [m]	2,085
Visina do vrha periskopa [m]	2,575
Klirens [m]	0,450
Dužina gusenica na zemlji [m]	3,570
Prenosni odnos zaokreta	1,54
Pritisak na tlo [kPa]	68,1
Maksimalna brzina na putu [km/h]	70
Brzina krstarenja putem [km/h]	50
Maksimalna brzina unazad [km/h]	23,5
Autonomija vožnje [km]	500—550

Specifična snaga [kW/t]	19,4
Prečnik zaokreta [mm]	7.150

P.M.

Napredak u razvoju oklopnih materijala*)

Dok se o debljini i nagibu oklopa savremenih borbenih vozila dosta piše i zna, to nije slučaj i sa materijalima koji služe za izradu oklopne zaštite. Nestručnjacima taj problem nije mnogo značio u prošlosti, kada su sva oklopna borbena vozila imala isti tip čeličnog oklopa. Ta situacija počela je da se menja pre trideset godina, kada su se pojavila vozila sa oklopom koji nije sadržavao gvožđe. Kasnije, situacija se još više promenila kada je počelo korišćenje nemetalnih materijala za izradu oklopa koji se veoma razlikuju od tradicionalnih oblika oklopa. Zbog toga je veoma važno razlikovati različite vrste oklopnih materijala i upoznati se sa njihovim različitim karakteristikama.

Na žalost, razvoj novih vrsta oklopnih materijala obavljen je tajnom, pa je i ceo aspekt oklopne zaštite obavljen velom misterije. Međutim, u poslednje vreme objavljeno je dovoljno informacija koje su, bar delimično, skenirale taj veo tajnosti. Neke od ovih informacija sadrže podatke koje su objavili neki proizvođači materijala za izradu oklopa, dok su druge informacije nađene u materijalima koji su objavili naučnici, posebno oni iz SAD, Nemačke i Švedske, pa čak i iz SSSR-a i Poljske.

Aluminijumski oklop

Najviše podataka je objavljeno o materijalima za lako oklopljena vozila, čiji je oklop namenjen, uglavnom, za

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 4/1991.

zaštitu članova posade od malokalibarskih zrna i parčadi granata. Zaštita je obično obezbeđena pločama valjanog homogenog čelika sa tvrdoćom po Brinelu od 320 do 380 i veći deo lakooklopljenih vozila i dalje koristi ovu vrstu oklopa.

Međutim, od 1960. veći broj lako oklopljenih vozila ima aluminijumski oklop. Ovu vrstu oklopa bez sadržaja gvožđa najpre su proizvele američke firme KAISER ALUMINIUM i CHEMICAL CORPORATION, a primenjen je u masovno korišćenom oklopnom transporteru M113. Oklop ovog vozila sastoji se od legure aluminijum-magnezijum-mangan 5083, koji se pokazao efikasniji za zaštitu od parčadi granata nego oklop od valjanog homogenog čelika. Međutim, tvrdoća legure 5083 je samo reda 75 po Brinelu, pa zbog toga ova legura ima manji efekat protiv dejstva zrna velike brzine.

Relativni efekat legure 5083, kao i drugih tipova oklopa, može se oceniti kada se uporedi njena površinska gustina (njena masa po jedinici površine) sa površinskom gustinom valjanog homogenog oklopa, koji obezbeđuje isti stepen zaštite od napada određene vrste projektila. To se, obično, postiže kada se površinska gustina valjanog homogenog oklopa podeli površinskom gustinom oklopa o kojem se radi, a dobijeni odnos se naziva efektivnost po masi (mass effectiveness) tog oklopa u zaštiti od određene vrste zrna (projektila). Drugim rečima, to je nivo zaštite prema uloženoj masi oklopa.

Laka oklopna vozila najviše su ugrožena od napada pancirnim zrnima 7,62 mm. Kada se ova zrna ispale iz neposredne blizine u ploče od oklopa 5083, pod uglom od 90° , efekat po masi ovog oklopa je samo 0,89, kako se to vidi iz tabele 1. Zbog toga je oklop 5083 manje privlačan za zaštitu oklopnih transportera i drugih vozila, koja su obično izložena oružju puščanog kalibra, nego za zaštitu samohodnih topova koji su, prvenstveno, izloženi dejstvu parčadi artiljerijskih projektila. Međutim, niski

efekat po masi oklopa 5083 može se kompenzirati njegovim izvanrednim konstruktivnim karakteristikama, koje mogu da dovedu do značajnog smanjivanja strukturalne mase lakih oklopnih vozila. Nesumljivo je da su balistički nedostaci legure 5083 tokom šezdesetih godina podstakli razvoj druge generacije serije LXXX toplo obrađenih legura aluminijum-cink-magnezijum. Tu spadaju: legura 7039, američke firme ALCOA, 7017, britanske firme ALCAN PLATE, i 7020, francuske firme PECHINEY. Legure ovog tipa su tvrde (do 150 HB), a i jače, a njihov efekat po masi protiv pancirnih zrna 7,62 mm pri udaru pod pravim uglom je do oko 1,4, što obezbeđuje dovoljnu uštedu u masi oklopnog vozila u odnosu na oklop od valjanog homogenog oklopa.

Međutim, legure serije 7XXX podložne su prskanju usled korozivnih naprezanja, pa preduzimanje mera za smanjivanje ovog nedostatka na minimum, usložava proizvodnju i povećava troškove. U daljem razvojnom radu, firma ALCAN PLATE proizvela je poboljšane legure 7XXX, a firma ALCOA razvila je alternativne legure serije 2XXX za koje se tvrdi da ne pate od korozivnih problema.

Međutim, što se tiče efekta po masi na dejstvo pancirnih zrna, aluminijumske legure se sada, radi poboljšanja oklopa, kombinuju sa spoljašnjim pločama od čeličnog oklopa velike tvrdoće. Ovakvu kombinaciju primenila je firma FMC krajem šezdesetih godina na vozilu XM756, koje je bilo eksperimentalni derivat oklopnog transportera M113. Od tada je ovakva kombinacija primenjena kod mnogih vozila, uključujući oklopno borbena vozila pešadije firme FMC i, nedavno, kod italijanskog vozila VCC-80 firme OTO MELARA.

Čelici velike tvrdoće

Sam oklop od čelika velike tvrdoće ima efektivnost po masi protiv pancir-

nih zrna 7,62 mm, koja se može uporediti sa najvećom efektivnošću po masi, postignutom sa aluminijumskim legurama, kako se to može videti iz tabele 1. Zbog toga je oklop od čelika velike tvrdoće podesan za oklopnu zaštitu najlakših oklopnih vozila, za koje se pretpostavlja da neće naići na napade oružjem većeg kalibra.

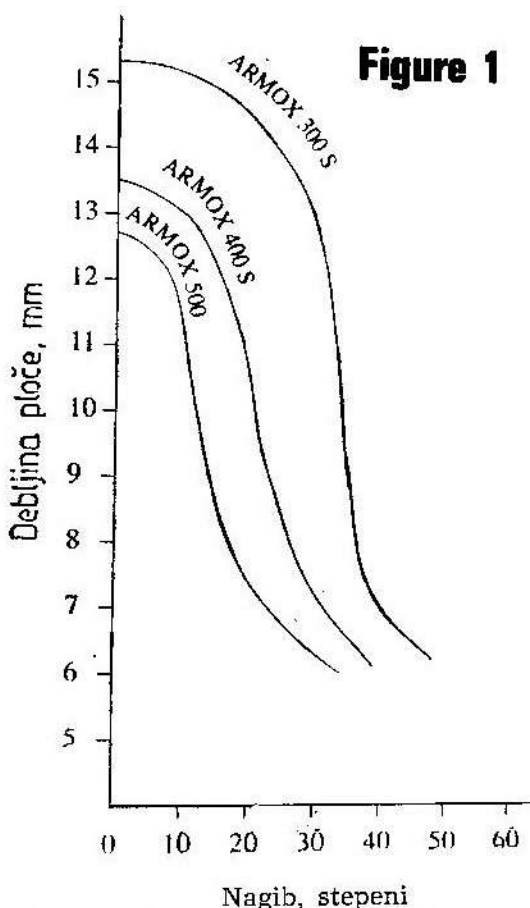
Za razliku od drugih vrsta, oklop velike tvrdoće nije neka novina, jer je njegovo korišćenje evidentno i u prvom svetskom ratu, kada su ploče velike tvrdoće (preko 600 HB) korišćene za zaštitu britanskih tenkova. Međutim, ova vrsta oklopa napuštena je u toku tridesetih godina, pa se ponovo pojavila posle 30 godina. U stvari, ovim oklopom štićena su samo laka oklopna vozila u toku šezdesetih godina, kada je firma CADILLAC GAGE koristila ovu vrstu oklopa za oklopni automobil COMMANDO u obliku svog oklopa CADLOY.

Od tada ovaj oklop nije izrađivan samo u SAD već i u Nemačkoj (firma THYSSEN), Francuskoj (CREUSOT-LOIRE) i Švedskoj (SVENSKI STAL) i korišćen je za oklopnu zaštitu nekoliko tipova oklopnih vozila na točkovima. Tu spadaju vozilo 8×8 LAV, firme GENERAL MOTORS OF CANADA, vrlo uspešno francusko vozilo 4×4 VLB, firme PANTHARD, i italijansko vozilo koje je mnogo obećavalo — 4×4 PUMA firme IVECO-FIAT.

Efekat povećanja tvrdoće čeličnog oklopa prikazan je na slici 1, gde su pokazane krive potrebne debljine oklopa za zaštitu od pancirnih zrna 7,62 mm, u odnosu na nagib oklopa za tri različite vrste oklopa švedske firme SVENSKI STAL. To su ARMOX 300S (tvrdoća 280—340 HB), ARMOX 400S (380—440 HB) i ARMOX 500S (480—640 HB). Krive jasno pokazuju da se debljina ploča smanjuje u znatnoj meri sa tvrdoćom oklopa, pa zbog toga efektivnost po masi raste sa debljinom oklopa.

Uspešno korišćenje oklopa velike tvrdoće nije samo zbog toga što im je tvrdoća od 540 ili 560 HB, već i zbog

kombinacije tvrdoće sa relativnom žilavošću. Čak i veća tvrdoća bi bila poželjna sa aspekta efektivnosti po masi, ali vrlo tvrd oklop ima tendenciju da postane krh i da se lomi. Međutim, željena kombinacija velike tvrdoće i žilavosti može se postići čelikom dvoslojne (dvostruke) tvrdoće. On se sastoji od spoljašnjeg sloja od čelika velike tvrdoće (do 600 HB ili više), koji je valjanjem spojen sa nešto debljim unutrašnjim slojem od mekšeg, ali žilavijeg čelika (oko 400 HB).



Sl. 1 Grafikon debljine ploča tri različita švedska čelika za zaštitu od pancirnih zrna 7,62 mm u odnosu na kosinu. Vidi se smanjivanje debljine oklopnih ploča zavisno od tvrdoće čelika. Gornja kriva pripada čeliku ARMOX 300S (280 — 340 HB); srednja — ARMOX 400S (380 — 440 HB) i donja — čeliku ARMOX 500 (400 — 540 HB)

Efektivnost po masi različitih vrsta oklopa za zaštitu od pancirnih zrna 7,62 mm, pri gađanju iz neposredne blizine i pod pravim uglom udara u ploču

Vrsta oklopa	Gustina [kg/m ³]	Površinska gust. [kg/m ²]	Efektiv- nost po masi
<i>Čelični oklop</i>			
Valjani homogeni oklop (380 HB)	7.830	114	1,00
Oklop velike tvrdoće (550 HB)	7.850	98	1,16
Oklop dvostruke tvrdoće (600 — 440 HB)	7.850	64	1,78
<i>Aluminijumski oklop</i>			
Legura 5083	2.660	128	0,89
Legura 7039	2.780	106	1,08
Legura 2519	2.807	100	1,14
<i>Laminati sa staklenim vlaknima</i>			
E-staklo	2.080	115	0,74
S-staklo	2.045	93	1,23
<i>Oklopi sa keramičkom prednjom stranom</i>			
Alumina (AD 90)	3.560	—	—
Alumina + aluminijum 5083	3.125	50	2,28
Alumina + aluminijum 7020	3.200	42	2,75
Alumina + laminat sa E-staklom	2.556	46	2,48
Alumina + laminat kevlar	2.000	38	3,00
Karbid bora	2.450	—	—
Karbid bora + aluminijum 6061	2.564	35	3,26
Diborid titana	4.450	—	—

Ovakav oklop dvostruke tvrdoće ima efektivnost po masi preko 1,78, kako se to vidi iza tabele 1, zbog čega je on bolji od svih drugih metalnih oblika oklopa.

Ideja o dvostrukoj tvrdoći oklopa za vozila stara je preko 50 godina, od kada se tridesetih godina pojavio oklop »duplex«, firme HADFIELD. Uprkos dvostrukoj tvrdoći i balističkoj nadmoći, upotreba ovog oklopa bila je ograničena do sada, uglavnom zbog velike cene. Jedino masovno korišćenje proteklih godina bilo je kod oklopnih vozila na točkovima koja su izrađivana u Brazilu, posebno kod oklopnog automobila CASCABEL i oklopnog transportera URUTU. Proizvođač ovih vozila, brazilska firma ENGESA, takođe je

sama proizvodila i oklop dvostruke tvrdoće, ali samo u obliku relativno tankih ploča za zaštitu od pancirnih zrna do kalibra 12,7 mm. Međutim, nedavno je francuska firma CREUSOT-LOIRE proizvela oklop dvostruke tvrdoće »Mars DD« debljine do 100 mm, pa je zbog toga on u stanju da se odupre pancirnim zrnima kalibra većeg od 12,7 mm.

Laki oklop sa keramičkom prednjom stranom

Zajednička upotreba dva različita materijala, od kojih je sastavljen oklop dvostruke tvrdoće i od kojih zavisi njegova efektivnost (čime se objašnjava

Efektivnost po masi nekih vrsta oklopa protiv pancirnih zrna 14,5 mm, ispaljenih iz neposredne blizine i pod pravim uglom udara u oklop

Vrsta oklopa	Gustina [kg/m ³]	Površinska gust. [kg/m ²]	Efektivnost po masi
Čelik, valjani homogeni oklop	7.830	360	1,00
Aluminijum, legura 7017	2.780	270	1,33
Alumina sa prednjom stranom od kompozita, a:			
— zadnja strana je od aluminijuma + valjani homogeni oklop,		137	2,63
— zadnja strana od čelika + valjani homogeni oklop,		131	2,75
— zadnja strana od laminata sa E-staklom + valjani homogeni oklop		125	2,88

superiornost kombinacije čelika velike tvrdoće sa aluminijumom u odnosu na sam aluminijum), od šezdesetih godina uključuje i korišćenje keramičkih materijala. Danas postoji još jedna vrsta oklopa koji se, kao i druga dva, sastoje od tvrdog spoljašnjeg sloja koji razbija projekte napadača i žilavijeg materijala u unutrašnjem sloju koji apsorbuje kinetičku energiju, ali sa keramikom koja sačinjava spoljašnji sloj (sl. 2).

Figure 2



Sl. 2 Šematski prikaz udara zrna u keramički oklop

Keramika je tvrđa od čeličnih spoljašnjih slojeva druga dva tipa oklopa i efektivnost po masi oklopa sa keramikom je veća. Tako je tvrdoća kera-

mike po Vickersu oko 2.000 do 3.000, dok je kod najtvrdih čelika 750 HB. Efektivnost po masi oklopa sa keramičkom spoljašnjom stranom protiv pancirnih zrna 7,62 mm prelazi 2,00 ili u nekim slučajevima i 3,00, kako se to vidi iz tabele 1.

Međutim, svaka od pločica koja sačinjava spoljašnju stranu oklopa efektivna je samo protiv jednog pogotka, jer se pri pogotku rasprskava. Međutim, mala je verovatnoća da će ista pločica ponovo biti pogođena, posebno ako je malih dimenzija.

Sa aspekta konstrukcije vozila, keramičke pločice predstavljaju parazit-sku masu. Drugim rečima, one povećavaju masu vozila, a da pri tome ne doprinose strukturnoj čvrstoći vozila. Po tome su one slične pločama velike tvrdoće, koje se pričvršćuju na aluminijumski oklop, a razlikuju se od slojeva oklopa dvostruke tvrdoće koje predstavljaju integralni deo konstrukcije vozila i jednovremeno znatno poboljšavaju balističku zaštitu vozila. To je ozbiljni nedostatak, posebno kada se radi o primeni oklopa sa keramičkom spoljašnjom stranom za vrlo laka oklopna vozila, gde je problem mase kritičan.

Štaviše, efektivnost po masi oklopa sa keramičkom spoljašnjom stranom je

toliko visoka da takav oklop može da bude više nego adekvatan za zaštitu od napada nekih vrsta oružja, ali se, ipak, ne može koristiti kao deo konstrukcije vozila, jer bi njegov unutrašnji sloj bio suviše tanak. Ali, u tom slučaju ovaj oklop bi se, ipak, mogao upotrebiti za izradu vratašaca različitih otvora, poklopaca i sličnih elemenata vozila.

U takvoj situaciji najverovatnija je upotreba laminata od vlakana spojenih gumom, posebno kevlar, koji su posebno efektivni kao materijal za unutrašnji sloj oklopa. Međutim, ako je potrebno obezbediti oklopnu zaštitu vozila za mnogo osetljivije napade i kada oklop treba da ima odgovarajuću veću debljinu, laminati sa staklenim vlaknima mogu se uspešno koristiti za konstrukciju tela vozila. To je uspešno dokazano kod eksperimentalne verzije američkog borbenog vozila pešadije M2, koje ima telo izrađeno, uglavnom, od materijala sa staklenim vlaknima S-2, vezanih poliesterskom gumom.

Drugi i vrlo značajan nedostatak oklopa sa keramičkim spoljašnjim slojem je njegova cena. Najjeftiniji od keramičkih oklopa je aluminijum-oksidi ili alumina (Al_2O_3), kojeg sada proizvodi nekoliko firmi. Karbid bora (B_4C) ima veću efektivnost po masi, kako se to može videti iz tabele 1. Međutim, njegova visoka cena isključuje njegovo korišćenje za oklopna vozila i ograničeno je samo za zaštitu helikoptera. Dosta toga važi i za silicijum-karbid (SiC), koji ima skoro istu efektivnost po masi kao i karbid bora, ali uz nešto nižu cenu.

Najnoviji kandidat za keramički spoljašnji sloj oklopa vozila je diborid titana (TiB_2). Pločice od ovog materijala ugrađene su u eksperimentalno borbeno vozilo pešadije sa telom od materijala sa staklenim vlaknima, a samo vozilo je derivat vozila M2. Tvrdi se da je ovaj keramički materijal bolji, za sada, od drugih keramičkih materijala sa aspekta mase. Međutim, do sada nisu objavljeni neki posebni podaci o tome.

Većina do sada objavljenih informacija odnosi se na oklop koji je razvijen za zaštitu od oružja 7,62 mm i sličnih koji pripadaju kalibru pušaka. Dosta se toga odnosi i na oklop za zaštitu od oružja krupnijeg kalibra, uključujući teški mitraljez 14,5 mm, koji predstavlja najjače oružje protiv kojeg se oklop i razvija za borbeno vozila, isključujući osnovne borbene tenkove.

Postoji znatna razlika između efektivnosti po masi nekih materijala protiv pancirnih zrna 7,62 i 14,5 mm. Konkretno, efektivnost po masi čelika velike tvrdoće je niža, a legura aluminijuma viša protiv pancirnih zrna 14,5 mm nego 7,62 mm, što se može videti upoređujući veličine iz tabele 2 sa onima iz tabele 1.

Efektivnost po masi oklopa sa keramičkom spoljašnjom stranom protiv pancirnih zrna 14,5 mm je bar isto toliko kolika je i protiv pancirnih zrna 7,62 mm i prelazi veličinu 2,00, kako se to vidi iz tabele 2. Međutim, iz nekih publikacija se doznaje da bi za postizanje toga bilo potrebno da sloj materijala sa unutrašnje strane oklopa bude relativno tanak i sposoban da se deformiše. Zbog toga je potrebno da između sloja keramike i ostalog dela oklopa bude međuprostor ispunjen vazduhom, jer se u suprotnom ne bi efikasno apsorbovala kinetička energija projektila koji udari u oklop na račun deformacije unutrašnjeg sloja oklopa. Tako, postavljanjem keramičkih pločica neposredno na debele (i zbog toga neelastične) ploče osnovnog oklopa vozila može se dobiti kompozitni oklop, koji je nešto malo bolji sa aspekta mase od valjanog homogenog oklopa protiv udara pancirnih zrna 14,5 mm i drugih zrna sličnog kalibra. Međutim, još nije sasvim usvojeno gledište da se ne bi mogli postići optimalni rezultati postavljanjem keramičkih pločica neposredno na debele oklopne ploče vozila.

I u slučajevima kada se i ako se keramički oklop sa drugim materijalom za unutrašnji sloj postave tako da se odmaknu od osnovnog oklopa vozi-

la, ovaj keramički oklop je opet parazitski teret sa aspekta strukture vozila. To je od malog značaja kada se radi o mnogo težim vozilima, jer ostatak njihovog oklopa je dovoljno debeo da sam može da obezbedi krutost i čvrstinu vozila.

Tabela 3

Efektivnost po masi tipičnih materijala za zaštitu od kumulativnih punjenja

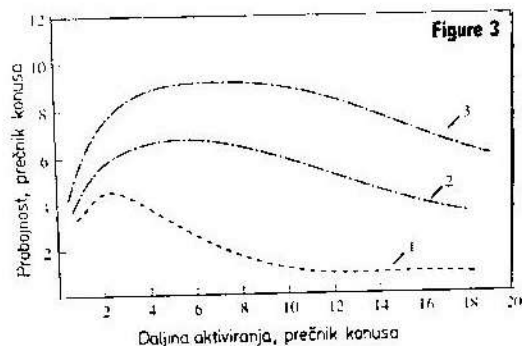
Vrsta materijala	Gustina [kg/m ³]	Efektivnost po masi
Valjani homogeni oklop	7.830	1,00
Meki čelik	7.800	0,82
Čelik velike tvrdoće	7.850	1,19
Čelik pretopljen pod troskom	7.750	1,41
Aluminijum:		
— tip 5083	2.660	1,42
— tip 7039	2.780	1,72
— tip 2024	2.800	1,95
Laminati sa staklenim vlaknom	1.500	2,13
Staklo	2.450	2,32
Alumina	3.600	2,97

Sve brojke efektivnosti po masi, navedene u tabelama 1 i 2, striktno se odnose na udar projektila u oklop pod pravim uglom. Različite brojke mogu da budu kada je oklop nagnut, jer efektivnost po masi varira sa nagibom u odnosu na normalni ugao. Efektivnost po masi kod legura aluminijuma se povećava sa nagibom, dok se kod keramičkog oklopa smanjuje sa nagibom. Aluminijumske oklopne ploče, postavljene pod vrlo velikim uglovima nagiba, imaju veći efekat od keramičkog oklopa. U svakom slučaju, vrednosti efektivnosti po masi pri udaru u oklop pod normalnim uglom dobro pokazuju u opštim crtama relativne kvalitete raznih vrsta oklopa.

Zaštita od kumulativnih punjenja

Pored zaštite lakih oklopnih vozila od udara zrna, keramički oklop, takođe, bolje štiti tenkove i od kumulativnog punjenja. Sposobnost ovog oklopa da štiti od kumulativnog punjenja je posebno važna, zbog sve veće upotrebe kumulativne municije i daljeg poboljšavanja njihove probojne moći.

Dok je na slici 2 šematski prikazano dejstvo projektila pri udaru u keramički oklop, na slici 3 dat je dijagram probojnosti homogenog valjanog oklopa u odnosu na daljinu aktiviranja kumulativnog punjenja od površine oklopa (stand-off distance), u oba slučaja izraženog kroz prečnik konusa kumulativnog punjenja. Sa pomegutog dijagrama vidi se napredak u probornoj moći kumulativnog punjenja kod tri generacije kumulativne municije. Donja kriva na dijagramu predstavlja performanse prvih kumulativnih punjenja; kriva u sredini predstavlja performanse precizno izrađenih kumulativnih punjenja iz šezdesetih godina, a gornja kriva predstavlja performanse nekih najnovijih kumulativnih punje-



Sl. 3 Probijanje valjanog homogenog oklopa pomoću tri generacije kumulativnih punjenja u odnosu na daljinu aktiviranja (stand-off distance), u oba slučaja, izraženo kroz prečnik konusa kumulativnog punjenja. Kriva 1 — rani tip kumulativnog punjenja; kriva 2 — precizno izrađeno kumulativno punjenje; kriva 3 — kriva unapređenog tipa kumulativnog punjenja

nja, koja mogu da probiju valjani homogeni oklop do dubine od 9 prečnika konusa kumulativnog punjenja sa optimalne daljine aktiviranja.

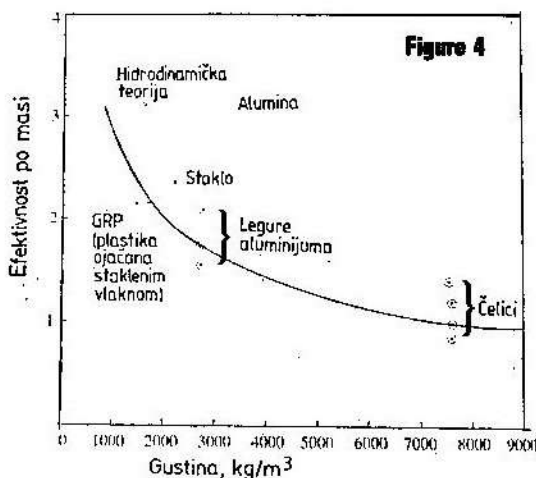
Na taj način lako i prenosno protivoklopno oružje, čije kumulativne bojne glave imaju prečnik od 100 mm, danas može da probije 900 mm valjanog homogenog oklopa. Ali, to je maksimum koji se može postići pri idealnim statičkim uslovima. U dinamičkim uslovima i uslovima koji vladaju na bojištu probojnost je znatno manja. Štaviše, debljina probijenog oklopa sa smrtonosnim efektima je manja od debljine proboja za oko 200 m. U svakom slučaju, čak i relativno mala kumulativna punjenja predstavljaju ozbiljnu opasnost za tenkove, zaštićene konvencionalnim oklopom.

Problem ranjivosti oklopnih vozila

Ranjivost tenkova koji se štite takvim oklopom vidi se i iz činjenice da je maksimalna debljina valjanog homogenog oklopa za izradu čeonog dela tela tenka posle drugog svetskog rata bila 160 mm. To je 64-tonski tenk IS-4, koji je u malom broju izrađen u SSSR-u oko 1947. godine. Čak i kada je taj oklop postavljen pod uglom od 60° , njegova horizontalna debljina je samo 320 mm, a većina drugih tenkova imala je debljinu oklopnih ploča tela tenka od samo 120 mm. Tu spada i 46-tonski tenk IS-3, koji je dugi niz godina bio standardni sovjetski teški tenk, kao i najteži tenk koji je korišćen od drugog svetskog rata — 65-tonski tenk CONQUEROR iz šezdesetih godina. Čeonni deo oklopa kupole bio je deblji od 120 mm, ali sa malim nagibom, tako da njegova horizontalna debljina nije bila veća od debljine oklopa tela.

Pokazatelj poboljšanja zaštite tenkova u granicama određenim njihovim masama je hidrodinamička teorija proboja kumulativnog mlaza. Na osnovu ove teorije efektivnost po masi materi-

jala za oklop protiv kumulativnih punjenja ravna je kvadratnom korenu gustine valjanog homogenog oklopa, podeljenom gustinom materijala koji je u pitanju. Tako plastične mase, koje imaju gustinu od oko 1.000 kg/m^3 , imaju teoretsku efektivnost po masi od 2,50, pa zbog toga predstavljaju bolju osnovu za poboljšanje zaštite tenka nego homogeni valjani oklop. Dizel-gorivo, koje ima gustinu od 820 kg/m^3 , ima čak i veću teoretsku efektivnost po masi od 3,09, pa su odseci sa ovim gorivom ugrađivani u elemente zaštite nekih tenkova, kao što je izraelski tenk MERKAVA.



Sl. 4 Dijagram efektivnosti po masi materijala u odnosu na njihovu gustinu na osnovu hidrostatičke teorije probijivosti kumulativnog mlaza i stvarne veličine efektivnosti po masi za neke materijale

Sa slike 4 se vidi da su teoretske veličine efektivnosti po masi nekih materijala bliske stvarnim uključujući legure aluminijuma. Međutim, jedan broj materijala ima veći efekat nego što to pokazuje hidrodinamička teorija. Jedan od takvih materijala je staklo, koje ima gustinu od 2.450 kg/m^3 , pa mu je teoretska efektivnost po masi 1,79, dok u praksi može da bude i preko 2,00. Keramički materijali su još bolji sa to-

ga aspekta. Na primer, tipični materijal alumina ima gustinu od 3.600 kg/m^3 , a teoretsku efektivnost po masi od 1,47, dok je u praksi veća od 3,00.

Čak i neki čelici imaju efektivnost po masi veću od 1,00, kako se to vidi iz tabele 3. Oni to imaju uprkos činjenici da je njihova gustina ista kao i kod valjanog homogenog oklopa i, suprotno hidrodinamičkoj teoriji probojnosti kumulativnog mlaza, zbog toga što ona ignoriše čvrstoću i druga svojstva materijala, a uzima u obzir samo gustinu.

Treba naglasiti da efektivnosti po masi, navedene u tabeli 3, pokazuju njihovu relativnu, a ne apsolutnu vrednost. Za bilo koji određeni tip materijala efektivnosti po masi mogu da variraju, jer to zavisi ne samo od svojstva već i od vrste i kvaliteta kumulativnih punjenja koja na njih dejstvuju.

Zaštitna efektivnost kompozitnog oklopa

Sa aspekta efektivnosti po masi, uvođenje keramičkih materijala u oklope tenkova može znatno da poboljša zaštitnu sposobnost oklopa od kumulativnih punjenja. To je razlog što su keramički materijali uključeni u konstrukciju nekoliko tenkova, a prvi od njih bio je sovjetski tenk T-64.

Kako su keramički materijali suviše krti da bi se mogli sami upotrebiti, treba da budu obloženi čelikom. Dobijeni kompoziti nemaju efektivnost po masi veću od efektivnosti po masi samih keramičkih materijala. S druge strane, relativno tanki slojevi keramičkih materijala imaju veći efekat od masivne keramike. Čak i prilično jednostavna kombinacija keramičkih materijala i čelika ima efektivnost po masi preko 2,00. Drugim rečima, oni su dva puta efektivniji od valjanog homogenog oklopa iste mase.

Još se ne raspolaže specifičnim primerima koristi od uključivanja keramičkih materijala u oklop tenkova. Međutim, interesantno je napomenuti da

objavljene procene ukazuju da je čeonu oklop tenka T-64 dva puta efektivniji nego oklop tenka T-62, koji je poslednji sovjetski tenk sa homogenim valjanim oklopom i koji ima približno istu čeonu površinu i masu kao i T-64.

Pored iskorištavanja svojstava samih materijala za oklope, zaštita tenkova se može poboljšati aranžiranjem različitih materijala u nekoliko uzastopnih slojeva koji su međusobno rastavljeni (razmaknuti). Zaštita se, takođe, može poboljšati pričvršćivanjem relativno tanke čelične ploče sa zadnje strane sloja gume, pa se ovako kombinovana oklopna ploča postavlja na malom rastojanju ispred osnovnog oklopa tenka pod izvesnim uglom u odnosu na očekivani smer napada. Kada kumulativni mlaz pogodi takvu kombinovanu ploču, čelična ploča se pomera koso u odnosu na kumulativni mlaz, ometa njegovo dejstvo, smanjuje probojnost i time se povećava ukupna efektivnost oklopa vozila. Korišćenje čeličnih ploča, pričvršćenih na gumu radi poboljšanja zaštite tenka, dosta je poznato već izvesno vreme, ali mehanizam pomeranja ploča u odnosu na kumulativni mlaz može se naći samo u literaturi o patentima.

Još nema brojećanih podataka što se tiče efektivnosti različitih aranžmana materijala za izradu oklopa. Međutim, podaci iz američkog KoV-a, objavljeni pre dve godine, tvrde da postoje dva tenka sa najboljom zaštitom od kumulativne municije, koji se i danas nalaze u naoružanju. To su britanski tenk CHALLENGER 1 i američki M1A1, sa ekvivalentom od 1.000 mm valjanog homogenog oklopa u prednjem luku vozila.

Bez obzira na tačnost ove brojke, ona ukazuje da je razvoj materijala za oklope i njihov efektivan aranžman uveliko poboljšao zaštitu tenkova od kumulativne municije. Štaviše, to je postignuto bez pribegavanja korišćenja eksplozivnog reaktivnog oklopa koji može još više da poboljša oklopnu zaštitu.

Zaštita od potkalibarskih artiljerijskih projektila (APFSDS)

Najnoviji podstrek za razvoj novih tipova oklopa za tenkove dolazi od korišćenja pancirne potkalibarske municije, čiji se projektili stabilizuju na putanji pomoću krilaca, a po izlasku iz usta cevi odbacuju nosače potkalibarnog jezgra (APFSDS — Armour Piercing, Fin Stabilized, Discarding Sabot). Ova vrsta municije koristi se za tenkovske topove. U početku ova municija nije pravila probleme koji nisu postojali i kod projektila koji djeluju svojom kinetičkom energijom, ali je dalji razvoj ovih projektila doveo do stanja da im je probojnost oklopa od valjanog homogenog čelika uvećana duplo od ranijih pancirnih projektila APDS, koji nisu stabilizovani na putanji pomoću krilaca, a djelovali su na cilj svojom kinetičkom energijom i imali su iste kalibre. Ovo novo stanje zahtevalo je iznalaženje efikasnijih oblika oklopne zaštite.

Zbog sličnosti u mehanizmu proboja dugačkog potkalibarskog jezgra projektila APFSDS koji udaraju u oklop velikom brzinom i mehanizmu dejstva kumulativnog mlaza, moglo se očekivati da će oklopni materijali, koji su efikasni protiv projektila APFSDS, biti isto tako efikasni i protiv kumulativnog mlaza. To se, zaista, pokazalo tačnim kod nekih vrsta materijala za oklope. Tako su čelik velike tvrdoće, staklo i keramički materijali pokazali veći zaštitni efekat u odnosu na svoju masu, nego valjani homogeni oklop. Ako se efektivnost po masi valjanog homogenog oklopa uzme kao 1,00, efektivnost po masi čelika velike tvrdoće (480 HB) protiv proboja dugačkog potkalibarskog jezgra je 1,34, stakla 1,6, a alumine 1,7.

Kao i kod oklopa za zaštitu od kumulativne municije, keramika i staklo za zaštitu od projektila APFSDS treba da budu obloženi čelikom. Zbog toga se ne može očekivati da efektivnost po

masi jednostavnih kompozita bude ista kao i efektivnost po masi samog stakla ili keramike. Međutim, aranžman različitih materijala može da obezbedi razvoj kompozitnih oklopa sa većom efektivnošću po masi protiv udara projektila APFSDS, nego što to pokazuju navedene brojke. Oklop za novi francuski tenk LECLERC, za koji kažu da sadrži keramiku, navodno je dvostruko efikasniji protiv projektila APFSDS nego valjani homogeni oklop.

P.M.

Nemački neofanzivni odbrambeni sistem »DAVID«*)

Evropski vojni stručnjaci su se našli pred velikim problemom: u uslovima kada je za samo godinu dana došlo do velikih promena u bezbednosnoj situaciji treba preispitati osnovu na kojoj se zasniva odbrana. Iščezla je verovatnoća konflikta na relaciji Istok—Zapad, kao i linija koja je delila dve Nemačke. Isturena odbrana u tradicionalnom smislu reči zastarela je, a buduće pretnje koje treba definisati, ne računajući opšte povećanje nestabilnosti, ne mogu više da budu geografski ograničene. Na rešavanje ovog zadatka utiču budžetska smanjivanja za odbranu i znatno smanjivanje oružanih snaga na osnovu dogovora o smanjivanju konvencionalnih snaga.

U novoj ujedinjenoj Nemačkoj neizbežno je postepeno smanjivanje OS, bar što se tiče žive sile. Nemačka sada ima teritoriju od 355.000 km² (veću za oko 30%) i stanovništvo od 78 miliona (25% više nego pre ujedinjenja). Za odbrambene svrhe OS imaće samo 370.000 vojnika u aktivnoj službi do 1994. U trenutku ujedinjenja ta brojka je iznosila 588.000. Dok su planovi o

*) Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 12/1990.

reorganizaciji OS, pod nazivom »HERSSTRUKTUR 5«, još u radu, neke implikacije na buduće vojne sisteme su vidljive, pa neke zahteve treba da uzmu u obzir i industrija i nabavna služba OS.

Potrebna je kombinacija visokog stepena efikasnosti novih sistema u odnosu na njihovu cenu, sa malim potrebama u ljudstvu i dobra operativna i stratejska pokretljivost, uključujući i mogućnost prevoza vazдушnim putem. Ovakvi sistemi, takođe, moraju da budu neofanzivne prirode. Navedeni prioriteti ušli su u osnovu konceptijskih predloga tri nemačka konzorcija nemačkoj vladi za sistem čija je skraćenica DAVID (Dynamische, Automatisiertes Verteidigungssystem mit Interaktiver Führung und DV-Unterstützung). Ovaj dinamički automatizovani i kompjuterizovani odbrambeni sistem je dalji nastavak projekta SPERRSYSTEM 2000, započetog 1987, i privremeno preimenovan u MINENKAMPFSYSTEM 2000.

U sadašnjoj fazi razvoja za DAVID se kaže da je to samo »nadmetanje ideja« za korišćenje mogućnosti ratovanja »intelligentnim« minama u sledećem veku. Ocenjivanje ovih predloženih koncepcija obaviće se početkom 1991. i tada će dva konzorcijuma dobiti zadatak da nastave sa tzv. »produženom preliminarnom fazom«, koja bi trebalo da se okonča do 1993. Posle toga, biće odabrane pojedinačne komponente projekta za dalji razvoj u punoj veličini.

Taktički cilj sistema DAVID

Fundamentalni taktički cilj sistema DAVID jeste da bude u stanju da se suprotstavi napadu mehanizovanih snaga jednim sistemom sa »intelligentnim« minama, umesto da izlaže opasnosti živu silu. Jedna od učesnica u konzorciju, firma MBB, navodi da DAVID mora da izdrži prvi udar protivoklopne odbrane. Zadržavajući istovremeno tradicionalnu funkciju zaprečavanja rejonu, uloga minskog sistema će se isto-

vremeno progresivno menjati, od borbene podrške do aktivnih borbenih dejstava. Prema navodu predstavnika konzorcijuma ARGE DAVID, krajnje dostižuće je da se brigadni rejon brani snagama veličine samo jednog bataljona, naoružanim sistemom DAVID. Pored potrebe malog broja poslužnog ljudstva, ključna karakteristika sistema DAVID biće mogućnost prevoženja vazдушnim putem. U okviru nove strukture KoV, očekuje se da će Bundeswehr imati između 3 i 5 vazdušnotransportnih brigada.

Osnovni tehnički problem ovog projekta jeste u oblasti komandovanja, upravljanja i veze (C³) u kojoj, navodno, pripadajući senzori i sistemi oružja ne predstavljaju neki veći problem. Međutim, ističe se da automatska izračunavanja stvaraju glavobolje i još su daleko od rešenja. Odbrana brigadne zone sa jednim bataljonom, naoružanim sistemom DAVID, zahteva organizovanje komandnog centra i mesnih kontrolnih tačaka, odakle bi se moglo vršiti daljinsko aktiviranje i deaktiviranje mina. Vazdušnoprevozne komponente modularnog sistema mogu se razmeštati po potrebi, a to je karakteristika isto tako poželjna za zadatke van odbrambene zone koji će, izgleda, biti sve važniji u budućnosti.

Povećan odbrambeni potencijal

Kako namere o korišćenju ovog sistema od strane korisnika još nisu utvrđene sa aspekta taktičko-tehničkih zahteva, obelodanjen je čitav raspon sofistikacija, počev od pojedinačnog vojnika, koji skriven na zemljištu aktivira određeni broj mina daljinskim putem, pa do komandnog centra sa frontovskim stručnjacima bataljona DAVID. Na tom nivou sistem će ostvarivati aktiviranje i predlagati starešini opcije za donošenje odluke.

Predlozi koncepta sistema DAVID su zasnovani ne samo na sistemima ko-

ji su u naoružanju ili fazi razvoja, već i na perspektivnim sistemima za koje je malo verovatno da će se pojaviti pre kraja veka. Predložena lepeza oružja za sistem DAVID obuhvata:

- konvencionalne mine tipa AT2 sa daljinskim podešavanjem upaljača;

- mine bočnog dejstva (postavljene pored puta), kao što su PARM-2, sa automatskim senzorima i daljinskim upravljanjem;

- »dinamičke« mine, kao što su one odskočnog tipa; i

- mine za zaprečavanje velikih površina, kao što je budući višenacionalni sistem ADW (Area Defense Weapon) sa višerežimskim senzorima, optimizirane za napad na gornju ploču ili bočnu stranu oklopnih vozila;

- poluautomatske taktičke robote ili one sa daljinskim upravljanjem, koji ispaljuju protivoklopne nevođene rakete ili mine sa bojnim glavama koje se formiraju pri eksploziji;

- sisteme za lansiranje mina (MiWS) zajedno sa odgovarajućim senzorima;

- protivoklopne vođene projektili sa vođenjem preko optičkog vlakna;

- protivhelikopterske mine i protivpešađijske mine sa različitim uređajima i različitim dejstvima upaljača i različitim osiguračima.

Zavisno od nivoa sofistikacije, sistem DAVID se može koristiti za sprečavanje oklopnih prodora, za osmatranje i osiguranje pripremljenih odbrambenih zona, za postavljanje protivoklopnih prepreka za zaštitu sopstvenih snaga branioca, ili, pak, može da dejstvuje kao autonomni borbeni sistem.

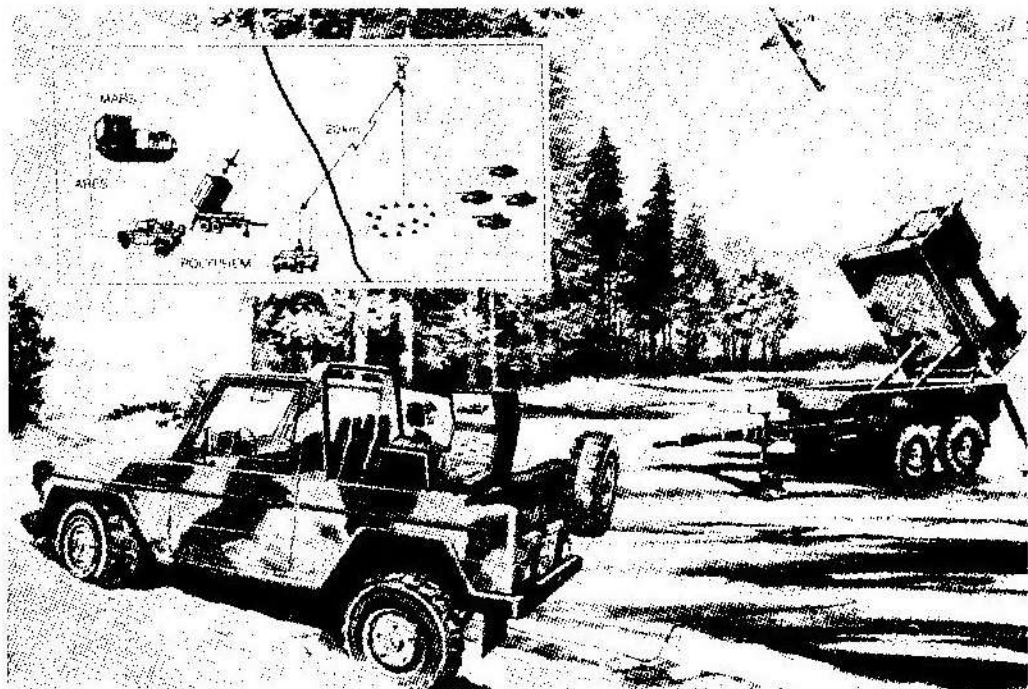
Na slici 1 prikazan je koncept firme MBB, koji, pored ostalog, koristi bespilotnu letelicu sa daljinskim upravljanjem POLYPHEM i za izviđanje i za napade na oklopna vozila i helikoptere. Ova bespilotna letelica, koja je u fazi razvoja, prelazi na režim automatskog praćenja posle lansiranja i preko optičkog vlakna prenosi u zemaljsku

stanicu sliku u realnom vremenu, čime se ažuriraju podaci nišandžiji i obezbeđuje sekundarna informacija za sistem u celini. Prema prikazanom scenariju na slici, zadatak lansirane bespilotne letelice POLYPHEM je dejstvo protiv oklopnih vozila koja se približavaju položenoj minskom polju da bi obavila razminiranje. Podršku obezbeđuje višecetni raketni bacač MARS koji je povezan sa lokalnom kontrolnom tačkom sistema DAVID preko pripadajućeg artiljerijskog računara ARES.

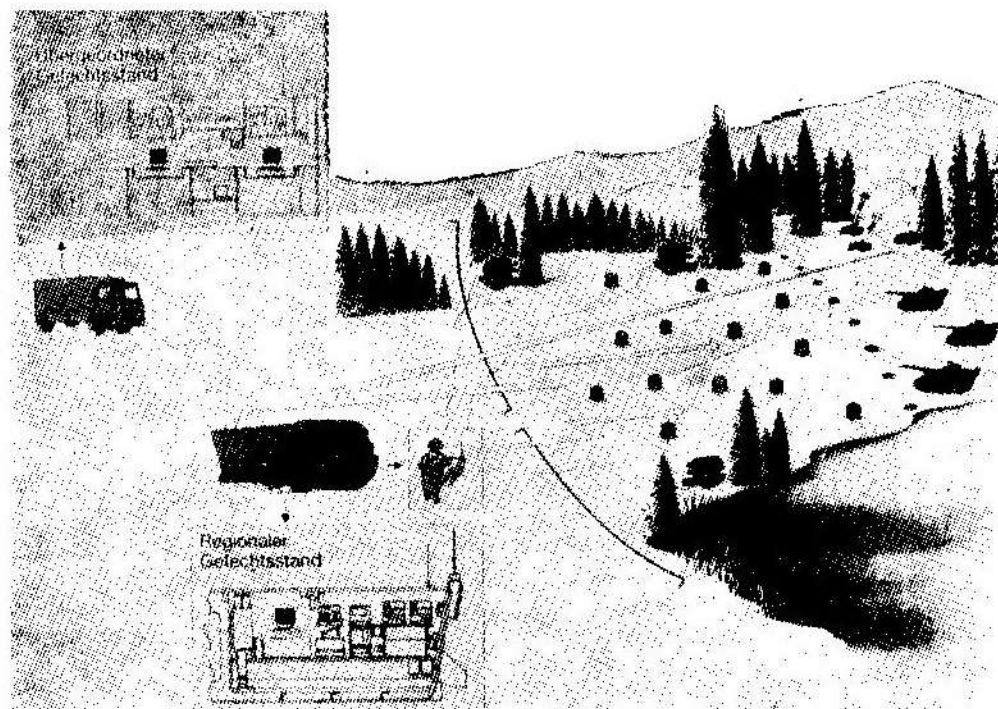
Na slici 2 šematski je prikazana moguća konfiguracija sistema DAVID na kojoj se vidi komandni centar (U-bergeordneter Gefechtsstand) i mesna kontrolna tačka (Regionaler Gefechtsstand). Minsko polje se sastoji od senzorskog lanca, mina dobačenih sa daljine, koje dejstvuju u gornju ploču oklopnog vozila, i robotizovanih protivoklopnih vozila.

Tehnološki izazov

Mada će doneti mnogo koristi kao izrazito odbrambeni sistem oružja, DAVID neće biti u potpunosti bez problema, čak i u svom najnaprednijem obliku. Predstavnik konzorcijuma ARGE navodi »da niko ne može toliko da ne vidi da bi verovao da mine, bez obzira koliko one bile 'inteligentne', mogu da budu dezaktivirane 100% sigurno pod uslovima koji vladaju na bojištu«. Pored posebne opasnosti koju one predstavljaju, tehnološki izazov koncepta jeste u obezbeđivanju bezbedne i pouzdane veze između različitih elemenata mine, između mina i osmatračkih senzora i između mina i poslužilaca ili komandnog centra. Postojeće mine trebalo bi da budu opremljene adekvatnim prilagođenim uređajem (interface unit), bar jednosmernom vezom ukoliko je dvosmerna veza suviše skupa. U krajnjem obliku, zamišljeno je da se u DAVIDU kombinuju ubojna sredstva, senzori i kompjuterizovani C³ sistem, omogućujući na taj način da jedan poslužilac zameni 50 ili 60 vojnika.



Sl. 1 Konceptija firme MHB za sistem DAVID

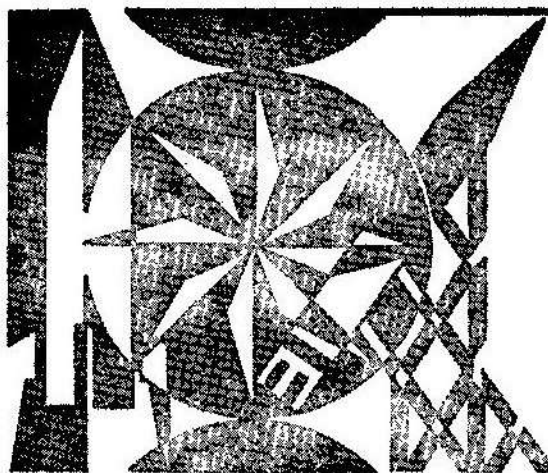


Sl. 2 Moguća konfiguracija sistema DAVID sa komandnim centrom (gore levo) i regionalnom (mesnom) kontrolnom tačkom (dole)

U oblasti robotike, nemačko ministarstvo odbrane finansira firme DORNIER i ESG da istražuju osnovne funkcije taktičkog robota, uključujući autonomno upravljanje kretanjem i orijentisanje, akviziciju cilja, vezu, izbegavanje zapreka, itd. Jedno terensko vozilo firme MERCEDES, G-WAGEN, korišćeno je kao laboratorija za ispitivanje različitih senzora koji se smatraju potrebnim za različite predviđene u-

loge. Kada se dokaže izvodljivost ovih osnovnih funkcija, ovo laboratorijsko vozilo biće opremljeno za zadatke, kao što su izviđanje ili identifikacija i razminiranje neprijateljskih minskih zapreka. Međutim, korišćenje taktičkih robota za sistem DAVID ne očekuje se u bliskoj budućnosti ukoliko se američka tehnologija ne iskoristi kao deo kooperativnog poduhvata.

P.M.



tehničke novosti i zanimljivosti

Mađarska automatska puška 5,56 mm »NGM«¹

Sve istočnoevropske zemlje proizvode automatske puške 7,62 mm na osnovu sovjetske automatske puške AK-47. Pored tih pušaka, Mađarska je razvila, na istom osnovu, automatsku pušku kalibra 5,56 mm oznake NGM. Ova puška je namenjena izvozu koji se obavlja preko mađarske izvozne firme TECHNIKA, čije je sedište u Budimpešti.

Puška NGM konstruisana je na osnovu puške AK-47. Funkcioniše na principu pozajmice barutnih gasova, sa spiralnim kretanjem i zabravljivanjem zatvarača. Sanduk je izrađen od pre-

Dužina puške je 935 mm, masa sa punim okvirom 3,84 kg, a masa sa praznim okvirom 3,18 kg. Kapacitet okvira je 30 metaka. Cev puške duga je 412 mm, ima četiri žljeba i hromirana je. Početna brzina zrna mase 11,8 g (M-198 ili SS-109) je 900 m/s. Brzina gađanja je 600 metaka/minut. Za pušku je razvijen nož mase 260 g (sa nožnicom 450 g).

Komercijalna varijanta austrijske puške »AUG«²

Na slici je varijanta puške AUG kalibra 5,56 mm austrijske firme STEYR-MAUNLICHER, opremljena je po želji kupca, Mornaričke pešadije SAD.

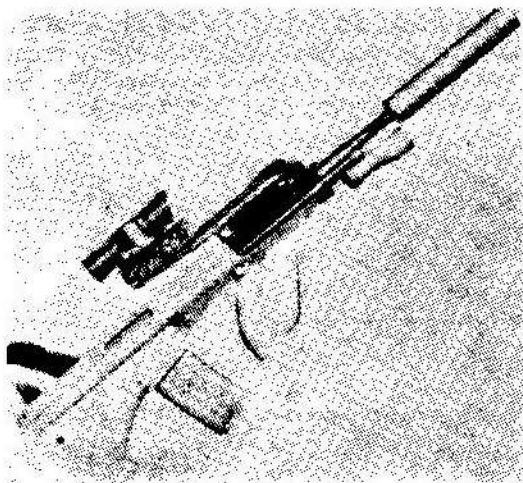
Na pušku je umesto standardnog postavljen specijalni optički nišan sa četvorostrukim uvećanjem, proizvod firme SUSAT, koji se koristi i na pušci SABO, u naoružanju britanske armije. Cev dužine 508 mm (20 inča) je skraćena na 419 mm (16,5 inča) (američki propisi dužinu ograničavaju na min 406,4 mm — 16 inča) i prilagođena je za

sovanog lima, a obloga cevi, kundak i rukohvat od drveta. Korak uvijanja žljebova cevi (200 mm) omogućuje gađanje municijom sa zrnima M-193 ili SS-109.

¹ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLES INTERNATIONAL 1990, br. 93, str. 72.

² Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 3, str. 330.

skrivača plamena američke puške M16A1. Puška može da koristi prigušivač pucnja OPTIMA, američke firme AWC, koji se koristi i na pušci M16A1.



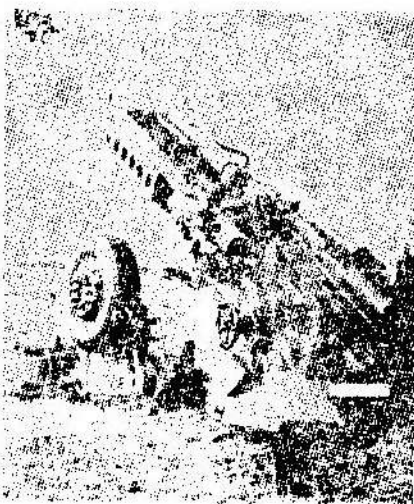
Gumeni štitnik za oko, na zadnjem delu optičkog nišana, prilagođen je položaju nišana u cilju zaštite oka usled trzanja pri opaljenju, i radi povećanja vidnog polja strelca.

Britanska laka vučna haubica 155 mm »UFH«³

Velika Britanija razvija laku vučnu haubicu 155 mm UFH (Ultralight-weight Field Howitzer). Dimenzije haubice su: ukupna dužina u borbenom položaju 9780 mm, širina u borbenom položaju 4100 mm i visina na maršu 2190 mm. Ukupna masa oruđa u serijskoj proizvodnji treba da bude 3736 kg. Cev je dužine 39 kalibara (6045 mm).

Oruđe se u borbenom položaju oslanja na četiri kraka. Na prednjim krakovima ugrađeni su točkovi koji se pri gađanju preklapaju u položaj iznad

krakova. Mehanizmi za pokretanje cevi po pravcu i elevaciji su mehaničkog tipa. Na cev je ugrađena aktivno-reak-



tivna dvokomorna gasna kočnica. Kočevka je male mase i na njoj je ugrađen protivtrzajući uređaj.

Španski višecrevni bacač raketa 140 mm »TERUEL«⁴

Jedna baterija od 6 lansera TERUEL može da ispali 240 raketa kalibra 140 mm za 45 sekundi na daljinu između 6 i 28 km i da takođe pokrije zonu od 20 hektara. Grupa od tri baterije može da pokrije vatrom zonu od 56 hektara. Španski sistem TERUEL razvio je komitet za raketna istraživanja i razvoj Ministarstva odbrane, a proizvela firma L'EMPRESA NACIONAL SANTA BARBARA.

Bazu sistema TERUEL predstavlja lanser za 40 raketa (u dva kontejnera po 20) na terenskom vozilu 6 × 6 PEGASO 3055 sa oklopljenom kabinom za šest poslužioaca i termičkom i akustičnom izolacijom. U ovoj kabini takođe je smešten elektronski sistem za gađa-

³ Prema podacima iz: SOLDAT UID TECHNIK 1990, br. 6, str. 463.

⁴ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 95, str. 75.

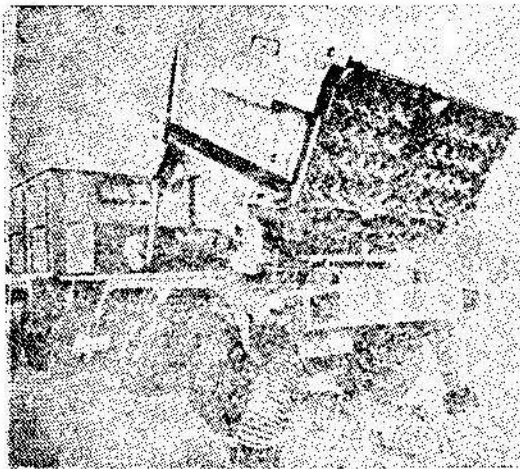
nje koji omogućuje: s jedne strane, izbor raketa sa različitim bojnim glavama koje treba da budu ispaljene u određenom trenutku da bi se postiglo željeno dejstvo; s druge strane, da se obezbedi, pri istom uglu lansiranja, raspoređivanje raketa po dubini zone, dejstvovanjem na njihove uređaje za aerodinamičko kočenje.

Predložena su dva tipa raketa od 140 mm (u stvari 140,5 mm). Standardna, čija je masa 56 kg i dužina 2044 mm, ima raketni motor sa čvrstom raketnom dvobaznom pogonskom materijom (18,5 kg) koji obezbeđuje domet 18 km. Dugačka raketa istog kalibra, čija je masa 76 kg i dužina 3230 mm, ima takođe motor sa dvobaznim čvrstim gorivom (29,5 kg) koji obezbeđuje domet 28 km. Oba tipa rakete stabilizovana su pomoću krilaca i imaju četiri aerodinamičke kočnice koje mogu da izmene

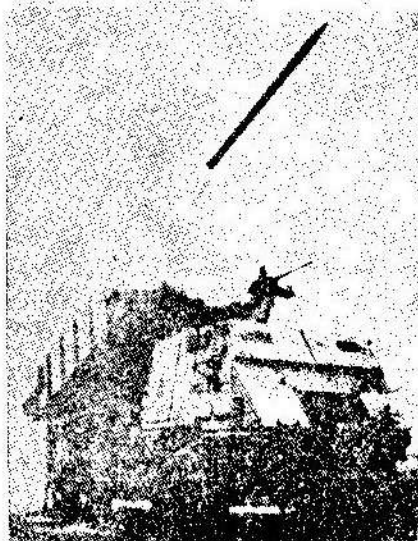
Potrebno vreme za pripremu baterije, lansiranja i izlazak baterije je 5 minuta, a isto vreme je potrebno za punjenje lansera sa 40 raketa.

Brazilski višecevnni lansirni sistem »ASTROS II« za rakete 127, 180 i 300 mm⁵

Poslednji iz familije višecevnih bacača raketa brazilske firme AVIBRAS AEROSPATIAL, sistem ASTROS II koristi isti lanser za tri različita kalibra raketa — 127, 180 i 300 mm — sa komandom za ispaljivanje uz pomoć radara, ili prema potrebi, klasičnom tehnikom artiljerijskog gađanja na bazi kopnenog ili vazdušnog osmatranja i meteoroloških podataka.



trajektoriju leta da bi se postigli različiti dometi bez promene ugla lansiranja na lanseru. Bojna glava svake rakete može biti razorno-rasprskavajuća (18,6 kg) ili kasetna (21 kg) koja sadrži: 42 protivpešadijske bombe napunjene sa po 400 čeličnih kuglica ili 28 protivtenkovskih bombi sa kumulativnim punjenjem, ili 14 dimnih bombi, ili 6 protivtenkovskih mina. Postoje tri tipa upaljača: udarni, elektrohronometarski i blizinski.



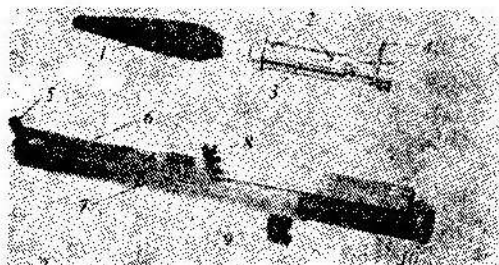
Sve komponente sistema — lanser, punjač municije, komandovanje, radionica za održavanje elektronike i mehanike, nosač radara — smeštene su na istu šasiju 6 × 6 t TECTRON (filijala firme AVIBRAS).

⁵ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 95, str. 74.

Za kalibar 127 mm, bacač raketa koristi 32 cevi za lansiranje raketa SS-30, čija je masa 68 kg, dužina 3,9 m maksimalni domet 30 km i minimalni domet 9 km. Za kalibar 180 mm bacač sadrži 16 cevi za rakete SS-40 čija je masa 152 kg, dužina 4,2 m, maksimalni domet 35 km i minimalni domet 15 km. Za kalibar 300 mm bacač upotrebljava 4 cevi za rakete SS-60, čija je masa 595 kg, dužina 5,6 m, maksimalni domet 60 km i minimalni domet 20 km.

Američki ručni raketni bacač »M 72 E 4«⁶

Nova poboljšana verzija M 72 E 4, ručnog raketnog bacača M 72 A 3, koja zadovoljava tehničke uslove KoV-a i



1 — poboljšana kumulativna protivtenkovska bojna glava; 2 — aluminijumska legura povišene čvrstoće; 3 — raketni motor povišane brzine; 4 — osam peraja za stabilizaciju rakete pomoću rotacije; 5 — prednji nišan puščanog tipa sa temperaturnom kompenzacijom; 6 — poverljivi nišanski tunel; 7 — produžena spoljna cev; 8 — podešavajući zadnji nišan puščanog tipa za gađanje po danu/niskoj osvetljenosti; 9 — pojačani zadnji poklopac/oslonac za rame; 10 — ojačana unutrašnja cev

RM SAD, predstavlja lako ofanzivno oružje namenjeno za uništenje lakih oklopnih vozila, imobilisanje borbenih vozila, neutralisanje bunkera i drugih zaštićenih ciljeva.

M 72 E 4, čija je masa 3,4 kg, dužina u borbenom stanju 98 cm (78 cm u transportnom položaju) i kalibar 66 mm, ima vrlo superiorne performanse u odnosu na svoje prethodnike:

— početnu brzinu povećanu za 30%, koja smanjuje vreme leta rakete (1,4 s do 250 m) i povišava verovatnoću pogađanja cilja na maksimalnom operativnom dometu od 350 m;

— praktičan domet 170 do 250 m i rasturanje ograničeno na 1,78 hiljaditih;

— povišenu probojnost za 20%;

— nišansku spravu sličnu kao kod puške M 16 sa mogućnošću primene uređaja za pojačanje svetlosti;

— bolju bezbednost.

Ovo oružje proizvodi konzorcijum od tri američke firme (TALLEY DEFENSE SYSTEM — finalni proizvođač, TRACOR AEROSPACE — bojna glava, N1 — lanser) i norveške firme RAUFOS, koji je bio proizvođač raketnog motora za M 72 A 3.

Mitraljesko postolje »OWS« izraelske firme RAFAEL⁷

Izraelska firma RAFAEL je razvila novo lako postolje za ugradnju mitraljeza ili bacača dimnih kutija. Namijenjeno je za ugradnju na oklopna borbeno vozila pešadije (prvenstveno na američko borbeno vozilo M-113). Adaptirano je za postavljanje mitraljeza 7,62 mm FN M-240 ili 12,7 mm BROWNING. Može lako da se prilagodi i za ugradnju drugih tipova mitraljeza i automatskih bacača granata (posebno američkog bacača 40 mm Mk-19).

Masa postolja je 160 kg. Za ugradnju je na krovnoj ploči vozila potrebno napraviti otvor prečnika 430 mm (pola

⁶ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 95, str. 72.

⁷ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 95, str. 78.

postolja je smešteno iznad, a pola ispod krovne ploče). Napajanje električnom energijom se vrši iz agregata vozila.



Hranjenje mitraljeza vrši se pomoću redenika smeštenog u municijsku kutiju postavljenu na dno postolja. Strelac iz unutrašnjosti vozila pomoću dve ručice vrši pokretanje po pravcu i elevaciji (osnovno pokretanje je električno, a postoji i pomoćno, ručno). Pokretanje po pravcu je $\pm 180^\circ$, a po elevaciji od -25° do $+75^\circ$. Nišanje se vrši pomoću dnevne ili noćne nišanske sprave. Zamena dnevne i noćne sprave se vrši brzo, bez potrebe za rektifikacijom posle zamene.

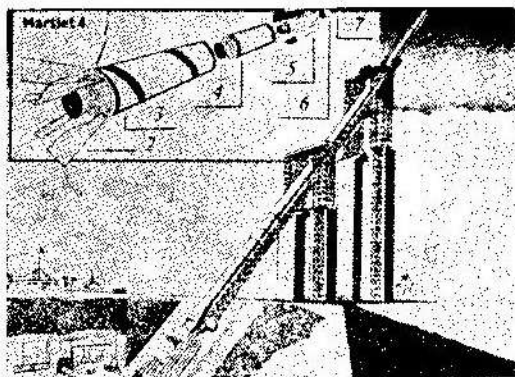
Dnevna sprava ima široko vidno polje (25° , uvećanje $1\times$, krug za nišanje) i vidno polje za gađanje na malim rastojanjima (8° , uvećanje $8\times$, balistička končanica sa podelama za različite daljine).

Noćna sprava sa pojačavačem svetlosti 25 mm ima takođe dva vidna polja: široko (22° , uvećanje $1\times$) i za gađanje na malim rastojanjima ($7,2^\circ$, uvećanje $7\times$) sa istom končanicom.

Irački »KOSMIČKI TOP« bio je bacač raketa⁸

Irački »kosmički top«, koji su aprila zadržali britanski carinici, trebao je da lansirira vođene projektele koje je konstruisala jedna belgijska firma.

Časopis DEFENCE otkrio je početkom godine zainteresovanost Iraka za »super top« koji je u stanju da ispa-



1 — višestepena raketa MARLET 4; 2 — ras-
klapajuća krilca; 3 — prvi stepen; 4 — drugi
stepen; 5 — treći stepen; 6 — koristan teret
do 90 kg; 7 — nosni konus

ljuje satelite ili ubojna sredstva u orbitu. Aprila meseca britanski carinici su zaplenili osam delova cevi prečnika 1 m koja je trebalo da bude utovarena u brod koji je kretao za Irak. Ova pošiljka iz britanske firme SHEFFIELD FORGEMASTER bila je poslednja u seriji. Irak je već primio isporuku od 44 dela cevi istog prečnika.

Pored toga, druga britanska firma, WALTER SOMERS Ltd, priznala je da je isporučila Iraku seriju delova cevi prečnika 350 mm. Obe firme navode da su bile obmanute i poverovale su da su ove cevi bile namenjene za petrohemijski projekt.

Irački plan, nazvan PROJEKT BABILON, zamisao je kanadskog balistič-

⁸ Prema podacima iz: DEFENCE 1990, maj, str. 254.

kog stručnjaka dr Gerija Bula (Gerry Bull) koji je ubijen van svoga stana u Briselu marta meseca ove godine, navodno od agenata izraelske tajne službe Mosad zbog saradnje sa Irakom.

U projektu BABILON bila su bar dva bacača raketa namenjena za lansiranje vođenih projektila sa čvrstim gorivom. Jedan manji bacač raketa prečnika cevi od 350 mm bio je već izrađen i isproban prošlog leta, a pogonsko punjenje bilo je toliko jako da je oštetilo zaptivače na sastavu delova cevi, koji su zatim popravljeni. Veći bacač prečnika 1 m, sada ne može da bude sklopljen zbog akcije britanskih carinika.

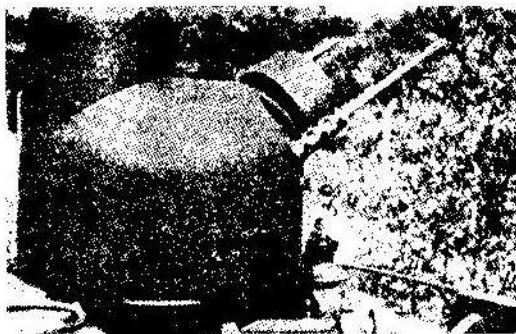
Konstruisanje i nabavku bacača raketa preuzela je firma SRC iz Brisela, a za konstrukciju vođenih projektila bila je zadužena firma ATL (registrovana u Grčkoj) koja je blisko povezana sa SRC. Direktor firme Aleksandar Papas je američki državljanin i radio je sa dr Bulom preko dve decenije, a član je odbora briselskog SRC. Rad na konstrukciji vođenih projektila obavljen u birou ATI u Briselu sa stručnjacima uglavnom iz Britanije. Nije jasno koliko je daleko odmakao deo plana BABILON što se tiče vođenih projektila, ali se misli da do sada još nije bio izrađen ni jedan prototip.

Poconska punjenja za oba sistema konstruisala je belgijska firma PRB koju je prošle godine preuzela britanska vojna firma ASTRA HOLDINGS.

Dok su cevi bacača izrađene u Britaniji, drugi manje komplikovani delovi dva »kosmička topa« bili su isporučeni od španske firme TREBELAN.

Tenkovski protivraketni sistem »TAMS« britanske firme MARCONI*

Britanska firma MARCONI DEFENCE SYSTEMS (MDS) o svom trošku razvija tenkovski protivraketni si-



stem TAMS. Na fotografiji je prikazan izgled poboljšane varijante ovog sistema. Razvoj se odvija u saradnji sa firmom LUCAS AEROSPACE i ROYAL ORDNANCE (RO).

TAMS predstavlja malu kupolu koja se postavlja na nekoj od krovnih površina oklopnog borbenog vozila (oklopnom telu ili kupoli), a u sebi sadrži sve podsisteme potrebne za normalno funkcionisanje, tako da čini autonomnu montažnu jedinicu. Ovaj sistem je projektovan da otkrije, prati i obori dolazeću protivoklopnu raketu. Pri tome nije potrebno bilo kakvo angažovanje posade (aktiviranje, nišanje ili okidanje).

U okviru razvoja firma LUCAS obezbeđuje kupolu, a firma RO dvocevni lančani mitraljez 7,62 mm firme McDONNELL DOUGLAS HELICOPTER. Firma MDS obezbeđuje radare. Milimetarski osmatrački radar postavljen je na krovu kupole, a nišanski radar između mitraljeza.

Sovjetski uređaji za kontrolu cevi artiljerijskih oruđa¹⁰

U oblastima sa toplom i suvom klimom kontroli cevi artiljerijskih oruđa treba posvetiti posebnu pažnju. Zbog povišenih temperatura kod režimskog gađanja dolazi do većeg habanja ležišta

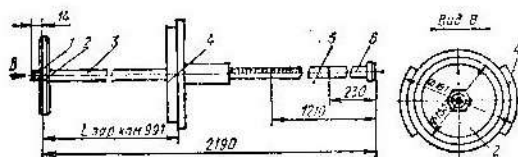
* Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1990, 9. jun, str. 1133.

¹⁰ Prema podacima iz: TEHNIKA I VOORUZENIE 1990, br. 3, str. 12.

metka i kalibarnog dela cevi. Zato je potrebno da se češće vrši kontrola radi određivanja pomeranja prelaznog konusa cevi, a time i popravke početne brzine u okviru definisanja elemenata gađanja. Za izvođenje navedenih kon-

cevi, na tom mestu će se upaliti signalna sijalica na priboru.

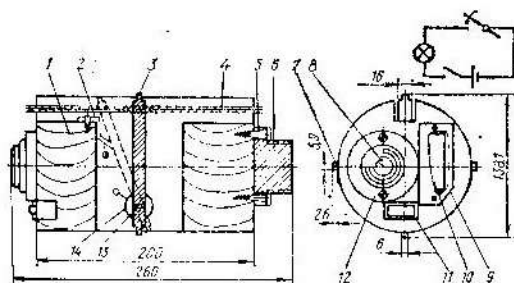
Prikazani pribori su namenjeni za top M-46, ali se analogno mogu izraditi i za svako drugo artiljerijsko oruđe.



Sl. 1 Pribor za određivanje produženja ležišta metka topa M-46:

1 — navrtka; 2 — merni disk; 3, 5 — štapovi; 4 — čahura sa cevi; 6 — ručica

trola mnogo lakši i brži način je pomoću pribora na sl. 1 i 2, nego korišćenjem radioničkog PZK i zvezde. Svaka baterija jednakih oruđa treba da ima po jedan komplet ovih kontrolnih pribora. Skala pribora na sl. 1 je izvedena tako



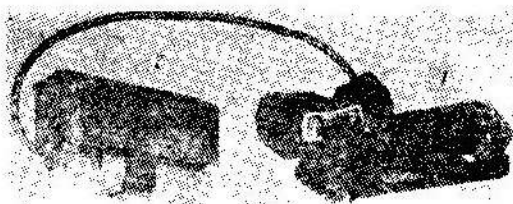
Sl. 2 Pribor za određivanje dozvoljenog proširenja cevi topa M-46:

1 — telo; 2 — usmeravajuća opruga; 3 — stožer; 4 — gajtan; 5 — vijak; 6 — priključak (navoj je urađen za vezu sa štapom za čišćenje cevi); 7 — čep; 8 — sijalica, 9 — poklopac; 10 — baterija za napajanje; 11 — prekidač; 12 — poklopac; 13 — vijak sa navrtkom; 14 — podloška

da odmah pokazuje produženje ležišta metka (pomeranje prelaznog konusa). Pribor na sl. 2 služi za kontrolu proširenja izlubljenog dela cevi i postavlja se na kraj štapa za čišćenje cevi. U slučaju prekomernog proširenja kanala

Termovizijski binokularni durbin »TD-42 FALCON« izraelske firme RAFAEL¹¹

Filijala OPGAL izraelske firme RAFAEL razvila je termalni binokularni durbin TD-42 FALCON, koji se sastoji od tri glavna elementa; durbinna za držanje u ruci (1,8 kg; 27 × 26 × 8 cm), kutije sa odgovarajućom opremom koja se nosi na opasaču (2,4 kg; 23 × 16 × 13 cm) i spoljnog kabla (0,4 kg; 120 cm). Detekcija se vrši u spektralnom području od 3 do 5 μm pomoću jednostavnih detektora IuSb sa serijsko-paralelnim skaniranjem (frekvencija 20 Hz; efikasnost 0,67) i hlađenjem (77°K) na principu Džul-Tomsonovog efekta ekspanzije primenom boce sa komprimiranim vazduhom (0,33 l) pričvršćenom na bloku sa opremom (3 časa neprekidnog rada).



Termovizijski binokularni durbin TD-42 FALCON

1 — ručni durbin; 2 — kutija sa opremom

Sa standardnom optikom (otvor 47 mm), vidno polje (pravac x visina) je 15° × 5° (za otvoren prostor i 7,5° × 7,5° (za blisko osmatranje) sa rezolucijom od 0,5 odnosno 0,25 mrad. Ako se

¹¹ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 97, str. 76.

koristi dodatni teleskop (0,7 kg; otvor 154 mm) vidno polje je $3,4^\circ \times 1,1^\circ$ (daljina) i $1,7^\circ \times 1,1^\circ$ (blizina) sa rezolucijom 0,12 odnosno 0,06 mrad. Potrošnja električne energije je do 10 W (5,5 V) jednosmerne struje. Standardni izvor napajanje je litijumska baterija od 6V i 7,5 Ah.

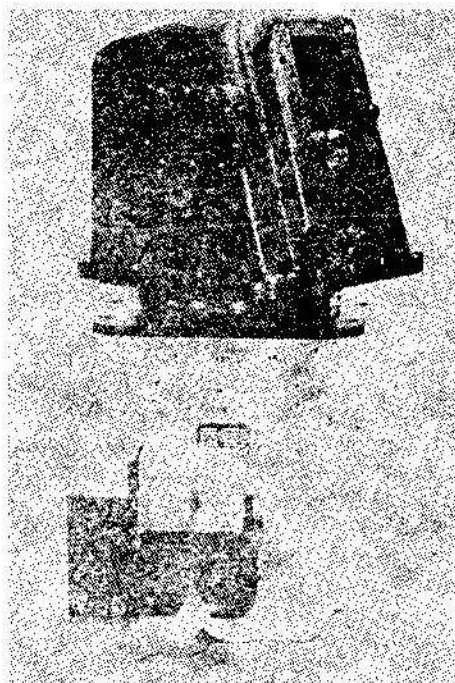
FALCON može da otkrije čoveka u uspravnom položaju na daljini 0,8 km, vozilo na 1,5 km i avion ili brod na 3 km. Sa standardnom optikom (široko vidno polje), daljine detekcije za ciljeve iste kategorije su 1,2 km, 3 km, odnosno 8 km (daljine se udvostručuju korišćenjem dodatnog teleskopa).

Stabilizovani modularni panoramski nišan »VIGY 40« za kupole oklopnih vozila¹²

Firma SAGEM konstruisala je, kao privatni poduhvat, novi modularni stabilizovani panoramski nišan sa dnevnim ili dnevno-noćnim kanalima, nazvan VIGY 40, namenjen za modernizaciju starijih kupola oklopnih borbenih vozila, ili za opremanje novih srednjih i teških kupola.

Sa rotacionom glavom, fiksnim telom sa monokularnim teleskopom i elektronskim uređajem, osnovna verzija VIGY 40 ima dnevni kanal i jedno uveličavanje $\times 8$ (ugao vidnog polja $3,75^\circ$) a horizontalno polje osmatranja je polupanoramsko ($\pm 120^\circ$). Planirane su različite opcije: postavljanje laserskog daljinara (1,06 μm), ili pojačavača slike, ili termovizijskog noćnog kanala (3–5 μm). Ova zadnja verzija bi morala biti u stanju da otkriva ciljeve udaljene 5 km. VIGY 40 se može takođe opremiti sa širokim vidnim poljem ($\pm 15^\circ$) sa drugim uveličavanjem ($\times 2$), a takođe i panoramskim nišanskim poljem.

U rotirajućoj glavi se pored laserskog daljinomera nalaze senzori i jedno ogledalo za sve kanale. Ovo ogledalo,



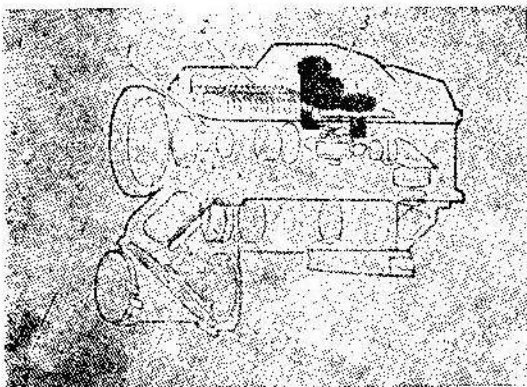
koje je stabilizovano po dve ose sa tačnošću ispod 100 μrad , pojednostavljuje sklapanje nišana i eliminiše potrebu za rotacionim spojem jer služi da prenese sliku od optičkog bloka poslužioca. Ogledalo takođe omogućuje elevaciju od -20° do $+60^\circ$ tako da se mogu napasti i ciljevi u vazduhu. I po pravcu i po visini maksimalna brzina navođenja je 1 rad/s za ubrzanje od 10 rad/s².

Za naknadnu modifikaciju oklopnih borbenih vozila firma SAGEM planira novu verziju VIGY 40 bez donjeg dela tela, a sa rotirajućom glavom koja ima samo termovizorsku kameru. Jedan ovakav nišan bi mogao da bude lako ugrađen na većinu kupola bez bilo kakvih velikih unutrašnjih modifikacija.

¹² Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 3, str. 333.

Noćni nišan »BNS« za švedski protivtenkovski sistem »RBS 56 BILL«¹³

Za protivtenkovski sistem RBS 56 BILL švedske firme BOFORS, njena filijala BOFORS AEROTRONICS razvila je noćni nišan BNS (Bill Night Sight), koji predstavlja termovizijski sistem za osmatranje u tami i u situacijama slabe vidljivosti (magla, dim). BNS, koji funkcioniše u spektralnom području od 8 do 12 μm , potpuno pasivno, prima toplotna zračenja spoljne sredine i pretvara ih u vidljivu posmatranu sliku dnevnog nišana. On ima



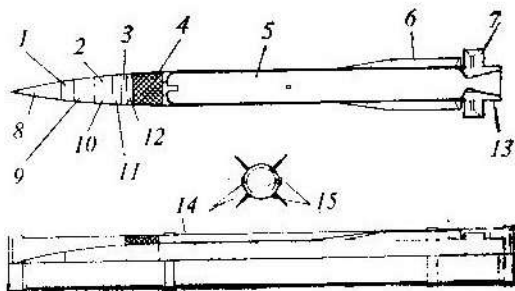
1 — infracrveni teleskop; 2 — modul elektronike; 3 — skener; 4 — filteri; 5 — vizuelni teleskop; 6 — injektor vizuelne slike; 7 — snop za praćenje cilja

masu 8 kg, široko vidno polje osmatranja ($16^\circ \times 7^\circ$) i vidno polje za blisko osmatranje detalja i nišanje ($6^\circ \times 3^\circ$). BNS otkriva nepokretan tenk na daljini 2300 m i identifikuje ga na 1800 m. Napajanje ostvaruje blok baterija (potrošnja 4 W), a hlađenje detektora obezbeđuje boca sa komprimiranim vazduhom. Navedena oprema omogućuje brzu zamenu kada odgovarajući indikatori pokažu iscrpljenost njihovih potencijala. Kao alternativa boci sa komprimiranim vazduhom predložen je minikompresor.

Vizuelnu sliku termovizijski sistem daje u crvenoj i crnoj boji. Normalno, crna boja odgovara hladnim a crvena toplim detaljima, ali se može postići obratna situacija inverzijom polariteta slike, čime se poboljšava prepoznavanje i detekcija lažnih ciljeva.

Hiperbrzi vođeni projektil zemlja-vazduh malog dometa »RM5«¹⁴

Partneri u konzorcijumu EURO-MISSILE su odlučili da zajednički razviju, izrade i proizvode novi hiperbrzi vođeni projektil zemlja-vazduh malog dometa RM5 (ROLAND MACH 5). On će predstavljati oštru konkurenciju za druge raketne sisteme velike brzine kao što su ADATS ili CROTALE NG.



Presek projektila RM5:

1 — pretvarač električne energije; 2 — inercijalni referentni uređaj; 3 — far; 4 — bojna glava; 5 — raketni motor; 6 — krila; 7 — kor-milo; 8 — blizinski upaljač; 9 — računar za vođenje; 10 — toplotna baterija; 11 — prijemnik; 12 — uređaj za osiguranje i armiranje; 13 — IC baklja; 14 — antena; 15 — IC baklja

Što se tiče tržišta za vođene projekte zemlja-vazduh malog dometa, preko 70% prodatih sistema nalaze se u naoružanju manje od 10 godina, a od njih preko 1/3 (620 u martu 1990) su ROLAND. Što se tiče proizvođača, modernizacija predstavlja proces koji više

¹³ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT HÉRACLES INTERNATIONAL 1990, br. 95, str. 72.

¹⁴ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 6, str. 733.

obećava a manje košta od lansiranja razvoja potpuno novog sistema.

Što se tiče ratnih pretnji, očekuje se da će se sve više povećavati udeo protivoklopnih helikoptera, taktičkih balističkih ili krstarećih vođenih projektila, izviđačkih i borbenih bespilotnih letelica i elektronskog ratovanja. Većina letelica će biti sposobna za noćna dejstva, u svim vremenskim uslovima i na svim visinama, dok će se taktički avioni sa navigacijskim sistemima za praćenje reljefa zemljišta na malim visinama sve manje izlagati dejstvu neprijatelja.

Očekuje se da će razvoj i proizvodnja RM5 trajati 5 godina, sa početkom iduće godine, i koštaće oko 1.000 miliona FFR. Serijska proizvodnja je planirana da počne 1996. U komercijalnom pogledu, prenaoružavanje postojećih baterija ROLAND samo će već predstavljati potrebu za 11.000 projektila, a proizvođači se nadaju da će prodati između 10.000 do 15.000 sistema RM5 po pojedinačnoj ceni oko 700.000 FFR.

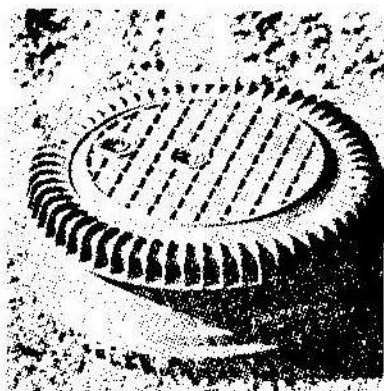
RM5 je sposoban za borbu i protiv helikoptera i aviona na malim visinama, a kompatibilan je sa modernizovanim vatrenim jedinicama sistema ROLAND. Održavanje veze između vođenog projektila i lansera obezbeđuje visoki stepen otpornosti na ometanje. Ovaj vođeni projektil dugačak je oko 2,55 m, prečnik je 0,172 m, a razmah krila 0,25 m (0,35 maksimum kada se posle lansiranja rasklope komandna krila). Ima rasprskavajuću bojnu glavu od teškog metala mase 11 kg sa znatnim dejstvom kinetičke energije. Bojna glava se aktivira radarskim blizinskim upaljačem u kome su kombinovana dejstva na vrlo malim visinama sa mogućnošću otkrivanja vrlo malih ciljeva. Vođenje je poluaktivno, bazirano na korišćenju inercijalne platforme sa popravkama na putanji. Popravke se izvode iz komandne veze korelirajući poziciju cilja sa pozicijom dva IC fara u repnom delu vođenog projektila. Manevrisanje u završnoj fazi putanje se vrši aerodinamički, sa faktorom opte-

rećenja većim od 70 g do 8 km, 45 g do 10 km i 25 g na daljini od 12 km, omogućujući presretanje brzih mlaznih aviona koji izvlače pod opterećenjem od 6 g ili menjaju kurs pod opterećenjem od 9 g na malim daljinama.

Maksimalna brzina je 1.600 m/s a između 5—10 km brzina vođenog projektila ostaje 1.000 m/s. Efikasni domet je 1,5—12 km, maksimalan 16 km sa maksimalnom visinom leta od 8.000 m. To je dovoljno za presretanje aviona naoružanog oružjem koje je lansira van dometa PVO (stand-off) a obezbeđuje takođe dovoljno preklapanje po visini i daljini sa PVO sistemima zemlja-vazduh srednjeg dometa. Sa smanjenim vremenom dejstvovanja modernizovanog sistema ROLAND i malim vremenom leta vođenog projektila, proizvođač tvrdi da će RM5 moći da uništi helikopter koji je otkriven na daljini od 6 km u roku od 10 s (vreme leta 5,5 s). Vreme leta do 8 km je 7,3 s, do 10 km — 10 s i do 12 km — 13 s.

Italijanska protivoklopna mina »ATIS«¹⁵

Italijanska firma FERRANTI INTERNATIONAL je nedavno završila razvoj svoje nove protivoklopne mine ATIS (Anti-Tank Influence Sensor) sa



¹⁵ Prema podacima iz: ARMADA INTERNATIONAL 1990, br. 4, str. 80.

upaljačem 12F čiji senzori omogućuju određivanje brzine tenka koji se približava, tako da mina eksplodira pod tenkom na najosetljivijem mestu — u sredini vozila, ispod kupole. Upaljač 12F može da se upotrebi i za poboljšanje karakteristika postojećih mina.

Nemačke protivradarske bespilotne letelice »KDAR«¹⁶

U Nemačkoj je u toku razvoj malih protivradarskih bespilotnih letelica KDAR (KLEINDROHNEN ANTI-RADAR). Prednost letelice KDAR u odnosu na klasične protivradarske rakete sastoji se u tome što ona leti ispred svojih jedinica RV, otkriva neprijateljske radarske stanice i uništava ih, ali ostaje da kruži u oblasti cilja dok radar ponovo ne počne da radi i ponovo ga



napada. KDAR može da provede do 3 sata iznad oblasti cilja, 80—100 km u neprijateljskoj dubini pa se sa većim brojem letelica može veoma efikasno o-mesti sistem PVO.

Dve nemačke firme MBB i DORNIER razvile su svaka svoju letelicu na bazi eksperimentalnog nosača TUCAN, američke proizvodnje.

Lansiraju se iz kontejnera u koji može da se smesti 20 letelica. U svakom kontejneru nalazi se po jedan kom-

plet opitnih i pomoćnih uređaja i zemaljska elektronska oprema. Odmah posle napuštanja kontejnera razvijaju se krilca na letelici, a odbaci se startna raketa sa stabilizatorom. Glava za pretraživanje u nosu trupa letelice mora

IT podaci		KDAR		
		TUCAN	MBB	DORNIER
Maks. startna masa	kg	110	100	70
Maks. korisni teret	kg	75	50	-
Brzina leta	m/s	100-150	20-250	250
Maks. visina leta	m	3000	3000	3000
Maks. vreme leta	h	4:30	4:30	3:00
Operativni radijus	km	70	-	-
Prečnik trupa	mm	300	175	-
Respon	mm	3320	2144	2100
Maks. dužina	mm	2350	2350	2000
Maks. visina	mm	905	1030	-
Pogon		Vazdušno hlađeni dvotaktni dvocilindarski motor		
Snaga pogona	kW	18,3	20,0	11,0

da bude posebno širokopojasna, ali i sa velikom mogućnošću razdvajanja frekvencije a time i sa pouzdanim prepoznavanjem cilja. Na slici se vidi širokopojasna antena letelice TUCAN.

Britanski tenk »CHALLENGER 2«¹⁷

Proizvodnja prototipova tenka CHALLENGER 2 (9 komada) obavlja se u fabrici tenkova LEEDS. Ranije je ova fabrika bila vlasništvo državne firme ROYAL ORDNANCE a sada pripada firmi VICKERS.

Firma VICKERS je utrošila znatna finansijska sredstva kako bi modernizovala fabriku LEEDS.

U odnosu na već postojeći tenk CHALLENGER 1 novi tenk CHALLENGER 2 imaće u kupoli računar CDC za upravljanje vatrom i stabilisanu komandirsku osmatračku spravu SFIM, čime se otklanjaju dve fundamentalne slabosti starog tenka. Ostala poboljšanja su:

— nova transmisija DAVID BROWN TN 54 sa 6 brzina,

¹⁶ Prema podacima iz: MILITAERTECHNIK 1990, br. 2, str. 108—109.

¹⁷ Prema podacima iz: ARMADA INTERNATIONAL 1990, br. 3, str. 84—85.

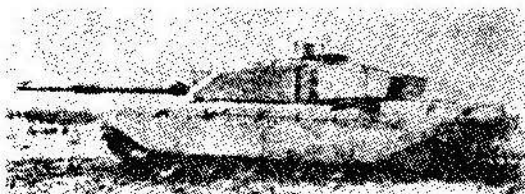
— novi hidraulični zatezač gusenica,

— novi top L30 kalibra 120 mm (sa izljebljenom cevi i visokim pritiscima),

— novi sistem električnih konektora koji su otporni na visok nivo vibracija i

— odstranjene su hidraulične komponente iz borbenog odeljenja.

Tenk CHALLENGER 2 biće snabdeven dizel motorom PERKINS CON-

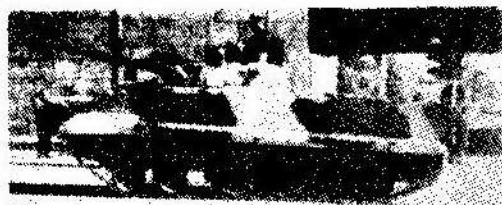


DOR V-12 snage 895 kW, komercijalnim hidrostatičkim sistemom za upravljanje i hidropneumatskim sistemom oslanjanja.

Tenk CHALLENGER 2 za oklopnu zaštitu koristi CHOBHOMOV oklop.

Novo sovjetsko borbeno vozilo¹⁹

Na vojnoj paradi održanoj u Moskvi povodom 9 maja Dana pobeđe prikazano je novo sovjetsko borbeno vo-



zilo. Vozilo nije dobio nikakvu zvaničnu oznaku i na prvi pogled nema veće sličnosti sa postojećim borbenim

vozilima pešadije koja nose oznake BMP.

Ovo, relativno veliko vozilo, naoružano je, pored topa kalibra 23 mm, ili 30 mm i sa topom znatno većeg kalibra. Pretpostavlja se da je iz topa većeg kalibra (sa glatkom cevi) moguće ispaljivati vođene projektele AT-8 (Sonder).

Na vozilu nema puškarica te se na osnovu toga pretpostavlja da je namenjena ovog vozila prvenstveno u pružanju vatrene podrške borbenim vozilima pešadije BMP, odnosno da ona nema mogućnost prevoza pešadijskog odeljenja.

Familija lakih oklopnih vozila »PUMA« nemačke firme KRAUSS-MAFFEL¹⁹

U kooperaciji sa firmom DIEHL nemačka firma KRAUSSMAFFEL razvila je familiju lakih oklopnih vozila PUMA. Za konstrukciju vozila PUMA, korišćeni su delovi i sklopovi tenkova LEOPARD I i II i delovi komercijalnih motora MAN. Vozila PUMA predviđaju se u 40 verzija, a dele se u tri klase prema sopstvenoj masi i to: 18, 19 i 21 t, odnosno 7, 13 i 17 t korisnog tereta, što čini ukupnu masu od 25, 32 i 38 t. Pored ovoga postoje i dve klase familije vozila prema snazi motora (323 kW i 552 kW). Pored ove razlike postoji i razlika u broju potpornih točkova hodnog uređaja (4, 5 ili 6 sa svake strane).

Sva vozila imaju sledeće zajedničke tehničke karakteristike: širina 3,25 m, visina 1,71/1,91 m, širina gusenice 0,55 m, klirens 0,44 m. Dužina šasije se razlikuje i iznosi: za klasu 18 i 19 t 5,80 m a za klasu 21 t 6,50 m. Šasija se sastoji od čeličnog oklopnog tela sa mogućnošću ugradnje dodatnog oklopa, a

¹⁹ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1990, 19. maj, str. 938.

¹⁹ Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HERACLES INTERNATIONAL 1990, br. 97, str. 70.

ugrađena je i NBH zaštita u prostoru za posadu.

Između brojnih varijanti postoje pojedini tipovi:

— u klasi šasije od 18 t: oklopni transporter, vozilo nosač minobacača 120 mm, lovac tenkova sa raketama TOW i vozilo za razminiranje,

— u klasi šasije od 19 t: borbeno vozilo pešadije, lovac tenkova sa topom kalibra 105 mm i vozilo za protivvazdušnu odbranu sa dvocevnom topom WILDCAT,



— u klasi šasije od 21 t: nosač protivvazdušnih raketa ROLAND, višecvni lanser raketa, protivvazdušni sistem, i protivtenkovski sistem.

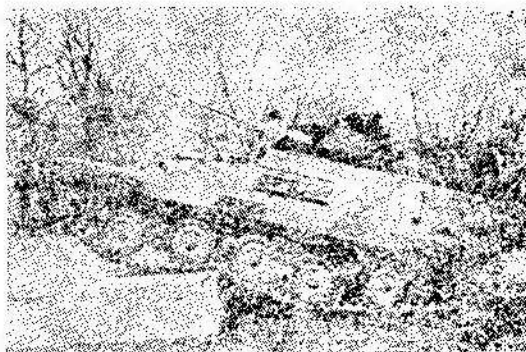
Višenamensko oklopno borbeno vozilo »MARS 15« francuske firme CREUSOT-LOIRE²⁰

Francuska firma CREUSOT LOIRE nedavno je prikazala svoje novo gusenično oklopno borbeno vozilo MARS 15 namenjeno da počevši od 1991. godine zameni AMX 13 na eksportnom tržištu. Razvijen kao samoinicijativni poduhvat, MARS 15 je zasnovan na koncepciji monolitnog tela na kome se mogu

instalirati razni oružni sistemi, s obzirom na potrebu zadovoljavanja različitih operativnih zahteva. Specijalna pažnja posvećena je njegovoj zaštiti, koja se zasniva na primeni pancirnih ploča tipa THD iste firme, sposobnih da se odupru probornoj municiji kalibra 14,5 i 20 mm, kao i prednjem položaju motora u cilju povećanja zaštite.

Pogonsku grupu predstavlja dizel-motor BAUDOUIN 6F 12 SRY snage 295 kW sa automatskom transmisijom RENK HSWL 106 (6 brzina za vožnju unapred i 3 unazad) i rashladnim sistemom sa hidrostatičkim upravljanjem tipa VALEO. To omogućuje brzinu vožnje 75 km/h na putu i autonomiju od 600 km ili 18 časova borbe, što zadovoljava tehničke uslove NATO-a. Povoljan odnos snaga/masa od 18,4 kW/t zajedno sa hidropneumatskim amortizerima sa dugim hodom klipa u sistemu oslanjanja firme SAMM, omogućuje MARS-u operisanje na svakom tipu terena uz visoku udobnost posade.

Ovo vozilo sposobno je da savlađuje vertikalne prepreke visine 80 cm i rovove širine 1,8 m, i da prelazi gazom vodene tokove dubine 1 m bez prethodne pripreme. Transportovanje MARS-15 železnicom ili sistemima za prevoženje tenkova ne predstavlja teš-



koću, a razmatra se i njegovo ukrcavanje na brodove, kao i strategijsko transportovanje avionima tipa C-160 TRAN-SALL ili C-130 HERCULES.

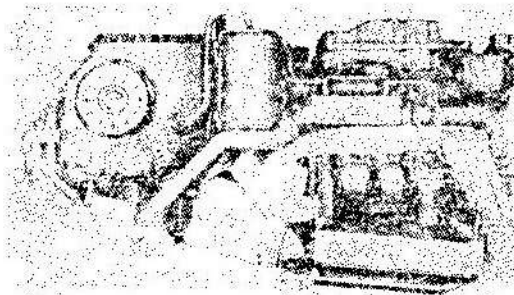
²⁰ Prema podacima iz: DEFENCE TODAY 1990, br. 6-7, str. 183.

Firma CREUSOT prikazala je dve verzije borbenog vozila MARS 15. Prva, laka verzija, predviđa instaliranje turele TS 90 sa topom od 90 mm, dok je druga u verziji pešadijskog borbenog vozila naoružana turelom T 25 sa topom kalibra 25 mm. U oba slučaja telo vozila je isto, dok je instalirano oružje različito.

U bliskoj budućnosti započeće kvalifikaciona ispitivanja jedne verzije MARS-a opremljene 105 mm topom, koja neće imati masu veću od 18 t. Postoje planovi i za samohodnu artiljerijsku verziju koja će biti naoružana 155 mm haubicom.

Pogonska grupa za laka gusenična vozila nemačke firme MTU²¹

Nemačka firma MTU je predstavila novi motor snage 271 kW pri 2100 min⁻¹. Motor je namenjen za ugradnju u oklopna vozila AV90 koja zajedno razvijaju KRUPP MAK i OTO MELARA. Motor je 8-cilindrični, tenkovski, tip 183 TC 22, spregnut sa transmisijom ZF LSG 1500 primenljivom na guseničnim vozilima mase 12—22 t.



Pogonska grupa za laka gusenična vozila — novi tenkovski motor 183 TC 22 firme MTU spregnut sa transmisijom ZF LSG 1500

Ispitivanja ove pogonske grupe uspešno su završena na Sardiniji.

Pogonska grupa je konstruisana za omogućavanje pogona na prednjim pogonskim točkovima i pri tome se mogu obezbediti različite izlazne snage, do 493 kW na 2300 min⁻¹. Vazdušno hlađen dizel motor, sa turboprehranjivanjem i direktnim ubrizgavanjem zasnovan je na MERCEDES-ovom motoru 442 LA. Koristi se konfiguracija V90²², a motor poseduje specijalni karter, tako da se mogu zadovoljiti svi vojni zahtevi što se tiče nagiba.

Sa ovakvim karterom moguće je ostvariti nagib od 60° u svim pravcima. Sistem za hlađenje i prečistač vazduha razvijaju se posebno za tenkove.

Prečistač vazduha je dvostepeni i sastoji se od bloka ciklona i dva filter umetka za fino prečišćavanje. Ovim se obezbeđuje da motor može dugo da radi u pustinjskim uslovima. Pogonska grupa se može skinuti sa vozila a da pri tome ne dođe do izlaganja prašini unutrašnjih delova motora, što u velikoj meri produžuje vek motora. Brza zamena pogonske grupe omogućena je korišćenjem spojnika koje su se dobro pokazale na tenkovima LEOPARD 1 i 2. Za većinu radova održavanja međutim nema potrebe da se vrši demontaža motora.

Sovjetski radio-uređaj »R 173« za oklopna vozila²²

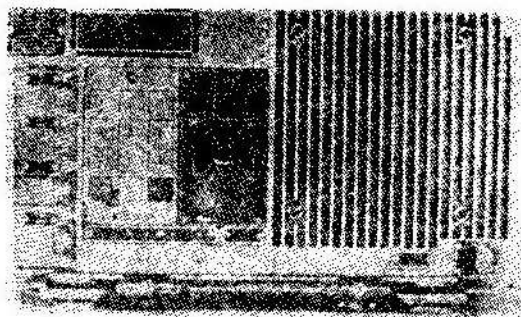
Radio-uređaj R 173 pripada novoj generaciji sredstava veze. To je UKT radio-uređaj namenjen za ugradnju u oklopna i specijalna vozila i prilagođen za uključivanje u mrežu za unutrašnje veze u tenku ili vozilu.

R 173 je primopredajnik, koji omogućava frekventno modulisanu vezu fonijom u simpleks radu. Osnovni tehnički podaci su: frekventno područje 30.000—75.999 MHz; razmak frekvent-

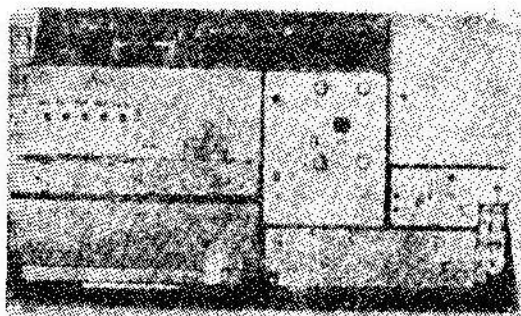
²¹ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 5, str. 578.

²² Prema podacima iz: MILITAERTECHNIK 1990, br. 2, str. 102—103.

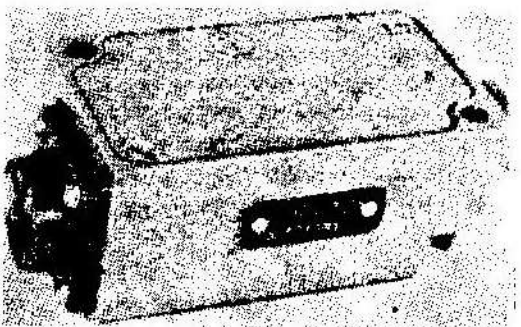
nog rastera 1 kHz; napon napajanja 22—29 V jednosmerne struje; domet najmanji 20 km sa štap antenom od 3



Sl. 1



Sl. 2



Sl. 3

m; snaga predajnika najmanje 30 W na 75 Ω (kada radi smanjenom snagom najmanje 1,9 W); modulaciona osetljivost 420—620 mV za realizaciju jednog pomaka od ± 5 kHz; modulaciona frek-

vencija 1000 Hz; odstupanje frekvencije maksimalno $\pm 1,5$ kHz; osetljivost sa uključenim prigušivačem šuma bolja od 1,5 μ V, NF izlazni napon najmanje 11 V, odnos signal-šum najmanje 10:1; međufrekvencija 11,5 MHz i 1,5 MHz.

Po potrebi se sa R 173 može raditi i preko interfona IaG 1.600.000. Podešavanje se vrši za najviše 3 s. Postoji mogućnost memorisanja 10 frekvencija, koje se biraju pritiskom na dirku.

Potpuno je tranzistorski, pa je odmah spremna za rad. Pri radu punom snagom predajnik postiže domet od najmanje 20 km sa običnom štap antenom od 3 m. Kombinovana štap antena sa nosačem od 10 m povećava domet 2 do 3 puta.

Sa R 173 moguć je istovremeni rad dva radio-uređaja preko istog spoljašnjeg antenskog filtra na zajedničku antenu. Svakom od radio-uređaja dodele se u tom slučaju po jedan od podopsega filtra (30—52 MHz ili 60 do 76 MHz). Osim toga R 173 može se preko antenskog prilagođenja KT radio-uređaja R 134 priključiti na njegovu štap antenu od 4 m.

Na sl. 1 dat je opšti izgled radio-uređaja R 173, na sl. 2 sa skinutim poklopcem, a na sl. 3 je spoljašnji modulacioni pojačavač.

Oznake na sl. 2 znače: 3 — prijemnik; 4 — sintetizator, 7 — memorija, 9 — filter sa podešavanjem, 10 — pojačavač snage, 11 — antensko prilagođenje, 12 — upravljački stepen.

Radar »DRBV 26C« francuske firme THOMSON-CSF²³

Francuska firma THOMSON-CSF treba da opremi jedan broj fregata francuske mornarice novim poluprovodničkim radarom u L-opsegu frekvencije. Naručeni radari su oznake DRBV 26C.

²³ Prema podacima iz: MARITIME DEFENCE 1990, January, str. 28. Signal, 1990, June, str. 13.

Ovaj radar, poznat pod nazivom JUPITER, treba da se postavi na fregatu JEAN-BART. Ovo je radar u kome je po prvi put primenjeno poluprovodničko rešenje predajnika. U razvoju je postignuto više prednosti u odnosu na klasična i već poznata rešenja, a to su: oko 6 puta veće vreme između dva otkaza, raspoloživost veća od 99%, dok je održavanje znatno pojednostavljeno zahvaljujući rešenju zasnovanom na 16 identičnih paralelnih poluprovodničkih modula, koji se pojedinačno mogu zamenjivati bez prekida rada samog radara. Sam radar odlikuje relativno niska cena održavanja i relativno visok nivo bezbednosti za osoblje jer je najviši napon predajnika samo 50 V.

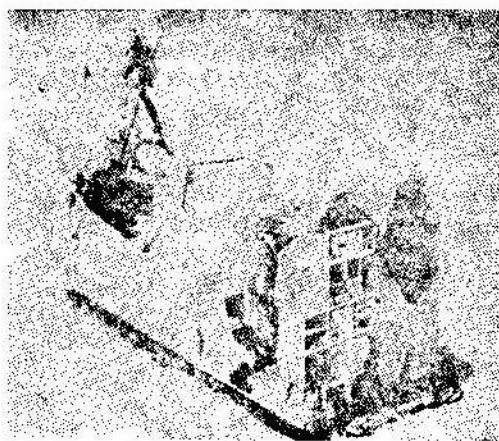


Snaga predajnika je 2,5 kW koja omogućuje domet za avione tipa lovca oko 125 milja. Predajna frekvencija je vrlo stabilna zbog primene sintezatora koji omogućuje vrlo visok nivo obrade, primenu kompresije impulsa i filtriranja na bazi Fourier-ove transformacije.

Novi zapadnoevropski radar za otkrivanje položaja oruđa »COBRA«²⁴

COBRA je novi multifunkcionalni radar namenjen za određivanje položaja artiljerijskih oruđa neprijatelja, kao i za korekciju vatre sopstvenih oruđa.

Razvoj ovog radara se pokreće za potrebe oružanih snaga Francuske, Ne-



mačke i Velike Britanije, a u njegovom razvoju učestvuju GENERAL ELECTRIC, SIEMENS, THOMSON-CSF i THORN EMI.

Radar COBRA (COunter Battery RAдар) treba da se testira, nakon završenog prototipa, tokom 1993, a opremanje treba da otpočne u 1996. godini.

Nove tehnologije omogućuju da se projektuje nova antena, tzv. aktivna modularna antena sa oko 3000 primopredajnih modula na bazi GaAs. Antensku konstrukciju čine planarni antenski niz, kola za elektronsko pretraživanje i matrica primopredajnih modula sa kontrolisanom fazom i maksimalno smanjenim gubicima.

Radar je projektovan sa modularnim jedinicama kao što su antena, prijemnik, signal-procesor, računar, radarska konzola, uređaj za vezu. Predviđeno je da se kabina radara postavi na 3-osovinsko vozilo, točkaš.

Francuski radar za otkrivanje i praćenje niskoletućih ciljeva »3D-RAC«²⁵

Francuska firma THOMSON-CSF završila je razvoj trodimenzionalnog radara oznake 3D-RAC, namenjenog za

²⁴ Prema podacima iz: DEFENCE TODAY 1990, br. 6-7, str. 184.

²⁵ Prema podacima iz: PROSPEKT FIRME THOMSON-CSF, 29006A15.

otkrivanje i praćenje niskoletućih ciljeva, kao i za uzbuđivanje i predaju podataka o ciljevima sistema PVO.

Radar je konstruisan da zadovolji stroge zahteve u pogledu mobilnosti, vremena razmeštaja i pripreme za rad u uslovima borbenih dejstava, sa zahtevom da se, uz što je moguće kraće vreme reagovanja, posadama oruđa daju trodimenzionalni podaci o ciljevima koji izvršavaju napad na branjene položaje. Radar je modularno realizovan sa posebnom jedinicom za upravljanje vatrom (koja obezbeđuje vrlo brzo prenošenje podataka do vatrenih jedinica) što omogućuje da se komandno mesto baterije ili više taktičke jedinice postavi u samom radaru.

3D-RAC je radar u C-opsegu frekvencija, sa primenjenim savremenim tehničko-tehnološkim rešenjima koja obezbeđuju da se pri jednom obrtu antene, uz verovatnoću detekcije 0,9, za ciljeve refleksne površine 2 m² mogu ostvariti dometi i preko 40 km.

Antena realizovana kao planarni antenski niz (na preklapajućem stubu) obrće se u horizontalnoj ravni sa 3 brzine (najveća 30 min⁻¹). Elektronskim skeniranjem u vertikalnoj ravni obezbeđuju se dovoljno tačni podaci i bitno skraćuje vreme zahvata cilja na oruđima.

Predajnik je realizovan na bazi cevi sa progresivnim talasom i sa potpuno koherentnim lancem koji obezbeđuje visoku stabilnost i širok opseg frekvencijske agilnosti sa optimalnim izborom frekvencije i talasnog oblika u odnosu na uslove klatera i ometanja. Prijemnik se zaštićuje od ometanja potiskivanjem imaginarnih frekvencija, primenom CFAR-detektora, kompresije impulsa, kao i transveralnog Doppler-filtra, što sve kvalitativno doprinosi detekciji signala.

Posebno je projektovan tzv. helikopterski kanal koji omogućuje otkrivanje i lebdećih helikoptera u snažnom klateru prirodnih prepreka.

Posebnim doprinosom smatra se automatski plot ekstraktor i TWS-procesor kojima se omogućuje procesiranje u realnom vremenu do 200 plotova, do 128 tragova i lokacija do 10 ometača, kao i detaljna klasifikacija ciljeva (helikopteri, rakete, jurišni avioni i dr.). Softver je realizovan primenom ADA-jezika.

Radar je smešten u kabinu (sa samonosivim i nivelišućim hidrauličnim stopama) koja se postavlja na terensko vozilo nosivosti do 10 t. Sama kabina se može transportovati helikopterima, avionima (C-130, npr.), železnicom i brodom. Masa kabine sa ugrađenom radarskom opremom i bez antenskog stuba je oko 5 t, a zajedno sa antenskim stubom ukupna masa je 8 t.

Mali prenosni radar »RB 12B«²⁸

Francuska firma THOMSON CSF proizvela je mali prenosni radar oznake »RB 12B« koji je namenjen za otkrivanje pešaka, diverzanata, padobranaca, terenskih vozila, izviđačkih letilica.

Radar osmatra sektorski, na bazi antene sa planarnim nizom, do otkrivanja određenog cilja nakon čega se osmatrački mod prekida i započinje mod praćenja. Osmatranje i praćenje može da bude i u manuelnom modu kojim upravlja operator. Operatoru su na raspolaganju zvučnik i slušalice preko kojih se operator upozorava na pretnju, na prisustvo cilja. Pokazivanje cilja, podaci daljine i azimuta o cilju, kao i definisanje sektora osmatranja i moda pretraživanja obavlja se pomoću upravljačke konzole koja može da bude izdvojena i do 1300 m.

Predajnik je poluprovodnički, impulsni, potpuno koherentni, sa 5 una-

²⁸ Prema podacima iz: PROSPEKT FIRME THOMSON CSF, Kr. 47480702.

pred podesivih frekvencija u J-opsegu, srednje snage oko 25 mW. Domet rada-
ra je do 6,4 km za terenska vozila tipa
džipa, a do 3 km za pešake.

Radar mase 32 kg, sa tronošcem i
baterijom za 7 sati rada, smešta se u
dve transportne vreće koje na leđima
nose dva vojnika.

Strategija razvoja informatike u Jugoslaviji i Evropi '92²⁷

Strategija razvoja informatike i in-
formacionih tehnologija u Jugoslaviji
treba da se razvija prema standardiza-
ciji, usvojenoj u Evropskoj zajednici
(EZ) za Evropu posle '92.

Početak 90-tih godina karakteriše
dalji razvoj informacionih tehnologija.
Uočena su tri ključna fenomena:

- radikalna minijaturizacija os-
novnih komponenti u informacionim te-
hnologijama-mikroprocesorskih memo-
rijskih čipova, a paralelno sa tim pove-
ćanjem brzine rada,

- osetan pad jediničnih cena me-
morisanja i procesiranja podataka,

- jaka konvergencija računarskih
i komunikacionih tehnologija u jedin-
stvenoj informacionoj tehnologiji, što
granice između komuniciranja i proce-
siranja čini rasplinutim.

U Evropskoj zajednici karakteris-
tično je, danas, sledeće:

- informacione tehnologije, od-
nosno, industrije čine jedan od najve-
ćin ekonomskih sektora,

- većina drugih sektora postaje
kritično zavisna od upotrebe informa-
cionih tehnologija za sopstvenu konku-
rentnost,

- jedinstveno evropsko tržište ne-
će postati realnost ukoliko tehničke ba-

rijere ometaju slobodan protok infor-
macija između partnera.

Takođe je karakteristično da koriš-
ćenje informacionih sistema i tehnolo-
gija generiše sve veću potrebu za ovim
kadrovima.

Najpoznatije »PRETNJE« po sistem automatske obrade podataka²⁸

U sklopu mera za zaštitu podataka
u računarima i mrežama računara i ak-
tivnosti Evropske zajednice sistemati-
zovane su najpoznatije »pretnje« po si-
stemu automatske obrade podataka
(AOP), sa opisom, tipom rizika, vrstom
ugrađene informacije i zonama »sla-
bosti«:

- neovlašćeno menjanje podataka
u fazi unosa,

- neovlašćeni softver koji radi
pokriveno,

- »programske bombe« (deo pro-
grama koji se aktivira nekim događa-
jem i koji uništava softver i podatke),

- neovlašćene radne izmene nad
podacima i programima,

- lažno predstavljanje korisnika,

- »kačenje« (neovlašćeno prošire-
nje korišćenja računara),

- odlivanje podataka,

- simulacija i modeliranje poda-
taka i programa,

- krađa nosilaca podataka,

- kopiranje nosilaca podataka,

- fizičko uništavanje,

- fizičko uplitanje,

- prinuda,

- razbijanje šifara, itd.

²⁷ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 5-6,4-5.

²⁸ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 5-6,
28-29.

Sadašnje stanje u problematici računarskih virusa ²⁹

Dobri poznavaoći problematike računarskih virusa tvrde da je trenutna situacija na ovom sektoru sledeća:

- rizik od virusnih infekcija je trenutno mali, ali sa tendencijom povećanja,

- viruse kreiraju veoma inteligentni, ali u osnovi nezreli programeri,

- virusi danas predstavljaju realnu pretnju,

- treba preduzimati sve mere za smanjenje šansi da dođe do virusne infekcije.

Odakle dolaze računarski virusi? U osnovi iz tri primarna izvora: inficiranih računara, diskova i javnih mreža za prenos podataka.

Postoje tri vrste antivirusnih programa:

- programi za sprečavanje virusne infekcije,

- programi za otkrivanje virusa,

- programi za identifikaciju virusa.

Saradnja firmi IBM i SIEMENS u proizvodnji čipova ³⁰

Evropska elektronska industrija se našla pred svojom najvažnijom odlukom. Početkom 1990. godine IBM je postao član Saveza proizvođača čipova JESSI. Njihov zajednički konkurent su japanski proizvođači mikro-čipova, koji danas dominiraju na svetskom tržištu. Japanci ne samo da masovno proizvode čipove, već isporučuju i potrebne mašine-automate.

²⁹ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 7, str. 9-17.

³⁰ Prema podacima iz: PRAKSA 1990, br. 3, str. 42.

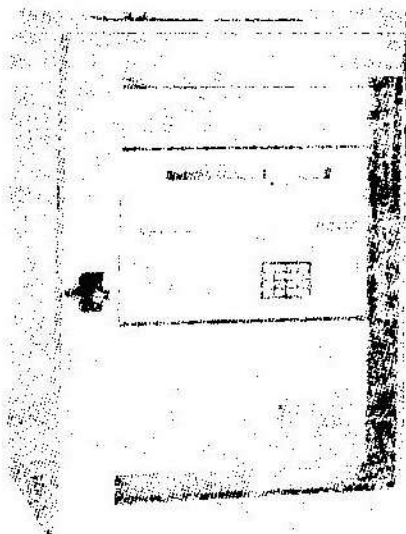
SIEMENS je još pre četiri godine sa drugim proizvođačima elektronike — PHILIPS (Holandija), SGS — THOMSON (Francuska) i drugim poznatim evropskim firmama formirao navedeni Savez proizvođača poluprovodnika JESSI, sa sredstvima od 8 milijardi DEM.

Kod prijema IBM-a kao punopravnog člana Saveza JESSI bilo je primedbi nekih članica. Tako su Francuzi ocenili da je IBM veoma jak konkurent u odnosu na njihov računarski koncern BULL.

Nemački borbeni simulator »ASPА« ³¹

KoV Nemačke lansirao je ambiciozni program za poboljšanje obuke tenkovskih posada pomoću simulatora borbe i gađanja ASPA, koji je sada postavljen u školi u Minsteru.

Simulator ASPA (Ausbildungsanlage Schiessimulator Panzerung) je razvijen od simulatora ELSALEO, tenka



³¹ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1990, br. 5, str. 577.

LEOPARD 2, izrađenog za KoV Švajcarske, mada je složenija verzija koja ima kompjutersko generisanje slike na projekcionom displeju od 180°. Nemački vojnici imaju priliku da budu upoznati sa performansama ELSALEO jer su im švajcarske vlasti dozvolile da ga koriste za trening za trofej KoV Kanade za gađanje u okviru NATO.

Namenjen prvenstveno kao sredstvo za uvežbavanje komandira vodova, simulator ASPA se sastoji od četiri kabine za posadu koje su precizne kopije unutrašnjosti kupole tenka LEOPARD 2. Svakom kabinom upravlja jedan instruktor koji može da kontroliše interaktivne trenажne vežbe. Prisutnom osoblju mogu se ponovo pokazati snimljene vežbe za analiziranje sa drugim posadama.

Simulator ASPA koristi sintetički generisanu sliku koja ima 1 milion piksela. Slika se projektuje na polukružni ekran pomoću tri projektora od kojih svaki pokriva 60° i obezbeđuje se tako vidno polje od 180° sa visokim stepenom rezolucije i u neprekidnom trajanju. Ova panoramska slika može se videti kroz nišane kupole i kroz otvoreni poklopac komandira. Vojnik na vežbi takođe može da vidi druge tenkove svoga voda kako se kreću izvršavajući njegove komande. Ovaj panoramski displej od 180° (slika 2) se takođe koristi za simulator obuke vozača koji je razvijen za civilno korišćenje.

Srce simulatora ASPA i ELSALEO je generator slike DIS13 koji u realnom vremenu prikazuje u boji zemljište na kome se sprovodi obuka sa do 256 pokretnih objekata, uključujući sopstvene tenkove i ciljeve koji se mogu kretati nezavisno. Ima 30 različitih efekata artiljerijskog gađanja, uključujući pogodak projektila. Mogu se prikazati različiti vremenski uslovi, uključujući sunčano vreme, kišu i maglu, a svetlosni uslovi se mogu menjati zavisno od doba dana sa neprekidnim prelaskom u sumrak.

Vizuelni doimet odgovara tipiziranim borbenim uslovima. Jedan tenkovski cilj se može prepoznati na daljini do 4000 m, a identifikovati na daljini do 2500 m. Simulirana zona obuke ima teoretsku maksimalnu površinu od 140 km², što je znatno veće od površine stvarnog zemljišta koje se može naći u SR Nemačkoj, na primer. Može se koristiti velika raznovrsnost scenarija obuke za realnu obuku komandira vodova i tenkova.

Pored simulatora ASPA, KoV Nemačke namerava da nabavi oko 50 simulatora gađanja ASPT (Ausbildungsgerät Schiessimulator Panzer Truppe). Isporuke će početi sredinom 1991. a završiće se početkom 1993. godine. Planirano je da trupna ispitivanja počnu ove jeseni. Simulator 9SPT je kompaktniji kontejnerizovan sistem koji se može prevoziti kamionom. On nema sofisticirani vizuelni sistem od 180° koji je potreban za simuliranje velike pokretljivosti, mada se kupola može okretati za 120°.

Sistem za automatsku detekciju požara »PBS 16« francuske firme MATHER ET PLATT WORMALD³²

Francuska firma MATHER ET PLATT WORMALD razvila je sistem sa mikroprocesorom PBS 16 za automatsku detekciju požara, koji određuje lokacije ugroženih zona i pojedinačno identifikuje vatrene tačke. Ovaj sistem pruža pouzdanu funkciju, elastično prilagođavanje i jednostavnu eksploataciju.

PBS 16 je sastavljen od interfejsa za vizualizaciju i eksploataciju, koji je preko sistema prenosa internih poda-

³² Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT 1990 br. 97, str. 72.

taka povezan sa »inteligentnim kartama«. Svaka karta upravlja, u svojoj osnovnoj konfiguraciji, sa 480 tačaka i informiše o svakoj promeni stanja na bilo kojoj od njih. Sistem može da se proširi za sve projekte od kojih se zahteva specifično prilagođavanje uz poštovanje svih normi sigurnosti.

Interfejs za vizualizaciju i eksploataciju pokazuje jasno svoje informacije i omogućuje raspoznavanje prirode slučaja, identifikovanje alarmirane tačke i lokalizaciju dotičnog mesta i zone. Dijalog sa sistemom obavlja se preko tas-

tature sa osetljivim dirkama jednostavnim instrukcijama posle uvođenja ulaznog koda.

Za osiguranje zgrada razvijeni su sledeći programirajući izlazni interfejsi kompatibilni sa sistemom PBS 16: za automatsko isključenje instalacija zahvaćenih požarom; za stavljanje u bezbednosni položaj uređaja za pregrađivanje i izbacivanje dima; za aktiviranje sistema uzbunjivanja radi evakuacije; za isključenje ili uključanje različitih tehničkih instalacija.

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis JNA.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — sažeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru, a brojeve i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima u JNA.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun i opštinu banke gde je račun otvoren.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-1.