

HRVATSKI VOJNIK



BROJ 8. GODINA VI.

VELJAČA 1996. BESPLATNI PRIMJERAK

VIKHR

TRANSPORTNI
ZRAKOPLOVI
BUDUĆNOSTI

MINE-
opasnost iz dubina



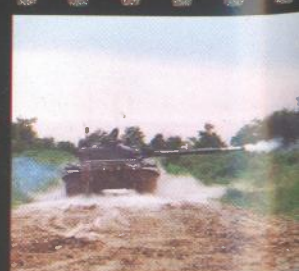
HRVATSKA VOJNA GLASILA

ISSN 1330 - 500X



9 771330 500003

M-84AB, GLAVNI BORBENI TANK, UČINKOVIT ODGOVOR NA
BUDUĆE PRIJETNJE, S POSADOM OD TRI ČLANA I SPOSOBNOŠĆU
OTVARANJA PALJBE IZ POKRETA DANJU I NOĆU



M-84AB

IDE DALJE

PALJBENA MOĆ

TOP KALIBRA 125mm
S GLATKOM CIJEVI

BORBENA SPOSOBNOST

KOMPJUTORIZIRANI SUSTAV
NADZORA PALJBE

POKRETLIVOST

MOTOR SNAGE 1000 KS

SPOSOBNOST PREŽIVLJAVANJA

VISOK STUPANJ BALISTIČKE
ZAŠTITE
SUSTAV ZAŠTITE POSADE



RH-ALAN d.o.o.

Stančićeva 4, 41000 Zagreb
tel. 385 1 45 54 02 2, 45 68 66 7
fax. 385 1 45 54 02 4

REPUBLIKA HRVATSKA





16

Prijenosni putni zastor za svladavanje slabonosivog tla

Vojna vozila su terenska vozila na kotačima ili na gusjenicama koja su osposobljena za samostalno svladavanje slabonosivog tla, ali ne i iznimno slabonosivih podloga. Zato su pokreti postrojbi izvan putova ovisni i od drugih mogućnosti opkoparskog svladavanja teškoprohodnih terena, u ovom slučaju od pokretnih putnih zastora FRS

42

Zračna borba i STEALTH

U širokoj javnosti danas se stealth zrakoplovi povezuju isključivo s jurišnim zrakoplovima, što nije nimalo čudno ima li se u vidu da su letjelice ove vrste u operativnoj uporabi namijenjene izvršenju jurišnih (F-117 Nighthawk), odnosno bombarderskih (B-2 Spirit) misija. Ali, stealth tehnologija se primjenjuje i na lovcima, što u budućnosti postavlja sasvim nove zahtjeve u zračnoj borbi



48

Transportni zrakoplovi budućnosti

Najnovija dostignuća na području novih tvoriva, mlaznih motora i sustava za prikazivanje podataka u pilotskoj kabini omogućit će značajne promjene na području konstrukcije ...



69

Razvoj i gradnja podmornica u Njemačkoj poslije II. svjetskog rata

Na uspjeh njemačke industrije u razvoju i gradnji podmornica poslije II. svjetskog rata utjecale su ponajprije relativno skromne protežnosti njihovih podmornica u kombinaciji s dobrim hidrodinamičkim značajkama, relativno velikom bojnom spremnošću, malim brojem posade, akustičkom značajkom i zamjetljivošću, kao i kvaliteta konstrukcija proizašla iz duge tradicije u gradnji podmornica

Nakladnik:

Ministarstvo obrane Republike Hrvatske

Glavni i odgovorni urednik
general bojnik Ivan Tolj

**Zamjenik glavnog i
odgovornog urednika**
brigadir Miro Kokić

Izvršni urednik
satnik Dejan Frigelj
Grafički urednik
satnik Svebor Labura
Tehnički urednik
natporučnik Hrvoje Sertić

Urednički kolegij:
Vojna tehnika
satnik Tihomir Bajtek
Ratno zrakoplovstvo
natporučnik Robert Barić
Ratna mornarica
poručnik Dario Vuljanić

Vojni suradnici
brigadir Dr. Marko Parizoski, dipl. ing.
pukovnik Dr. Dinko Mikulić, dipl. ing.
pukovnik Vladimir Superina, dipl. ing.
pukovnik J. Martinčević-Mikić, dipl. ing.
bojnik Mr. Mirko Kukolj, dipl. ing.
bojnik Damir Galešić, dipl. ing.
bojnik Berislav Šipicki, prof.
Dr. Vladimir Pašagić, dipl. ing.
Dr. Dubravko Risović, dipl. ing.
Mislav Brlić, dipl. ing.
Dario Barbalić, dipl. ing.
Josip Pajk, dipl. ing.
Bartol Jerković, dipl. ing.
Vili Kezić, dipl. ing.

Grafička redakcija
Denis Lešić (voditelj pripreme)
Predrag Belušić
Robert Orlovac
Hrvoje Budin
poručnik Davor Kirin
Tomislav Brandt

Marketing

Ivan Babić

Tajnica uredništva
Zorica Gelman

Kompjuterski prijelom i priprema
HRVATSKA VOJNA GLASILA

Lay out
Svebor Labura

Tisak
Hrvatska tiskara d.d., Zagreb
Naslov uredništva
Zvonimirova 12, Zagreb,
Republika Hrvatska

Brzoglasi

385 1/456 80 41, 456 88 11

Dalekumnoživač (fax)

385 1/455 00 75, 455 18 52

Rukopise, fotografije i
ostalo tvarivo ne vraćamo

VOJNA TEHNIKA

- 16** Prijenosni putni zastori *Dinko Mikulić*
- 20** Svjetlovođi na vojnom brodu *Vladimir Pašagić*
- 28** VIKHR *Berislav Šipicki*
- 31** Što je ISO 9000 ? *J. Martinčević-Mikić*
- 32** Mikroskopski strojevi i tvornice *Josip Pajk*

RATNO ZRAKOPLOVSTVO

- 42** Zračna borba i STEALTH *Robert Barić*
- 48** Transportni zrakoplovi budućnosti *Klaudije Radanović*
- 58** NASAMS *Vladimir Superina*

RATNA MORNARICA

- 69** Razvoj i gradnja podmornica u Njemačkoj *Mislav Brlić*
- 76** Motrenje gospodarskog pojasa *Vili Kezić*



FOTO: Davor Kirin

RTOP-21 tijekom
oplođenja

ZA SIGURNOST HRVATSKOG PODMORJA

U Splitu je svečano porinuta prva hrvatska podmornica, čime je osnažena flota HRM



Bilo je više nego ushitno biti nazočan porincu prve hrvatske podmornice koja je za Hrvatsku državu i flotu HRM od višestrukog značenja. Možemo slobodno reći da je podmornica **Velebit** stasala zajedno s hrvatskom državom, suočena od samog početka s mnoštvom problema. Ratne okolnosti utjecale su na gradnju podmornice. Iako mlada, Hrvatska se upustila u avanturu gradnje

visoko zahtjevnog objekta, znajući da je to velik korak naprijed u modernizaciji, te potpunoj borbenoj i obrambenoj spremnosti HRM. Hrvatska je mala država, ali spada u red rijetkih država svijeta koje su u stanju napraviti podmornicu. I ako je u početku i bilo onih koji su s nepovjerenjem odmahivali glavom na spomen o gradnji podmornice, Hrvatska je jasno pokazala gdje joj je mjesto u svjetskoj brodogradnji.

Podmornica nosi ime *Velebit*, ime planine koja je u dugoj i teškoj hrvatskoj povijesti predstavljala simbol otpora i mnogih pobjeda hrvatskog naroda. Nije li porinućem domaće podmornice još jedna velika pobjeda, još jedan pokazatelj da na Hrvatsku, u vojnom, gospodarskom, kulturnom i inom smislu moraju računati svi, pa i oni kojima to ne odgovara.

Svečanosti porinuća podmornice bili su nazočni načelnik glavnog stožera HV general zbora Zvonimir Červenko u pratnji zapovjednika HRM admirala Svete Letice, načelnika PU general bojnika Ivana Tolja, viceadmirala Davorina Kajića i drugih predstavnika vojnog i civilnog života. Dinko Zec, direktor Brodogradilišta specijalnih objekata u ime svih onih koji su radili na oživotvorenju ovog projekta u prigodnom govoru je istaknuo: "U gradnju ove podmornice uložili smo sve svoje znanje i sposobnosti, i činit ćemo to uvijek kada bude potrebno."

General zbora Zvonimir Červenko koji je bio kum podmornici, prigodom porinuća je rekao: "Ratni brode, koji se spuštaš u more, dajem ti ime *Velebit*. Plovi sretno na ponos HRM i cijelog hrvatskog naroda."

Željko Stipanović

Podmornica P.01 Velebit

Prva hrvatska podmornica *Velebit* može vršiti diverzantske zadaće, polagati mine, vršiti ophodnje, izviđanja, te razne druge specijalne zadaće

Dario VULJANIĆ

Obris podmornice Velebit



Prema projektu stručnjaka **Brodarskog instituta (BI)** iz Zagreba, ustanove od posebnog značaja za razvoj sredstava ratne tehnike, u

Brodogradilištu specijalnih objekata (BSO) poduzeća **BRODOSPLIT** u Splitu, izgrađena je prva hrvatska podmornica **Velebit** s flotnim brojem **P 01** i porinuta u more 16. siječnja ove godine. Tijekom neprijateljske agersije na Hrvatsku podmornica se nalazila u brodogradilištu, a ostala je



D. Kirin

Podmornica Velebit tijekom gradnje u Brodogradilištu specijalnih objekata

sačuvana za Hrvatsku ratnu mornaricu zahvaljujući iznimnim naporima djelatnika BSO.

Temeljna namjena podmornice *Velebit* je vršenje diverzantskih napadaja na brodove u lukama, u zatvorenim sidrištima, na lučke instalacije ili druge ciljeve u protivničkom akvatoriju i na obalama, te protudiverzantske zadaće, kao i polaganje na dnu ležećih mina ispred luka, u tjesnacima i kanalima. Uz to, zahvaljujući niskoj zamjetljivosti podmornica se može rabiti za ophodne zadaće, može izviđati i motriti protivničku obalu, vršiti tajni transport ljudi i tvari (do četiri tone) kroz pomorsku blokadu, te razne druge specijalne zadaće. Ukoliko je potrebno, u stanju je doprijeti do bilo kojeg dijela Jadrana, a najjače oružje ove podmornice je upravo tajnost njezina djelovanja.

Po konstrukciji podmornica je jednotrupna, s cilindričnim čvrstim trupom (izrađenim od čelika povišene čvrstoće) vanjskog promjera 2,7 m i kapljustim završecima lakog trupa na pramcu i krmi.



K. Đurić

U odnosu na temeljnu podmornicu klase *Una*, trup je produžen za 1,4 metra. Ovo produženje omogućilo je ugradnju dizel generatora s pripadajućom opremom i spremnikom goriva te više drugih uređaja. Čvrsti trup podijeljen je u tri odsjeka: pramčani ili upravljački odsjek, srednji odsjek ili izlazna komora, te krmeni ili pogonski odsjek, između kojih su nepropusne pregrade. Svaki od odsjeka je palubom ili svodom tanka podijeljen na gornji i donji dio. Gornji dio rezerviran je za smještaj ljudi, uređaja i opreme, a donji za akumulatorske baterije i strukturne tankove.

Laki trup podmornice čine: laki pramac, laka krma (koji su ujedno i glavni tankovi), te laka nadgrađe (ono je slobodno naplavljivo), koji zajedno daju povoljnu hidrodinamičku formu trupa.

Nadgrađe (obuhvaća toranj, palubne uređaje i opremu) je hidrodinamički oblikovano, bez stršećih dijelova, minimalne veličine za smještaj diverzantskih ronilaca i mina, a izvedeno je u sekcijama od pojačanog poliestera.

Pramčani ili upravljački odsjek trupa proteže se od nepropusne pregrade do pramčanog čela. U prednjem dijelu smješten je prostor upravljača gdje se nalazi glavno zapovjedno mjesto sa zapovjedno-upravljačkim pulutom. Diverzantski prostor zauzima gornji dio odsjeka, a u njemu se nalaze četiri ležaja, spremišta diverzantske opreme, hrane, vode i regeneratora te instrumenti za nadzor atmosfere.

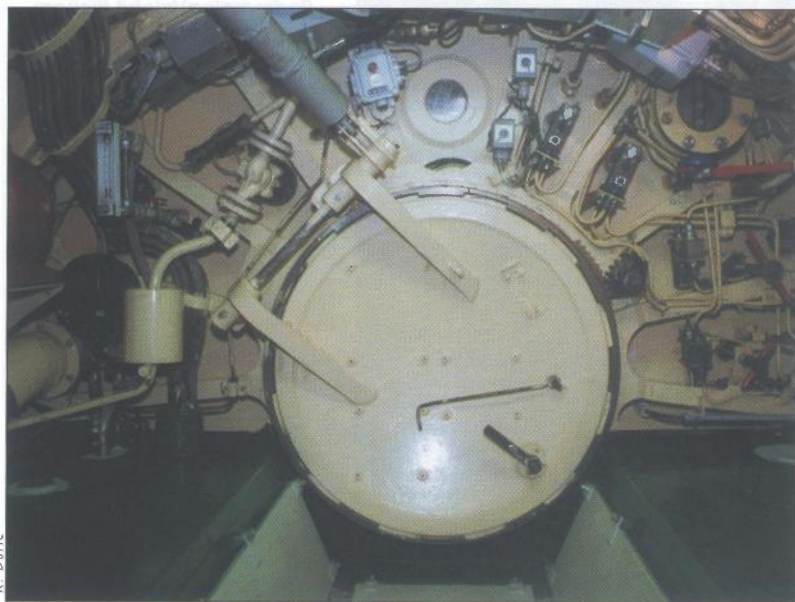
Tzv. regler, (tj. tank za uravnoteženje)

Pramčani prostor tijekom gradnje



T. Brondi

Glavni ulaz u podmornicu



K. Đurić

Teška nepropusna vrata na izlaznoj komori u zatvorenom položaju

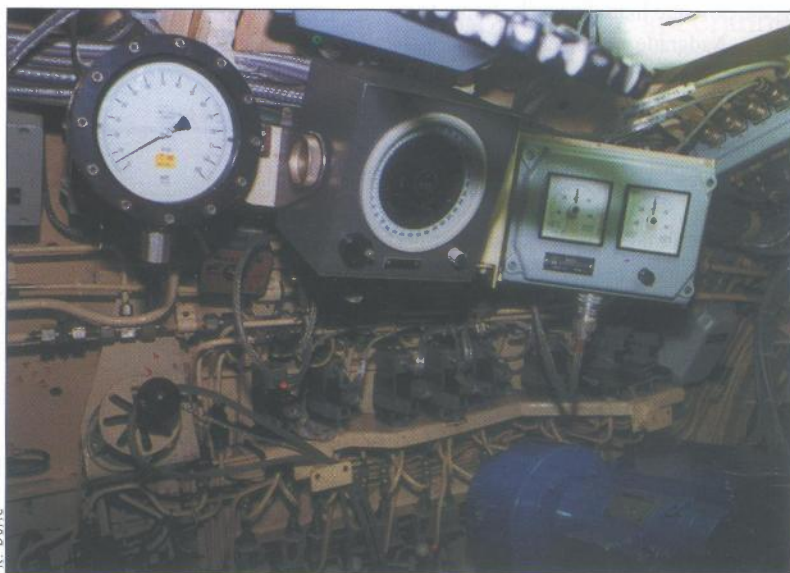
smješten je ispod podnica izlazne komore. U gornji dio komore mogu se smjestiti mine i druga oprema. Upravljanje komorom može biti iz pramčanog odsjeka ili iz same komore.

Krmeni pogonski prostor ima uređaje električnog razvoda, uređaje za nadzor pogona, dizel generator, te pogonski sustav. Na kraju krmenog prostora nalazi se pričuveno zapovjedno mjesto odakle se može upravljati podmornicom. Kompletan motorsko-generatorski sklop djelo je stručnjaka BI i tvrtke Končar. Za pogon podmornice služe dva istosmjerna elektromotora Končar ukupne snage 40 kW koji su spojeni na jednu osovinu. U generatorskom režimu vožnje dizel generator nadopunjuje baterije. Napajanje elektromotora vrši se iz dvije skupine akumulatorskih baterija s ukupno 256 članaka.

Pomoćni energetska sustav sastoji se iz razvoda električne energije, hidrauličkog sustava i sustava visokotlačnog zraka. Među brodskim sustavima možemo spomenuti sustav drenaze i uravnoteženja, sustav ventilacije i klimatizacije, sustav za održavanje životnih uvjeta i ostale.

Suvremeni elektronički uređaji omogućuju površinsko i podvodno vođenje podmornice u

Pričuveno zapovjedno mjesto



K. Đurić

svim uvjetima plovljenja. Vođenje podmornice u akvatoriju, upravljanje i nadzor nad radom glavnih uređaja obavljaju dva poslužitelja s upravljačkog pulta smještenog u pramčanom odsjeku podmornice. Kormilarski i glavni brodski sustavi su visokoautomatizirani, čime se postiže visok stupanj sigurnosti plovljenja i mali broj članova posade. Od uređaja za podvodnu navigaciju podmornica raspolaže sa dva kompasa, pasivnim i aktivnim sonarom, navigacijskim stolom te drugim uređajima. Periskop ima ugrađene pasivne uređaje za noćno motrenje, a na njega se postavlja visoko kvalitetna foto ili video kamera u svrhu izviđanja. Sredstva komunikacije osiguravaju vezu s podmornicom u površinskoj i podvodnoj vožnji. Podmornica je opremljena podvodnim ultrazvučnim telefonom i radiouređajima, a ugrađen je i GPS sustav za satelitsku navigaciju.

Posadu čini od četiri do šest članova, ovisno o taktičkoj zadaći. U slučaju prevoženja diverzanta posadu čine četiri čovjeka (dva časnika i dva



K. Đurić

dočasnika), a može se prevoziti još šest ljudi, dok u zadaći polaganja mina posadu čini šest članova (dva časnika i četiri dočasnika), od kojih se dvojica brinu za mine. Zapovjednik se u podvodnoj vožnji nalazi na zapovjednom mjestu, u periskopskoj vožnji je za periskopom, a u nadvodnoj na malom zapovjednom mostu na palubi. Zamjenik zapovjednika posluhuje uređaje za upravljanje podmornicom kao što su sonari, elektronički dubinomjer, brzinomjer, te vodi navigaciju. Kormilar upravlja podmornicom kod zaronjenja i izronjenja, upravlja pogonom, trimom i dubinom podmornice, prati kontrolne uređaje na podmornici poput trim pulta koji služi za uravnoteženje i uravnavanje podmornice, čemu se tijekom vožnje poklanja osobita pozornost. Svi članovi posade moraju poznavati specijalnosti ostalih članova, a rad na podmornici odvija se u smjenama.

Kad podmornica jednom krene na izvršenje zadaće ona ovisi isključivo o znanju članova svoje



Krmeni konus s kormilima i propelerom

posade. Posada sama mora znati otklanjati kvarove, a u tu svrhu podmornica nosi najpotrebnije doknadne dijelove.

Podvodna autonomija s deset ljudi je 96 sati s još 24 sata nužne pričuve. Kombinacijom podvodne i površinske vožnje puguće je prepliviti preko 500 milja, a s punom baterijom *Velebit* u podvodnoj vožnji može prepliviti 250 milja brzinom od 4 čvora.

Podmornica može polagati na dnu ležeće akustičko-indukcijske magnetske mine. U diverzantskoj zadaći podmornica ispod poklopaca u lakom nadgrađu može nositi četiri diverzantske ronilice **R-1** i diverzantska sredstva, poput kontejnera za oružje. Diverzanti iz podmornice izlaze tako da podmornica legne na dno, diverzanti uđu u izlaznu komoru, vrata komore se hermetički zatvaraju i ona se puni vodom, izjednačuje se tlak, a zatim diverzanti izlaze iz podmornice.

Za očuvanje sigurnosti podmornice i spašavanje posade namijenjen je sustav zaštite, koji čini izlazna komora, radiotelefonska plutača i splavi za spašavanje. U slučaju nesreće s podmornice se otpušta podmornička radiohidroakustička

plutača koja je užetom vezana za podmornicu, a opremljena je radiouređajem, bljeskalicom i telefonom. Posada se spašava kroz izlaznu komoru, a svaki član raspolaže svojim aparatom za disanje i odijelom za spašavanje s dubina do 120 metara. Sustav za gašenje požara temelji se na uređaju s halonom.

Kao i svaka podmornica i podmornica *Velebit* vrši svoje zadaće prema točno određenoj zapovijedi. Prije svake plovidbe dostavlja joj se precizan plan plovidbe u koji moraju biti unesene točne pozicije svakog zaronjenja i izronjenja.

Izgradnjom i opremanjem ove podmornice dokazali smo da je Hrvatska jedna od rijetkih zemalja koje su sposobne same projektirati i izgraditi podmornicu.

Za pomoć pri realizaciji teksta zahvaljujemo posadi podmornice i mr.sc. Ivanu Mušteriću iz Brodarskog instituta

TEMELJNI TAKTIČKO-TEHNIČKI PODATCI PODMORNICE VELEBIT (P 01)

Duljina	20,92 m
Širina	2,70 m
Visina	4,42 m
Srednji gaz	2,40 m
Površinska istisnina	88 tona
Podvodna istisnina	99 tona
Dubina ronjenja	120 m
Podvodna brzina	8 čvorova
Ophodna brzina	4 čvora
Daljina plovljenja pod vodom pri ophodnoj brzini	250 km



Prva hrvatska podmornica prije porinuća



Dolazak oružja na paljbni položaj. Temeljne značajke ruskog samovoznog sustava 152 mm MSTA-S (2S19) su mobilnost, učinkovitost i pouzdanost

Ruski samovozni sustav 152 mm **MSTA-S (2S19)**

Godine 1990. bivši je Sovjetski Savez obznanio nazočnost novog samovoznog topničkog sustava koji se u njihovoj terminologiji vodi pod imenom 2S19, premda je poznat i pod imenom MSTA-S, a proizveden je kako se procjenjuje 1989. godine

**Josip MARTINČEVIĆ
MIKIĆ**

Prije gotovo 25 godina, bivši je Sovjetski Savez uveo u uporabu samovozne topničke sustave u kalibru 152 mm. Čitavo to vrijeme od 1970. godine na Istoku su ovim područjem dominirali sustavi 2S3 (SO 152) i 2S5. Aplikacija 2S3 je samovozni gusjenični topnički sustav s topom ugrađenim u kupolu čije je područje djelovanja po smjeru 360 stupnjeva, vrlo slično američkom samovoznom sustavu M109 što se počeo proizvoditi desetak godina ranije. Druga je aplikacija gusjenično vozilo na čijem je zadnjem dijelu ugrađen top 152 mm s mogućnošću djelovanja po smjeru ± 15 stupnjeva.

Godine 1990. bivši je Sovjetski Savez obznanio nazočnost novog samovoznog topničkog sustava koji se u njihovoj terminologiji vodi pod imenom 2S19, premda je poznat i pod imenom MSTA-S, a proizveden je kako se procjenjuje 1989. godine.

MSTA-S koristi identično oružje kao i raniji prethodnik MSTA-B, ali je pretrpio znatne modi-

fikacije u pogledu poboljšanja. U pitanju je top-haubica poznata pod NATO oznakom M-1976, što se proizvodi u tvornici Uraltransmaš gdje su razvijeni i ostali topnički sustavi 152 mm. Sustav MSTA-S je trebao zamijeniti gore spomenutu samovoznu aplikaciju 152 mm 2S3.

Tijekom izložbe vojne opreme i naoružanja IDEX 93 održanoj u Ujedinjenim Arapskim Emiratima predstavljeno je javnosti niz dostignuća ovog oružja demonstracijom mogućnosti brzine paljbe i pogađanja realnih ciljeva. Oružje je od 40 ispaljenih projektila Krasnopol uništilo 38 realnih ciljeva na udaljenosti 15 kilometara. Prikazane su i mogućnosti u režimu brze paljbe gdje je ispaljeno 10 do 11 metaka u minuti s velikom točnošću po ciljevima udaljenim sedam kilometara. Ove mogućnosti nije moglo prikazati nijedno slično oružje predstavljeno na ovoj izložbi.

Tijekom ispitivanja MSTA-S je koristila Krasnopol, projektil domaće proizvodnje opskrbljen poluaktivnim laserskim vođenjem na srednjem dijelu trajektorije. Isti se projektil može

koristiti i iz starijih sustava 152 mm kao što su 2S5, 2S3M, D20 i dr. Projektilom se mogu gađati pokretni ili nepokretni ciljevi kao što su tankovi, kamioni, utvrđeni paljbeni položaji i slično, s visokom vjerojatnošću pogodaka (0,9) u području dometa do 18.000 metara. Za lasersko "osvjetljenje" (označavanje) cilja koristi se prijenosni laserski označivač cilja 1D22 ugrađen na odgovarajući tronožac. Pri vođenju združenih taktičkih operacija laserski označivač cilja može biti ugrađen na prijevoznu konzolu ili na helikopter. Maksimalna daljina za označavanje cilja, (na primjer mete tenka) je 5000 metara s vremenom osvjetljenja 6 do 15 sekundi. Kad se ispaljuje na maksimalnom dometu glava projektila je u mogućnosti zahvatiti cilj u polumjeru kilometar laserom označenog cilja. Na ispitivanju su za vrijeme laseriranja u trajanju od 30 sekundi uništena tri različita cilja.

Masa projektila je 50 kg od čega bojnoj glavi pripada 20,5 kg. Projektil može biti ispaljen pri brzini vjetra od 25 m/s, a da to ne utječe na njegovu stabilnost. Dužina projektila je 1300 mm, a prigodom ispaljenja na zadnjem dijelu projektila iskaču četiri krilca za stabilizaciju, dok na prednjem dijelu u predjelu iza bojne glave ispadaju četiri nadzorne površine (manja krilca) za korektivno upravljanje projektilom. S deklariranom vjerojatnošću pogodaka može se koristiti za ciljeve čija je brzina do 36 km/h. U usporedbi s klasičnim projektilom 152 mm, troškovi po jednom uništenom cilju su smanjeni za 40 do 50 puta od planiranih (ovdje se ubrajaju svi troškovi koji su vezani za proizvodnju, stokiranje i logističku potporu, kao i vjerojatnost uništenja cilja prvim projektilom). Brzina uništenja cilja ovakvim streljivom je 3 do 5 puta veća od brzine uništenja cilja klasičnim streljivom.



Opis sustava

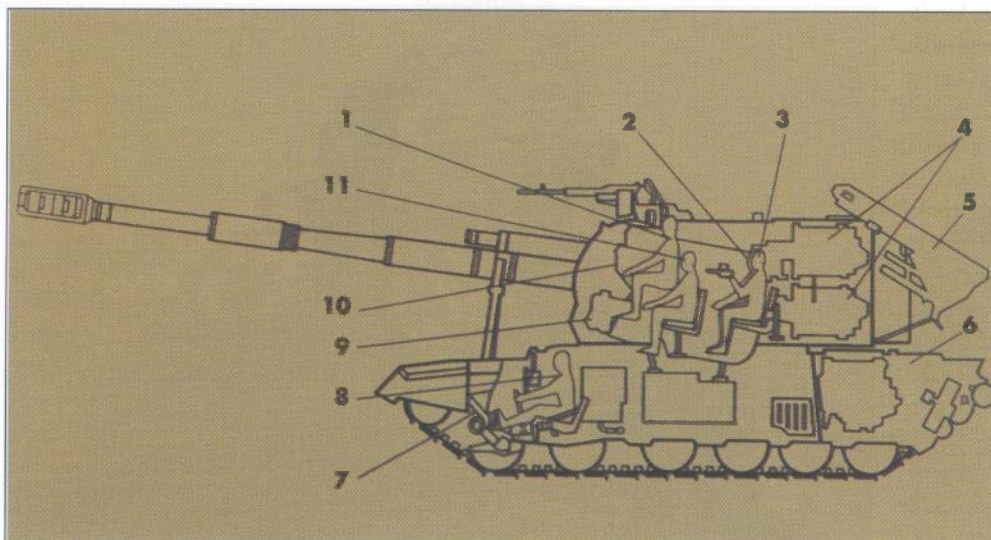
MSTA-S je temeljen na podvozju tenka T-80 koji koristi mnoge dijelove i sklopove tanka T-72 proizvedenog u velikom broju. Načelo ugradnje kupole na oklopno tijelo tanka je vrlo slično francuskom rješenju ugradnje topa 155 mm na podvozje njihovog tanka AMX-30 (GCT-155).

Koncepcija razmještaja pojedinih odjeljaka je klasično ruska s vozačevim odjeljenjem sprijeda, kupolom u sredini, a motornim odjeljenjem straga. Vozačev prostor je opskrbljen s tri periskopa za promatranje sprijeda, a srednji od njih može se zamijeniti periskopom za noćnu vožnju. Otvor vozača se zatvara jednodijelnim poklopac-vratima

Pogled na oružje s prednje strane. Za uočiti je bacače dimnih kutija i otvor u oklopu u predjelu ciljničke naprave



Pogled na stražnji dio sustava MSTA-S s uređajem za hranjenje streljivom izvan vozila



Razmještaj uređaja i posluge sustava MSTA-S:
1-zapovjednik; 2-punitelj projektila; 3-punitelj čahura; 4-mehanički uređaji spremnika streljiva; 5-mehanizam za punjenje streljivom sa zemlje; 6-motorni odjeljak; 7-hidraulični amortizeri ovjesa; 8-vozač; 9-mehanizam nagiba cijevi; 10-ciljničke naprave; 11-ciljatelj-topnik

Sustav MSTA-S na jednom od uređenih paljbenih položaja s odgovarajućom maskirnom shemom

koja se otvaraju udesno. Na prednjoj kosoj plohi tijela vozila ispred otvora vozača nalazi se čelični rubnik u obliku slova "V" koji štiti od prodora vode u vozačevo odjeljenje pri svladavanju vodene zapreke.

Oklopno tijelo i kupola vozila su potpuno zavarene konstrukcije iz ploča pancirnog čelika što osigurava zaštitu od djelovanja pješačkog oružja, krotina topničkih projektila i protutankovskih mina. Slično kao i na drugim ruskim tankovima moguće je na prednjem dijelu postaviti nož dozera koji može biti korišten u pripremi paljbenog položaja ili čišćenju zapreka.

Ovjes vozila je riješen torzijskim vratilima sa šest potpornih kotača, ljenjivcem u prednjem dijelu i pogonskim nazubljenim kotačem na zadnjem dijelu vozila. Gornji dio traka gusjenice nosi pet gumiranih kotača čiji su nosači zavareni na oklopno tijelo vozila.

Ciljatelj sjedi na lijevoj strani kupole i rukuje krovno ugrađenim panoramskim ciljnikom i ciljnikom za izravno ciljanje koji je ugrađen u prednjem dijelu lijeve strane kupole. Zapovjednik vozila sjedi u desnom dijelu kupole i rukuje krovno ugrađenom strojnicom 12,7 mm (kojom se može i

daljinski upravljati) i svjetlosnim farom za pretraživanje terena u uvjetima smanjene vidljivosti.

Strojnica 12,7 mm može biti istodobno korištena za ciljeve na zemlji i u zraku. Spremnici streljiva 12,7 mm su ugrađeni na vanjskoj desnoj strani kupole za mogućnost brzog korištenja u slučaju potrebe. Oružje je opskrbljeno s 300 metaka 12,7 mm i 50 projektila sa 60 čahura 152 mm. S prednje strane kupole (s jedne i druge strane cijevi) su

ugrađena po tri električno upravljana bacača dimnih kutija. Osim toga na vanjskoj strani kupole je ugrađeno pet spremnika, za svakog člana posluge po jedan.

Glavno oružje je top duge cijevi 152 mm 2A64 s ugrađenim ekstraktorom barutnih plinova i plinskom kočnicom na ustima. Kad je oružje u vožnji ili u ophodnom položaju, cijev je blokirana u tzv. prijevoznom položaju i učvršćena dvokrakim nosačem za prednji dio oklopnog tijela.

Oružje ispaljuje fragmentacijske projekte OF-45 najvećeg dometa 24,7 kilometara. Osim toga moguće je ispaljivati projekte OF-61 base bleed HE s najvećim dometom 28,9 kilometara, streljivo nosač 30-23 koji sadrže 42 kumulativne bombice, projekte za ometanje 3NS30 najvećeg dometa 22,3 km, taktičke nuklearne projekte i ranije spomenute laserom vođene projekte Krasnopol.

Područje djelovanja kupole po smjeru je u punom krugu kroz 360 stupnjeva, dok se elevacija cijevi može postaviti u području od -3 stupnja do + 68 stupnjeva. Automatski proces punjenja cijevi omogućuje brzinu paljbe od 8 (10) metaka u minuti kad koristi streljivo iz spremnika ili 6 do 7



metaka u minuti kad uzima projekte i barutna punjenja izvana.

Automatski punjač vrši selekciju u spremniku streljiva i drži pod nadzorom utrošak streljiva preko ugrađene test opreme. U vozilo se može smjestiti 50 projektila i 60 barutnih punjenja koji imaju posebno prilagođene spremnike za tu namjenu.

U paljbenom položaju je oružje vrlo stabilno tako da nisu potrebni dodatni oslonci ili lopate kao kod nekih sličnih samovoznih sustava, (npr. američki M109). Ako je potrebno sustav se može dopunjavati streljivom kroz zadnji dio kupole slično kao francuski GCT 155 mm. Iako je sustav opskrbljen bacačima dimnih kutija, dimnu je zavjesu moguće napraviti ubrizgavanjem dizel goriva u ispušni sustav motora koji se nalazi na lijevoj strani oklopnog tijela.

Autonomni pogon sustava čini plinska turbina snage 16 kW koja opskrbljuje kupolu potrebnom snagom u vremenu od 30 do 60 sekun-

di od trenutka starta-nja turbine. Sustav je potpuno operativan u temperaturnom području od -50 do +50 stupnjeva Celzijusovih, uključujući i operativnost Dieselova motora.

Standardna oprema sustava uključuje NBK sustav, filtroventilacijski sustav, opremu vozača za noćnu vožnju, telekomunikacijski sustav i opremu za podvodnu vožnju, koja omogućuje svladavanje vodenih zapreka dubine 5 metara i širine 1000 metara.

Uređaj za hranjenje vozila streljivom izvana, postavljen u položaj za rad. Kroz otvor na zadnjem dijelu kupole vide se čahure s barutnim punjenjima u svojim spremnicima



TEHNIČKI PODATCI SUSTAVA 152 mm MSTA-S (2S19)

•Borbena masa:	42.000 kg
•Specifična snaga:	18.57 KS/toni
•Dužina s topom naprijed:	11.917 mm
•Širina:	3380 mm
•Visina s PZ strojnicom:	2985 mm
•Maksimalna brzina:	60 km/h
•Aktijski polumjer s p/r:	500 km
•Vodene zapreke:	-bez pripreme -sa pripremom
	1500 mm 5000 mm
•Nagib:	47 %
•Kosina:	36 %
•Visina zapreke:	500 mm
•Širina prokopa:	2800 mm
•Motor:	V-12 model V84A 780 KS
•Transmisija:	mehanički mjenjač 7 brzina naprijed 1 nazad torzijske poluge
	27 V
•Ovjes:	4
•Električni sustav:	16 kW
•Baterije:	152 mm
•Pomoćni pogon:	-plinska turbina 12,7 mm
•Naoružanje:	-top 6 (2 x 3)
	50 projektila i 60 barutnih punjenja 300 metaka 12,7 mm -3 stupnja/+68 stupnja 360 stupnjeva električno/ručno 7 do 8 metaka/min. 100 metaka 60 metaka 5
•Bacači dimnih kutija:	-PZO
•Streljivo:	-152 mm
	-PZO
•Područje elevacije:	
•Područje azimuta:	
•Nadzor kupole i topa:	
•Brzina paljbe:	-tijekom prvih 60 minuta -svaki sljedeći sat
•Broj članova posluge:	

Izobrazba posluge

Visoke taktičko-tehničke značajke sustava MSTA-S mogu biti postignute uz dobru izobrazbu posluge koja primjenjuje timski rad i korištenjem sustava za upravljanje paljbom.

Za izobrazbu posluga i održavanje njihove sposobnosti na zadovoljavajuće visokoj razini koriste se specijalni trenadžeri 2X51 koji omogućuju brzo, učinkovito i ekonomično treniranje posluga u uvjetima izobrazbe u učionici. Takvom se izobrazbom štede resursi sustava vezani za moto-sate rada, broj ispaljenih metaka i naprezanje



Topnički laserski vođeni projektili ruske proizvodnje. Krasnopol (lijevi) kalibra 152 mm maksimalnog učinkovitog dometa 20.000 m. Desni je laserom vođeni projektil Kitolov-2 kalibra 122 mm dizajniran za uporabu iz samovoznog topničkog sustava 122 mm 2S1 i vučnog topničkog sustava 122 mm D-30

Laserski označivač cilja 1D15 koji se koristi za označavanje ciljeva koji se gađaju projektilom 3OF38. Santimetr vrlo je sličan označivaču cilja 1D22

oružja u ekstremnim uvjetima korištenja.

Trenažer se sastoji od simulatora, nadzorne ploče instruktora, izvora snage i spremnika projektila i barutnih punjenja (čahura). Radno okruženje svakog člana posluge u trenažeru je potpuno identično onom u sustavu MSTA-S. Okretanje kupole je u vidnom području ciljničke naprave što je omogućeno rotacijom platforme pomoću mehanizma smjera. Na unutarnjoj strani bubnja trenažera su pričvršćene pojedine fotografije čineći tako sliku terena koji pomaže u rješavanju specifičnosti taktičkog problema. Točnost navođenja oružja nadzire se s nadzorne ploče. Instruktor može davati informacije posluzi o početnim elementima za paljbu, slično onima koje dobivaju od zapovjednika skupine vozila u borbenim uvjetima. Nadzorna ploča je opremljena s temeljnim uređajima sustava MSTA-S (sustav navođenja, mehanizam punjenja i komunikacijski sustav). Nakon izobrazbe na trenažeru, posluza je u sustavu MSTA-S osposobljena za izvršenje svih taktičkih zadataka u režimu paljbe 8 do 9 metaka u minuti.

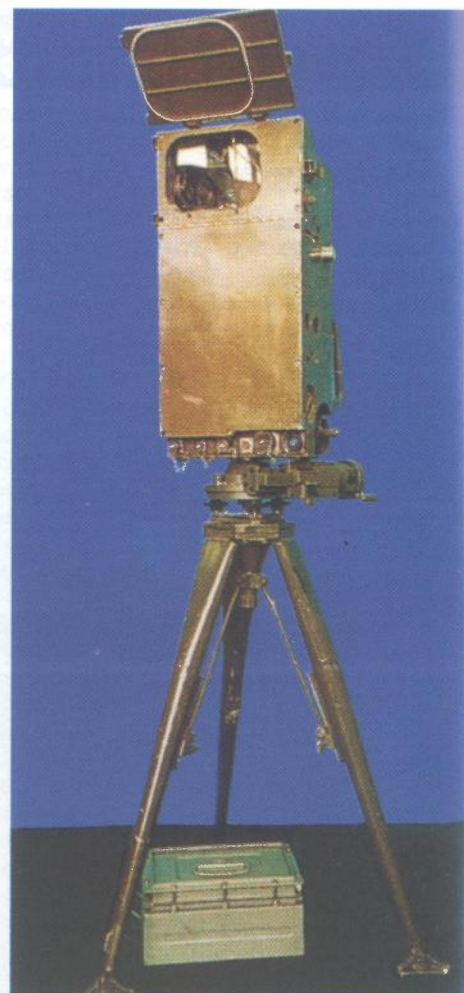
Zaglavak

Prošlo je gotovo šest godina od predstavljanja sustava javnosti i njegovog usavršavanja do

današnjeg modela MSTA-S. Danas se sustav može mjeriti s većinom nacionalnih projekata vodećih zemalja u konstrukciji oružja (američkim M109, britanskim AS-90, francuskim GCT 155, njemačkim PzH 2000 i dr.). Korištenjem laserski vođenih projektila, oružje je u mogućnosti uništiti gotovo svaki cilj u polumjeru 30 kilometara, čija brzina kretanja nije veća od 36 km/h.

Treba istaći dvije činjenice u primjeni sustava 152 mm i odgovarajućeg streljiva. Prva je trenutak sve intenzivnijeg razvoja streljiva u kalibru 152 mm kao temeljnog kalibra u topništvu tzv. Istoka koji je još uvijek prisutan, kako kod istočnih, tako i kod zapadnih proizvođača streljiva. Potrebu za ovim streljivom čini veliki broj sustava 152 mm kako u Rusiji, tako i u zemljama koje su se naoružale ovim kalibrom oružja.

Drugi je trenutak ponuda istočnih topničkih sustava s ugrađenim oružjem kalibra 155 mm. Tome u prilog idu činjenice da se sustavi 152 mm modificirani u sustave 155 mm nude kao izvozni projekti zemljama koje svoje topništvo temelje na kalibru 155 mm. Takvi sustavi danas na zapadnom tržištu ili onom kojeg je do jučer pokrивao Zapad, mogu biti vrlo konkurentni posebice u pogledu cijene uz još uvijek zadovoljavajuću mobilnost, operativnost i pouzdanost. Namjere ruskog proizvođača streljiva Krasnopol da ponudi laserom vođeni projektil u kalibru 155 mm samo idu u prilog ovim tvrdnjama.



FUZE UT M93



UPALJAC UT M93



RH-ALAN d.o.o.

RH-ALAN d.o.o., Stančičeva 4,
41000 Zagreb

Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67

fax. 385 1 45 40 24

REPUBLIKA HRVATSKA

1. Kratak opis

Upaljač UT M93 je udarnog, trenutačnog djelovanja, mehaničkog tipa. Upaljač djeluje samo pri udaru u prepreku.

Brief description

Fuze UT M93 is impact-detonated, instantenious, mechanical type. The fuze is activated only by striking the object.

2. Namjena

Upaljač UT M93 namijenjen je za kompletiranje svih trenutačnih mina kalibra 60 mm i 82 mm.

Purpose

Fuze UT M93 completes all HE mortar bombs 60 mm and 82 mm.

3. Sigurnost

Upaljač je sigurnog tipa s prekinutim inicijalnim lancem. Temeljno osiguranje izvedeno je pomoću kuglica.

Safety

Safety is ensured by discontinued initiating charge. Main safety system is ball constructed.

4. Vrste djelovanja

Trenutačno

Nature

Impact

5. Zahtjevi armiranja

Obavlja se inercijskom silom na udaljenosti 1.5 m ispred usta cijevi.

Arming requirements

Arming is based on inertial force, at a distance of 1.5 m in front of the muzzle.

6. Sigurnost pri padu

1.5 m

Safe height of falling

1.5 m

7. Sigurnost ispred usta cijevi

min. 1.5 m

Muzzle safety distance

min. 1.5 m

8. Temperaturno područje rada

od -30°C do +50°C

Operational temperature range

-30°C to +50°C

9. Hermetičnost

Upaljač je hermetičan u vodi do 0.2 m dubine.

Impermeability

Fuze is impermeable in the water up to 0.2 m of depth.

10. Sigurnost pri transportu

Upaljač je siguran pri svim vrstama transporta.

Safety during transportation

Completely safe.

11. Masa

190 g

Weight

190 g

12. Remont

Upaljač je pogodan za remont.

Repair

Fuze is repairable.

13. Skladištenje

10 godina minimalno.

Safe-keeping

10 years min.

PRIJENOSNI PUTNI ZASTOR ZA SVLADAVANJE SLABONOSIVOG TLA

Vojna vozila su terenska vozila na kotačima ili na gusjenicama koja su osposobljena za samostalno svladavanje slabonosivog tla, ali ne i iznimno slabonosivih podloga. Zato su pokreti postrojbi izvan putova ovisni i od drugih mogućnosti opkoparskog svladavanja teškoprohodnih terena, u ovom slučaju od pokretnih putnih zastora FRS



Suvremeni prijenosni putni zastor FRS, osigurava prohodnost vojne tehnike u najtežim uvjetima slabonosivog terena i neograničeni broj polaganja. Izgradnja pomoćnih prostora i radnih platformi. Vrlo brzo polaganje zastora, njegovo izvlačenje, i ponovno polaganje (bez čišćenja)

Dinko MIKULIĆ

Za ojačanje slabonosivog tla na prilaznim putovima, rampama na mjestima prijelaza preko rijeka i za drugo, proizvode se pokretni sklopivi putni zastori na terenskim vozilima visoke prohodnosti kojima se osigurava prolaznost svih vrsta vozila na kotačima mase do 25 tona i gusjeničnih vozila mase do 50 tona. Sklopivi prijenosni putni zastor je izrađen od aluminijskih slitina, koji se pomoću radnog uređaja na vozilu mehanizirano polaže na tlo i podiže s tla, upravljajući iz ili iza kabine vozila.

Mobilnost, trajnost, jednostavnost i mnogostрана uporaba, bili su temeljni zahtjevi razvoja opkoparskog sklopivog putnog sustava (FRS - Folding Roadway System), zajedničkog francusko-njemačkog projekta. Oružane snage Njemačke i Francuske već imaju donešenu odluku procedure proizvodnje sklopivog putnog sustava FRS. Glavni

ugovor za serije proizvoda FRS, i poslije internacionalne licitacije, dodijeljen je poznatoj njemačkoj tvrtki Krauss-Maffei.

Sklapajući putni sustav zastora, kao modularna nadgradnja, montira se na jedan od terenskih vozila MAN 15 t 8x8 ili na Renault 10 t 6x6. Isto tako može biti montiran na bilo koje slično terensko vozilo. Najnovija inačica demontažnog putnog zastora je u proizvodnji za tri NATO vojske, na "RO-RO" vozilima, u sklopu paletiziranog sustava prijevoza. U cilju veće učinkovitosti voznog parka i smanjenja troškova određena su perspektivna podvozja za nadgradnju sustava putnog zastora tzv. "RO-RO" terenska kotačna vozila, 6x6 i 8x8 s dizaličnim uređajem za utovar i istovar različitih sheltera i platformi, s PLS/DROPS dizaličnim uređajem. Umjesto klasičnog tzv. krutog koncepta "jedna nadgradnja na jedno vozilo", "RO-RO" vozila imaju dizalični uređaj i vodicice kojima se vrlo brzo vrši utovar ili istovar sheltera ili druge nadgradnje ili platforme, na bilo koje mjesto u terenskim uvjetima. Prijevoz sustava putnog zastora i njegovo polaganje i podizanje obavljaju ista ili slična "RO-RO" vozila, prema lancu popune u sustavu paletiziranog utovara/istovara.

Uporaba

Mnogostranost FRS je neograničena u pokrivanju različitog terena, blata, ilovače, pijeska ili snijega. Osposobljavanje prilaza na mjestima prijelaza preko rijeka, prometa preko riječnih obala i nasipa, izradba bajpas putova, međusobno povezivanje nekoliko zajedničkih putnih staza, ili stabilizacija ostalih slaboprohodnih terena, a može poslužiti nevojnim izvođačima radova u teškoprohodnim terenima.

Polaganje i podizanje zastora je vrlo brzo, iznosi između 5 i 10 minuta, pune mehanizacije 50 metarskog puta, širine 4.2 metra. Polaganje i podizanje putnog zastora izvodi sam vozač, a prati

ga suvozač-pomoćnik koji nadzire namatanje i odmatanje radnog mehanizma. Kratka izobrazba posade je dovoljna za uporabu sustava.

Površinski tlak na podlogu (ekvivalentna mekoća, ilovača), osigurava



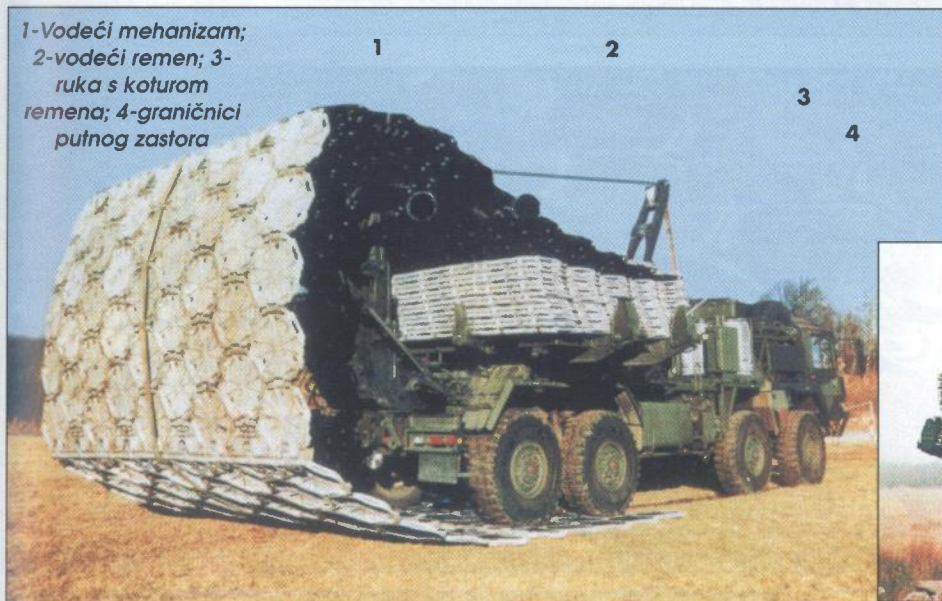
U zajedničkom francusko-njemačkom projektu, odabrani su proizvođači. U Njemačkoj je Krauss Maffei Wehrtechnik na vozilima MAN 15 t 8x8, u Francuskoj je LOHR Industrie na vozilima Renault 10 t 6x6. Sustav sklapajućeg putnog zastora može se ugraditi na bilo koje vozilo nosivosti 10 tona

prijelazno opterećenje teških kotačnih vozila s tlakom u gumama do 6 bari, te različitih tipova gusjeničnih vozila (osovinska vozila mase do 25 tona i gusjenična vozila do 50 tona).

Zahtjeve velikog opterećenja podnose jednostavne šesterokutne ploče, izrađene od čvrste aluminijske slitine pokrivene slojem korunda s gornje strane, koje imaju izrazito veliku prijelom-

nu čvrstoću. Putni zastor od 50 m, širine 4.2 m je sastavljen od 18 sekcija dužine 2.77 metara, međusobno povezani spojkom. Sve ploče u sekciji su labavo povezane kukama sa svih šest njezinih strana/šesterokuta, tako da putni zastor daje uzdužnu i poprečnu iznimnu fleksibilnost. Puna fleksibilnost je osigurana patentnom spijkom koja dopušta sklapanje sekcija sustava na platformu

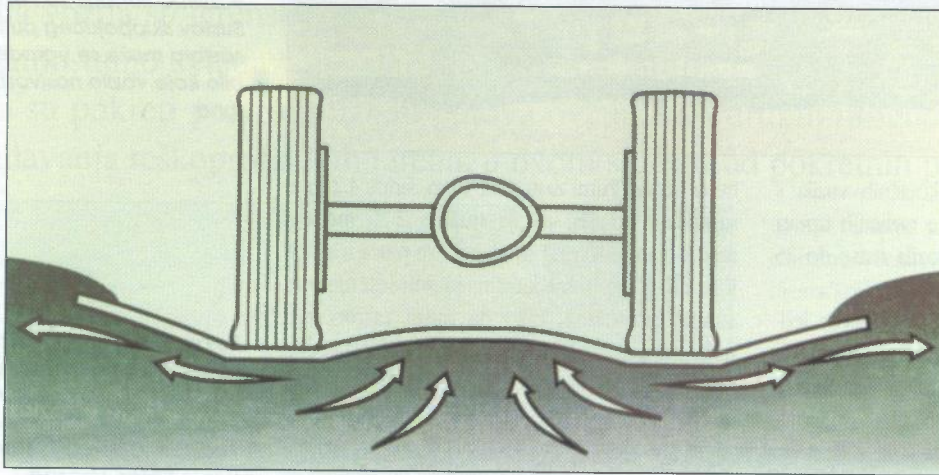
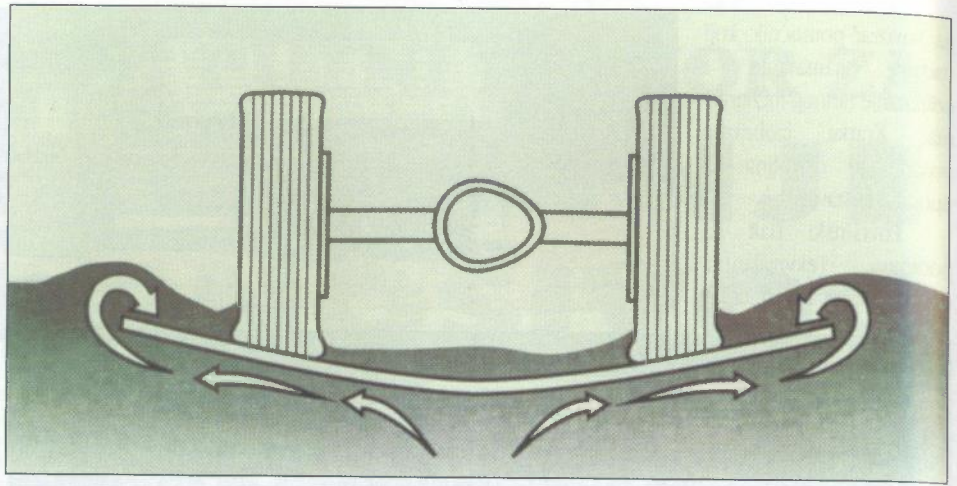
**1-Vodeći mehanizam;
2-vodeći remen;
3-ruka s koturom
remena; 4-graničnici
putnog zastora**



Polaganje putnog zastora, odbravljivanje mehanizma, podizanje kрана s koturom remena te nosača zastoravodilice. Operacija starta kad vozilo kreće unazad, povlačeći prvu sekciju zastora pomoću dviju rola, zatim zahvata kotačima položenu sekciju zastora i preko vodećeg mehanizma povlači ostale sekcije zastora

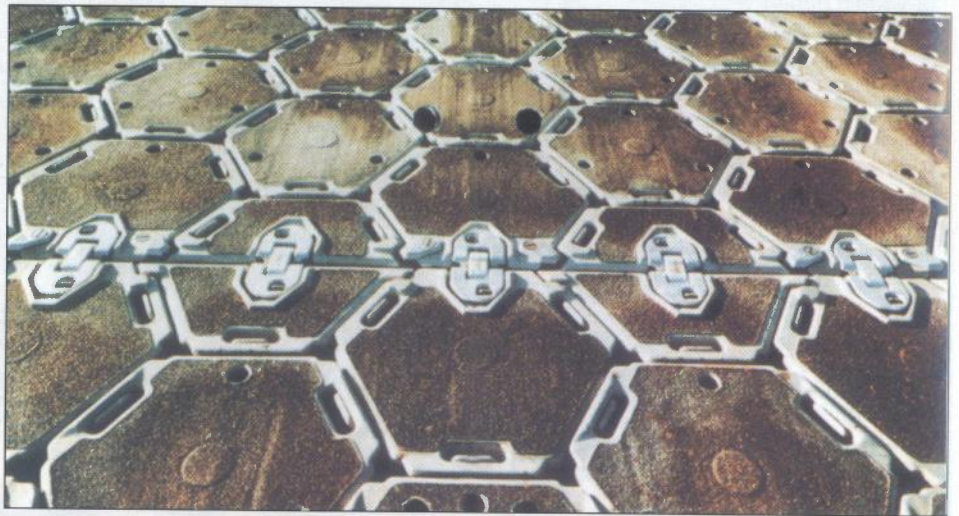


Stabilizacija terena W-putnim
profilom i formiranje bankina
bez narušavanja okoline
suvremenim rješenjem
pokretnog zastora FRS.
Tehnička načela: prvo načelo
normalne - klasične sekcije iz
jednog dijela koja narušava
prirodnu cjelinu tijekom
opterećenja osovinskih kotača
i koja nanosima blata ometa
putni prolaz, i drugo načelo
višedjelne sekcije od
heksagonalnih ploča od čega
je izrađen ovaj suvremeni
sklopivi putni zastor FRS

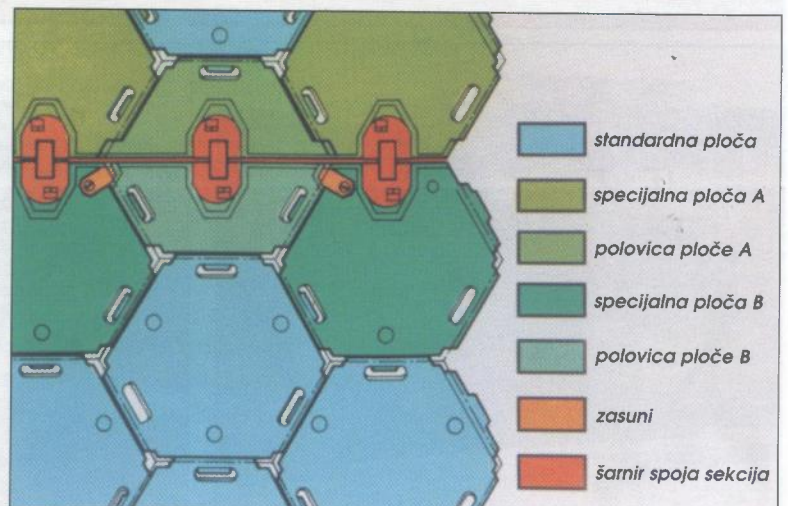


vozila.

Ovaj putni zastor ima sposobnost prilagođavanja zemljanoj podlozi i formiranje putnog profila podloge, željenog W-oblika ispod osovinskih kotača vozila. Potisak tla i njegovo pokretanje ispod W-profila sprječava zastor od ulegnuća. Uzduž stranica, tlo se potiskuje u formi izravnavanja i zaštite nasipa, te nenanošenja tvoriva na zastor. Uz to obavlja se rad na



Konfiguracija spoja sekcija u
zastoru, standardne ploče,
specijalne ploče i vezni spojevi.
Jednostavna zamjena
individualno oštećene ploče





Izvlačenje zastora, remen mehanizma za podizanje zastora na zadnjem dijelu vozila se spaja s remenom zastora, počinje premotavanje remena i zastora, te kretanje vozila i slaganje zastora na platformu vozila

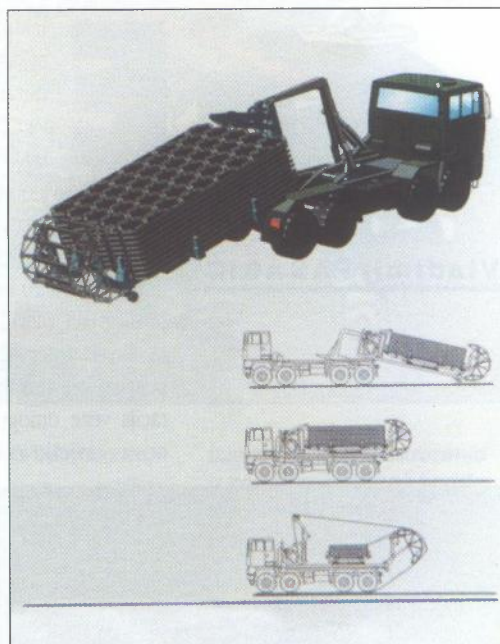


stabilizaciji terena ispod zastora, formiranje bankina, bez narušavanja okoline.

Između mnogostranih inačica premošćivanja zapreka i svladavanja teških terena, sustav FRS zauzima izvanrednu poziciju u opkopskoj tehnici. Fleksibilnost sustava, sposobnost putnog zastora da se prilagođava originalnim terenskim uvjetima, dopušta lagano izvlačenje u kratkom vremenu, te neograničen broj polaganja, bez prethodnog održavanja ili popravki.

Literatura:

1. Folding Roadway System, Krauss - Maffei, Wehrtechnik, i LOHR Industrie, Prospekt
2. D. Mikulić: Tehničke osobitosti "RO-RO" vozila, HV br.73/1994.



Tehničke značajke prijenosnog zastora

Na vozilu MAN 15 t, 8x8

Na vozilu Renault TRM 10.000, 6x6

• Dužina u prometu:	11.370 mm	10.640 mm
• Visina u prometu:	3600 mm	3670 mm
• Širina u prometu:	3000 mm	2500 mm
• Ukupna masa:	29.000 kg	24.100 kg

Tehničke značajke sklopivog putnog zastora

Njemačka inačica

Francuska inačica

• Dužina sekcije:	50 m	40 m
• Širina zastora:	4.2 m	4.2 m
• Dužina sekcije:	2.77 m	2.77 m

Masa:

• Masa jedne ploče:	10 kg	10 kg
• Masa sekcije:	520 kg	420 kg
• Ukupna masa:	9400 kg	7560 kg

Tvorivo ploča:

• Ploče:	Aluminij tvrdi odljevjak, korund
• Spojevi i brave:	Aluminijska legura

Način polaganja i podizanja zastora: Mehanizirano, pomoću radnog uređaja s remenom za polaganje i postavljanje, koji je smješten iza kabine vozila i vodicice iza vozila.

Demontažni putni zastor FRS (Demountable Folding Roadway System)

Demontažni sustav putnog zastora FRS je u proizvodnji za tri NATO vojske, za terensku sveprohodnost, amfibijske operacije i operacije izvlačenja. Temeljni podatci: dužina i širina zastora 50 x 4.2 m, 18 sekcija (2.77 x 4.2 m), masa 9.6 tona. Visoka raspoloživost, do 10 minuta polaganje, odnosno izvlačenje. FRS sistem je testiran preko 600 puta uz laki vojni jurišni most MLC25, bez bitnih oštećenja. Svaki tip "RO-RO" vozila se oprema dizaličnim uređajem Boughton DROPS/PLS System (15 t). Tako su u sklopu paletiziranog sustava prijevoza a u cilju veće učinkovitosti voznog parka i smanjenja troškova, određena perspektivna podvozja za nadgradnju sustava putnog zastora, tzv. "RO-RO" terenska kotačna vozila, 6x6 i 8x8 s dizaličnim uređajem za utovar i istovar različitih sheltera i platformi

SVJETLOVODI

na vojnom brodu

Moderni sustavi motrenja i upravljanja paljbom te komunikacijski sustavi koji su u uporabi ili se planiraju staviti u funkciju na brodove zahtijevaju da prijenosni vodovi signala imaju značajke koje danas poglavito imaju svjetlo vodi, optički kabelovi

Vladimir PAŠAGIĆ

Elektromagnetske i fizikalne značajke svjetlovoda promovirale su ga u nezamjenjivi dio niza oružanih sustava. Bitno poboljšanje strateških i taktičkih značajki oružanih i drugih vojnih sustava omogućuju sljedeće značajke svjetlovoda: otpornost na elektromagnetske smetnje, mali gubici (gotovo zanemarivi na kabelovima dužine ispod 20 km), veliki propusni opseg, male protežnosti, mala masa, velika fleksibilnost i jačina te široki interval radnih temperatura. Nadalje postavljanje raznih stalnih i/ili mobilnih konfiguracija veze omogućena je zahvaljujući kompaktnosti svjetlovoda i laganom transportu.

Povezivanje udaljenih radarskih postaja svjetlovodom s postajama za procesiranje signala omogućuje veću sigurnost osoblju i pouzdaniji rad. Brodovi, kao i zrakoplovi i tankovi su sredine koje karakterizira velika **elektromagnetska "zagađenost"** no radi neosjetljivosti na elektromagnetske smetnje instalacija svjetlovoda u takvim sredinama osigurava nesmetan

rad uređaja i njihovu elektromagnetsku kompatibilnost. Svjetlo vodi nisu osjetljivi na elektronska ometanja i obmanjivanja, te su pogodni za prijenos povjerljivih podataka. Velika fleksibilnost i čvrstoća omogućuje uporabu svjetlovoda za upravljanje raketama vođenim žicom, a da se pritom povećava domet i preciznost istih. Uporaba svjetlovoda je iznimno uspješna za mnoge senzore (tempera-

ture, tlaka,...) a poglavito za žiroskope.

Tehnologija optičkih kabelova značajno poboljšava kakvoću prijenosa podataka u današnjoj mornarici. Osim toga, ona omogućuje i bitne promjene u arhitekturi borbenih i ostalih sustava na brodu, a također i inovacijske konstrukcije senzora i senzorskih elemenata. Primjena svjetlovoda prerasla je od egzotičke primjene u realnosti primjene u telekomunikacijama veoma velikih dometa, i u primjene za prijenos podataka na male udaljenosti (primjena u LAN mrežama). Ovaj napredak direktno se odnosi i na vojne potrebe za prijenos podataka na relativno kratkim udaljenostima (stotinjak metara), npr. na brodu.

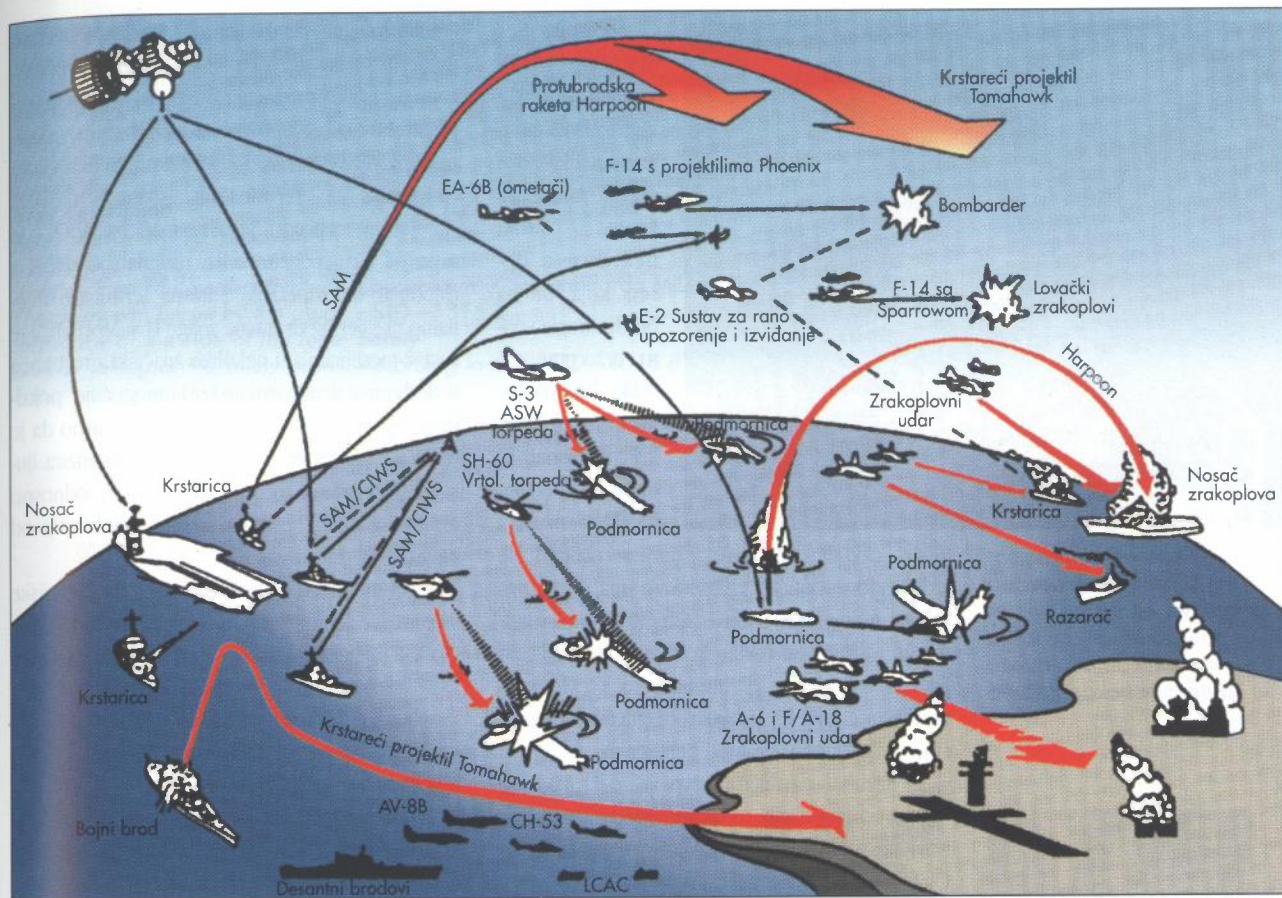
Komparirajući optičke kabele s koaksijalnim ili žičanim kablom, one koji bi ostvarivali jednaku funkciju na brodu, optički kabelovi su znatno manjih protežnosti, manje mase i zahtijevaju manje prostora čak i sa svojim zaštitnim slojevima. Optički kabel teži oko deset puta manje od koaksijalnog kabela jednake dužine. Pri raščlambi o zamjeni klasičnih kablova s optičkim kabelovima na Aegis krstaricama studija US Navy pokazala je da masa komunikacijskih kablova može biti smanjena otprilike 20 puta, odnosno sa 42 tone na dvije tone (ukoliko se bakreni kabelovi zamijene optičkim). Odnos cijena kablova i instalacije još je značajnije u korist optičkih kablova u navedenom slučaju, 800.000 dolara spram 35 milijuna dolara.

Optički kabel može prenositi veliku količinu podataka i to od nekoliko Mb/s do tisuću Mb/s. To ga čini pogodnim za prijenos velikog broja kanala ili digitaliziranih video signala. Svjetlosni val koji se prenosi optičkim kablom ne uzrokuje zračenje električnog ili magnetskog polja te nije moguće vršiti prisluškivanje i detektirati podatke koji se njime prenose. Nadalje, bilo koji pokušaj fizičkog "upada" u optički kabel lako se detektira jer on odmah uzrokuje interferenciju svjetlosnog signala koji se kablom prenosi. Kako kabelovi iz vlaknaste optike ne prenose električne signale mogu se voditi i kroz opasne zone.

Optimalizacija svih funkcionalnih značajki broda ima za posljedicu da su protežnost, masa i volumen kritične veličine za sve površinske brodove. Primjena optičkih kablova reducira uporabu relativno velikog prostora za kabele i



Mnoštvo antena za komunikaciju na nadgrađu nosača zrakoplova je sada reducirano zahvaljujući uporabi optičkih kablova



smanjuje broj potrebnih kablova. Sljedeći stalni problem na brodu predstavljaju elektromagnetske interferencije koje su osobito izražene oko strojnih i ostalih niskoenergetskih sustava kao što je to radarski sustav. Optički su kabelovi imuni na sve ove učinke. Osim toga, kao inertni izolatori, optički kabelovi niti ne emitiraju elektromagnetsko zračenje, te ne utječu na druge sustave. Ove značajke eliminiraju probleme uzemljenja i izoliranja za vojne uvjete koji su propisani vojnim standardom MIL-STD-461. Ipak najveću prednost optički kabelovi nude mornarici zbog mogućnosti da prenose veliku količinu podataka. Dizajn broda danas ima strukturu koju čini veliki broj borbenih i ostalih sustava, koji sadrže veliki broj međusobno povezanih računala i upravljačkih konzola. Do pojave optičkog kabela ovu su arhitekturu ograničavali gušenja signala i kapacitet bakrenog kabela.

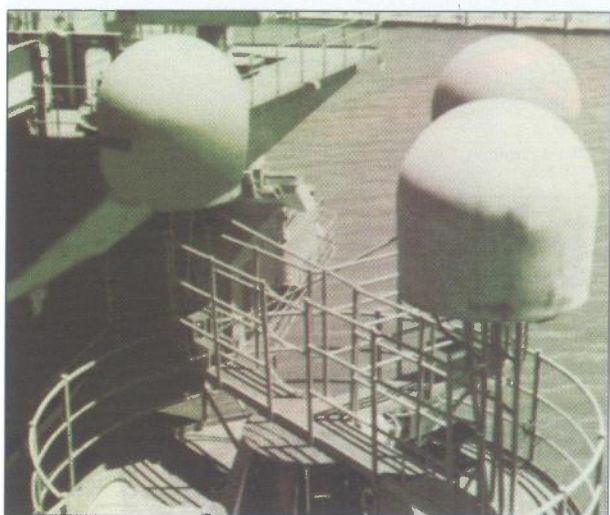
Postojeće metode za prijenos podataka koje se zasnivaju na bakrenim vodičima, ograničene su na brzinu od 50Mb/s. Premda su ove brzine prijenosa zadovoljavajuće za veliki broj primjena, prijenos podataka između računala znatno je zahtjevniji. Također se stalno povećavaju potrebe za prijenosom digitaliziranih slika. Npr. u borbenoj situaciji može se zamisliti potreba za prijenosom slike u dijelu sekunde, a što bi zahtijevalo da brzina podataka bude 100Mb/s. Svjetlovodna tehnologija također omogućuje da se izgradi infrastruktura s veoma velikom brzinom prijenosa podataka koja međusobno povezuje različite odvojene LAN mreže visokih performansi. Ovakva struktura poznata je pod nazivom mreže u obliku

kraljeznice, a karakterizira je velika fleksibilnost.

Većina mornaričkih primjena optičkog kabela nalazi se u LAN mrežama ili mrežama sa strukturom kraljeznice. Mreže sa strukturom kraljeznice najčešće se koriste za povezivanje različitih dislociranih sustava kakvi su npr. radarski ili upravljačko/nadzorni. Ovakav tip mreže može zahtijevati performanse koje se razlikuju od ostalih sustava i može se projektirati za specifične borbe. Jedan primjer LAN sustava je poznati SAFENET (Survivable Adaptable Fiber Embedded Network) koji je rezultat nastojanja Space and Naval Warfare Systems Command iz Washingtona da se u području komunikacija s optičkim kablovima uvedu norme. To je skup normi koje definiraju potrebnu strojnu opremu (hardware) i programsku opremu (software) za komunikaciju različitih korisnika. Primjenjuje se u dvije različite norme: SAFENET I i SAFENET II. Obje norme koriste mreže sa svjetlovodnim petljama (prstenovima) za vezu između korisnika. SAFENET I radi na brzinama 4Mb/s ili 16Mb/s. SAFENET II može prenositi podatke na brzinama 100Mb/s zahvaljujući primjeni nove norme koja je nazvana "fiber distributed data interface".

Sva elektronika koja se primjenjuje u sustavima koji su važni za obrambene i borbene aktivnosti broda mora imati veliku izdržljivost i u uvjetima mogućih oštećenja. U SAFENET sustavima to se ostvaruje redundantnim optičkim putovima i premošćivanjima, koji omogućuju kontinuirani rad komunikacijske mreže i u slučaju kad su neke komponente prstena ili uređaji povezani u mrežu oštećeni ili uništeni.

Ilustrativni prikaz okruženja u kojem sustavi koji koriste svjetlovođe moraju funkcionirati



Prikazane tri Inmarsat antene na nosaču zrakoplova Abraham Lincoln povezane su u brodsku komunikacijsku mrežu putem optičkog kabela

Optoelektronski uređaji tvrtke Quest Communications koji se koriste na nosaču zrakoplova Abraham Lincoln za pretvorbu električnih u optičke signale i obrnuto



video podatci. Za ove primjene koristi se jednodimenzionalno optičko vlakno koje ima opseg prijenosa frekvencija 1 do 3 Gb. Kroz ovakvu se mrežu osim nezavisnih korisnika međusobno povezuju LAN mreže. Imunitet na elektromagnetske interferencije i elektromagnetske impulse čine ovakav sustav iznimno praktičnim.

Rezultat navedenog razvoja je i uvođenje svjetlovodnih mreža na nosače zrakoplova U.S. Navy. Tako na primjer na "Abraham Lincoln" tvrtka Quest Communications Technologies, Incorporated, Carlsbad, California instalira optičke kabele preinačujući postojeće satelitske komunikacijske sustave (Inmarsat). Navedeni nosač zrakoplova podržava dvije postaje Magnavox i jednu Saturn postaju Inmarsata, a preko tzv. SEOID (Standard Electro-Optical Interface Device) uređaja povezane su u svjetlovodnu komunikacijsku mrežu broda. Svaki takav uređaj, koji vrši konverziju optičkog u električni signal i obrnuto, podržava 96 kanala. Pomoćna optička jedinica omogućuje da taj uređaj podržava od radiofrekvencijskog signala do digitaliziranih signala frekvencije do 2 GHz a da se ne sužava širina pojasa 96 izlazno/ulaznih kanala. Osim informacijskih signala koji se prenose svjetlovodom također

se prenose i signali za i nadzor antena.

Tvrtka Unisys Corporation, Salt Lake City, Utah je u fazi provjeravanja sustava za povezivanje visoko pojasnih veza, tzv. CHBDL, a koji omogućuje vezu između zrakoplova ili zrakoplova

Naval Sea Systems Command u Washington D.C. radio je specifikaciju i razvoj mreže za veoma široki frekvencijski opseg koja bi na brodu mogla veoma brzo prenositi veliki broj podataka. Tu su osim konvencionalnih digitalnih podataka uključeni glas i

i platforme na zemlji (brodu). Sustav podržava moderni sustav za izvidanje i borbeni pasivni sustav, a ti sustavi omogućuju zrakoplovu djelovanje u polumjeru od 400 NM (nautičkih milja). Tako zrakoplovi ES-3A i F/A-18 Hornet preko CHBDL su "povezani" s terminalom sustava CHBDL smještenim na brodu. Sadašnja inačica CHBDL-a je zapravo druga generacija nastala od MIST-a (Modular Interoperable Surface Terminal) originalno razvijenog za zračne snage U.S. Mornarica je sustav modificirala u nekoliko značajki a najbitnija je dodavanje druge antene koja omogućuje "pokriće" prostora oko broda u 360°. Naravno da je realiziran algoritam praćenja koji kompenzira ljuhanje i posrtanje broda. Novi sustav, odnosno sadašnji CHBDL, je manji, lakši i učinkovitiji od svog prethodnika.

Osim u SAD, svjetlovodne komunikacijske mreže primjenjuju se i u drugim mornaricama. Optički kabelovi koriste se na podmornicama. Dowty-Seama razvila je za UK Royal Navy SMCS (Submarine Command System), dok se u RAN 471 podmornicama koristi fiberoptički sustav razvijen u Rockwell Ship Systems Australia.

Tvrtka Rockwell Autonetics Marine Systems Division razvila je FODMS (Fiber Optics Data Multiplex System) za nasljednika AN/USQ-28(V) Data Multiplex System (sustav za multipleksiranje podataka) koji je bio instaliran na DDG-51 američkim razaračima i LHD-1 brodovima. FODMS koristi četiri fiberoptička prstena koji nadomještaju pet koaksijalnih petlji. Pritom se ostvaruje četiri puta veći kapacitet ukoliko se koriste isti ulazno/izlazni moduli.

U europskom razvoju treba spomenuti tvrtku Philips Systeme und Sondertechnik koja je razvila FOCON (Fiber Optic Communication Network) koji podržava brzine prijenosa do 34 Mb/s. Inačica FOCON/A za brzine do 8 Mb/s instalirana je na M fregatama nizozemske mornarice.

Francuski nosač zrakoplova na nuklearni pogon Charles de Gaulle ima fiberoptički sustav za prijenos podataka poznat pod nazivom 5GD, a razvijen je u CAP SEAS Defense. Četiri fiberoptičke petlje, a svaka s 240 vremenski multipleksiranih kanala kapaciteta 64 kb/s svaki. Sustav povezuje 1700 korisnika (1100 za glas i 600 za podatke). Moguće je automatsko rekonfiguriranje mreže čime se poboljšava opstojnost broda.

Primjena vlaknaste optike u Local Area Networks (LAN) vojnim stožerima donosi neophodnu sigurnost podataka. Njemački Bundeswehr koristi TACLAN Ethernet LAN razvijen u SEL Alcatelu. Siemens koji je razvio sustav SIFONET, suradivao je s tvrtkom Philips Systeme und Sondertechnik na razvoju DAVONET (Data and Voice Optical Network) sustava za njemačko ministarstvo obrane. DAVONET prenosi podatke, glas i video signale.

1. Kratak opis

Upaljač UTIU M72B1 je gornji, mehanički upaljač, trenutačnog, inercijalnog i usporenog djelovanja. Izbor djelovanja vrši se okretanjem slavine i skidanjem kapice.

Brief description

Fuze UTIU M72B1 is upper, mechanical fuze, instantaneous, inertial and delayed-activated. The delay can be set by the usual turnscrew of the side of the fuze and by taking of the safety nose-cap.

2. Namjena

Upaljač UTIU M72B1 namijenjen je za kompletiranje trenutačno-fugasnih granata kalibra 76, 85, 100, 122, 130, 152 mm.

Purpose

Fuze UTIU M72B1 completes the 76, 85, 100, 122, 130, and 152 mm HE shells.

3. Sigurnost

Zadovoljava uvjete standarda MIL - STD - 1316 B

Safety

According to MIL - STD - 1316 B

4. Vrste djelovanja

Trenutačno, inercijsko, usporeno (0.02 - 0.05 s)

Nature

Instantaneous, inertial and delayed (0.02 - 0.05 s)

5. Zahtjevi armiranja

Minimalno ubrzanje 2500 g i rotacija 3000 okretaja/min.

Arming requirements

Acceleration 2500 g and rotation 3000 turns per minute.

6. Sigurnost pri padu

3 m

Safe height of falling

3 m

7. Sigurnost ispred usta cijevi

min. 10 m

Muzzle safety distance

min. 10 m

8. Temperaturno područje rada

od -30°C do +50°C

Operational temperature range

-30°C to +50°C

9. Hermetičnost

Upaljač je hermetičan

Impermeability

Fuze is impermeable.

10. Sigurnost pri transportu

Upaljač je siguran pri svim vrstama transporta.

Safety during transportation

Completely safe.

11. Masa 420 g

Weight 420 g

12. Uvjeti okoline

Ispitivanje prema MIL - STD - 331 A

Environmental conditions

Testing according to MIL - STD 331 A

13. Skladištenje

15 godina minimalno.

Safe-keeping

15 years min.

14. Ostale mogućnosti

Upaljač s dodatkom adaptera može se koristiti na streljivu kalibra 105 i 155 mm sa standardima NATO navojem 2"

Miscellaneous

Fuze with additional adapter can be used for ammunition 105 mm and 155 mm with standard NATO thread 2"

UPALJAČ UTIU M72B1



FUZE UTIU M72B1



RH-ALAN d.o.o.

RH-ALAN d.o.o., Stančićeva 4,
41000 Zagreb

Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67

fax. 385 1 45 40 24

REPUBLIKA HRVATSKA

OTKRIVANJE I IDENTIFIKACIJA RADARSKIH SUSTAVA (I.dio)

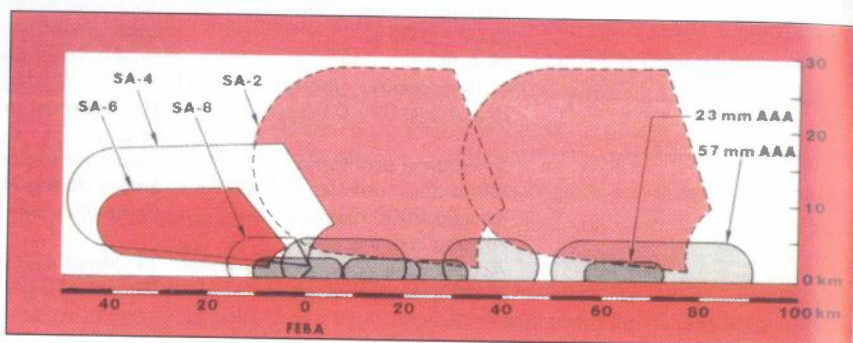
Osim što se elektroničkim izviđanjem vrši neposredna priprema borbene akcije, ono je i vrlo suptilan način prikupljanja vojnih i inih podataka o potencijalnom neprijatelju u mirnodopskim i predratnim vremenima

VIII KEZIĆ

Vođenje rata predstavlja interakciju između suprotstavljenih vojnih snaga, koje znaju gdje je i kakva je suprotna strana, ili bar to jedna strana za drugoj. Ispunjenje toga uvjeta za vođenje rata - otkrivanje lokacije i identifikacija neprijatelja - pokušava se ostvariti raznim izviđanjima. Vojna izviđanja u povijesti ratovanja imala su uvijek temeljni značaj tijekom priprema borbenih akcija, a o količini i pouzdanosti prikupljenih informacija ovisio je, u znatnoj mjeri, i konačni ishod sukoba.

I za elektroničko ratovanje (engl.: Electronic Warfare - EW) vrijede slična pravila, pa je tako elektroničko izviđanje prvi, nezaobilazni, a može se kazati i najvažniji korak kojim se otkrivaju aktivnosti elektroničkih sustava neprijatelja, odnosno njegovo prisustvo na određenoj lokaciji, identificira se vrsta i opasnost sustava, te se temeljem sadržaja "uhvaćenih" signala mogu otkriti i namjere neprijatelja u bližoj i daljoj budućnosti (vidi Hrvatski vojnik-br. 4 i 5, "Elektronički rat na moru").

Osim što se elektroničkim izviđanjem vrši neposredna priprema borbene akcije, ono je i vrlo suptilan način prikupljanja



Dometi radarskih protuzrakoplovnih raketnih (SA-2, 4, 6 i 8) i topničkih (AAA -23 mm i 57 mm) sustava, te njihova uobičajena lokacija u odnosu na prvu crtu bojišnice (FEBA)

počinju s nepotpunim informacijama o snagama, planovima i operacijama suprotne strane. Elektroničkim izviđanjima nastoji se smanjiti nepotpunost tih podataka, odnosno prikupiti nove informacije. Ta izviđanja se obično svrstavaju u dvije kategorije, a prema kriteriju proteklog vremena od trenutka prikupljanja informacija do trenutka njihove operativne uporabe. U prvu kategoriju spadaju taktička izviđanja (engl.: Electronic Support Measures - ESM) u svrhu izravne potpore pripremama borbenih akcija, koja su karakterizirana relativno kratkim raspoloživim vremenom, a drugu predstavljaju elektronička obavještajna izviđanja (engl. Electronic Intelligence - ELINT) koja se obavljaju u svrhu prikupljanja podataka za

"hladnog rata".

ELINT-om se dopunjuju drugi izvori obavještajnih podataka, a pri tome su vrlo važni izravno izmjereni taktičko-tehnički parametri i osobine elektroničkih sustava, te saznanja o strategiji koju će vjerojatno druga strana primjenjivati pri korištenju svojih elektronički upravljanih ili vođenih oružanih sustava.

Jasno, bilo bi interesantnije otkriti i identificirati nove sustave i njihove tehničke mogućnosti u razvojnoj fazi, u laboratorijima ili tijekom ispitivanja na poligonima, nego tek onda kada se oni pojave u operativnoj uporabi na bojištu. Otkrivanjem razvoja novoga elektroničkog uređaja, ili modifikacije postojećeg već u ranoj fazi, osigurava se dovoljno vremena za analizu prikupljenih informacija i poduzimanje odgovarajućih protumjera za suprotstavljanje očekivanim efektima novoga oružja na bojnopolju. Očito takva saznanja bi bila veoma vrijedna, ali su uglavnom teško dostupna jer se većinom takvi poslovi obavljaju u razvojnim i proizvodnim pogonima duboko u zaštićenim dijelovima državnog teritorija.

Za potrebe ELINT-a izgrađeni su sateliti i specijalni zrakoplovi (AWACS, NIMROD, MOSS-AWACS, HAWKEYE i sl.) koji su opremljeni vrlo osjetljivim prijamnicima i



Protuzrakoplovna bitnica SA-6 Gainful (NATO oznaka) s radarskim sustavom Straight flush s lanserima raketa zemlja-zrak

vojnih i inih podataka o potencijalnom neprijatelju u mirnodopskim i predratnim vremenima.

Općenito, ratne akcije najčešće

strategijsko planiranje. ELINT su dugoročno planirana izviđanja koja se općenito provode u mirnodopskim vremenima, a u prošlosti su bila posebno intenzivna tijekom razdoblja

s sofisticiranom opremom za procesiranje i memoriranje "uhvaćenih signala". Motrenje iz zraka je najučinkovitiji način elektroničkog obavještajnog izviđanja, jer se tako ostvaruju daleki elektromagnetski obzori, što omogućuje obavljanje tih zadaća ne ulazeći u zračni prostor motrene strane. Međutim, u nekim specifičnim situacijama ELINT se obavlja i s površinskih platformi na moru i kopnu, ali uz znatno bliži elektromagnetski obzor.

Bez obzira na platformu, ELINT je obveza obavještajnih službi kod većine vojski u svijetu, koje to rade u skladu sa svojim pravilima i državnim interesima, što nije tema ovog članka te detaljnije neće biti razmatrano.

Priprema borbenih akcija

Elektroničkim izviđanjima, u pripremoj fazi borbenih akcija, prikupljaju se informacije motrenjem signala preko čitavog elektromagnetskog spektra vojnih sustava koji se očekuju na kopnu, moru i zraku, počev od telekomunikacijskih sredstava, preko radio-navigacijskih i optoelektroničkih sustava, do radarskih sustava različitih namjena.

Budući da je učinkovitost mnogih ubojitih oružja ovisna o radarskim sustavima koji upravljaju njima, a djelovanje tih rada-

ra je temeljeno na zračenju elektromagnetske energije koja se može detektirati na velikim udaljenostima i prije početka djelovanja samog oružja, već je nakon prve uporabe takvih radara počeo intenzivan razvoj uređaja za detekciju njihovih signala.

Na tržištu se nude tri grupe radarskih detektora za obavljanje tri tipa izviđanja radarskih signala: (1) elektroničko obavještajno izviđanje - ELINT, (2) elektroničko izviđanje za pripremu borbenih akcija - ESM + ELINT i (3) elektroničko izviđanje u svrhu samozaštite pojedinih vojnih objekata (brodova, zrakoplova i sl.) tijekom izvođenja borbenih akcija - ESM.

Uređaji za obavještajno izviđanje - ELINT veliki su, složeni i skupi, a instalirani su najčešće na zrakoplovima tipa AWACS ili

na visokim pozicijama na kopnu s kojih se pruža daleki obzor. Osjetljivost tih prijamnika je vrlo visoka i kreće od -90 dBm do čak -120 dBm. Njihovi antenski sustavi su obično kombinacija neusmjerenih i usmjerenih antena, od kojih se prvom hvataju neočekivani signali iz bilo kojeg izvora, a drugom - usmjerenom prihvaćaju se signali otkriveni s neusmjerenom antenom, ili se ona usmjerava prema lokaciji s koje se očekuje zračenje interesantnog signala. Ovi uređaji se rijetko koriste za izravnu pripremu borbenih akcija, međutim, informacije i tehnički podatci koje su oni ranije prikupili, dragocjeni su izvori za pripremu biblioteka s radarskim parametrima i nazivima platformi na kojima su ti radari instalirani, te tako čine "otisak prsta" svakog radara, a upisuju se u memorije preostalih dvaju grupa ESM radarskih detektora.

Radarski detektori ESM tipa koriste se na taktičkoj razini za precizno i svježije određivanje broja i pozicija radarskih sustava

bojišnice, projektirana osjetljivost njihovih prijamnika treba osigurati i prijam radarskih signala iz neprijateljeve pozadine, pa se osjetljivost ove grupe detektora projektira na oko -60 dBm. Brodske antene uz uređaje ove namjene, primjerice, neusmjerene su u horizontalnoj ravnini i pokrivaju relativno visoke elevacione kuteve, što proizlazi iz očekivanih smjerova prijama radarskih signala.

Kolika je vjerojatnost otkrivanja radara, odnosno hvatanja njihovih signala ovakvim radarskim detektorima, koje eventualno zrače radari koji se nalaze negdje u području iza prve crte bojišnice gdje se uskoro očekuje razvijanje bojnog polja?

Vjerojatnost hvatanja signala određenog radara tijekom obavljanja zadaće izviđanja nije stopostotna, jer je ona funkcija mnogih vremenski promjenljivih čimbenika. Naime, radarski signal može biti uhvaćen: (1) ako je platforma s radarskim detektorom u zoni dovoljnog intenziteta elektromagnet-

skog polja, koji je iznad praga osjetljivosti detektora, (2) ako u tome periodu izviđanja određeni radar zrači energiju, (3) ako je na platformi instaliran detektor koji pokriva frekventno područje radara i posjeduje druge adekvatne tehničke osobine, i (4) ako antena detektora "gleda" prema izvoru signala - radaru.

Navedeni uvjeti za postizanje što veće vjerojatnosti hvatanja signala u znatnoj mjeri ovise o vrsti



Izraelska bespilotna izvidnička letjelica Scout koja je u operativnoj uporabi od 1976. godine, a uspješno je korištena u misiji nad Libanom 1982. godine

čije su osobine već od ranije poznate, a i novih ako se eventualno pojave. Naime, taktički zapovjednici koji pripremaju vojne operacije score budućnosti trebaju detaljnije podatke o neprijateljevim radarima u određenom području, nego što ih pružaju ranije prikupljene informacije. Njima nije dovoljan podatak da neprijatelj ima određeni broj brodova, zrakoplova, radara ili protuzrakoplovnih bitnica, već oni traže precizne podatke gdje se oni nalaze, jesu li prethodnog dana mijenjali poziciju, je li se pojavio neki novi oružni sustav i sl. U skladu s tim zahtjevima razvijana je druga grupa radarskih detektora, koji su manjih gabarita od ELINT sustava i jeftiniji su.

Kako se s ovim uređajima općenito vrše izviđanja s pozicija udaljenih od crte

platforme koja nosi detektor. Ako je to izvidnički zrakoplov, svi navedeni uvjeti utječu na vjerojatnost detekcije, ali posebno, obzirom na brzinu leta, istodobnost zračenja određenog radara i povoljna pozicija zrakoplova s koje će se moći uhvatiti taj signal.

Prvi uvjet - bivanje u zoni dovoljnog intenziteta elektromagnetskog polja - najkritičniji je za izvidnički brod, jer antena detektora, čak kada je na vrhu jarbola, ima relativno mali elektromagnetski obzor (raketa topovnjača - visina antene: 10 m, obzor: 13 km) u tzv. standardnoj atmosferi, pa neće moći otkrivati brodske radare koji su iza obzora. I za izviđački brod, iako manje nego za zrakoplov, vjerojatnost hvatanja signala može biti smanjena krstarenjem broda, odnosno pretraživanjem većeg područja,

kada ponekad neće koincidirati pozicija broda i trenutak uključivanja nekog radara koji je u dometu radarskog detektora.

Vrlo visoku vjerojatnost detekcije ost-

zračnom boju iznad Libanona, kada su Izraelci eliminirali protuzrakoplovne sustave na zemlji s preciznošću skalpela u spretnim rukama kirurga. Zahvaljujući temeljito prove-

zapovjedništva, gdje su ih odmah analizirali izraelski stručnjaci. Na temelju izmjerenih parametara tih signala pripremali su i pode-sili proturadarske rakete (engl.: Anti-Radiation Missile - ARM) i radarske ometače za djelovanje protiv raketnih bitnica, što je rezultiralo tako visokom učinkovitošću gađanja ciljeva.

Od tada do danas, u svijetu je razvijen i proizveden čitav niz bespilotnih letjelica, prvenstveno izvidničkih namjena, u čemu je prednjačila zrakoplovna industrija Izraela. Izraelske obrambene snage i zrakoplovna industrija, koja proizvodi bespilotne letjelice, imaju više iskustva na ovom polju nego bilo koji operatori ili proizvođači diljem svijeta. Razvijene su već četiri generacije tih letjelica, od kojih je prva, "Scout", ušla u operativnu uporabu 1976. godine, a dokazala se 1982. godine iznad Libanona. Zatim je slijedila generacija "Pioneer" koja se koristila u Zaljevskom ratu, te treća generacija "Ranger" namijenjena izvozu. Najnovija generacija bespilotnih letjelica "Searcher" je u operativnoj uporabi Izraelske vojske od 1992. godine. Ona obavlja izviđanja s visine oko 7000 metara, s mogućnošću neprekidnog leta 24 sata uz maksimalnu brzinu 110 čvorova. Letjelica "Searcher" može biti vođena daljinskim upravljanjem ili po prethodno upisanom programu leta. Od opreme može nositi: TV kameru, infracrveni senzor, ELINT + ESM prijamnika, laser i komunikacijsku opremu. Ukupna težina letjelice je 318 kg.



Pioneer pripada drugoj generaciji bespilotnih letjelica koje je proizvela izraelska tvrtka "Israel Aircraft Industries", a koja se dokazala u Zaljevskom ratu

varuju radarski detektori instalirani na visokim brdima uz morsku obalu s koje pokrivaju daleke elektromagnetske obzore (npr. visina 600 m - obzor 100 km). S prijamnikom velike osjetljivosti i neusmjerenom antenom postiže se skoro stopostotna vjerojatnost hvatanja signala svakoga radara koji u tome volumenu prostora uključuje, makar i kratkotrajno, svoj odašiljač.

Provođenje ESM izviđanja u pripremljenoj fazi borbenih akcija može osigurati golemu prednost u nekom budućem sukobu, dok preskakanje takvih izviđanja, uz oslanjanje na neke ranije informacije, može imati kobne posljedice, koje je osjetilo i izraelsko zrakoplovstvo u izraelsko-arapskom ratu 1973. godine.

Protuzrakoplovna obrana Egipta opremila se novim raketnim bitnicama SA-6, ruske proizvodnje, koje su predstavljale opasnost za izraelske zrakoplove, pa su ih oni pokušali uništiti. Oni su namjeravali to izvesti leteći dovoljno nisko da ih ne bi detektirali radari u sklopu bitnica, međutim, na tim visinama su ih otkrivali i prihvaćali u automatsko praćenje radari "Gun Dish" (NATO oznaka) u sastavu protuzrakoplovnih topničkih bitnica ZSU-23, također ruske proizvodnje, a zatim su ih topovi 23 mm uspješno uništavali, što Izraelci očigledno nisu očekivali.

Ovo gorko iskustvo ispravljeno je nekoliko godina kasnije (1982. godine) u

denom pripremlenom ESM izviđanju, Izraelski zrakoplovi F-15, F-16 i F-4 uništili su u dolini Bekaa devetnaest protuzrakoplovnih raketnih bitnica SA-6 i oborili su oko 80 sirijskih zrakoplova MiG-21 i MiG-23, dok je Izrael u tim akcijama izgubio samo dva-tri zrakoplova.

Uspješno izviđanje obavile su daljinski upravljane bespilotne letjelice (engl.: Remotely Piloted Vehicles - RPV ili



Tvrtka "Israel Aircraft Industries" proizvela je treću generaciju bespilotnih letjelica Ranger koja je namijenjena izvozu

Unmanned Aerial Vehicles - UAV) za foto i elektroničko izviđanje, koje su nadlijetale dolinu Bekaa neposredno prije invazije. Foto snimanjem locirane su pozicije raketnih bitnica, a radarski detektori su hvatali signale

I zemlje Europe ulažu sredstva u razvoj ili nabavku bespilotnih letjelica, pa je tako, primjerice, u tijeku zajednički program Njemačke i Francuske od 280 milijuna USD, zatim Nizozemska ulaže 79 milijuna USD,

Švicarska 300 milijuna USD te Turska 14 milijuna USD. Očigledno je prednost bespilotnih letjelica nad tradicionalnim načinima izviđanja znatna, prvenstveno zbog dužeg vremena izviđanja bez riskiranja života pilota, a zatim zbog manje vjerojatnosti detekcije neprijateljskim radarima (manja radarska površina od drugih zrakoplova) i znatno niže cijene u odnosu na izvidničke zrakoplove.

Otkrivanje opasnih radara

Tijekom pripremih izviđanja, prije početka borbenih djelovanja, mala je vjerojatnost da će neprijatelj uključivati ciljne radare u sklopu raketnih ili topničkih bitnica, ili možda obavljati pripreme raketa i njihovih radara na otvorenom prostoru, ali će tada vrlo vjerojatno biti aktivni razni tipovi motrilačkih radara za detekciju površinskih i zračnih objekata, koji pretražuju velike volumene prostora.

Početkom ofanzivnih ili defanzivnih akcija pojavit će se i opasni signali koje zrače ciljni radari raketnih i topničkih bitnica (akvizicija i automatsko praćenje), te signali radara za samonavođenje raketa i signali obasjavanja CW (engl. Sontinuous Wave) iz sustava za poluaktivno navođenje raketa (kao SA-6).

Ciljni radari dobijaju početnu informaciju o cilju iz motrilačkih radara velikog dometa, a zatim prelaze u fazu akvizicije tijekom koje pretražuju samo označeni volu-

u ovoj fazi cilj u dometu topničkog oružja, posada na cilju može očekivati skoriju paljbu,

jer se oni u pravilu uključuju kada je cilj već blizu dometa njima pripadajućih oružja, a



Najnovija, četvrta generacija bespilotnih letjelica Searcher u operativnoj uporabi Izraelske vojske je od 1992. godine. Izviđanje obavlja sa visine oko 7000 m, uz mogućnost neprekidnog leta 24 sata. Od opreme može nositi: TV kameru, infracrveni senzor, ELINT/ESM prijamnik, laser i komunikacijsku opremu

a ako je raketa u pitanju, treba se pripremiti za pogodak u roku od nekoliko desetaka sekundi (za protubrodsku raketu) ili kraće.

Zrakoplov ili brod u borbenoj akciji obasjan ovakvim opasnim signalima mora samoinicijativno i brzo reagirati, koristeći ranije uvježbane taktike i sve raspoložive resurse za suprotstavljanje tim opasnostima. Prvi i najvažniji uvjet uspješne samozaštite je

trenutačno otkrivanje i identifikacija opasnog signala odmah po početku njegova zračenja. Detektori radarske opasnosti ugrađuju se danas na sve ratne zrakoplove i brodove, a razvijeni su i mali prenosni detektori za pješništvo, oklopna vozila i sl., u svrhu detekcije prijetjećih radarskih signala.

Radarski detektori ove ESM grupe relativno su male osjetljivosti, reda -40 dBm, a koriste isključivo

neusmjerene antene, i stalno otvoren široki frekvencijski opseg od 2 GHz do 18 GHz ili čak do 40 GHz.

Ovako niska projektirana osjetljivost je sasvim dovoljna za detekciju ciljnih radara,

osim toga snage odašiljača ovih radara su relativno visoke (radar protubrodске rakete - oko 60 kW, radar bitnice - oko 200 kW) zračena je energija koncentrirana u vrlo uski vretenasti snop (oko 1°), pa je razina intenziteta elektromagnetskog polja koje obasjava cilj jamačno iznad praga osjetljivosti od -40 dBm, odnosno vjerojatnost detekcije tih signala je vrlo visoka.

Ovako mala zahtjevna osjetljivost rezultira u malim i laganim antenama ove grupe radarskih detektora, pa se one mogu jednostavno smjestiti na najpovoljnijim mjestima zrakoplova, broda ili vozila, a također je konstrukcija analognog dijela prijamnika jednostavna.

Međutim, procesiranje primanih signala je visoko automatizirano u svrhu trenutnog upozorenja posade o pojavi opasnog radara, automatske identifikacije radara i jasnog prikazivanja smjera odakle prijetnja dolazi.

Danas su u uporabi, a i na tržištu, još uvijek i jednostavniji radarski detektori analognog tipa bez automatske analize signala, koji potpuno zadovoljavaju potrebe određenih korisnika koji temeljem frekvencije ponavljanja radarskih impulsa, koju čuju u slušalicama, i načina skeniranja antene radara (motrilački: sporo-periodično obasjavanje, akvizicijski: brzo - periodično obasjavanje, ciljni: kontinuirano obasjavanje) koje također sluša, iskusni operator može procijeniti razinu opasnosti radara koji zrači taj signal.

(nastavit će se)



Skica broskog digitalnog detektora radarske opasnosti koji ima četiri sektorske antene na jarbolu i konzolu pokazivača u kormilarnici

men prostora, skanirajući uski vretenasti snop radarske antene po programiranoj krivulji. Kada se detektira cilj, počinje druga faza u kojoj se vretenasti snop "lijepi" za cilj i prati ga bez obzira kako cilj manevrira. Ako je



Superiorni vrtoletni oružnički sustav Kamov Ka-50 naoružan POVRs Vikhr omogućuje veliku vjerojatnost uništenja ciljeva na velikim udaljenostima (10.000 m)

jurišni vrtoleti naoružaju protuoklopnim vođenim raketama koje se nalaze u operativnoj uporabi u postrojbama kopnene vojske vrijedna je pozornosti. Temeljna vrtoletna protuoklopna vođena raketa oružja u svijetu uključuju POVRs-e TOW (SAD), Swift (Južnoafrička Republika), HOT (Francuska/Njemačka).

Svi su ovi sustavi poznati kao sustavi koji u svom sastavu imaju POVR-e koje lete podzvučnom brzinom i koje pritom imaju maksimalne domete od

VIKHR

Iskustva posljednjih oružanih sukoba jasno pokazuju da jurišni (borbeni) vrtoleti imaju dostatne sposobnosti glede izvršavanja širokog spektra zadaća pri čemu treba svakako naglasiti i njihovu sposobnost za izvršavanje samostalnih zadaća u okviru kopneno-zračnih operacija



vakav bojni potencijal stvoren je zahvaljujući naprednim performansama svekolikog vrtoletnog sustava kojeg između ostalog čini i

složeni oružnički sustav čije su pak sastavnice različita oružja kao što su snažni brzometni automatski topovi, nevođene rakete, strojnice, rakete zrak-zrak i protuoklopne vođene rakete (POVR). Jasno je da su vrtoletne protuoklopne vođene rakete (obično rakete velikog - do 5000 m i vrlo velikog dometa - do 10.000 m i više) oružja s visokim stupnjem preciznosti, učinkovitosti na cilju kao i vrlo velikom gustom paljbe (istodobno gađanje više ciljeva) te da upravo one predstavljaju fundamentalni dio cjelokupnog oružničkog sustava jednoga jurišnog vrtoleta.

Berislav ŠIPICKI

Superiorna pokretljivost i sposobnost leta uz praćenje profila zamljišta te sposobnost lebdenja i iznenadnih napadaja u svim mogućim smjerovima kao i njihova impresivna paljbena moć čine jurišne vrtolete najučinkovitijim oružničkim platformama kad je riječ o uništavanju koncentriranih oklopnih snaga te ciljeva od vitalnog interesa, i to ne samo u području crte dodira već i u zonama kojima nije moguće pristupiti kopnenim snagama.

Činjenica da se nastavlja s naporima da se

4000-5000 metara. Ovakva filozofija koristi načelo popune postrojbi (u okviru čitave vojske) istim sustavom čime se smanjuje broj različitih oružničkih sustava namijenjenih vođenju protuoklopne borbe što pak vodi k značajnim uštedama glede složenosti sustava održavanja a s tim u svezi i k značajnim uštedama glede sustava izradbe, dostave i popune pričuvnim dijelovima. Isto tako ovakva filozofija vodi k pojednostavljenju logističkog sustava (logističkog manipuliranja, transportiranja te popune postrojbi raketama i sustavima za vođenje). Međutim, kad se govori o čimbeniku učinkovitosti vrtoleta na bojištu, gore spomenuti sustavi više ne zadovoljavaju zahtjeve koji se postavljaju pred jurišne vrtolete glede izvršenja sve složenijih zadaća u sve složenijim scenarijima na bojištu.

Pritisak da se vojnim postrojbama dodijele vrtoleti za pružanje paljbene potpore generiran je sljedećim glavnim zahtjevima koji se postavljaju pred vrtoletna vođena oružja:

- povećani maksimalni dometi kako bi se osiguralo djelovanje sa sigurne udaljenosti na bojištima s neprijateljskom protuzrakoplovnom obranom velike "gustoće";

- učinkovita uporaba vođenih raketa po danu i po noći, lošim vremenskim uvjetima, te uvjetima slabe vidljivosti kao i u uvjetima

Taktičko-tehničke osobine sustava VIKHR

Domet (m)	500 - 10.000
Visina gađanja (m)	5 - 4000
Vjerojatnost pogađanja tanka (%)	80 - 90
Težina rakete u kontejneru (kg)	59
Težina rakete kod lansiranja (kg)	45
Dužina kontejnera (mm)	2870
Promjer kontejnera (mm)	152
Maksimalna brzina leta rakete (m/s)	610
Vrijeme leta do cilja na 10.000 m (s)	30
Tip bojne glave	APHE

Tablica 1.

zasićenosti elektronskim kontramjerama;

- superiorna preciznost prigodom pogađanja ciljeva kao što su oklopna vozila, sustavi protuzrakoplovne obrane, vrtoleti i sporo leteći zrakoplovi;

- poboljšana vjerojatnost uništenja jednim pogotkom.

Ovi su zahtjevi definirani kako bi se odredio skup specifikacija za vrtoletne protuoklopne vođene raketne sustave. Dana vremenska ograničenja glede izvršenja određene misije u odnosu na neprijateljsku protuzrakoplovnu obranu na bojištu, uvjetuju naoružavanje jurišnih vrtoleta s PO vođenim raketama koje su u stanju da brzo i učinkovito pogode kritične ciljeve na maksimalnim daljinama od 8000 - 10.000 metara. Ovakve rakete u tom slučaju moraju imati nadzvučnu brzinu leta kao i visoku vjerojatnost uništenja jednim pogotkom, a isto tako moraju biti u stanju da uspješno pogađaju neprijateljske jurišne vrtolete koji su, u stvari, ovim tipovima vrtoleta i jedini opasni protivnici na današnjem modernom bojištu.

Superiorna vjerojatnost uništenja ciljeva na velikim udaljenostima direktno ovisi o dostupnosti automatiziranog sustava za praćenje ciljeva koji iz "petlje vođenja" uklanja ograničavajući čimbenik - čovjeka. Jedina uloga čovjeka prigodom korištenja ovakvog oružničkog sustava je odabir ciljeva te lansiranje raketa. Da bi se osigurala mogućnost uništavanja i ciljeva na tlu i ciljeva u zraku, vrtoletne se vođene rakete opremaju s kumulativnim bojnim glavama kao i s razorno-eksplozivnim bojnim glavama koje mogu imati blizinske ili udarne upaljače.

Oružje koje u potpunosti zadovoljava ove uvjete je ruski precizni višenamjenski vođeni oružnički sustav pod nazivom VIKHR.

Opis sustava

Raketni sustav Vikhr omogućava pogađanje ciljeva od vitalnog interesa na daljinama do 10.000 metara, uključujući vozila s

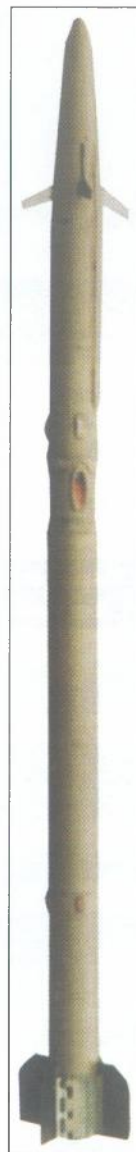
poboljšanom dinamičkom ili kompozitnom oklopnom zaštitom, ciljeve u zraku koji lete brzinama do 800 km/h i to u uvjetima slabe vidljivosti te uvjetima zasićenosti elektronskim kontramjerama. Sustav za nadzor paljbe u potpunosti je automatiziran tijekom ciklusa uočavanja, obilježavanja i pogađanja cilja. Višenamjenski precizni vođeni

oružnički sustav Vikhr ujedinjuje vrtoletni elektro-optički sustav i supersoničnu vođenu raketu 9M120 Vikhr (NATO kodni naziv je AT-X-16 Whirlwind).

Optoelektronski sustav je tako konstruiran da procjenjuje položaj ciljeva u odnosu na paljbenu položaj, identificira ih te prati, određuje odgovarajuću zonu paljbe te nakon lansiranja prati raketu. Ovaj se sustav sastoji od jedinice za praćenje ciljeva, generatora laserske zrake koji je namijenjen za vođenje rakete i računara. Primijenjeni software je tako izrađen da osigurava punu automatizaciju svih, s određenom zadaćom povezanih sekvenci. Vođena raketa Vikhr koja ima nadzvučnu brzinu leta pokazuje impresivne performanse. Ova raketa je opremljena tandem bojnom glavom APHE tipa (engl.: Armour-Piercing High-Explosive - probojna /bojna glava/ sa snažnim eksplozivom) ispred koje se nalazi tzv. AP prekursor kumulativno punjenje. Bojna glava može nositi udarni ili blizinski upaljač. Raketa Vikhr je tako konstruirana da se prigodom čuvanja, transporta te lansiranja nalazi u hermetički zatvorenom kontejneru (lansirnoj cijevi). Ovakav tip streljiva ne zahtijeva nikakvo održavanje tijekom desetogodišnjeg garantnog roka.

Raketa Vikhr sastoji se od sekcije bojne glave (prekursor i glavna bojna glava), sekcije za upravljanje, sekcije putnog raketnog motora, sekcije krila (stabilizatora) te sekcije laserskog

Višenamjenska vođena raketa 9M120 Vikhr, raketa je koja ima nadzvučnu brzinu leta, veliku vjerojatnost pogađanja cilja i na vrlo velikoj daljini kao i visoku učinkovitost na cilju



Na slici su prikazani kontejneri s vođenim raketama Vikhr koji su montirani na podkrilne nosače na jurišnom vrtoletu ruske proizvodnje Kamov Ka-50





S obzirom na njezine visoke performanse raketa Vikhr može se nositi i lansirati i s jurišnih zrakoplova kao što je Su-25T "Frogfoot"

prijamnika. Kako je to moguće primijetiti na slici, raketa Vikhr ima mlaznice putnog motora smještene oko središta mase što ju čini prilično "pokretljivom" tijekom leta (ovakav način tzv. pirotehničkog upravljanja smjerom leta imaju neki

napori usmjereni k razvoju vrtoletnih vođenih oružja. Danas su glavni predstavnici tih oružja raketa Hellfire (SAD) koji u sastavu svog oružničkog sustava nosi američki jurišni vrtolet AH-64 Apache, te raketa Swift (Južnoafrička

Republika) koju nosi vrtolet CSH-2 Rooivalk. U tablici 2 prikazani su usporedni podatci za rakete Vikhr, Hellfire i Swift. Ovi podatci pokazuju brojne prednosti raketnog sustava Vikhr u odnosu na preostala dva sustava. Te prednosti su sljedeće:

- visoki stupanj preciznosti prigodom gađanja pojedinačnih ciljeva: ova sposobnost je osigurana kroz uporabu sustava automatskog praćenja cilja i precizne laser beam riding tehnike;

- poboljšani maksimalni učinkovit domet od 10.000 metara kombiniran s reduciranim vremenom leta rakete što vrtolet-platformu čini manje osjetljivom na djelovanje neprijateljske PZ obrane;

- sposobnost da pogađa veliki broj različitih tipova ciljeva na zemlji i u zraku bez ikakvih degradacija performansi;

- sposobnost da istodobno ispali dvije rakete na jedan (isti) cilj.

Tehnološka rješenja primijenjena prigodom konstruiranja rakete Vikhr omogućavaju instaliran-

je ovog sustava na bilo koju zrakoplovnu ili zemaljsku platformu. Sustavni opto-elektronski moduli, uključujući i laser beam riding jedinicu, mogu biti vrlo lako spojeni s avionikom trenutačno u svijetu dostupnih jurišnih vrtoleta. Isto tako istraživači i inženjeri KPБ biroa nude također i svoju ekspertizu prigodom izradbe vođenih oružja, a također i suradnju prigodom pokretanja i vođenja zajedničkih (kooperativnih) projekata koji bi za cilj imali opremanje stranih vrtoleta i drugih platformi vođenim raketama Vikhr.

Usporedni prikaz taktičko-tehničkih podataka za vođene rakete Vikhr, Hellfire i Swift

	Vikhr	Hellfire AGM-114K	Swift ZI-35
Platforma	Ka-50	AH-64A	CSH-2
Maks. daljina gađanja (m)	10.000	8000	5000
Vrijeme leta do			
- 4000 metara (s)	9	15	18
- 8000 metara (s)	21	38	-
Bojna glava	APHE s prekursorom	AP s prekursorom	AP s prekursorom
Probojnost (mm)	1000	1090	1000
Praćenje cilja	automatsko	ručno	ručno
Tip vođenja	laser beam riding	poluaktivno lasersko	zapovjedni impulsi putem laserske zrake
Stabilnost prigodom provođenja kontramjera	visoka	zadovoljavajuća	niska
Težina rakete (kg)	45	46	25

Tablica 2.

Vrtolet Kamov Ka-50 predstavlja najnoviji uspjeh ruskih konstruktora na polju izradbe jurišnih vrtoleta. Ovaj jednosjed kao i njegov pripadajući oružnički sustav tako su konstruirani da omogućavaju učinkovito djelovanje prigodom izvršenja različitih zadaća u različitim uvjetima i to uz samo jednog člana posade

PZO sustavi kao što je npr. sustav Aster 15 kao i neki protuoklopni sustavi kao što je Eryx). Raketa ima domet od 500 do 10.000 metara, dok su visine na kojima se može raketa uspješno lanisirati u rasponu od 5 do 4000 metara. Raketa je u kontejneru teška 59 kg dok je njezina težina prigodom lansiranja 45 kg. Maksimalna brzina leta je 610 m/s, što znači da do 10.000 metara udaljenog cilja raketa stigne za 30 sekundi. Sustav vođenja je tzv. laser beam riding sustav (engl., beam=zraka, riding=jahanje - jahanje po laserskoj zraci).

Proteklih godina u mnogim su zemljama



Što je

ISO 9000?

ISO 9000 definira kakvoću kao ukupnost osobina i značajki proizvoda ili usluge na kojima se temelji njihova sposobnost da zadovolje izričite ili implicitne zahtjeve. Slične definicije kakvoće obično u sebi sadrže pojmove kao što su svrishodnost, ekonomičnost, pouzdanost, zadovoljstvo kupca, usuglašenost s odgovarajućim zahtjevima i dr. Ovi pojmovi kakvoće nisu novi, niti su ograničeni vremenskim ili kulturološkim odrednicama, već se spominju iz davnih vremena. Još u doba egipatskih faraona postojao je detaljno razrađen i dokumentiran nazovimo ga sustav kakvoće koji se odnosio na pokope egipatskog plemstva. Taj se sustav spominje u "Knjizi mrtvih" u kojoj su propisani rituali i obradba dobara koja su se pokapala zajedno s preminulom osobom. Cilj je ovih sustava bio osigurati preminulim osobama "uživanje" u zagrobnom životu koji je trebao biti bar onoliko raskošan koliko je to bio život osobe na ovome svijetu. Ako su bili zadovoljeni svi definirani zahtjevi, upravitelj nekropolisa bi svojim zaštitnim znakom ovjerio postignuće propisanog standarda.

Spomenuti Tutankamenov slučaj vjerojatno predstavlja najstariju dokumentiranu neusuglašenost s dokumentiranim zapisom kakvoće u povijesti čovječanstva. Tutankamen je bio pokopan na brzinu, pa su dva vodoravna elementa postelje korištena u procesu balzimiranja premještena u odnosu na njihove oznake zapisane u ritualu, čime je napravljena neusuglašenost sa zapisom rituala. Analogne situacije se i danas događaju u svakodnevnom procesu u modernoj industriji.

Prvi kineski car Qin Shi Huangdi koji je zapovijedao velikom tajnom vojskom terakota na gori Li propisao je na određeni način sustav kakvoće za opskrbu carskog domaćinstva. Naime, sva roba koja se dopremala u carsko domaćinstvo trebala je imati oznaku s imenom proizvođača kako bi se u slučaju neispravnosti proizvoda mogao identificirati i kazniti njezin proizvođač.

U mnoge je velike europske građevine i danas ugrađeno kamenje koje nosi zaštitne znakove srednjovjekovnih i kasnijih zidara. Vrhovni je zidar ovim znakom odobrio kakvoću rada njegovih najamnika i naučnika, a kamen se označavao u svrhu lakšeg određivanja njegove lokacije i cijene u završnom obračunu.

Istodobno su postojale i trgovačke gilde koje također svjedoče o organiziranom sustavu kakvoće onoga doba. Gilde su se nametnule kao zaštitnici kakvoće robe koju su proizvodili njezini članovi do te mjere da su trgovci koji su kupovali tkaninu s trgovinskom oznakom colchesterske gilde rijetko otvarali bale te tkanine jer su imali puno povjerenje u kakvoću robe koja je nosila ovu oznaku.

Napokon, u biblijsko je doba nastao slogan sustava kakvoće: "Bolje spriječiti nego liječiti", koji se danas može ugraditi u sve segmente nadzora sustava kakvoće.

Sustav punciranja plemenitih kovina iz 1140. godine svjedoči o kakvoći zlatnih i srebrnih predmeta onoga doba. Sustav se i danas održao u neizmijenjenom obliku s iznimkom uvođenja pristojbenih oznaka i tretiranja platinastih predmeta.

Obrana i kakvoća su uvijek bili tijesno povezani o čemu svjedoče mnoge činjenice koje

Josip MARTINČEVIĆ MIKIĆ

jedočeni reformator sprječavajući zlorporabe kojima se potkradala ratna mornarica. Radio je to na način da je prije kupnje određenog objekta sam obavljao uvid u njegovu kakvoću i odstupanja od odgovarajućih zahtjeva.

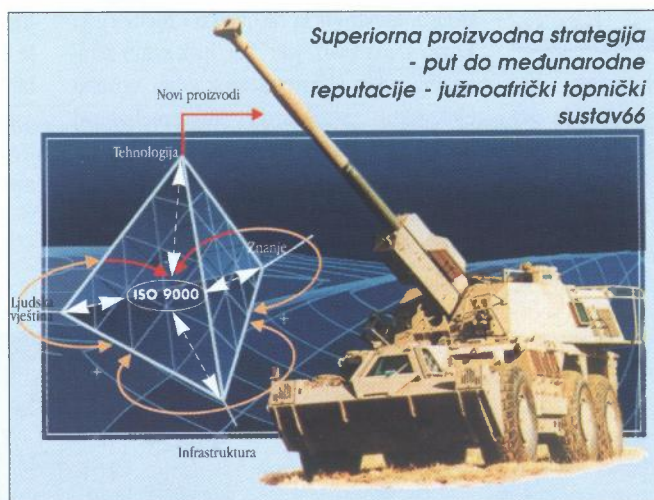
Tijekom I. svjetskog rata osobita se pozornost poklonila povećanju kakvoće u kraljevskom zrakoplovstvu na poboljšanju pouzdanosti britanskih motora čiji je otkaz često imao posljedicu zarobljavanje pilota koji su se morali prisilno prizemljiti. Nakon potpisivanja primirja došlo se do određenih promjena u opsegu i raznolikosti industrije uopće. Tako su se iz manjih samostalnih tvrtki razvijale integrirane tvrtke u kojima pojedinac više nije mogao nadzirati krajnji proizvod nego je bio odgovoran samo za određeni dio, koji je prelazio iz ruke u ruku raznih operatora odnosno tvrtki, ne bi li mu se u procesu obradbe pridodavale razne komponente sve do nastanka finalnog proizvoda. Ove su promjene uvjetovale uvođenje inspektora koji su neovisno o proizvodnim operacijama procjenjivali obavljeni rad i vraćali proizvode na ispravak ako nisu zadovoljavali dane zahtjeve ili su bile prisutne određene neusklađenosti s postavljenim zahtjevima kakvoće.

Upravo gore opisani opetovani procesi izradbe, inspekcije, prihvata ili odbijanja već dugi niz godina čine okosnicu industrijske proizvodnje, da bi se tek u novije vrijeme nametnula djelotvornija, ekonomičnija i sustavna koncepcija koja zahtijeva **"ispravan proizvod iz prve ruke - bez iznimke"**.

Daljnja ekspanzija industrije i razvitak tehnologije nakon II. svjetskog rata uvjetovale su sve veću složenost proizvodnih procesa kao i samih proizvoda što je rezultiralo prvim pokušajima standardizacije kakvoće zabilježene u Americi jer su tamo ekspanzija i njezine posljedice bile najzamjetnije i najrasprostranjenije.

U takvom je okruženju nastala specifikacija sustava kakvoće pod nazivom MIL - Q - 9858 kao i MIL - I - 45208 u kojoj su specificirani zahtjevi kakvoće i inspekcijskog sustava. Oba se standarda koriste i danas i na njih se pozivaju ugovori američke obrane.

(nastavlja se)



su dokumentirane u povijesnim zapisima. Zahvaljujući dvojici britanskih književnika koji su dokumentirali određivanje zahtjeva kakvoće u obrambenoj industriji njihova doba, danas možemo povlačiti odgovarajuće usporednice i donositi zaključke o korijenima postojanja odgovarajućeg sustava kakvoće.

Pisac Geoffrey Chaucer se u drugoj polovici 13. stoljeća nametnuo kao istaknuta ličnost na vojnom i diplomatskom području gdje je obnašao dužnost nadzornika dobara za potrebe Kraljevskog kabineta. U toj je službi bio zadužen za procjenu kakvoće robe. Zadaća mu je bila posjećivati proizvođače oklopa, mačeva, sedala i druge opreme i utvrđivati njihovu usuglašenost sa zahtjevima kakvoće Kraljevske oružarne. Jasno da je s obzirom na stupanj štovanja zahtjeva Kraljevske oružarne, ovisila i opstojnost pojedinog proizvođača u tom području proizvodnje.

Samuel Pepys je oko 300 godina kasnije uz ostale zadaće koje su mu bile povjerene u mornarici, obnašao i dužnost vrhovnog nadzornika opskrbnog ureda, gdje se nametnuo kao osv-

Tehnologije 21. stoljeća

IZGRADNJA MIKROSKOPSKIH STROJEVA

Proizvodni procesi kakvi se rabe u industriji elektroničkih komponenti, danas omogućuju izgradnju uređaja veličine mikročipa ne samo u obliku poznatih elektroničkih memorijskih sklopova i mikroprocesora, već i u obliku npr. minijature kemijske tvornice

Josip PAJK

Elektronička industrija se, između ostalog, temelji na sposobnosti da otprilike svakih 18 mjeseci udvostruči ekvivalentni broj tranzistora po jedinici površine mikročipa. Mogućnost izgradnje milijuna mikroskopskih elektroničkih komponenti na površini, ne većoj od poštanske marke, izgleda da je inspirirala tehnologiju koja seže daleko ispred one koja je omogućila izgradnju džepnog telefona i notebook računala.

Koristeći tvoriva i procese iz mikroelektronike, istraživači su izgradili mikroskopske osovine, ležajeve, zupčanike, membrane, pa čak i motore koji se mogu iskoristiti ili za pokretanje nakupina atoma ili za naizmjenično otvaranje i zatvaranje ventila kojima se crpi mikrolitri tekućine. Protežnosti ovih mehaničkih čimbenika mjere se u mikronima, tj. tek kao maleni dio veličine presjeka ljudske kose, a kao i njihovi elektronički prethodnici, mogu se proizvesti na milijune u istom procesu.

U sljedećih 50 godina *strukturno inženjerstvo* silicija moglo bi imati isto takav dubok utjecaj na društvo kakav je u prethodnim dekadama imala minijaturizacija u elek-

tronici. Elektronički računalski i memorijski krugovi, ma kako "jaki" bili, ipak samo usmjeravaju tijek elektrona kroz svoju složenu električnu strukturu. Mikromehanički uređaji će elektroničkim sustavima pružiti neophodni direktan pristup u stvarno fizikalno okruženje, omogućujući im da osjete i nadziru kretanje, svjetlost, zvuk, toplinu i druge fizikalne veličine.

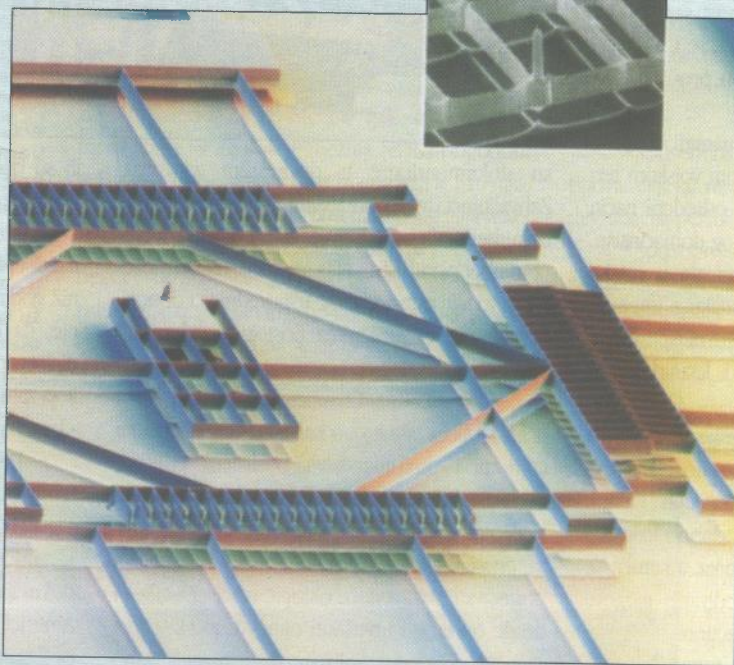
Integracija mehaničkih i elektroničkih

mikrona pokretat će male glave za skeniranje koje će moći upisivati i čitati podatke iz biblioteka smještenih na površini kakvu zauzima današnji elektronički mikročip. Mreža ventila će u krvotok bolesnika ispuštati točnu dozu lijeka u pravilnim intervalima. Inercijski elektromehanički sustavi vođenja, veličine čipa, pomagat će u lociranju vojnih vozila i preciznom navođenju projektila na cilj.

Ovakvi *mikroelektromehanički sustavi (MEMS)*, tj. kombinacija elektroničkih i mehaničkih komponenti u jednom čipu, izgrađuju se procesima koji su vrlo slični, a nekad i identični onima koji se koriste za izgradnju klasičnih mikroelektroničkih komponenti.

Površinska mikrostrojna obradba

Jedna od tehnika izradbe mehaničkih mikrosustava nazvana je površinska mikrostrojna obradba (*surface micromachining*) i vrlo je slična načinu na koji se izgrađuju današnji elektronički čipovi. Dobila je naziv po tome što se male mehaničke strukture doslovce "glođu" s površine silikonskog diska (poznati "wafer"). Tehnika se temelji na fotolitografiji i ostalim tehnikama koje se koriste u proizvodnji elektroničkih komponenti u procesima taloženja



Mikromehanički instrument se sastoji od motora i sonde. Sonda se vidi na ovješenoj strukturi u središtu motora; slična sonda prikazana je na uvećanoj slici gore desno. Ovakav bi motor (veličine 200 mikrona ili dvije vlasi kose) mogao biti preteča motora za pokretanje sonde za čitanje i pisanje podataka na atomskoj razini

mikrosustava prouzročit će tehnički napredak dramatičnih razmjera u mnogim tehničkim i znanstvenim disciplinama. Tisuće poluga presjeka manjeg od jednog

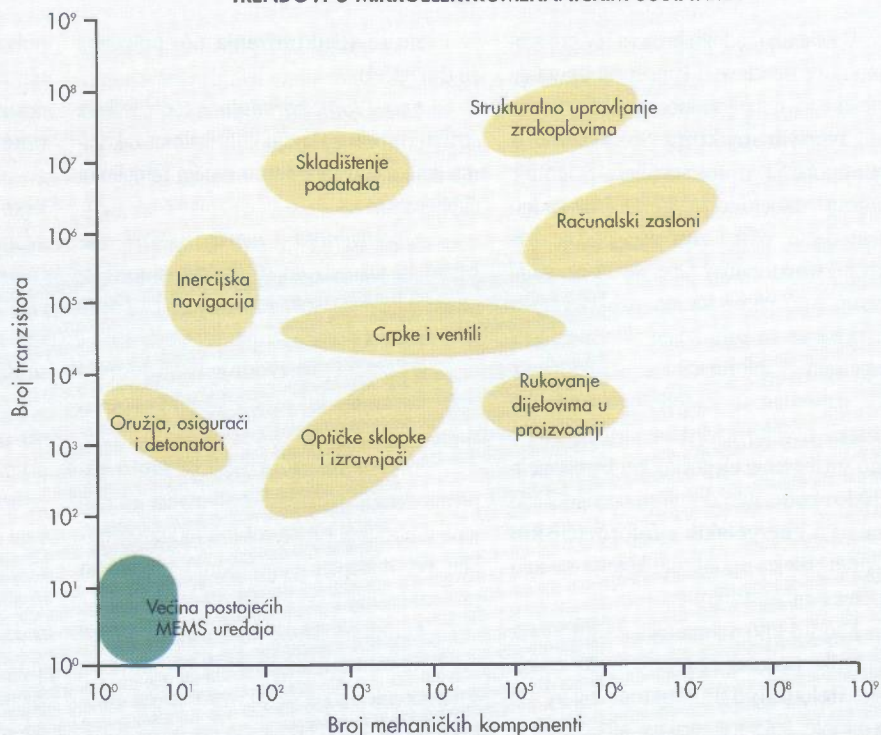
ili jetkanja malih količina tvoriva na čipu.

Fotolitografskim postupcima se na površini silikonskog diska stvara slika koja označava područja koja će se kasnije u slojevima jetkanjem odstraniti kako bi se stvorila mikromehanička struktura kao što je motor ili samostojeća osovina. Proizvodnja npr. počinje označavanjem i odstranjivanjem dijela površine diska, tj. "bušenjem" rupe u sloju silicijskog dioksida kojim je prekriven "wafer". Naparivanjem se nakon toga slojem polikristalnog silicija prekriva i rupa i ostatak sloja silicijskog dioksida. Silicij koji se nataložio unutar rupice postaje tako temeljem poluge, a od istog će se tvoriva koji prekriva sloj silicijskog dioksida formirati i sama poluga nakon odstranjivanja ostatka silicijskog dioksida. Na taj način dobiva se mala slobodnostojeća poluga od polikristalnog silicija učvršćena za podlogu samo na jednom kraju.

Takva minijaturizirana struktura ima zanimljive i korisne mehaničke značajke. Stimulirana električnim naponom ova poluga male

mase vibrirati će većom frekvencijom nego što bi to mogla neka slična, veća struktura, pa tako s većom osjetljivošću može detektirati pokret, tlak ili čak kemijske značajke. Na primjer, površina poluge može biti tako pripremljena da adsorbira određene molekule (adsorpcija nastaje lijepljenjem za površinu poluge tankih slojeva molekula). S većom količinom molekula na površini povećava se i masa poluge, čime se mijenja i njezina rezonantna frekvencija kad je električki pobuđena. Ovakvim senzorom može se mjeriti zasićenost okoline nekom kemikalijom jednostavnim mjerenjem promjena u frekvenciji titranja poluge. Drugi sličan tip senzora koristi poluge proizvedene istim procesom mikrostrojne obradbe na nešto drukčiji način. U njemu se promjenom razmaka između dviju usporednih poluga koje čine električni kondenzator mijenja količina uskladištenog električnog naboja. Ovakav senzor (vidi sliku), kojim se detektira deceleracija (usporenje) prigodom naglih zaustavljanja automobila tipičnih kod sudara, proizvodi tvrtka Analog Devices, koja je proizvođačima automobila u zadnje dvije godine prodala oko pola milijuna ovih senzora koji se koriste za okidanje sustava "air bag" (balon koji se trenutačno napuši zrakom prigodom sudara i sprječava udar vozača i suvozača u prednje staklo i upravljač).

TRENDOVI U MIKROELEKTROMEHANIČKIM SUSTAVIMA



Evolucija malih strojeva i senzora prikazuje kako će integracija sve većeg broja ovih uređaja s elektroničkim čimbenicima otvoriti ovim drugima prozor u stvarni svijet pokreta, zvuka, topline i drugih fizikalnih čimbenika. Na okomitoj osi dana je mjera sposobnosti obradbe podataka, a na vodoravnoj osi mjera sposobnosti zapažanja (osjetnici) i upravljanja (aktuatori) uređaja. Zeleno je označeno područje već izgrađenih uređaja, a narančasto pretpostavljeno područje budućih aplikacija za ovu tehnologiju

Ovaj "air-bag" senzor će vjerojatno ući u povijest kao mikroelektromehanički ekvivalent najranijih integriranih elektroničkih čipova, dapače, proizvedenog na istoj proizvodnoj traci gdje se proizvode i standardni elektronički integrirani krugovi.

U mikroelektronici je tek sposobnost stalnog povećanja broja međusobno spojenih tranzistora na sve manjoj površini prouzrokovala stvarno revolucionaran razvoj koji je doveo do mikroprocesora i memorijskih čipova koji su omogućili izradbu malih, pristupačnih računalskih uređaja kao što su osobna računala. Na sličan način će se koristiti od MEMS moći uočiti tek kad se tisuće ili milijuni mehaničkih struktura budu proizvodile i integrirale s elektroničkim čimbenicima.

Prvi primjeri masovne proizvodnje mikroelektromehaničkih uređaja već se pojavljuju, a drugi su u pripremi u razvojnim laboratorijima širom svijeta. Jedan rani prototipni sustav tvrtke Texas Instruments pokazuje kako MEMS može utjecati na način na koji milijuni ljudi provodi svoje slobodno vrijeme ispred TV. Tvrtka je izgradila prototip elektroničkog zaslona u kojem se elementi slike (picture element - pixel) ili "točkice" od kojih se stvara slika na zaslonu nadziru mikroelektromehaničkim strukturama. Svaki se piksel sastoji od aluminijskog ogledala

širine 16 mikrona koji na zaslon može reflektirati impulse obojene svjetlosti. Ogledala se oko svoje osi okreću za $\pm 10^\circ$ pod djelovanjem električnog polja. U jednom položaju se svjetlost reflektira na zaslon, dok je u drugom piksel zatamnen.

Ovaj zaslon s mikroogledalima mogao bi prikazivati slike na TV uređajima velikog zaslona s većom jasnoćom i rezolucijom detalja. Ogledalima se može kompenzirati niz nedostataka koji se susreću u drugim tehnologijama izradbe zaslona, kao što su poteškoće na koje konstruktori nailaze kod izgradnje velikih televizijskih LCD zaslona u obliku zida.

Razvoj MEMS sustava možda će ubrzati ispitni projekti utemeljeni u protekle tri godine unutar programa kojeg sponzorira agencija ARPA (Advanced Research Projects Agency) u sklopu američkog Ministarstva obrane. Istraživanja su usmjerena k izgradnji većeg broja mikroelektromehaničkih uređaja koji bi mogli izmijeniti značajke ne samo oružnih sustava, već i različitih komercijalnih dobara za široku potrošnju.

Inženjerski tim s University of California u Los Angelesu i California Institute of Technology, nastoje pokazati na koji način MEMS mogu utjecati na aerodinamički dizajn. Ideja je ove skupine, zamijeniti relativno velike upravljačke površine krila,

Trendovi u izgradnji tvorivih struktura

U nekoliko zadnjih brojeva HV prikazali smo nove trendove u koncepciji izgradnje jedne od tri temeljne kibernetске komponente, **tvorivih struktura**. Serija članaka iz ovog područja u mjesecniku "Scientific American" zacijelo je znakovita. Nije čudno što se danas veliko značenje pridaje baš tvorivim strukturama. One su *zbog svoje krutosti*, zvuči paradoksalno, najslabiji vrh u kibernetском trokutu kojeg čine zajedno s energetskim i informacijskim strukturama. Nagli napredak u metodologiji obradbe podataka u informacijskim strukturama i stalno smanjivanje elektroničkih komponenti (dakle i potrošnje) doveli su do stanja kad je kakvoća **energetskih i informacijskih** struktura daleko ispred one koje posjeduju današnje tvorive strukture.

Kao što smo u prijašnjim tekstovima iz kibernetike pokušali pokazati, može se reći da je **fleksibilnost** strukture mjera za određivanje kakvoće svakog kibernetског sustava. Kruta tvoriva struktura u startu ruši ovu značajku. Zato se neminovno nameće zaključak da tvorivoj strukturi treba "udahnuti dušu" kako bi mogla "osjećati" i prilagođavati se uvjetima okoline i zahtjevima postavljenih zadaća.

Odabrani tekstovi bave se upravo time. Problem tvorivih struktura nastoji se u njima obuhvatiti u dva vrlo važna segmenta:

- problemu strukturiranja, tj. izgradnje samih tvoriva,
- procesu proizvodnje tvorivih struktura i sustava od raspoloživog tvoriva.

Problem strukturiranja pokušava se riješiti na razini kemijsko-fizikalno-bioloških znanosti primjenom kibernetских postavki o samoorganiziranim sustavima, dok se problemu proizvodnje koji toliko ne zadire u fundamentalne postavke pojedinih znanosti prilazi na pragmatičniji način korištenjem alata i metoda koje su već na raspolaganju ili se iz njih razvijaju.

tisućama pločica veličine oko 150 mikrona koje u mirujućem položaju nalijegaju na površinu krila, a primjenom električnog napona mogu se uzdignuti pod kutem i do 90°. Na taj način se bolje može upravljati vrtloženjem zraka preko odabranih površina krila, a senzorima se dodatno može mjeriti strujanje zraka preko krila radi dodatne regulacije položaja MEMS krilaca.

Iako im je načelo djelovanja istovjetno onome koji se primjenjuje kod većih (klasičnih) upravljačkih površina, mikronska veličina i velik broj ovih krilaca omogućuje finiju regulaciju zračnog strujanja, a time se

Što se **strukturiranja** tiče prikazana su dva načela:

- nova *samoizgrađujuća tvoriva* koja strukturu prilagođavaju ili fizikalnim zakonima ili je imaju zapisanu u svojim temeljnim čimbenicima i

- *inteligentna tvoriva* koja se izgrađuju tako da im se dodaju senzori za praćenje stanja okoline i aktuatori za promjenu značajki vlastite strukture.

U domeni **proizvodnje** tvorivih struktura uočavaju se dvije na prvi pogled suprotne tendencije:

- *fleksibilna proizvodnja* korisnički prilagođenih struktura uz minimalne izmjene u alatima i procesu proizvodnje za razliku od masovne proizvodnje identičnih proizvoda široke potrošnje i

- *minijaturizacija tvorivih struktura* i njihova masovna proizvodnja po uzoru na današnje elektroničke čipove visokog stupnja integracije (VLSI).

U svim ovim područjima postignuti rezultati nisu još uvijek daleko odmakli od laboratorijskih uvjeta i nemaju gotovo nikakvu uporabnu vrijednost. Tek kad se sveobuhvatno sagleda združeni učinak ovih nastojanja, a posebice s novim trendovima u informacijskim strukturama (genetski algoritmi, meka logika) moguće je uočiti smjer u kojem će se kretati tehnologija u idućem stoljeću.

Samoizgrađujuća tvoriva su u domeni fizikalne i kemijske samoizgradnje vrlo izgledna i to u bliskoj budućnosti (neka načela fizikalne samoizgradnje se uostalom već i koriste u proizvodnji). No problem nastaje u futurističkoj viziji nečega što je nalik biološkoj (genetskoj) kodiranoj *samoizgradnji tvorivih sustava*. Prvi problem je na koji način u "početnu generaciju" (da iskoristimo pojam iz genetskih algoritama) upisati program po kojem će se struktura dalje samoizgrađivati. Ako se ovaj problem i riješi (daljnje

prilagođenje procesa/programa samoizgradnje različitim uvjetima okoline moguće je) postavlja se pitanje što je krajnji **cilj kodirane samoizgradnje**:

- a) dobiti identične (klonirane) primjerke sustava u neizmjernom broju ponavljanja (serijska proizvodnja), ili

- b) dobiti jedinstvene primjerke s generalnim, sličnim, značajkama vrste, u krajnjem obliku koji zavisi od mjesta i uvjeta koji su vladali tijekom procesa samoizgradnje.

Vjerojatnije je da kodirana samoizgradnja podrazumijeva ovaj drugi cilj jer je za postizanje prvog cilja još uvijek bolja (jeftinija, brža i s manje škarta) serijska proizvodnja koju je Ford davno utemeljio. No, to znači da je cilj dobiti tvorivi sustav *koji ima nepoznate krajnje značajke*. Jedna od usporedbi padaju na pamet kad se ova ideja razmatra je mogućnost da se, recimo, most izgradi iz "sjemenke" mosta koja bi se "zasadila" na određeno mjesto. Kakvoća mosta zavisila bi koliko o inherentnim značajkama "genetskog" koda (programa) "sjemenke", toliko i o uvjetima koji su tijekom izgradnje, tj. "rasta" vladali u okolini.

Nadalje, takva tvoriva struktura trebala bi znati selektivno iz okoline crpiti sirovine i energiju potrebnu za vlastitu samoizgradnju, te imati za to posebno namijenjene "organe", koji pri završetku izgradnje ničemu ne bi služili. Što je s mogućim pogreškama u programu samoizgradnje, bi li ove strukture bile osjetljive na različite "zaraze", da li bi se u njima mogao pojaviti "rak" strukture?

Vrlo je mnogo upitnika vezanih za ovu koncepciju koja, kad se bolje sagleda i nije vezana za izgradnju isključivo tvorive strukture, već kompletnog samoorganiziranog "živog" sustava sa sofisticiranom kako tvorivom, tako i energetskom te informacijskom strukturom.

Inteligentna tvoriva ili ih je možda bolje nazvati samoregularajuća tvoriva imaju

plovstva. Zrakoplov bez vertikalnog stabilizatora bi trebao imati bolje manevarске sposobnosti, što je ključna značajka za borbene zrakoplove, a možda i za buduće vrlo brze komercijalne zrakoplove koji će u gustom zračnom prometu morati brzo mijenjati smjer kretanja radi izbjegavanja sudara.

Minijturni mikroskopi

Razvoj minijturnih strojeva i senzora pruža nove mogućnosti uporabe za stare ideje. Već čitavo desetljeće znanstvenici koriste mikroskope sa skanirajućom sondom

jedan jedini nedostatak, ako se tako može nazvati, a to je relativno malo regulacijsko područje aktuatora. Ovaj je nedostatak moguće kompenzirati kombinacijom različitih tvoriva i pogodnim strukturiranjem sustava aktuatora tako da se pomaci zbrajaju u rezultatnu silu puno većih razmjera. Široko područje primjene i postignuti rezultati omogućuju dosta sigurnu prognozu da vrijeme ovih tvorivih struktura tek dolazi. Jedno od područja koje će vjerojatno utjecati na njihov probitak je, osim onih opisanih u članku, i potreba za iznalaženjem novih struktura za izgradnju *zaštitne ljuske vojnika budućnosti* (o ovim probitačnim razvojnim programima koji su u tijeku u više razvijenih zemalja već smo pisali u prošlim brojevima Hrvatskog vojnika i ustvrdili da je ključni čimbenik ovih programa, iznalaženje primjerenih tvorivih struktura). Moguće je predvidjeti da se primjenom tehnologije koja se sada koristi za kompenzaciju vibracija promjenom krutosti tvorive strukture, mogu izgraditi npr. tvoriva od kojih će se izgrađivati zaštitna odjeća koja će u normalnim uvjetima imati sve značajke tkanine, a u slučaju bliske eksplozije trenutačno povećati čvrstoću kako bi zaštitila svojeg korisnika.

Ovi vojni razvojni programi poticaj će dati i ostalim segmentima izgradnje tvorivih struktura. *Fleksibilni proizvodni procesi* bit će neophodni za izgradnju odjeće i opreme vojnika budućnosti, jer će ona morati biti izgrađena "po mjeri" i to s daleko strožim tolerancijama od onih koje pružaju konfekcijski brojevi ili čak krojačke izmjere. Takve strukture (npr. kaciga izgrađena tako da prati konturu glave svog korisnika) moguće je izgraditi isključivo postupcima kakav je *laserska stereolitografija*. Ako se

zadržimo samo na primjeru kacige, u nju će neminovno morati biti ugrađene minijaturne elektroničke i MEMS komponente koje će omogućiti korisniku unutar ljuske da bude u doticaju s okolinom i to u daleko više domena nego što mu to omogućuju njegova prirodna osjetila (sluh, vid, njuh i osjetilo dodira). Električna veza između pojedinih komponenti mogla bi biti izgrađena pos-



Fleksibilni proizvodni procesi bit će neophodni za izgradnju odjeće i opreme vojnika budućnosti, jer će ona morati biti izgrađena "po mjeri" i to s daleko strožim tolerancijama od onih koje pružaju konfekcijski brojevi ili čak krojačke izmjere

tupcima sličnim onima kojima se danas u laboratoriju stvaraju minijturni vodiči, tzv. "bucky-tubes".

Kad se problematika izgradnje novih tvorivih struktura sagledava na ovaj način, primjetno je da minijaturizacija i masovna proizvodnja MEMS i fleksibilna proizvodnja personaliziranih tvorivih struktura nisu dvije oprečne tendencije, već, dapače, komplementarne. Od standardiziranih, masovnih i jeftinih MEMS komponenti, postupcima flek-

kompleta Encyclopedia Britanica.

STM je sonda u obliku igle čiji se vrh sastoji od jednog jedinog atoma. Strujom koja se "tunelira" s vrha ove sonde do obližnje vodljive površine mogu se micati male skupine atoma stvarajući ili rupe ili male brjegovе na silicijevom čipu. Rupe i brjegovi odgovaraju nulama i jedinicama potrebnim za spremanje digitalnih podataka. Senzor sličnog oblika ili izvedenog iz nekog drugog modela mikroskopa sa skanirajućom sondom mogao bi "čitati" podatke detektirajući nule ili jedinice veličine nanometra.

Međutim, STM sonda je praktički

sibilne proizvodnje, izgrađivat će se složenije integrirane strukture u potpunosti (tvorivni, energetski i informacijski) prilagođene potrebama korisnika.

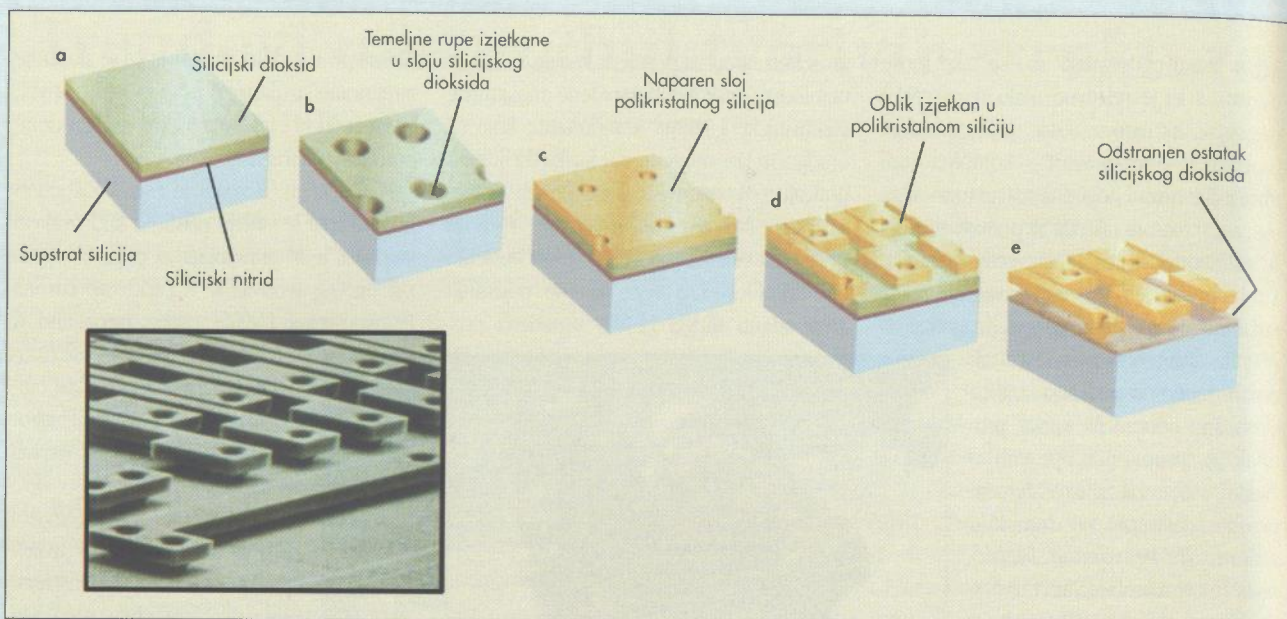
Na kraju, u zraku je ostalo još jedno pitanje koje je vječno prisutno kod ovakvih rasprava, je li tehnologija na putu oživljavanja mrtvog tvoriva? Je li čudovište baruna Frankenstein i dalje ostaje zarobljeno u romanu Mary Shelley, ili se oslobodilo pa sada luta po laboratorijima znanstvenika koji nastoje "udahnuti dušu" u neživo tvorivo?

Po svemu sudeći, nastojanja u tom smjeru još uvijek spadaju u domenu znanstvene fantastike, ne zbog toga što tehnologija ne bi mogla u ograničenim razmjerima i vremenu imitirati procese za koje je evolucija potrošila milijune godina, već zbog toga što svaka imitacija, ma kako dobra bila, nikada neće postati original. Postavlja se pitanje, je li uopće potrebno jedinstvene, originalne i kreativne procese biološke samoizgradnje imitirati i dovesti u stanje koje je moguće u potpunosti nadzirati? Razumjeti ih treba, kako bi se neka načela mogla uporabiti u druge svrhe (medicina, kibernetika) i uspjele stvoriti simboličke strukture sastavljene od živih i izgrađenih podsustava čime se povećava područje i ukupna kakvoća djelovanja tako integriranih sustava. Tvorive strukture potrebne su da djelatnom sustavu pružaju neophodnu čvrstoću i integritet. Činjenica je da današnji stupanj njihova razvoja i procesi izgradnje zaostaju za tehnologijom koja se koristi u informacijskim i energetskim strukturama, te da ih treba učiniti fleksibilnijima. Pitanje je samo do koje granice.

kojima se mogu identificirati i stvarati slike sastavljene od individualnih atoma. Najpoznatiji takav uređaj je STM (scanning tunneling microscope), za koji su Gerd Binnig i Heinrich Rohrer iz IBM-a 1986. godine dobili Nobelovu nagradu za fiziku. Već je u ranim 80-tim ovaj uređaj pobudio pozornost mikromehaničkih specijalista, koji su odmah izračunali da bi se sa STM-om, ukoliko bi se mogao iskoristiti za upisivanje i čitanje digitalnih podataka, moglo na čipu površine četvornog centimetra uskladištiti trilijuni bita (terabit) informacija, što je ekvivalentno podatcima koji se nalaze u 500

uporabljiva samo ako je pokreću MEMS poluge i motori veličine nekoliko mikrona, jer se ni na kakav drugi način ona ne bi inače dovoljno brzo i precizno mogla pozicionirati. Tehnologija izradbe MEMS omogućuje da se tisuće STM sonde izgradi na pokretnim polugama koje bi svakoj pojedinoj sondi omogućavale čitanje i zapisivanje podataka na površini od samo nekoliko četvornih mikrona. Medij na koji se uskladišćuju podatci bio bi tako fiksiran, za razliku od današnjih magnetskih diskova koji se moraju vrtjeti kako bi se podatci zapisali ili iščitali.

Profesor Noel C. MacDonald s Cornell



Poluge, koje služe kao dio senzora deceleracije (usporenja) koji aktivira zaštitni "air-bag" sustav u automobilima prigodom sudara, izgrađuju se na podlozi od supstrata silicija na koji su nanešeni slojevi silicijskog nitrida (izolacijski sloj) i silicijskog dioksida (a). Položaj i veličina rupa se litografskim postupkom označavaju na površini i jetkaju u sloju silicijskog dioksida kako bi se dobile sidrene točke za poluge (b). Nakon toga se na ovako "obrađenu" podlogu nanosi sloj polikristalnog silicija (c). Ponovnim litografskim iscrtavanjem oblika i jetkanjem suvišnog tvoriva dobiva se oblik poluga (d); da bi se na kraju, odstranjivanjem ostataka silicijskog dioksida dobile samostojeće poluge fiksirane u jednoj točki (e)

University, napravio je prvi korak k ispunjenju vizije džepne istraživačke biblioteke. Izgradio je mikroskop sa STM sondom koja se može pokretati vodoravno i vertikalno ili čak u koso. Poluga sa sondom nalazi se na ovješnom okviru spojenom sa četiri motora, od kojih je svaki "velik" samo 200 mikrona (dvije vlasli). Ovi motori vuku ili guraju sondu u krajnje točke brzinama koje dostižu frekvenciju i do milijun puta u sekundi. McDonald planira izgraditi 3D mrežu sličnih STM sonde.

Osobni spektrometar

Liliputanska infrastruktura koju će izgraditi MEMS komponente omogućiti će kemičarima i biolozima da svoje pokuse obavljaju na instrumentima koji stanu u dlan. Westinghouse Science and Technology Center je u procesu reduciranja stolnog

spektrometra za mjerenje mase atoma i molekula, teškog 50-tak funti, na veličinu kalkulatora. Ovaj uređaj je vjerojatno prethodnica ere jeftinih kemijskih detektora za praćenje zagađenosti.

U istom smjeru profesor Richard M. White, s University of California iz Berkeleyja, razmišlja o kemijskoj tvornici na čipu. White je izgradnju započeo "bušenjem" milimetarskih bunara na silicijskom čipu, od kojih svaki sadrži različitu kemikaliju. Električnim naponom se tekućina ili prašak iz bunara serijom kanala dovodi u komoru gdje se obavlja kemijska reakcija.

Ove tvari kanalima se pokreću mikropumpama napravljenim od piezoelektričkog tvoriva na taj način da se stijenke pojedinih sekcija kanala periodički stiskaju i otpuštaju u zmijolikim valovima. Kad se sastojci nađu u reakcijskoj komori, minijaturnom otpornom pločicom se strujom zagrijavaju radi posp-

ješivanja reakcije, a izlaznim kanalom se iz komore izvlači produkt reakcije.

Kemijska tvornica veličine džepnog kalkulatora mogla bi proizvoditi nestabilne lijekove iz stabilnih sastojaka izravno prije uzimanja, izvoditi ispitivanja strukture DNA za ranu detekciju malformacija kod nerođene djece, ili pak miješati kemikalije radi kemijske proizvodnje električne energije puno učinkovitije od današnjih baterija.

MEMS omogućuju mikroelektroničkim komponentama izlaz u svijet stvarnosti koji predstavlja daleko više od puke obradbe i skladištenja podataka. Automobili, znanstveni laboratoriji, televizori, zrakoplovi, pa čak i kućna apoteka, nikad više neće biti isti kao nekad.

Kaigham J. Gabriel, Engineering Microscopic Machines, Scientific American, Rujan 1995.

EF

SATELIT-tbm d.o.o.

OVLAŠTENI DISTRIBUTER
ODRANSKA 1-A, 10000 ZAGREB, HRVATSKA.
Tel.: +385 (01) 6113 199 x Fax: 385 (01) 530 688

PANORAMSKI CILJNIK



UPORABA

Panoramski ciljnik kao periskopski optički instrument omogućuje kružno (panoramsko) promatranje zemljišta. Kako pri takvom načinu promatranja okular panorame ostaje nepokretan, to ciljatelj u odnosu na oružje zauzima točno određeno mjesto pri bilo kojem položaju ciljničke točke. Koristi se na haubicama odnosno topu. Panoramski se ciljnik isporučuje u kompletu s kolimatorom K-1 i direktnim ciljnikom DC-1.



Optičke značajke:

- povećanje: 3,7x
- vidno polje: 10°25'
- promjer izlazne pupile: 4 mm
- udaljenost izlazne pupile od zadnje leće okulara: 20 mm
- raspon dioptrija okulara: -0,5 do -1,5 dpt.
- podjele u funkciji vrijednosti kuta: 60-00
- podjeljak na bubnju kutomjera: 1-00
- podjeljak na ploči kutomjera: 0-01
- podjeljak na visinskom bubnju: 1-00
- podjeljak na visinskoj ploči: 0-01

PANORAMIC TELESCOPE

DESCRIPTION:

Panoramic telescope provides means for circular (panoramic) observation of the area. During the observation the eyepiece and thus the observer remains stationary regardless of aiming point. The panoramic telescope is delivered in a set with the collimator K-1 and direct fire sight DC-1.

- magnification: 3,7x
- field of view: 10°25'
- exit pupil diameter: 4 mm
- eye relief: 20 mm
- eyepiece adjustment: -0,5 do -1,5 dptr.
- angular division: 60-00
- azimuth drum division: 1-00
- azimuth plate division: 0-01
- elevation drum division: 1-00
- elevation plate division: 0-01



RH-ALAN d.o.o.

RH-ALAN d.o.o., Stančićeva 4, 41000 Zagreb
Tel.: 385 1 45 40 22, 46 86 67
fax. 385 1 45 40 24
REPUBLIKA HRVATSKA

(II. dio)

U prošlom smo broju Hrvatskog vojnika općenito govorili o namjeni, ustrojstvu i organizaciji jednog od dva temeljna ustrojbeni dijela Ministarstva obrane Republike Francuske - organizaciji ili povjerenstvu koju Francuzi skraćeno nazivaju DGA (Délégation Générale pour l'Armement - "generalno povjerenstvo za naoružanje"), dok ćemo u ovom kao i u sljedećim brojevima *Hrvatskog vojnika* govoriti o djelokrugu rada, odgovornosti i općenito organizaciji svake od uprava iz sastava DGA. Prva od uprava koju ćemo opisati je Uprava obrambenih (vojnih) programa - skraćeno franc. - DPA

U okviru ukupnog budžeta namijenjenog obrani Francuske DGA koristi 85 posto od ukupnih sredstava koje francusko Ministarstvo obrane odvaja za investicijske namjene. Značajan dio tih sredstava (oko 40 posto) pokriva glavne programe opskrbe francuskih oružanih snaga, što s obzirom na njihovu strateško, financijsko i/ili tehnološko značenje zahtijeva osobitu pozornost glede osiguranja njihovog uspjeha. Ovi su programi u nadležnosti gore spomenute Uprave obrambenih (vojnih) programa - skraćeno DPA (franc., Direction des Programmes d'Armement).

Djelujući pod "zapovjedništvom" načelnika

- Upravljanje programima za naoružanje te osiguranje njihovog uspješnog završetka (kasnije će također biti riječi o menadžmentu pojedinih programa);

- Nadgledanje implementacije aktivnosti koje spadaju pod nadležnost DGA-a kad je riječ o planiranju budžeta, programiranju i izvršavanju određenih zadaća, odnosno projekata;

- Formuliranje DGA-ove politike glede ugovora, nadzora cijena, nadzora troškova i nadzora njihovih aplikacija.

S odgovornošću za koordinaciju i nadzor svih DGA-ovih aktivnosti na spomenutim područjima, DPA je "poduporna" menadžment

[illegible]



struktura koja uključuje središnji administracijski ured (oko 30 ljudi), u okviru kojeg se nalaze dvije poduprave - i to jedna za planove, programe i budžet, te druga za troškove i tržište. Isto tako ovdje se nalazi i eksterna organizacija (SECAR) s nekih 70-ak ljudi, koja je servis za nadzor financijskog poslovanja, te završnih računa sustava obrane. Trenutačni glavni ciljevi ove uprave su osiguranje nadzora troškova u okviru programa naoružanja ustanovljavanjem novih metoda, kao i općenito poboljšanje ukupnog menadžmenta što se tiče sredstava potpore, aplikacije novih metoda za integraciju logističke potpore i kolaborativnog inženjerstva, uvođenje kriterija "koštanja" životnog ciklusa, razvoj funkcionalne analize itd.

Vođenje programa

Kako je već rečeno, između mnogo operacija koje za cilj imaju nabavu vojne opreme, neke operacije su stekle posebnu "poziciju" s obzirom na njihovo strateško, financijsko, tehnološko ili internacionalno značenje. Ove operacije, nazvane "obrambeni (vojni) programi" podvrgnute su precizno definiranoj menadžment proceduri, te permanentnom nadzoru. Nasuprot tome, neke više rutinske opskrbe aktivnosti koje nisu od strateškog interesa, podvrgnute su manje oštom režimu.

Vođenje (engl., management) glavnih vojnih programa (projekata) počiva na dva vrlo važna načela: podjela programa na više precizno definiranih faza, te kombinacija odgovornosti i konzultiranja. Od početnog koncepta do završetka povlačenja opreme ili sredstva iz operativne uporabe, program je podijeljen u faze shodno različitim tipovima aktivnosti koje se tijekom programa provode; prelazak s jedne faze na drugu predmet je formalne odluke koja se donosi na višim razinama.

Dijagram prikazan u tekstu pokazuje tipični "dijagram tijeka" jednoga vojnog programa.

Prvi korak je **konstrukcijska faza** koja je podijeljena na podfazu **izvedivosti** i podfazu definicije. Podfaza izvedivosti služi za izbor rješenja koje će biti usvojeno između mnogih drugih mogućih rješenja. Ovaj se izbor provodi s obzirom na performanse koje dotično rješenje nudi, te s obzirom na cijenu, vrijeme i kriterij rizika kao i s obzirom na industrijsko i internacionalno značenje određenog programa, odnosno konkretnog ponuđenog rješenja. Zasnovana na prvim postavljenim zahtjevima taktičkog nositelja ova podfaza

Glavni programi opskrbe, kao što je program opskrbe MBT-om Leclerc, koji zahtijeva posebnu pozornost kako bi se osigurao uspjeh programa, u području su odgovornosti Uprave vojnih programa - DPA



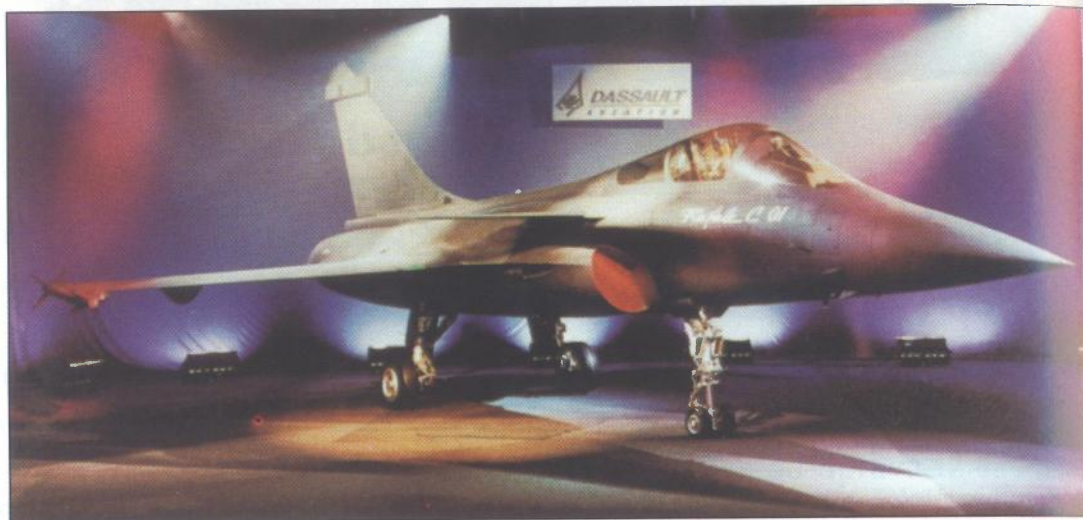
završava formiranjem tzv. orijentacijskog dosjea koji se proslijeđuje ministru obrane na odobrenje (ili u određenim slučajevima predsjedniku DGA-e).

Podfaza *definicije* namijenjena je za bolje definiranje sustava ili opreme koja se tijekom

Borbeni vrtlolet Tiger visoko je na listi kad je riječ o francuskim prioritetnim vojnim programima

pokrenutog projekta treba izraditi kao i "skupljanju" svih elemenata potrebnih za osiguranje uvjeta za nastavak razvoja ljudskim, tehničkim i drugim resursima tvrtke koja projekt treba u izvedbenom smislu privesti kraju. Tijekom ove faze tehnički

koja se također može protegnuti kroz nekoliko decenija. Ova faza, u stvari, "troši" značajna sredstva (operativna uporaba, trenaz, održavanje, popravci, modifikacije itd.) koja mogu biti značajno veća nego što su to početna sredstva



Prikazivanje u javnosti zrakoplova Rafale CO1 29. listopada 1990. godine označeno je kao važan korak ovog programa

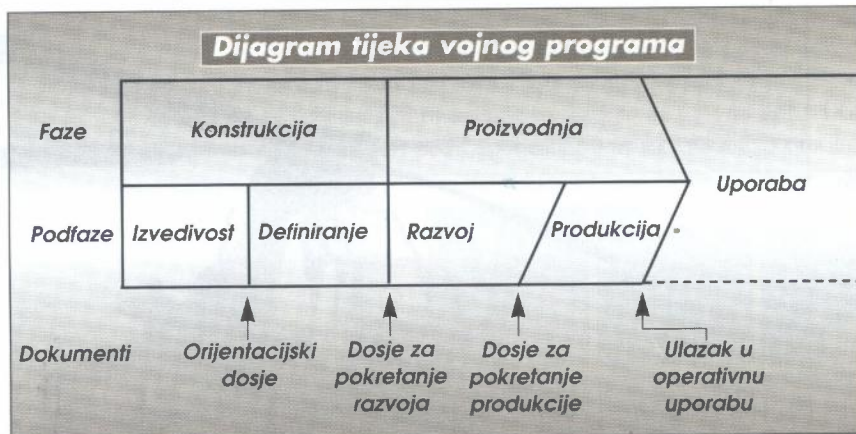
zahtjevniji aspekti rješavaju se demonstracijom i modeliranjem. Na kraju podfaze definiranja izrađuje se tzv. dosje za "lansiranje" (pokretanje) podfaze razvoja koji zaključuje podfazu definiranja, te definira ono što je u stvari ugovor između države kao "klijenta" i DGA-a kao "opskrbljivača"; on uključuje cijenu, vrijeme potrebno za provedbu ugovora te precizno definirane performanse koje novi sustav mora imati.

Sljedeća faza je **proizvodna faza** koja se sastoji od podfaze razvoja i podfaze produkcije. Podfaza razvoja mora završiti s ispitnom i jasnom

potrebna za nabavu samog sredstva. Stoga, tehnike nadzora troškova moraju biti primijenjene na troškove čitavog "životnog" ciklusa sredstva.

Konzultacije u okviru vojnih programa. Vođenje (management) vojnih programa temelji se na odgovornosti i konzultacijama.

Vojno osoblje (vojnici), kao budući korisnici sustava ili opreme, odgovorni su za postavljanje operativnih zahtjeva a DGA je obvezna da te zahtjeve ispuni. Ove odgovornosti se "dodjeljuju" jasno određenim pojedincima: časniku - vojnom voditelju projekta sa strane oružanih snaga, te voditelju (manageru) projekta sa strane DGA. Ove dvije osobe zajedno su odgovorne za ispravan napredak projekta, te stoga moraju usko surađivati kroz stalnu razmjenu informacija i provedbu kombiniranih pokusa kao i kroz zajedničku prezentaciju dosjea koji pokreću svaku od (pod)faza programa. Ovakvo se stalno konzultiranje, naravno, proširuje i na tvrtku ili tvrtke odgovorne za proizvodnju tražene opreme ili sustava. Vojni voditelj projekta i voditelj (manager) projekta kontinuirano nadziru aktivnosti tvrtke koja treba proizvesti određeno sredstvo.



"definicijom" sustava ili opreme koja treba ući u serijsku proizvodnju; ona se temelji na izradbi prototipa na kojem će nakon toga biti provedena provjeravanja i u tehničkom i u operativnom smislu kako bi se provjerilo da li novi sustav ili oprema zadovoljava operativne zahtjeve. **Proizlacijska** podfaza, koja započinje nakon izradbe dosjea za pokretanje proizvodnje, uključuje industrijalizaciju, instalaciju montažnih uređaja te izradbu proizvodne opreme. Ova se faza može protegnuti na duži niz godina pa čak i dosta poslije ulaska opreme ili sustava u operativnu uporabu.

I napokon, ne smijemo zaboraviti **fazu uporabe**, odnosno primjene sustava ili opreme,

Nadzor cijena vojne opreme

Francuska je vlada u travnju 1994. godine izdala dokument nazvan "Bijela knjiga obrane" kojim se izražava potreba za ustanovljavanjem čvršćeg nadzora nad vojnim programima i to posebice u smislu reduciranja troškova vezanih uz svaki pojedini vojni program.

Prošla iskustva pokazala su gotovo eksponencijski rast troškova vojnih sustava prigodom prelaska s jedne generacije sustava na drugu gen-

eraciju koji je bio uzrokovan i tehnološkim napretkom i ozbiljnošću prijetnje s kojim se morao suočiti sustav nove generacije. Tako su troškovi u Francuskoj, vezani uz borbene zrakoplove, narasli sa sto milijuna francuskih franaka (za zrakoplov Mirage F1) na 180 milijuna FF (za zrakoplov Mirage 2000), te na 300 milijuna FF za zrakoplov Rafale. Isti trend je jasno uočen i u drugim zemljama; na primjer, američki bombarder B2 ima cijenu od blizu tri milijarde FF. Ovakav spiralni porast i glede sofisticiranosti i cijene nužno vodi k reduciranju ukupnog broja planiranih sredstava, što je svakako uvjetovano ograničenim novčarskim izvorima koje svaka zemlja može "posvetiti" svom vojnom budžetu, koje, pak s druge strane, vodi ukupnu učinkovitost obrambenog sustava k području povišenog rizika. Nadalje, **pritisak na troškove** također je potreban kako bi stimulirao izvoz vojne opreme, koji pak osigurava značajnu korist kad je riječ o amortizaciji fiksnih troškova i većoj produkciji; niži troškovi pomažu prigodom sučeljavanja s

poklope s industrijskim zahtjevima.

Što se tiče vlastite interne aktivnosti, DGA je usmjerila menadžmentske procedure tako da poboljša učinkovitost te smanji operativne troškove, uključujući i jednu "duboku" reorganizaciju s kojom je započela u početku 1995. godine. Ovdje se misli na sustavnu aplikaciju "kvazi-ugovora" između njezinih "vladinih" servisnih službi i njezinih industrijskih tvrtki, te na striktni nadzor troškova koje imaju spomenute industrijske tvrtke.

Napokon, što se tiče industrije, predsjednik DGA-a je izdao niz direktiva svojem podređenom osoblju glede sklapanja ugovora. Ovdje je posebno značajno naglasiti da jedna od direktiva govori i o tome kako se prigodom pregovora u svezi pokretanja određenog projekta mora kretati s pozicija fiksnih cijena, uz dodatno poboljšanje u produktivnosti za nekih 2 posto godišnje u usporedbi na prethodne (stare) cijene. Nadalje, reforma režima nadzora industrijske cijene za tvrtke koje drže monopol na određenom polju je završena, i to u



interacionalnom konkurencijom te pomažu prodaju sustava zemljama s ograničenim financijskim sredstvima.

DGA je 1994. godine, da bi smanjila inflaciju cijena, te postigla ciljeve definirane u "Bijeloj knjizi", usvojila serije mjera na području menadžmenta francuskih vojnih programa koje su bile sakupljene u jednu cjelinu pod zajedničkim nazivom "Nadzor cijena vojne opreme". Te mjere uzimaju u obzir tri strane koje sudjeluju u provedbi francuskih vojnih programa - oružane snage, DGA i industriju.

Kad je riječ o oružanim snagama, može se reći da je struktura njihovih odnosa s DGA značajno unaprijeđena. Funkcionalna i vrijednosna analiza uvijek se provodi sa ciljem optimiziranja "definicije" oružničkog sustava te redukcije njegove cijene. Studije cijene životnog ciklusa bit će izrađivane s puno većom pozornošću. Moguće modifikacije, koje su uvijek dosta skupe, bit će predmetom pomnog istraživanja prije negoli se donese bilo kakva odluka o usvajanju određene promjene. I napokon, narudžbe za proizvodnju bit će tako postavljene da se u najvećoj mogućoj mjeri

surađnji s ostalim ministarstvima (ministarstvom ekonomije i ministarstvom industrije) koja su povezana s određenim projektima, sa ciljem poboljšanja transparentnosti i učinkovitosti ovog nadzora.

Usporedno s uvođenjem struktura, te pravila i metoda prilagođenih kako bi došlo do objektivnog nadzora troškova, program je provoden unutar obrambenog sustava koji će razviti mentalnu naviku koja će pak osigurati da se čimbeniku - cijena - da glavni prioritet od strane onih koji su odgovorni za provođenje vojnih programa.

Široka lepeza mjera usvojenih od strane DGA-e kako bi se nadzirali troškovi vezani uz vojnu opremu i sustave počinje pobirati plodove uspjeha uz naznaku da se predviđa multipliciranje ovog uspjeha tijekom godina koje dolaze. Ovdje svakako treba shvatiti da je ovo jedna vrlo složena i "teška" aktivnost koja zahtijeva velike napore a isto tako i sredstva, no s druge strane treba imati na umu da je ova aktivnost od vitalnog značenja za učinkovitost obrane Francuske u budućnosti.

Zrakoplov Mirage 2000 prikazan na slici korišten je kao test platforma za određene optroničke sustave



Zračna borba i STEALTH

U širokoj javnosti danas se stealth zrakoplovi povezuju isključivo s jurišnim zrakoplovima, što nije nimalo čudno ima li se u vidu da su letjelice ove vrste u operativnoj uporabi namijenjene izvršenju jurišnih (F-117 Nighthawk) odnosno bombarderskih (B-2 Spirit) misija. Ali, stealth tehnologija se primjenjuje i na lovcima, što u budućnosti postavlja sasvim nove zahtjeve u zračnoj borbi

Robert BARIĆ

Mjesto: jedno od svjetskih kriznih žarišta. Vrijeme: prvo desetljeće XXI. stoljeća. Leteći u širokoj borbenoj formaciji na srednjoj visini, četiri lovca krenula su u presretanje niskoleteće protivničke skupine jurišnih zrakoplova, koja se uputila prema prijateljskom teritoriju. U roku od jedne minute lovci će se naći u poziciji gdje će njihovi radari iIRST sustavi, bez obzira na intenzivno protivničko elektronsko ometanje, uspjeti zahvatiti niskoleteće ciljeve i izvršiti iznenadni napadaj s dalekodometnim projektilima zrak-zrak, razbijajući neprijateljsku formaciju. Nakon toga, presretači bi se približili i preostali protivnički zrakoplovi bili bi napadnuti i uništeni kratkodometnim projektilima zrak-zrak s IC samonavođenjem i, eventualno, topničkom paljbom.

Odjednom, vođa presretačke skupine začuo je u slušalicama visokofrekventni ton - signal da je RWR detektor na njegovom zrakoplovu detektirao zračenje protivničkog zrakoplovnog radara, i to na maloj udaljenosti, što se moglo zaključiti iz sve većeg intenziteta upozoravajućeg signala! Na displayu radara nije se pojavio nikakav bliski kontakt, ali nekoliko sekundi kasnije jedan od četiri lovca eksplodirao je u zraku. Zapovjednik skupine uspio je samo kratkotrajno prim-

jetiti slabovidljiv obris, koji se velikom brzinom odozgo približavao njegovoj letjelici, prije nego što je i sam bio oboren.

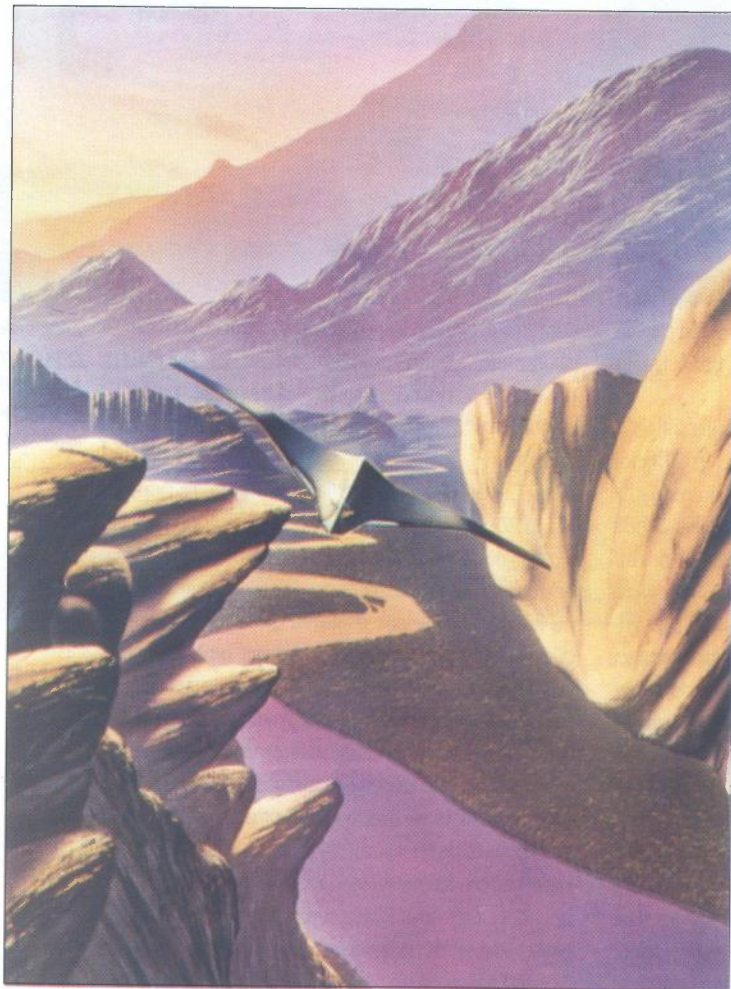
Nekoliko kilometara više, pilot protivničkog lovca imao je razloge za zadovoljstvo: umjesto četiri, on i njegov pratilac sad su bili suočeni samo s dva protivnička lovca, koji su se obušili prema zemlji, izbacujući radarske i IC mamce i izvođeci manevre izbjegavanja, u nadi

da će izbjeći napadaj protivnika kojeg nisu uspjeli niti otkriti.

Piloti dvaju borbenih zrakoplova koji su samo za nekoliko sekundi smanjili brojnost protivničke strane za 50 posto, imali su dvije važne prednosti: njihovi lovci zadnje generacije bili su sposobni za superkrstarenje brzinom do 1.5 Macha, što je značilo da protivnički zrakoplovi, čak i da nisu bili iznenađeni, ne bi mogli lako

doći u poziciju za uspješno lansiranje projektila. Druga, još važnija prednost, bila je u tome što su u konstrukciji njihovih zrakoplova primijenjene najnovije **LO (Low Observability)**, niska zamjetljivost) tehnologije za smanjivanje radarskog i IC potpisa: protivnički zrakoplovi opremljeni senzorskim sustavima prethodne generacije imali su male šanse za njihovo otkrivanje, što se pokazalo presudnim u bitci.

Ovo je, naravno, samo jedan od mogućih scenarija zračne borbe u idućem stoljeću. Bez obzira hoće li postati stvarnost u ovom ili nekom drugom obliku, jedno je sigurno: primjena stealth tehnologija, koja je praktično preko noći promijenila situaciju na području jurišnih zrakoplova i bombardera dajući im značajnu prednost pred sadašnjim PZO sustavima (što je dokazala uspješna primjena F-117 u Perzijskom zaljevu prije četiri godine), imat će isto tako dalekosežne posljedice i kod lovačkih zrakoplova, pogotovo u zračnoj borbi u budućnosti. Stara maksima zračne borbe - tko prvi vidi protivnika, pobjeđuje - i dalje ostaje na snazi; samo, od sad će



Mogući izgled lovačkog stealth zrakoplova budućnosti: iako je malo vjerojatno da će biti napravljen čisti "nevidljivi" lovački zrakoplov, primjena stealth tehnologija znatno će smanjiti radarski i IC potpis budućih lovaca, otežavajući njihovu detekciju u zračnoj borbi

biti još teže uočiti protivnika.

Od samih početaka borbe u zraku tražili su se načini smanjivanja vidljivosti vlastitih zrakoplova i omogućavanja vlastitoj strani postizanja iznenađenja u zračnoj borbi. Tijekom I. i II. svjetskog rata ovi naponi su se svodili na primjenu različitih maskirnih shema, s ciljem "skrivanja" zrakoplova u okolnom prirodnom elementu. Ovaj pristup ima dva velika nedostatka. Boje i oblici okolnog prostora brzo se mijenjaju što može vrlo brzo maskirnu shemu učiniti neefikasnom. Isto tako, teško je stvoriti maskirni obrazac koji bi bio učinkovit u otežavanju vizualne detekcije borbenog zrakoplova na maloj ali i na velikoj udaljenosti.

Ali u II. svjetskom ratu pojavila su se dva sredstva koja će korjenito promijeniti pravila zračne borbe: radar kao sredstvo detekcije i radarski i IC vođeni projektili zrak-zrak kao oružje. Do početka sedamdesetih jedine mjere

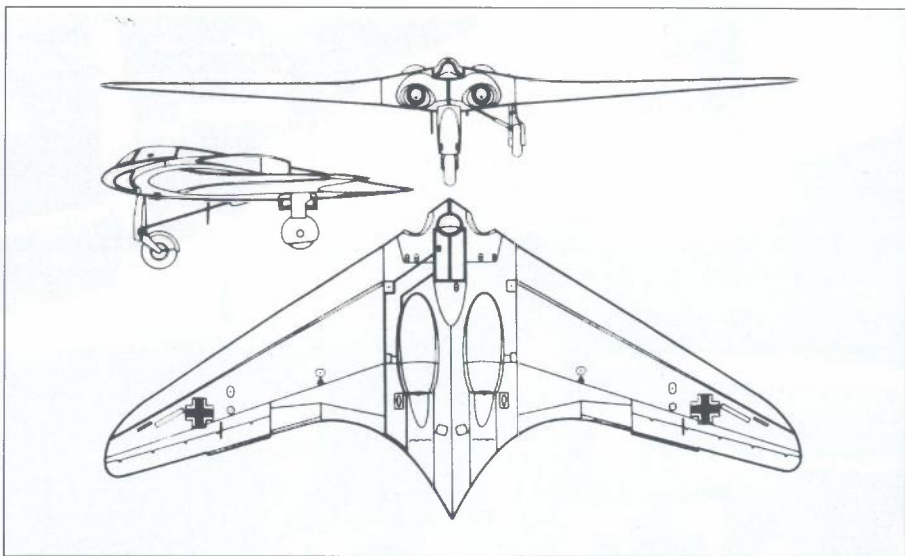


Jedan od prvih poslijeratnih pokušaja smanjivanja radarskog odraza zrakoplova bila je primjena RAM tvoriva na američkom U-2 krajem pedesetih, sa slabim rezultatima

koje su zrakoplovi mogli poduzimati u obrani protiv ovih sredstava bilo je korištenje radarskih i IC mamaca, te elektronsko ometanje protivničkih radara.

Ali, postoji još jedna mogućnost, smanjivanje radarskog i IC potpisa zrakoplova, što otežava njegovu detekciju. U II. svjetskom ratu Nijemci su, da bi smanjili radarski odraz, počeli vršiti eksperimente s bojama i tvarima koji upijaju radarsko zračenje (**RAM, radar apsorberent material**; npr. premazivanje šnorkela podmornica i napadnih rubova krila zrakoplova). Ovi pokušaji nisu prošli nezamijećeno, ali tek krajem pedesetih počinje sustavni rad na smanjivanju radarskog i IC potpisa borbenih zrakoplova.

U SAD prvi koraci su poduzeti pokušajem smanjivanja radarskog odraza **U-2** korištenjem antiradarske boje, ali bez većeg uspjeha. Početkom šezdesetih pojavljuje se prva generacija stealth zrakoplova ("nevidljivi" zrakoplovi, sa značajno smanjenim radarskim i IC potpisom u odnosu na konvencionalne zrakoplove), tj. američki **A-12/SR-71 Blackbird**. Ovaj zrakoplov konstruiran je između ostalog i sa specifičnom namjerom smanjivanja radarskog



Počeci primjene LO tehnologija u području konstrukcije borbenih zrakoplova sežu pred kraj II. svjetskog rata, u čemu su se istakli Nijemci (na slici je crtež njemačkog borbenog zrakoplova Horten Ho 229, koji nije dospio dalje od nedovršenog prototipa)

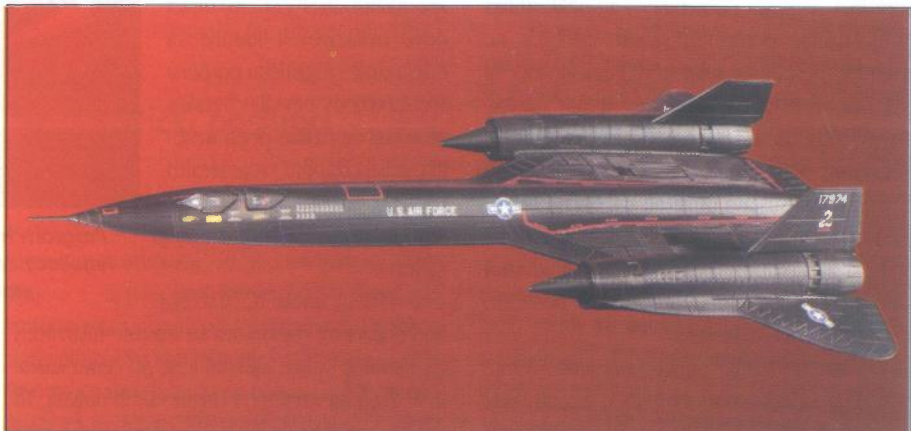
potpisa (mada to nije bio presudan činilac pri određivanju osobina ovog zrakoplova), zbog lakšeg probijanja sovjetskog sustava PZO.

U sedamdesetim pojavljuje se letjelica koja se može nazvati drugom generacijom stealth zrakoplova: bio je to prototip bombardera **B-1A**, kod kojeg je postignuto značajno smanjenje RCS-a (radarske odrazne površine) u odnosu na prijašnje zrakoplove, ponajprije oblikovanjem

trupa. Kod njegovog nasljednika **B-1B** postignuto je daljnje poboljšanje, ali na račun osobina zrakoplova (nemogućnost postizanja visokih supersoničnih brzina). Potkraj sedamdesetih u SAD počinje program razvoja stealth zrakoplova, u kome je temeljni cilj maksimalno smanjivanje radarskog i IC potpisa. Prvi rezultat bio je jurišnik **Lockheed F-117 Nighthawk**, koji je zahvaljujući svojim stealth osobinama postigao izniman uspjeh 1991. godine tijekom rata protiv

Iraaka, vršeći precizne napadaje na strateške ciljeve u svim vremenskim uvjetima danju i noću. U uporabu upravo ulazi i drugi rezultat američkih tajnih stealth programa, bombarder **Northrop B-2A Spirit**. B-2 ima isto izvrsne stealth osobine, ali to je postignuto na račun operativnih karakteristika (nemogućnost postizanja nadzvučne brzine na maloj visini, što je itekako značajno u probijanju protivničke PZO). Ove dvije letjelice mogu se svrstati u treću generaciju stealth zrakoplova.

Četvrtu generaciju, koja treba ući u naoružanje početkom idućeg stoljeća, trebaju predstavljati američki **F-22** i ruski **MIG 1.42**. Iako se opisuju kao prvi lovački zrakoplovi za postizanje zračne nadmoći, konstruirani kao stealth letjelice, ni Lightning II (a vjerojatno ni još neprikazani MIG 1.42) nisu potpune stealth konstrukcije kao F-117A ili B-2A, pošto bi tako nešto ipak bilo preskupo, a letne karakteristike i borbene sposobnosti bile bi time drastično smanjene u odnosu na iste kod konvencionalnih lovaca; uostalom, sudi li se po veličini F-22, ova generacija LO lovaca (pogrešno bi bilo nazvati F-22 i njegove ekvivalente **nevidljivim /stealth/** lovačkim zrakoplovima, jer oni to u biti i nisu; stoga smatram da je primjereniji



Prva generacija stealth zrakoplova: američki A-12/SR-71 Blackbird



B-1A i njegov nasljednik B-1B predstavljaju drugu generaciju stealth zrakoplova

naziv **LO lovački zrakoplovi**, odnosno lovci sa smanjenim radarskim i IC odrazom) mnogo je veća i teža od konvencionalnih lovaca, ili lovaca kod kojih su primjenjene samo neke tehnike smanjivanja radarskog i IC potpisa (to znači da su, da bi se postigao traženi stupanj "nevidljivosti", neke osobine i performanse pri obavljanju borbenih misija morale biti žrtvovane).

Ograničenja stealth tehnologije

Glavna područja gdje se mora postići smanjena uočljivost borbenog (u ovom slučaju lovačkog) zrakoplova su: **radarski odraz, IC emisije, direktno i indirektno vizualno otkrivanje zrakoplova, minimalno emitiranje ugrađene avionike** (senzori i sustav za upravljanje paljbom).

Smanjivanje radarskog odraza zahtijeva pažljivo odabiranje oblika zrakoplova (da bi se smanjila količina radarskih zraka reflektiranih od zrakoplova prema izvoru tj. radaru na protivničkom lovcu; ukoliko se povratni signal dovoljno oslabi, može se izgubiti u pozadinskoj "elektromagnetskoj buci", odnosno radarskim odrazima zemljišta i ometanju), ali oblik dobar za postizanje potrebnih stealth osobina ne odgovara aerodinamičkoj konfiguraciji koja bi bila najpovoljnija za postizanje letnih performansi traženih u zračnoj borbi. Danas je rješavanje ovog konflikta ponešto olakšano ugrađivanjem sustava umjetne stabilnosti (FBW, FBL) u lovačke zrakoplove, ali usprkos tome potreba za kompromisom između zahtjevanih stealth osobina i zahtjevani letnih i borbenih sposobnosti nije uklonjena.

Kao dodatnu mjeru za smanjivanje radarskog odraza, potrebno je u konstrukciji oplata primijenjivati RAM tvorivo (pri čemu treba pažljivo odabrati sastav i debljinu RAM-a

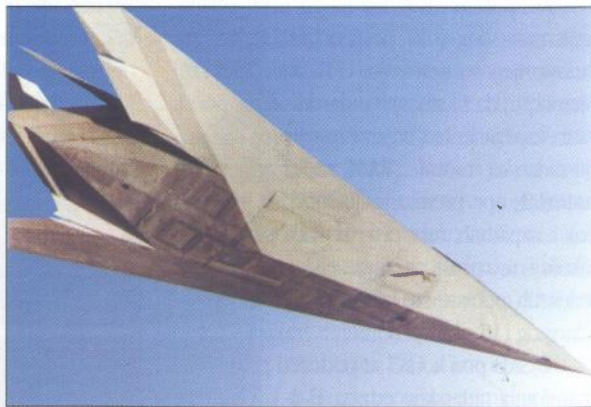
zbog uspješnog apsorbaranja radarskog zračenja na odabranim valnim duljinama).

Odabir konfiguracije zrakoplova i RAM učinkoviti su protiv današnjih radara na lovcima koji emitiraju u centimetarskim valnim duljinama, ali radari koji rade u metarskom valnom području (na primjer, neki radari u zemaljskim raketnim PZO sustavima) mogu svojim zračenjem izazvati rezonanciju na određenim dijelovima zrakoplova (horizontalni stabilizatori, napadne ivice krila) i time dobiti snažan radarski odraz. Posao konstruktora otežan je i činjenicom da na modernom borbenom zrakoplovu postoje paneli za održavanje, prilazna vrata, priključci za punjenje gorivom i sl, koji predstavljaju šupljine idealne za reflektiranje centimetarskih radarskih zraka. Uz to, potrebno je maksimalno smanjiti radarsku sliku prednjeg dijela trupa zrakoplova. Ovo nisu nerješivi tehnički problemi, kao što je pokazalo iskustvo s F-117A i B-2A, ali njihovo rješavanje traži iznimno velika sredstva za istraživanje, plus poštovanje ekstremnih tolerancija tijekom proizvodnog procesa (što opet traži izradu specijalnih alata i sl...što znači nove troškove), i kasnije za održavanje i logističku potporu (čemu vrijedi "nevidljivi" zrakoplov koji će nakon prvih nekoliko misija izgubiti svoje stealth osobine, ukoliko se održavanjem iste ne zadrže na potrebnoj razini).

Glavni izvori IC zračenja kod borbenog zrakoplova su ispušne mlaznice i zagrijavanje oplata tijekom leta, pri čemu nastaje IC zračenje srednjih i dugih valnih duljina. To nalaže, radi detektiranja, korištenjeIRST senzorskih sustava opremljenih tragačima sposob-

im detektirati IC zračenje u dva različita frekventna područja (ovakviIRST sustavi su trenutačno u razvoju za primjenu na ratnim brodovima /npr. Signal Sirius/ i borbenim zrakoplovima /FS-X, EF-2000/). Ovakvi senzori su znatno skuplji i kompleksniji od jednofrekventnihIRST-a, ali pružaju znatno veću vjerojatnost otkrivanja stealth zrakoplova.

Zagrijavanje oplata zrakoplova nije moguće spriječiti (kao uostalom i neke izvore IC zračenja unutar trupa), i ono će ostati izvor IC zračenja; no, IC emisije pogonske skupine moguće je značajno reducirati, ali ni to se ne može postići bez plaćanja određene cijene - slabljenja performansi pogonske skupine, a time i borbene učinkovitosti zrakoplova (kao što je bio slučaj kod F-117A i B-2A, gdje je primjena stealth mlaznica dovela do smanjenja IC emisija, ali i problema s povećanom masom mlaznica i pucanjem ispušnih kanala), te povećanja



Program Have Blue (na slici je istoimena prototipska letjelica) omogućio je stvaranje prvog pravog stealth zrakoplova, jurišnika F-117 Nighthawk

radarske slike zrakoplova.

Na F-22 napravljen je kompromis između povećanja radarskog odraza stražnjeg dijela trupa i smanjenja IC emisija motora. Ipak, primjena vektorskog potiska uvjetovala je povećanje

mase mlaznice, otežala i poskupila njezino održavanje, smanjila životni vijek, i povećala radarski odraz u stražnjoj hemisferi. Međutim, očito je da su konstruktori smatrali da će prednosti dobivene korištenjem vektorskog potiska (povećane manevarske sposobnosti i olakšano upravljanje zrakoplovom) predstavljati dovoljnu naknadu za prethodno navedene nedostatke.

Govoreći o vizualnom detektiranju, značajan parametar su vanjske protežnosti zrakoplova: što je zrakoplov veći, lakše ga je otkriti na velikim udaljenostima. Ne treba ni zaboraviti način razmještaja pojedinih komponenti (položaj i protežnosti krila i kanarda, jednostruki ili dvostruki vertikalni stabilizator isl.) i primijenjenog načina maskiranja, koji isto mogu olakšati ili otežati vizualno otkrivanje. Zbog svojih velikih protežnosti (posebice kontrolnih površina, koje mu omogućavaju dobru pokretljivost), F-22 ovdje nije u najboljem položaju. Značaj ovog činitelja nije pametno potcijeniti jer su optički i elektrooptički motrilački uređaji već sastavni dio brodskih i zemaljskih PZ sustava, a njihova ugradnja na zrakoplove je neminovna, pošto je ometanjem moguće toliko smanjiti učinkovitost radara da optički i elektrooptički uređaji postaju značajni za otkrivanje stealth letjelica.

Govoreći o avionici, na lovačkim LO zrakoplovima neće biti moguće primijeniti rješenja korištena kod njihovih jurišnih odnosno bombarderskih ekvivalenata. Potpuno pasivna avionika je prihvatljiva kod npr. jurišnog F-117A, ali lovački zrakoplov za otkrivanje ciljeva na većim udaljenostima i izvođenje napadaja na njih i dalje se mora oslanjati na radar, što opet otkriva njegov položaj. Kako IC i optički detekcijski uređaji vjerojatno nikad neće moći u potpunosti zamijeniti radar, ovaj nedostatak morat će se djelomice pokriti pronalaženjem novih taktičkih postupaka. Jedina alternativa ovome bila bi isključivo oslanjanje na vanjske detekcijske sustave (npr. AWACS zrakoplovi ili zemaljske radarske postaje) koji bi slali lovcima potrebne podatke o poziciji protivnika, ali ovaj pristup postavlja velike probleme u području taktičke koordinacije velikog broja platformi, osjetljivosti na elektronsko ometanje i na djelovanje protivničkih dalekodometnih raketnih sustava (npr. ruskog **KS-172** koji se razvija za napadaje na AWACS zrakoplove na udaljenostima do 400 km): gubitak jednog AWACS zrakoplova znatno bi smanjio borbeni potencijal lovaca ovisnih o njemu za primanje podataka o položaju protivnika, te je teško zamisliti da bi ovakav pristup zamijenio dosadašnju praksu uporabe radara na lovcima.

Iz navedenih činjenica vidi se da tehnološki nije nemoguće napraviti lovački stealth zrakoplov, ali da taj napor nije vrijedan uloženog truda. Troškovi razvoja, proizvodnje, a posebno logističke potpore ovakvih zrakoplova takvi su

da si tako nešto ne može priuštiti ni SAD, a kamoli neka druga zemlja. K tome, pitanje je hoće li (barem u dogleđno vrijeme) biti moguće pomiriti s jedne strane konstrukcijska rješenja potrebna za postizanje niske zamjetljivosti, a s druge rješenja potrebna za uspješno izvršavanje temeljne namjene lovca - vođenje zračne borbe. Umjesto toga, u konstruiranju budućih lovaca potrebno je primijeniti što je više moguće LO tehnologija (pri određivanju aerodinamičke konfiguracije zrakoplova, vrste tvoriva i sl.) kako bi se njihova zamjetljivost smanjila na minimum, ali bez narušavanja letnih i borbenih sposobnosti (ili svođenja pogoršavanja na minimum). Ovaj pristup vidljiv je i kod F-22, i kod zadnje inačice Horneta, F/A-18E/F. Time naravno nije moguće smanjiti radarski i IC potpis borbenog zrakoplova na nivo postignut kod F-117A i B-2A, ali i postignuto smanjenje dovoljno je da se

km, te vođenje projektila na njih) tako i u bliskoj manevarskoj zračnoj borbi (kad se radar može koristiti kao daljinomjer, te za povećanje vjerojatnosti pogotka cilja uporabom topa). Uz to, radar je temeljni senzorski sustav u okviru PZO sustava, kao i zrakoplova za nadzor zračnog prostora (poput E-3A, IL-50) koji se pojavljuju u sastavu sve većeg broja zračnih snaga u svijetu.

Prvi učinak pojave LO lovačkih zrakoplova na PZO sustave je smanjivanje radarskog pokrivanja zračnog prostora koji se brani: manji radarski odraz znači da će radarski motrilački sustavi detektirati nadolazeće lovačke zrakoplove znatno kasnije, što znači da će i radari u okviru sustava za kontrolu paljbe PZ raketnih sustava kasnije početi voditi projekte na otkrivene ciljeve. Smanjivanjem detekcijskog dometa, u radarskom pokrivanju određenog područja neizbježno se pojavljuju "rupe" koje



A-12 Avenger trebao je biti prvi mornarički stealth zrakoplov, ali njegov razvoj obustavio je jedan činitelj, koji će vjerojatno i u budućnosti spriječiti serijsku proizvodnju stealth zrakoplova, bez obzira bili oni lovci, jurišnici ili bombarderi: to je visoka cijena takvih programa

značajno oteža otkrivanje i praćenje letjelice od protivničkih detekcijskih sustava (posebice ako se uzme u obzir da će posao detekcijskim sustavima biti otežan činjenicom što će oslabljeni radarski ili IC odraz zrakoplova morati izdvojiti iz pozadinske "buke", pri čemu će primjena elektronskog ometanja taj proces dodatno usložiti).

Novi taktički postupci

Primjena LO tehnologije kod lovaca neizbježno izaziva i potrebu za definiranjem novih taktičkih postupaka. To je neizbježno, zbog činjenice da je u proteklih nekoliko desetljeća radar postao glavni senzorski sustav lovačkog zrakoplova. Svi suvremeni lovci imaju sustav kontrole paljbe baziran na radaru, koji se koristi kako za vođenje BVR projektila (otkrivanje i praćenje ciljeva na udaljenostima većim i od 100

protivnik može iskoristiti kao koridore za prilaz ciljevima u dubini teritorija. Ovaj nedostatak može se neutralizirati izgradnjom većeg broja zemaljskih radarskih postaja, kao i primjenom AWAC zrakoplova, ali to je iznimno skupo rješenje.

Problemi se javljaju i za napadačke snage, kad branitelj ima na raspolaganju LO lovce koji bi izvodili iznenadne napadaje na nadolazeće protivničke jurišnike i lovce; pitanje je, je li u takvim uvjetima postoji mogućnost uspješnog izvođenja jurišnih misija.

Uzevši u obzir sve tehničke i operacijske probleme, za sada se mogu predvidjeti dva generalna scenarija zračne borbe: LO/stealth zrakoplovi protiv konvencionalno opremljenih protivničkih zračnih snaga i međusobna borba LO letjelica.

LO/stealth zrakoplovi protiv konvencionalno opremljenih zračnih snaga. U

ovom scenariju može se tvrditi s velikom vjerojatnošću (na temelju iskustava iz operacije Desert Storm) da će napadač u prvim fazama zračne kampanje nastojati onesposobiti zračnoobrambeni sustav protivnika (zemaljski i zračni motrilački radari, raketne PZ postrojbe, eskadrole lovačkih zrakoplova) korištenjem LO lovaca i stealth jurišnika. Time bi u kasnijim fazama borbe konvencionalnim zrakoplovima bili omogućeni napadaji na preostale strateške ciljeve, dok bi LO lovci i stealth jurišnici sprječavali napore protivnika na reorganizaciji njegovih snaga i izvođenju protuudara.

U odgovoru na ovakvu vrstu prijetnje, moguće je poduzeti nekoliko koraka. Najjednostavniji je analiza protivnikovih sposobnosti (organizacija njegovih snaga, karakteristika LO i stealth borbenih zrakoplova) radi utvrđivanja vjerojatnih ciljeva napadaja i letnih koridora, i na temelju tih podataka poduzimanje protumjera. Drugi, znatno skuplji, korak je stvaranje detekcijskog sustava sposobnog za otkrivanje LO i stealth letjelica, koji bi se bazirao na određenim nedostacima ovih: iznimno je teško stvoriti nisko zamjetljiv borbeni zrakoplov u svekolikom području elektromagnetskog i IC

sadašnjih formacija od dva ili četiri lovca, koja bi djelovala u ulozi pokretne i fleksibilne detekcijske mreže: svaki lovac iz sastava skupine dobio bi određeni sektor koji bi pretraživao uskim radarskom zrakom velike snage (idealno bi bilo kad bi lovac mogao nositi dva radara, od kojih bi svaki koristio različitu valnu duljinu, ili jedan radar sposoban za odašiljanje zraka u dva ili tri frekventna opsega) ali i drugim vrstama senzora (IRST na primjer), čime bi se povećala vjerojatnost otkrivanja LO i stealth letjelica. Podatci prikupljeni od svih ovih detekcijskih sustava fuzionirali bi se, i upoređivali (što znači da bi zapovjedni lovac skupine morao biti opremljen odgovarajućim sustavima za obradu podataka, za koordinaciju djelovanja pojedinih zrakoplova u skupini, i za ostvarivanje veze s drugim elementima PZO sustava /zemaljske radarske postaje, AWAC zrakoplovi, zapovjedna mjesta/). Na temelju uporedbe podataka iz različitih izvora, postigla bi se veća vjerojatnoća otkrivanja protivničkih letjelica, koje bi zatim napao najbliži zrakoplov iz skupine; ovakav princip organizacije pogodan je za izvršavanje kako obrambenih tako i napadačkih misija. Čini se da se ovaj koncept počinje ostvarivati i u praksi: na to upućuje

pleksna i skupa izobrazba, potrebna radi postizanja koordiniranog djelovanja svih lovaca unutar skupine, kao i visoka cijena pojedinih zrakoplova opremljenih potrebnim senzorskim sustavima i opremom za procesiranje podataka. Radi smanjenja troškova, ove skupine mogle bi se organizirati na sljedećem principu: 1-2 velika lovca (kategorije F-14, F-15, Su-27) bila bi opremljena sustavima za obradu podataka primljenih od različitih senzorskih sustava ostalih zrakoplova u skupini, i koordinirali bi sve aktivnosti skupine. Preostali zrakoplovi mogli bi spadati u kategoriju manjih lakih lovaca (kategorije F-16, JAS39) opremljenih sensorima i oružanim sustavima različitih tipova i operacijskih karakteristika. Time bi se značajno smanjila cijena nabave i održavanja lovaca, mada ni ovaj prijedlog nije savršen. Onesposobljavanjem zapovjednih lovaca, učinkovitost cijele skupine bila bi dovedena u pitanje, te bi ove letjelice trebalo posebno zaštititi.

Medusobna borba LO letjelica. Sukob u kome će obje strane koristiti LO zrakoplove sličnih sposobnosti, predstavlja znatno veći izazov. Za početak, detekcija će biti značajno otežana. Kako će radar biti manje-više neutraliziran ometanjem, uspješna detekcija protivnika na većim daljinama mogla bi se ostvariti upotrebom TV motrilačkog sustava, a IRST senzori mogli bi služiti za otkrivanje projektila zrak-zrak (na temelju njihovog IC potpisa) lansiranih od protivničkog lovca, dovoljno rano da bi se mogle poduzeti neophodne protumjere (a time bi se dobila i približna pozicija zrakoplova koji je lansirao projektil). Tijekom probijanja protivničke obrane, vlastiti lovci mogli bi lansirati male bespilotne letjelice-mamce (poput američkog **ADM-141A TALD** /Tactical Air-Launched Decoy/ uspješno primijenjenog u Zaljevskom ratu 1991. godine) radi izazivanja protivničke reakcije, i otkrivanja položaja njegovih LO lovaca. Moguća je i "pomoć" iz vanjskih izvora: jedan prijedlog razmatra mogućnost korištenja dalekodometnih balističkih projektila koji bi se s vremena na vrijeme detonirali na velikim visinama na određenoj udaljenosti od crte bojišnice, ili na očekivanim smjerovima naleta protivničkih zrakoplova. Detonacija odgovarajuće bojne glave stvorila bi kratkotrajne visokoenergetske emisije elektromagnetskog zračenja širokog spektra, sposobne za davanje povratnih odraza od LO i stealth zrakoplova, koje bi zatim detektirali ili zrakoplovi u tom području ili senzorske postaje na zemlji.

Dalje, stalno smanjivanje RCS-a borbenih zrakoplova moglo bi negativno utjecati na razvoj srednjedometnih i dalekodometnih BVR projektila zrak-zrak s aktivnim radarskim samonavođenjem. U ovim projektilima jednostavno nema dovoljno mjesta (barem na sadašnjem stupnju razvoja tehnologije) za stavljanje dovoljno velikih radarskih tragača i kom-



Su-30MK zamišljen je i za izvršavanje uloge zapovjednog zrakoplova skupine lovaca

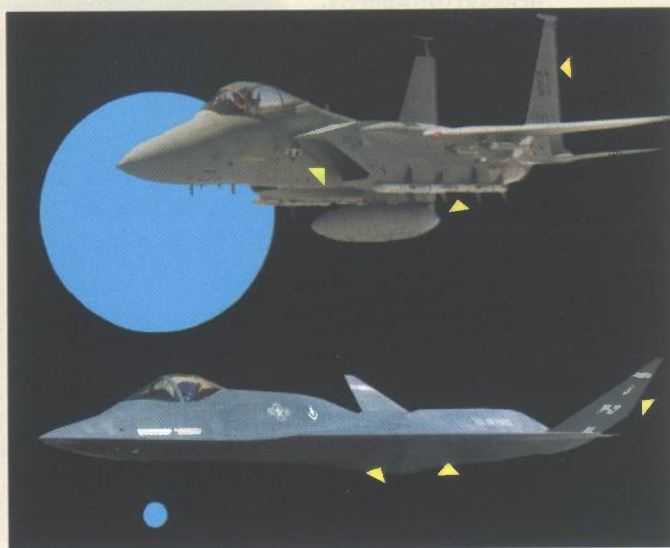
spektra. Stoga je moguće stvoriti kompleksni detekcijski/napadačni sustav koji bi se sastojao od različitih senzora koji bi radili na različitim principima (i različitim valnim duljinama). Takav sustav zahtijevati će pažljiv raspored njegovih elemenata (smještanje po svekolikoj dubini nacionalnog teritorija a ne samo uz granicu), i što je još važnije, uspješnu obradu, raščlambu i prezentaciju skupljenih informacija.

U zračnoj borbi predložen je, radi pokrivanja nastalih "rupa" u radarskom pokrivanju teritorija, koncept upotrebe veće lovačke skupine (veličine eskadrole, pa i veće) umjesto

pojava borbenog zrakoplova **Su-30MK**, zamišljenog između ostalog i kao zapovjednog zrakoplova skupine lovaca. Više ovakvih skupina mogle bi stvoriti leteći bistatički radarski sustav. Na ovaj način bilo bi moguće i s konvencionalnim lovcima voditi borbu protiv LO i stealth zrakoplova (pri tome bi svaki gubitak LO i stealth letjelica značio ozbiljno smanjivanje borbenih sposobnosti protivnika, jer je malo vjerojatno da bi bilo moguće uvođenje u borbu velikog broja /nekoliko stotina/ letjelica tih vrsta).

Nedostatak predloženog koncepta je kom-

Primjena LO tehnologija: razlika između F-15 i YF-23. Najbolji način značajnog smanjenja RCS-a je promjena oblika zrakoplova. Objekti s ravnim vertikalnim površinama i površinama pod pravim kutovima stvaraju najjači radarski odraz. Zbog tog razloga YF-23 dobio je različit oblik od lovca prethodne generacije, F-15 Eaglea. Među ključnim površinama koje je potrebno redizajnirati radi smanjivanja RCS-a je i rep zrakoplova. F-15 ima klasičnu konfiguraciju (dva vertikalna i dva horizontalna stabilizatora, postavljeni pod pravim kutovima), dok je YF-23 dobio samo dvije kontrolne površine, svaka zakošena pod kutem od 45 stupnjeva. Druga razlika je u nošenju naoružanja i dodatnih spremnika goriva: umjesto konformalnog nošenja projektila zrak-zrak i podvjesnih spremnika, YF-23 ima i jedne i druge smještene unutar trupa. Treći činitelj koji je pridonjeo smanjenju RCS-a je premještanje uvodnika zraka i njihovo preoblikovanje. Kumulativni rezultat ovih (i još nekih) rješenja vidljiv je u značajnom smanjenju RCS-a kod YF-23 u odnosu na Eagle, što simboliziraju plave kružnice na slici pored svakog zrakoplova



pleksnije računarske opreme za obradu primljenih signala. Postoje dvije mogućnosti za rješavanje ovog problema: jedna je povratak na poluaktivno radarsko vođenje (SARH, semi active radar homing), pri čemu bi na lovački zrakoplov trebalo staviti vrlo snažan radar, sposoban za slanje dovoljne količine elektromagnetske energije kako bi tragač u glavi BVR

borbe, održanog od 1976. do 1977. godine u zrakoplovnoj bazi Nellis (kad su veliki lovci F-14 i F-15 u simuliranim zračnim borbama s malim F-5 bivali uništeni uslijed potrebe stalnog osvjetljavanja cilja svojim radarima da bi mogli voditi projektele AIM-7 Sparrow; prije nego što je bio "uništen", F-5 je uspijevaao doći na dovoljnu udaljenost i simulirati lansiranje kratko-

Ako dode do umanjivanja značaja borbe BVR projektilima na velikim udaljenostima, bliska manevarska zračna borba (dogfight) mogla bi postati primarni oblik zračne borbe. U tom slučaju, naglasak će se dati na tradicionalne faktore koji pridonose uspjehu u dogfichtu (uvježbavanje pilota u manevarskoj zračnoj borbi i brojčanoj balansiranoj snaga), ali i na primjenu modernih sustava (HMS ciljnici, kratkodometni projektili zrak-zrak koji se ispaljuju unazad, TV sustavi identifikacije zračnih ciljeva).

Međutim, treba uzeti u obzir da će iduća generacija kratkodometnih projektila zrak-zrak (IRIS-T, AIM-9X, poboljšani R-73) biti iznimno smrtonosna, tako da su se pojavila i mišljenja ima li u budućnosti smisla voditi dogfight. Rješenje pitanja, borba na velikim udaljenostima ili prelazak na dogfight, ovisit će ponajprije (po mišljenju autora) o daljnjoj minijaturizaciji elektronike, koja bi trebala dovesti do mogućnosti smještanja tragača s dva (možda i tri) sustava vođenja i računara za obradu potrebnih informacija u prostor ograničenih protežnosti u BVR projektilu zrak-zrak. Općenito, može se reći da je za sada najpouzdaniji način borbe protiv LO i stealth zrakoplova razvijanje senzorskih sustava različitih principa rada i sposobnosti brze obrade i analize podataka prikupljenih tim sensorima.

Odgovor na sve navedene dileme moći će pružiti tek operativna praksa. Kako se broj LO borbenih zrakoplova u sastavima zračnih snaga određenog broja zemalja (koje će imati sredstva za njihovu nabavu) bude povećavao tako će se i pojavljivati nove doktrine zračne borbe. Revizija sadašnjih doktrina je po svemu sudeći neizbježna; uostalom, tako je uvijek poslije velikog tehnološkog prodora na određenom području vojne tehnologije, za što postoji veliki broj primjera iz dosadašnje vojne povijesti.



Kao i YF-23, i F-22 radi smanjenja radarskog i IC odraza koristi ista rješenja: dvostruke zakošene vertikalne stabilizatore (ali uz zadržavanje horizontalnih stabilizatora, što nije slučaj kod YF-23), način nošenja ubojnog tereta i oblik uvodnika zraka

projektila zahvatio dovoljno snažan odraz (to bi moglo dovesti i do pojave specijaliziranih zrakoplova, opremljenih isključivo snažnim radarom, koje bi trebali štititi drugi lovci). Ipak, pri primjeni SARH-a ostaju svi nedostaci ovog načina vođenja (potreba za konstantnim osvjetljavanjem cilja); dovoljno je sjetiti se američkog ACEVAL/AIMVAL (Air Combat Evaluation/Air Intercept Missile) programa simulacije zračne

dometnog AIM-9 Sidewindera s IC samonavođenjem, koji bi zatim "uništio" protivnički F-14 ili F-15). Stoga je vjerojatnije rješenje primjena tragača s dva različita sustava vođenja (radarsko i IC) u glavi za vođenje BVR projektila (idealno bi bilo kombinirati tri sustava, dva navedena plus npr. TV vođenje, ali da bi se to ostvarilo bit će potrebno riješiti određene tehnološke probleme, za što će trebati vremena).

Najmoderniji vojni transportni zrakoplov danas je američki McDonnell Douglas C-17 Globemaster III, međutim budući projekti (koji će se temeljiti na novorazvijenim tehnologijama) mogu stvoriti transportne zrakoplove znatno boljih osobina od C-17



Najnovija dostignuća na području novih tvoriva, mlaznih motora i sustava za prikazivanje podataka u pilotskoj kabini omogućit će značajne promjene na području konstrukcije kako civilnih putničkih tako i vojnih transportnih zrakoplova u budućnosti

Tehnologije XXI. stoljeća

Transportni zrakoplovi budućnosti

Klaudije Radanović

Nakon pojave mlaznog pogona malo tko je vjerovao da su u civilnom, ali i vojnom putničko-transportnom zračnom prijevozu moguće veće promjene. Prednosti koje je donijela ova tehnologija omogućile su brži i sigurniji prijevoz uz općenito niže troškove. No razvoj nije stao, već nas naprotiv u relativno bliskoj budućnosti očekuju nove, ovaj put konceptualne promjene u pristupu konstruiranja putničko-transportnih zrakoplova. Iako se ovo ponekima može činiti kao neprimjerena tema za časopis poput "Hrvatskog vojnika", tematika koja čini bit ovog napisa je univerzalna i primjenjiva kako na civilne tako i na vojne zrakoplove. Krajnji cilj kojem teže konstruktori obiju porodica letjelica je jednak: kako na što efikasniji i jeftiniji način na što veću udaljenost brže prenijeti što veći teret, bilo da je ovdje riječ o putnicima ili o ubojnim sredstvima ili teretu.

Primjenom **CAD/CAM/CAE** (Computer Aided Design - dizajn pomoću računala; Computer Aided Manufacturing - proizvodnja pripomognuta računalima; Computer Aided Engineering - inžen-

jering tj. proces upravljenja proizvodnim tokom pomoću računala) moguće je u procesu konstruiranja i aerodinamičkog dizajniranja zrakoplova koristiti metode i oblike koji do tada nisu bili primjenjivi. Pomoću snažne računske opreme koja sada postoji, moguće je gotovo u potpunosti zaobići dugotrajan i skup proces testiranja modela buduće letjelice u zračnim tunelima, a interaktivno s ovim procesom računarskog ispitivanja vršiti potrebne izmjene na konstrukciji kako bi se optimiziralo aeroprofil budućeg zrakoplova.

Kao jedan od rezultata gore ukratko opisanog procesa je sve šira primjena oblika **letećeg krila** u konstruiranju budućih zrakoplova, kako za civilne tako i za vojne namjene. Prednost ovog oblika je velika interna nosivost i gotovo konstantan odnos površine presjeka trupa i krila zrakoplova oko svake od točaka uzdužne osi zrakoplova, čime se osiguravaju optimalne letne karakteristike. Glavni prostor za prijevoz putnika ili tereta nalazit će se u krilima, čime bi se znatno povećala nosivost zrakoplova. U ovakav zrakoplov je predviđeno da stane 600-800 putnika, odnosno ekvivalentna količina tereta. Očita je prednost



Idealno rješenje za konstrukciju budućih strateških transportnih zrakoplova pruža koncept letećeg krila, prvi puta praktično primjenjen na zrakoplovima kompanije Northrop četrdesetih i pedesetih godina (na slici je Northrop XB-49)

ovakvog transportnog zrakoplova pred konvencionalnim letjelicama kakve su sada u službi je očita. Količina tereta kojeg zrakoplov nove koncepcije može ponijeti je za 50-100 posto veća u odnosu na klasični koncept, naravno ukoliko govorimo o približno jednakim protežnostima.

Poput svih novih tehnoloških rješenja, tako i ove nove koncepcije zrakoplova nisu lišene nekih (možda i fatalnih) nedostataka. Njihova najveća prednost je ujedno i njihov veliki nedostatak. Veličina ovakvog zrakoplova, u civilnoj inačici onemogućava nesmetan pristup aerodromskom terminalu zbog svojeg raspona krila. Malo je vjerovatno da će veći broj zemalja moći preurediti svoje zrakoplovne luke kako bi bile spremne prihvatiti letjelice gargantuanskih proporcija. Drugi problem koji se javlja u civilnoj eksploataciji je (za sada) nepostojanje potrebe za ovakvom klasom zrakoplova, pa stoga ne postoji opreavdanost njihove serijske proizvodnje. Ostaje jedino moguća vojna upotreba kao strateških transportnih zrakoplova velike nosivosti i velikog doleta. No i u ovom pogledu nije vidljiva veća ekonomska isplativost gradnje ovakvih letjelica zbog relativno velikih troškova za razvoj i malog projektiranog broja izgrađenih primjeraka. Naravno, pri donošenju odluke o gradnji takvih zrakoplova mogu utjecati i drugi razlozi osim ekonomskih, pa se ne može potpuno isključiti gradnja ovakvih zrakoplova.

Razlog zbog kojeg je bitno spominjanje ovih projekata je tehnološka osnova koja nakon njih ostaje. Zbog velikih protežnosti ovakvih letjelica, potrebno je razviti nove tehnologije kojima bi se negirali negativni utjecaji nekontroliranog turbulentnog opstrujavanja fluida oko vanjskih površina letjelice. Zbog znatno povećane poletne mase, za ovakvu letjelicu je bilo nužno razviti i nove pogonske motore sa znatno povećanim potiskom.

Radi nemogućnosti uspostavljanja neprekidnog laminarnog opstrujavanja krila tijekom leta, sila uzgona koja održava letjelicu u zraku s povećanjem brzine se smanjuje. Kod manjih zrakoplova ono nije toliko izraženo kao kod velikih transportnih ili bombarderskih letjelica.

Rješenju ovog problema se može pristupiti na dva načina. Prvi je korištenje nekog od uređaja za stvaranje povećanog uzgona (**high lift devices, HLD**), dok je drugi nešto elegantniji, ali za sada još nije nikada bio primjenjen, a nastao je kao plod gore spomenutih projektata razvoja putničko-transportnih zrakoplova velikog kapaciteta. Njime se krilo konstruira na takav način da se mjesto nastanka turbulencija pomiče bitno prema kraju krila, čime se mjesto nastanka udarnog vala (vidjeti članak u HV br.6 o krilu obrnute strijele za pojašnjenje fizikalnih osnova) de facto može čak pomaknuti izvan fizičkog područja krila. Ovime bi riješili dva problema: smanjenje sile uzgona i smanjenje efikasnosti kontrolnih površina na krilu. Način na koji je moguće ovo ostvariti je dvojak:

U dizajniranju novih zrakoplova danas je korištenje CAD-a postalo uobičajeno; u budućnosti CAD će uključivati i informacije o cijeni i pouzdanosti komponenti koje će se primijeniti na novom zrakoplovu



primjenom tzv. **usisavajućeg krila** (wing with suction) ili **oplatom s prilagodnim elementima**.

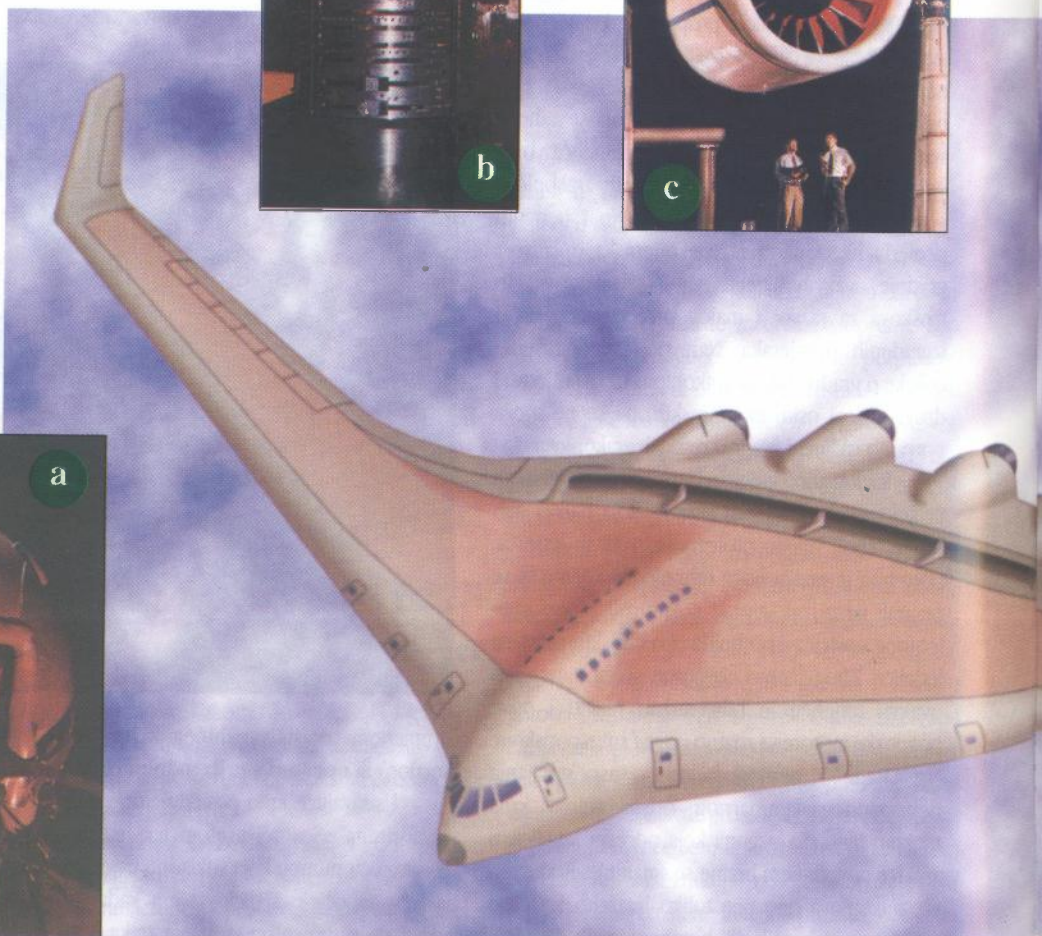
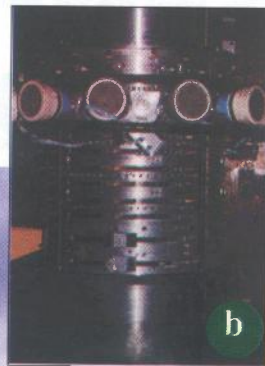
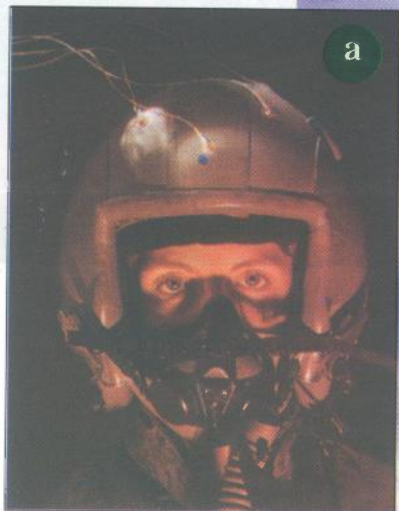
Usisavajuće krilo posjeduje površinu koja je perforirana. Sustav preforacija je spojen na usisavajuću pumpu koja sukladno uvjetima koji se javljaju započinje s djelovanjem kada se pojave uvjeti za turbulentno strujanje zraka preko krila.

Zrak koji bi se razdvojio na gornjoj površini i formirao vrtložno gibanje fluida biva usisan u površinu krila. Zbog usisavanja zraka, turbulentni sloj ili nestaje (pri manjim brzinama) ili se odvaja od površine krila smanjujući na taj način otpor povlačenja krila (drag). Naravno, djelovanje samog sustava nadgleda računar koji prema iznosu lokalne brzine fluida preko aerodinamičkog profila i tlaka zraka u prostoru oko zrakoplova određuje iznos potrebnog usisavanja i kontrolira radom pumpe.

Drugi način postizanja jednakog efekta je izgradnja oplata krila s mikroaktuatorima. Njihovim korištenjem postizemo smanjivanje utjecaja turbulentnog opstrujavanja površine krila kao i u prethodnom slučaju, ali na nešto drugačiji način. Konstrukcija krila prati određeni NASA aerodinamički profil koji je ispitan u zračnom tunelu. No zbog nesavršenosti u proizvodnom procesu, na velikoj skali nije moguće u potpunosti proizvesti aerodinamički profil u prirodnoj veličini kakav je predložen danim NASA profilom. U biti, za gotovo sve primjene su proizvedena krila vrlo približna idealnom predloženom obliku, no ukoliko se želi postići još bolje letne karakteristike (ovo pitanje je znatno izraženije kod zrakoplova većih protežnosti i masa) potrebno je postići oblik profila koji je vrlo blizak idealnom. Sljedeći problem je nepostojanje jednog profila krila koji bi posjedovao jednoliku učinkovitost u svim

atmosferskim uvjetima. No moguće je odabrati profil koji bi posjedovao malena odstupanja od dobrih letnih karakteristika u širokom području uvjeta u atmosferi. Ovo približavanje može ponekad biti toliko da su neophodne samo minijaturne promjene u trenutačnoj geometriji leta kako bi se postigle optimalne letne karakteristike.

Ovakvo približavanje moguće je postići pomoću oplata krila koja posjeduju sitne aktuatora na svojoj vanjskoj površini. Sinkroniziranim podizanjem aktuatora mijenja se trenutačna geometrija profila krila i pomiče se mjesto nastanka udarnog vala, te se odgađa pojavljivanje turbulentnog gibanja zraka preko krila. Uz poboljšanje letnih karakteristika krilo s aktuatorima može pozitivno djelovati i na druge aspekte, poput produljenja životnog vijeka krila putem preraspodjele masenog opterećenja krila. Za izradu ovako tehnološki naprednog proizvoda potrebno je osigurati zahtjevnju računarsku potporu kako bi se osiguralo njegovo pravilno djelovanje. Zbog visokog stupnja složenosti pri djelovanju u različitim atmosferskim uvjetima, za postizanje jednakih letnih sposobnosti nisu aktivirani uvijek isti aktuatori ili skupine aktuatora, već djeluju različiti elementi površine krila. Stoga je nužno osigurati visok stupanj inte-



gracije senzorskih, upravljačkih i pogonskih sustava kako bi se postigle optimalne performanse, ali i povećali resursi ovog sustava.

Načini povećanja uzgona

Kada govorimo o uređajima povećanog uzgona, zapravo govorimo o određenim konfiguracijama integriranog sistema krila sa zapovjednim površinama i pogonskog sustava. Učinkovitost ovih sustava dana je s tzv. Stratfordovim kriterijem. Veliku ulogu kod ovih sustava ima **Coanda efekt** (vidjeti HV br.1 - članak o NOTAR vrtoletima). Postoji pet temeljnih sustava koji se koriste pri konstrukciji zrakoplova: IBF, EBF, USB, AW i VT.

IBF (Internally Blown Flap - zakrilca s unutrašnjim opstrujavanjem) je najstariji sustav za postizanje povećanog uzgona. Zrak kojim se vrši opstrujavanje vodi se iz turbina pogonskih motora kroz cjevovodni sustav u unutrašnjosti krila do procjepa na zakrilcima, gdje se tada pomoću Coanda efekta postiže povećanje uzgona. **EBF** (Ext-ernally Blown Flap - zakrilce s vanjskim opstrujavanjem) postiže isti učinak, ali se za opstrujavanje koristi ispuh iz pogonskih motora. **USB (Upper Surface Blowing** - opstrujavanje gornje površine) je rijetko korišten princip, ali vrlo učinkovit. Spuštanjem zakrilaca postiže se zaobljenje koje zbog Coanda efekta znatno povećava uzgonsku silu. Jedan od zrakoplova koji je trebao koristiti ovakvu konfiguraciju je i Boeing YC-14, koji je na žalost izgubio u natjecanju sa

MDD YC-15; iz kojeg je razvijen novi transportni zrakoplov USAF-a MDD C-17 Globemaster III. Potonja dva zrakoplova za povećanje uzgona koriste tzv **AW (Augmentor Wing** - "pojačivačko" krilo). Ova konfiguracija koristi deflektiranje ispuha iz pogonskih motora uz Coanda efekt kojeg ostvaruje zakrilce s procjepom. Takav sustav vrlo je učinkovit i smatra se da u kombinaciji sa **VT (Vectored Thrust** - vektorski potisak) sustavima može osigurati uzgon visokog iznosa potreban za podizanje vrlo velikih tereta.

Nova tvoriva

Osim unaprijeđenja u pogledu aerodinamičkih osobina zrakoplova projekti velikih civilno-transportnih letjelica donijeli su i neke tehnološke novitete u polju tehnologije tvoriva. Poznato je da se najveći dio letjelice izrađuje od aluminija ili duraluminija koji je legura aluminija i bakra. No, Airbus je na svojim putničkim zrakoplovima A330 i A340 primjenio u konstrukciji novu leguru aluminija i litija koji posjeduje znatne prednosti pred prije spomenutim tvorivima. Nova legura je manje gustoće (iz čega izravno proizlazi manja masa letjelice), ali veće čvrstoće. Prema informacijama koje



Crtež mogućeg transportnog zrakoplova budućnosti, sposobnog za prijevoz 600-800 putnika, temeljenog na konceptu letećeg krila

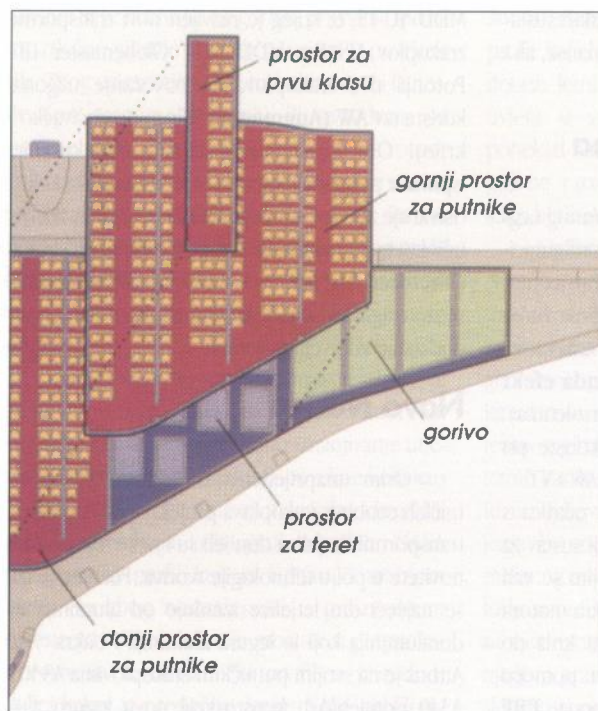
a) Piloti će moći brže reagirati na nepredviđene situacije kontroliranjem displaya u kokpitu putem alfa valova koje proizvodi mozak

b) "Inteligentni" motori opremljeni senzorima i aktuatorima podešavat će protok zraka kroz njih, u svrhu poboljšanja učinkovitosti i životnog vijeka pogonske skupine

c) Mlazni motori s visokim stupnjem dvoprotočnosti, poput ovog modela ispitivanog od kompanije Pratt & Whitney, osigurat će veći potisak potreban za velike zrakoplove

d) Turbulencija koja nastaje na krilima može se smanjiti usisavanjem zraka kroz sićušne rupice (crtež u sredini) ili pomoću mikroskopskih zakrilaca koja će mijenjati oblik zračnog strujanja (crtež dolje i ubačeni crtež)

Mogući izgled prostora za smještaj putnika i tereta kod jednog ovakvog zrakoplova



je dao poznati proizvođač zrakoplovnih legura Alcu, u njegovim laboratorijama je u tijeku rad na proizvodnji legure **aluminij-litij**, koja bi posjedovala čvrstoću veću za više od trećine u odnosu na standardne aluminijske legure koje se koriste u zrakoplovnoj industriji. Studija koju je naručio Alcu pokazuje da se primjenom njihovog tvoriva masa vertikalnog stabilizatora s kormilom smjera može smanjiti za 12 posto ili 650 libri (295 kg).

Alternativa novim aluminijskim tvorivima su kompoziti temeljeni na karbonskim vlaknima. Njihova primjena je poznata već desetljećima, pogotovo na mjestima koja nisu znatno opterećena. Glavni nedostatak koji ona pokazuju je nemogućnost njihovog preoblikovanja. Naime, dijelovi koji su proizvedeni od njih ojačani su u pećima na visokim temperaturama metodom termosetiranja. Ovime se postiže velika čvrstoća, ali je polimerizacija konačna i nije moguć reverzibilni proces. Stoga se u svijetu vode istraživanja usmjerena na proizvodnju termoplastičnih polimera koji bi se mogli preoblikovati ukoliko bi to bilo potrebno npr. zbog pogreške u proizvodnom procesu.

Pitanje produljivanja životnog vijeka obaju tipova tvoriva je vrlo bitno te se vrše istraživanja koja bi dala odgovore i na ova pitanja. Jedan mogući način za smanjenje naprezanja koja neminovno dovode do zamora tvoriva je i ugradnja senzora u samo tvorivo; ovi senzori bi pokazivali trenutne iznose naprezanja, na koje bi se reagiralo promjenom položaja zapovjednih površina kako bi se smanjilo trenutno opterećenje poglavito krila, ali i ostalih kritičnih elemenata konstrukcije.

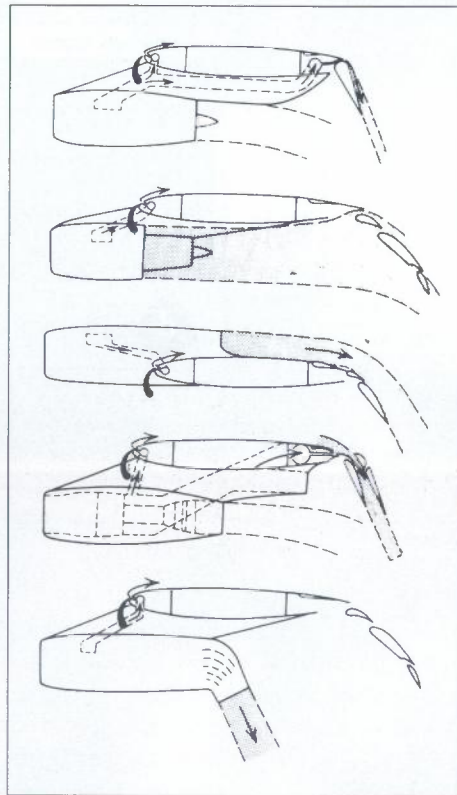
Pet temeljnih sustava povećanja uzgona (odozgo prema dolje): zakrilca s unutrašnjim opstrujavanjem (IFB), zakrilce s vanjskim opstrujavanjem (EFB), opstrujavanje gornje površine (USB), pojačavačko krilo (AW), vektorski potisak (VT)

Bolji mlazni motori

Tehnologija tvoriva nije se zaustavila samo na primjeni u izgradnji konstrukcijskih elemenata zmaja zrakoplova, već se proširila i na područje

zrakoplovnih motora. Kompozitna tvoriva temeljena na vlaknima silikon-karbida uprešanih u titanijsku matricu sposobna su izdržati više temperature i veća naprezanja od do sada korištenih legura. Ovime se omogućava rad motora na višim temperaturama, čime se smanjuje potrošnja goriva. No, isključivo povećanje snage motora nije dostatno. Potrebno je, u ova vremena kada se konstantno smanjuju svjetske zalihe fosilnih goriva, povećati učinkovitost rada motora, što znači povećati snagu uz istodobno smanjivanje potrošnje goriva. Inženjeri su i ovdje iznašli rješenje u vidu motora s visokim stupnjem dvoprotočnosti. Današnji motori usisavanje zraka vrše pomoću ventilatora koji posjeduju velik stupanj kompresije. Iza ventilatora sabijeni

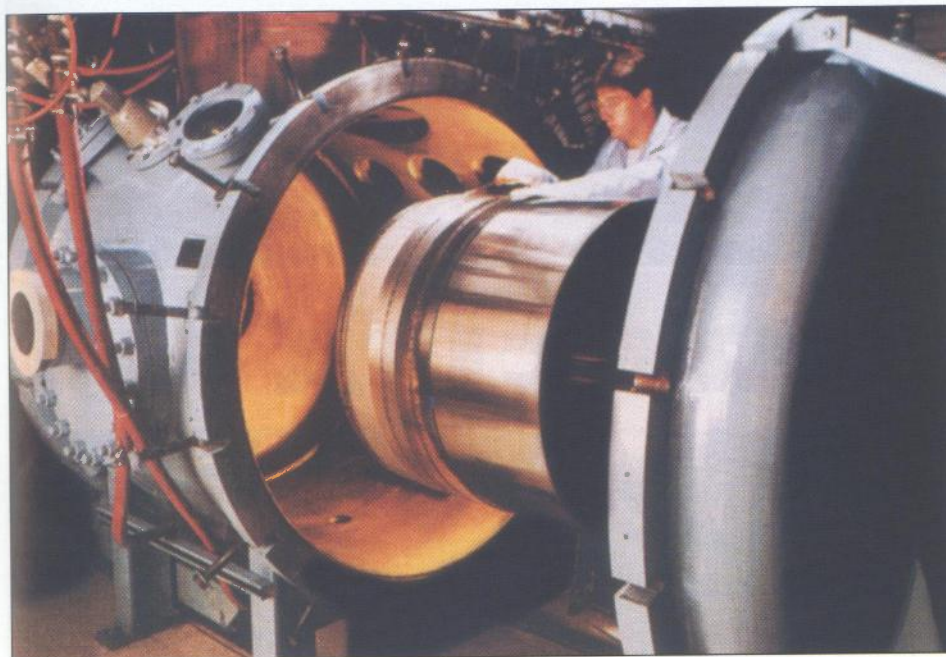
se zrak miješa sa gorivom u aerosol i detonira (tj. sagorijeva) u komori za izgaranje. Istodobno se jedan dio zraka vodi izvan glavnog smjera, također se miješa s gorivom, ali se ne uvodi u komoru za sagorijevanje već se ubacuje u ispušne plinove visoke temperature koji izlaze iz komore. Na ovaj način se znatno povećava učinkovitost motora jer za jednaku snagu je potrebna potrošnja goriva manja u odnosu na klasične turbomlazne motore, pa čak i turboventilatorske motore s niskim stupnjem dvoprotočnosti. Osim ove očite prednosti postoji još jedna, koja u današnje doba postaje izrazito bitna, a to je znatno smanjenje zagađivanja bukom koju ovi motori proizvode. Prema nezavisnim istraživanjima provedenim u SAD, turboventi-



latorski motori proizvode buku čiji je intenzitet do 20 dB niži u odnosu na turbomlazne motore. Zbog smanjenja temperature ispuha, kod nove generacije motora s visokim stupnjem dvoprotočnosti postiže se daljnje smanjenje buke za dodatnih 5-10 dB.

Kada govorimo o turboventilatorskim motorima, moramo spomenuti razloge koji su doveli do ovakve drastične promjene u učinkovitosti. Obični turboventilatorski motori koji su u primjeni posjeduju odnos mase zraka koji prolazi kroz tzv. bypass sustav (sustav koji vodi zrak izvan same jezgre motora i ne sudjeluje u primarnom izgaranju) i mase zraka kroz jezgru motora od 6:1 do 7:1. Kod motora s visokim iznosom dvoprotočnosti ovaj je odnos 20:1. Ovo pokazuje da se većina potiska ostvaruje u procesu sekundarnog izgaranja, što pak ukazuje da se temeljni proces koji se odvija u jezgri motora koristi samo za pokretanje ventilatorsko-kompresijskog sustava i za osiguravanje termičke energije za paljenje "van-

predočiti izrazito velik broj informacija potrebnih za sigurno upravljanje zrakoplovom. No upravo ovako velik broj informacija, iako bitan predstavlja i izvor zamora pilota. Potrebno je iz ovog broja izlučiti one informacije koje su bitne za pravodobno reagiranje i izbjegavanje opasnih situacija. Pitanje pilotske reakcije na pojedine situacije nije ograničeno kapacitetom ili brzinom rada ljudskog mozga, već brzinom prijenosa informacija iz mozga do organa kojima normalno zadajemo zapovijedi, a to su ruke, odnosno noge. Zbog ovoga su znanstvenici koji djeluju na području teorije raspoznavanja, ali i neurobiologije, biofizike i srodnih znanosti, započeli s radom na projektu upravljanja sustavima pomoću tzv. alfa valova koje proizvodi mozak. Oni su posljedica podsvjesnih reakcija na podražaj, kojeg u ovom slučaju predstavlja situacija u zraku oko zrakoplova. Iako se ovaj projekt možda čini tehnološki pretežak ili neprimjeren za sadašnji nivo razvoja znanosti, ne smije se izgubiti iz vida činjenica da se za ovakva



Izrada novih kompozitnih tvoriva za zrakoplove u postrojenjima kompanije Textron Speciality Materials

jskog kruga" strujanja smjese zraka i goriva.

Za postizanje ovakvog iznosa dvoprotočnosti potrebna je velika učinkovitost samog kompresijskog sustava. Pri različitim uvjetima rada jedan oblik krilca na turbini kompresora ne može biti uvijek jednako efikasan. Ovo je ponukalo istraživače na MIT-u (Massachusetts Institute of Technology) da razviju inteligentan motor koji je opremljen sa senzorima i aktuatorima koji mijenjaju oblik i položaj krilaca kompresora ovisno o letnom profilu.

Promjene u kokpitu

Zadnji element koji je razvijan u projektu novih civilnih i transportnih zrakoplova, a koji bi bio iznimno primjenjiv i u vojnim projektima je "upoznatost pilota sa situacijom u prostoru oko zrakoplova" (tzv. **situation awareness**). Elektronički sustavi na zrakoplovima sposobni su

istraživanja izdvajaju vrlo velika financijska sredstva i da na njima rade neki od najvećih umova današnjice. Princip na kojem bi se temeljila pilotska kabina budućnosti bio bi vrlo sličan onome kod borbenih zrakoplova s primjenom virtualne stvarnosti, prikazom bitnih informacija na zaslone ispred samih očiju (poput vojnih pilotskih kaciga s prikazom na zaslonu kacige), kojim bi upravljalo računalo, te u nešto daljoj budućnosti na integrirane pilotske kacige sa sustavom za prikaz informacija i senzorskim sklopovljem koje bi prenosilo zapovijedi izdane izravno moždanim valovima i glasom na zapovjedne površine i motore zrakoplova.

Navedene tehnologije iskoristive su i za razvoj drugih borbenih letjelica, a ne samo transportnih zrakoplova, te je za očekivati njihovu primjenu u budućim projektima u idućem stoljeću.





Mornarička inačica vrtolota EH 101, kojeg zajednički razvijaju kompanije Westland i Agusta

KOOPERACIJA U RAZVOJU VRTOLETA

Raspad bivšeg SSSR-a i ulazak u posthlanorativsko razdoblje rezultiralo je s jedne strane smanjenjem vojnih izdataka, smanjenom potražnjom za naoružanjem i vojnom opremom, a s druge strane razvojem vojne tehnologije i porastom troškova proizvodnje novih sustava oružja. Radi smanjene prodaje naoružanja i vojne opreme te visoke tehonološke razine pojedinih borbenih sustava, a da bi ostvarile načelo ekonomičnosti, vojne industrije europskih zemalja i SAD prinuđene su da se udružuju i vode zajedničku politiku razvoja i nabave novih borbenih sredstava i sustava

D. LODOLI

Kao jedan od karakterističnih primjera udruživanja europskih i američkih proizvođača naoružanja i vojne opreme, navest ćemo zajedničke programe razvoja vrtolota koji bi se u operativnu uporabu uveli krajem 90-tih godina, a predstavljali bi oslonac flote vrtolota u sastavu oružanih snaga europskih zemalja i SAD u budućem stoljeću.

Zajednički projekti razvoja i proizvodnje vrtolota nastali su kao posljedica nužnosti multinacionalnog pristupa istom problemu. Ni jedna kompanija koja se bavi proizvodnjom vrtolota nije imala sve tehničke mogućnosti da u potpunosti konstruira i proizvede vrtolet. Kompanije koje se bave proizvodnjom vrtolota u većini slučajeva specijalizirane su za određene tehnologije, komponente oružja i podsustave vrtolota. Dio njih specijaliziran je za proizvodnju motora i rotora, a dio za avioniku i slično. Takva specijalizacija bila je podlogom za udruživanje

više kompanija na zajedničkim projektima proizvodnje vrtolota. Specijalizacijom u proizvodnji pojedinih komponenti vrtolota ostvarena je ekonomičnost, nedostižna za kompanije koje se bave razvojem i proizvodnjom vrtolota i na tržištu nastupaju samostalno. Pored ekonomičnosti i same složenosti sustava vrtolota, neki od razloga za udruživanje više proizvođača vrtolota u zajedničke projekte su: podjela troškova razvoja i djelenja zajedničkog poslovnog rizika i kasnije podjela profita, te povećane mogućnosti prijevoza komponenti

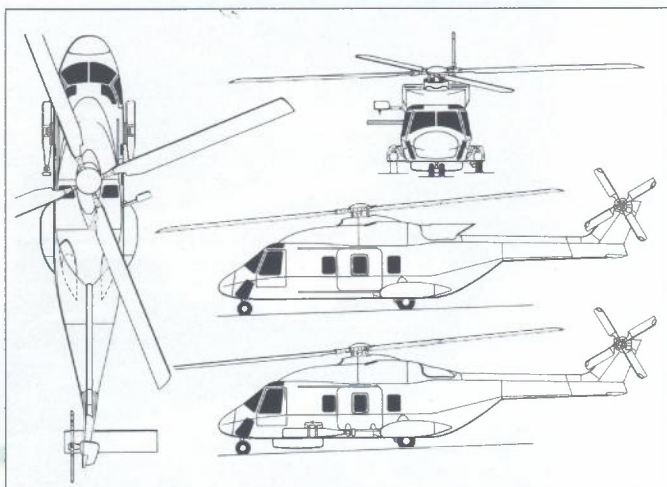
sustava vrtoleta od mjesta proizvodnje do mjesta sklapanja.

U daljnjem tekstu razmotrit ćemo neke zajedničke projekte razvoja i proizvodnje vrtoleta za iduće stoljeće.

Projekti kompanije Eurocopter

Zajednički projekt tvrtki MBB i Aerospatiale, udruženih u kompaniju **Eurocopter International GIE** (dio holding kompanije Eurocopter SA), je borbeni vrtolet **Tiger**, namijenjen za protuoklopnu borbu i zadaće paljbene potpore u svim vremenskim uvjetima, čije su prve isporuke u sustav njemačkih i francuskih oružanih snaga planirane za 1997. godine, no kako cijeli program kasni, taj datum bit će pomaknut.

Vrtolet Tiger razvijen je u dvije inačice s istim motorom i avionikom. U inačici za protuoklopnu borbu PAH 2/HAC, naoružava se protuoklopnim raketama tipa HOT i Trigat te raketama za samoobranu Mistral/Stinger. Njemačka je naručila 212 vrtoleta te inačice, a Francuska 140. U inačici za paljbenu potporu posebno



Crtež vrtoleta NH90 (transportna inačica gore, mornarička dolje)

Vrtolet Tiger svoj prvi let imao je 1993. godine, a letna ispitivanja prva četiri prototipa izvršena su u Francuskoj, dok je ostalih pet predviđeno za ispitivanje u Njemačkoj. Svjetsku promociju Tiger je imao na prošlogodišnjoj zrakoplovnoj izložbi Le Bourget '95.

Eurocopter International GIE, nositelj programa razvoja i proizvodnje Tigera, komercijalna je kompanija nastala udruživanjem Aerospatiale i MBB radi koordinacije i zajedničkog nastupa na svjetskom tržištu vrtoleta. Godine 1992. Aerospatiale i MBB utemeljili su holding kompaniju **Eurocopter SA**, koju čine tri odjeljenja:

NH90, Dauphin 2000 i Super Puma II.

Glavni manager holdinga Eurocopter SA, Jean-Francois Bigay u svibnju 1991. g. u interviewu za "Aerospatiale Revue" iznio je da je temeljni razlog partnerstva tvrtke Aerospatiale i MBB zajednički marketing vrtoleta Tiger i veća ponuda vrtoleta u nastupu na svjetskom tržištu.

Eurocopter SA i njezin britanski partner British Aerospace BAE s borbenim vrtoletom Tiger sudjelovali su na natječaju za novi britanski borbeni vrtolet, gdje su poraženi

od američke kompanije McDonnell Douglas i njihovog britanskog partnera Westland s vrtoletom WAH-64D Apache Longbow. Navedeni primjer ukazuje i na tendenciju udruživanja tvrtki proizvođača vrtoleta na promociji borbenih vrtoleta i zajedničkog nastupa na tržištu.

NH 90

Pored projekta borbenog vrtoleta Tiger, tvrtke Aerospatiale i MBB, kroz Eurocopter uključene su u projekt razvoja vrtoleta **NH 90**. Ovaj vrtolet razvijen je u dvije inačice, jedna za taktički transport (**TTH, Tactical Transport Helicopter**). Prva isporuka inačice NH 90 TTH trebalo bi biti ostvarena 1999. godine, dok je isporuka mornaričke inačice **NFH (NATO Frigate Helicopter)**, koja bi zamijenila helikopter Lynx i Sea King u mornaricama zemalja uključenih u program NH 90, predviđena za 2003. godinu.

Zemlje partneri uključene u projekt NH 90 su Francuska (Eurocopter France s učešćem od 42,4 posto), Italija (Agusta s 26,9 posto), Njemačka (Eurocopter Deutschland s 24 posto) i Nizozemska (Fokker s 6,7 posto). Kanada i Velika Britanija u početku su sudjelovale u projektu razvoja NH90, ali radi neodgovarajuće težine (9 tona) mornaričke inačice vrtoleta odustale su od daljnje suradnje, navodeći svoje potrebe za težim mornaričkim vrtoletom. Zemlje učesnice u projektu NH 90 naručile su 584 vrtoleta. Francuske potrebe iznose 160 vrtoleta u inačici TTH i 60 NFH, njemačke su potrebe 114 TTH i 38 NFH plus naknadna opcija od 120 vrtoleta inačice TTH, dok potrebe Nizozemske iznose 20 vrtoleta inačice TTH.

Glavni ugovarač proizvodnje vrtoleta NH 90 je kompanija NH Industries SARL sa sjedištem u Francuskoj, Aix-en Provence, koju čine tvrtke: Aerospatiale s (zadužena za rotor, upravljački sustav za letenje, kokpit, ugrađivanje elektronike), Agusta (zadužena za razvoj transmisije i specifičnosti NFH inačice), MBB (zadužen za razvoj srednjeg i stražnjeg dijela trupa i specifičnosti TTH inačice) i tvrtka Fokker



RAH-66 Comanche, još jedan od vrtoleta razvijen u okviru kooperativnog programa

razvijenoj za francuske oružane snage (HAP; naručeno je 75 primjeraka), Tiger se naoružava topom 30 mm, samoobrambenim raketnim sustavom Mistral i lanserima nevođenih raketa. Vrtolet Tiger pokreće motor MTU/Turbomeca/RR MTR 390, kojim postiže maksimalnu brzinu od 280 km/h. Masa vrtoleta spremnog za let je 5,3 do 5,8 tona. Tiger je prvi vrtolet koji je u cijelosti napravljen od kompozitnih tvoriva, osim dijelova motora i nosača ciljnika postavljenog iznad rotora koji je izrađen od titana.

Eurocopter Deutschland, Eurocopter France i Eurocopter International. Eurocopter SA nalazi se u 75 postotnom vlasništvu holdinga (kojeg čine Aerospatiale /60 posto/ i MBB /40 posto/), i Aerospatiale s udjelom od 25 posto. Sjedište Eurocopter SA je u La Courneuve Cedex, Francuska. Tvrtka ima 11.300 zaposlenih, a proizvodni program uključuje sljedeće vrtolete: AS.350/AS.355 Ecureuil, AS.365N Dauphin, AS.332L Super Puma, BO105, BK 117, SA.342L Gazelle, AS.532 Cougar, AS.565 Panther, a u razvoju su vrtoleti razvoju Tiger, BO 108, P 120L,

(zadužena za razvoj mehanizma za slijetanje i uređaja za upravljanje vrtolom).

EH Industries

Vrtolom **EH 101** predstavlja razvojni proizvod kompanija **Westland** i **Agusta**, udruženih u kompaniju **EH Industries**, s udjelom 50:50 posto za obje tvrtke. EH 101 predviđen je za zamjenu mornaričkih vrtolom **Sea King** u ratnoj mornarici Velike Britanije i Italije. Velika Britanija naručila je 44 primjerka vrtolom EH 101, dok narudžba ratne mornarice Italije iznosi 42 vrtolom. Pored vojne inačice vrtolom EH 101 razvijena je civilna inačica za potrebe doknade naftnih platformi u sjevernom moru. Narudžbe civilne inačice prosuđuju se na 150 vrtolom. Pored Velike Britanije i Italije i Kanada je bila zainteresirana za nabavu i licencnu proizvodnju vrtolom EH 101; Kanada je ušla u program u listopadu 1992. godine, ali se povukla dvanaest mjeseci kasnije.

Kako smo naveli kompanija **EH Industries** glavni je ugovarač proizvodnje vrtolom EH 101, a utemeljena je 12. kolovoza 1981. godine udruživanjem **Westlanda** i **Aguste**. Obje tvrtke pri proizvodnji vrtolom EH 101 imaju zasebne montažne linije, s time da je **Westland** zadužen za specifičnosti razvoja civilne, a **Agusta** vojne inačice. U podjeli posla **Westland** je odgovoran za prednji dio trupa, pilotsku kabinu, strukturu podvozja, ležište motora i krakove glavnog rotora. **Agusta** je odgovorna za stražnji dio trupa, repni dio, hidrauliku, sustav upravljanja i električne instalacije. Prvi prototip vrtolom EH 101 poletio je 1987. godine, a prve isporuke zemljama partnerima očekuju se tijekom sljedeće godine.

Ostali projekti

Primjeri udruživanja industrija vrtolom zamijećeni su i u SAD. Pobjednik natječaja kopnene vojske SAD za laki borbeni vrtolom (**LH, Light Helicopter Competition**) je dvomotorni borbeno izvidnički vrtolom **RAH-66 Comanche**, razvijen zajedničkim naporima tvrtki **Boeing** i **Sikorsky**. Prvi prototip vrtolom **RAH-66** predstavljen je u svibnju 1995. godine, prvi prototip poletio je početkom siječnja ove godine, a prve isporuke zrakoplovstvu **KoV SAD** trebale bi uslijediti 1998. godine, ali kako je došlo do odlaganja programa, ovaj rok bit će pomaknut. Prvobitna planirana nabava trebala je iznositi oko 5000 **Comanchea**, ali 1987. godine reducirana je na 2096 primjeraka. Tri godine kasnije planirani broj **Comanchea** smanjen je na 1292 (plus eventualno 389 dodatnih), a nije sigurno da je i ta brojka konačna. U razvoju i proizvodnji **RAH-66 Comanche** tvrtka **Boeing** odgovorna je za stražnji dio trupa, rotorski sustav, avioniku, dok je **Sikorsky** odgovoran za



Trenutačno najznačajniji projekt Eurocoptera je razvoj borbenog vrtolom Tiger

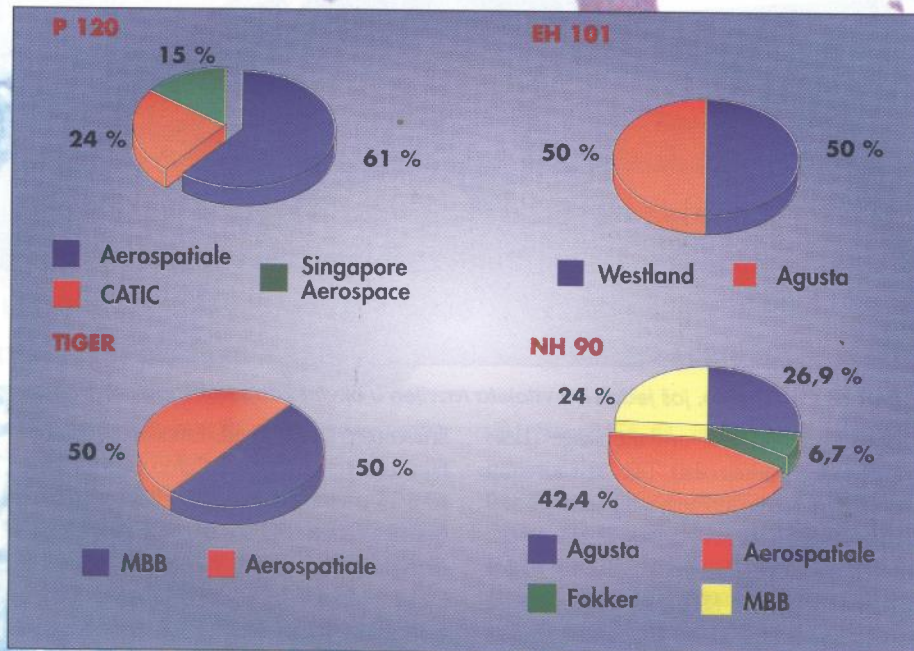
prednji dio trupa, integraciju naoružanja, razvoj sustava transmisije, izgradnju prototipa i letne testove.

Padom tenzija i boljim odnosima s Rusijom, zapadnoeuropskim proizvođačima vrtolom otvoreni su za suradnju i istočni partneri. Zabilježeni su kontakti ruskih proizvođača vrtolom **Kamov** i **Mil** s europskim i američkim tvrtkama **Arriel**, **Allison**, **RR**, **Lucas**. Eurocopter zajedno s ruskim tvrtkama **Mil**, **Kazan** i **Klimov** 1993. godine, formirao je kompaniju **Euromil** sa svrhom razvoja i proizvodnje srednjeg transportnog vrtolom **Mil 38** za zapadnoeuropsko tržište (dvomotorni vrtolom, težine 14 t, sposobnost prijevoza 30 putnika); proizvodnja bi trebala početi ove godine. Prema dogovoru,

partneri sudjeluju s po 25 posto učešća u Euromilu.

Što se tiče **Kamova**, ovaj ruski proizvođač surađuje s južnokorejskom tvrtkom **Daewoo Heavy Industries** na razvoju bespilotnog višenamjenskog vrtolom **Ka-37**, i s izraelskim **IAI** na razvoju srednjeg transportnog vrtolom **Ka-62**.

Na zrakoplovnoj izložbi **Le Bourget '95** tvrtka **Rostvertol** (Rusija), i **Sextant Avionique** i **Thomson - CSF** (Francuska), nastupile su sa zajedničkim projektom vrtolom **Mil MI-35M** namijenjenog za izvoz, a ovaj je ruski vrtolom namijenjen za protuoklopnu borbu moderniziran francuskom avionikom (**FLIR**, navigacioni kompjuter, **HUD**).



Prikaz udjela pojedinih kompanija u kooperativnim projektima razvoja vrtolom

Eurocopter u projektu sudjeluje s integracijom avionike, kokpita, te prilagođavanjem **Mi-38** za ponudu na međunarodnom tržištu. Navedeni

Zabilježeni su i određeni oblici suradnje zapadnoeuropskih proizvođača vrtolom sa sličnim industrijama u zemljama trećeg svijeta.

Taktičko-tehnički podatci nekih tipova vrtoljeta koji se razvijaju u okviru kooperativnih programa

	Tiger	NH 90	EH 101	RAH 66	Mi-38	Ka-62	ALH
Tip	borbeni vrtoljet	višenamjenski mornarički(NFH) i taktički (TTH) srednji vrtoljet (podatci za TTH)	višenamjenski mornarički i taktički vrtoljet	laki borbeno-izvidnički vrtoljet	srednji transportni vrtoljet	višenamjenski vrtoljet	laki višenamjenski vrtoljet
Promjer glavnog rotora (m)	13.00	16.30	18.59	11.90	21.10	13.50	13.20
Promjer repnog rotora (m)	2.70	3.20	4.01	1.37	3.84	-	2.55
Ukupna duljina (m)	14.00	19.60	22.81	14.28	19.70 (bez rotora)	13.25	15.87
Visina (m)	-	5.44	6.65	3.39	5.13	4.20	-
Masa, prazan (kg)	3300	5400 (NFH)	7121 (mornarički), 6967 (komercijalni), 7284 (taktički)	3515	-	-	2500
Normalna uzletna (kg)	5300-5800	-	-	4587	14.200	-	-
Najveća uzletna (kg)	6000	-	13.000 (mornarički), 14.000 (ostale dvije inačice)	7790	15.500	6750	4000 (mornarička), 5000 (taktička inačica)
Nosivost tereta (kg)	-	4600 remom (taktička inačica)	30 vojnika s opremom (taktička inačica)	-	5000-6000	do 2500	-
Najveća brzina leta (km/h)	-	300	309	328	275	300	330
Brzina kretanja (km/h)	250-280	259 (najveća 290)	278	-	250	-	245
Dolet (km)	-	1204 (tranzitni)	2093 (taktička inačica, tranzitni)	2334 (tranzitni)	325-1300 (ovisno o teretu)	-	800

Naoružanje borbenih vrtoljeta koji se razvijaju u kooperativnim programima

Tiger:	HAP: 30 mm top GIAT AM-30781, 2-4 Mistrala i 2-4 lansera NVR SNEB kal. 68 mm (razne kombinacije ovih oružja) HAL/UHU: 30 mm top GIAT AM-30781, do 8 POVR HOT ili Trigat; 4 Stingera ili Mistrala
NH 90:	NFH: protupodmornička torpeda i protubrodski projektili TTH: samoobrambeno naoružanje, mogućnost nošenja strojica i projektila
EH 101:	mornarička inačica nosi do 4 torpeda; transportna inačica može ponijeti različita oružja za paljebnu potporu
RAH 66:	20 mm top; do 7 Hellfirea i do 14 Stingera (različite kombinacije zadnja dva oružja)
ALH:	mornarička inačica dva torpeda/dubinske bombe ili do četiri protubrodski projektila; taktička inačica dva POVR, dva lansera NRZ kal.68mm ili 2 projektila zrak-zrak

Eurocopter sudjeluje s kompanijama Singapore Aerospace i CATIC (China Aero Tehnology Import/Export Corporation) u razvoju jednomotornog vrtoljeta **P 120**, i s kompanijom Hindustan Aeronautics Limited u razvoju indijskog vrtoljeta **ALH** (Advanced Light Helicopter).

Iz navedenih primjera može se zaključiti da ne postoje ideološke ili političke prepreke međunarodnoj suradnji u razvoju i proizvodnji vrtoljeta. Suradnju u toj oblasti potiču ekonomski čimbenici i ona nadilazi nacionalne okvire.

Međunarodnu suradnju svjetskih proizvođača vrtoljeta karakterizira više osobitosti. Ona se odvija između industrijskih poduzeća, direktnih kontakata jedne tvrtke s drugom preko man-

agera, a ne kao do sada dogovorom vladinih službenika zemalja proizvođača vrtoljeta koji planiraju i izvršavaju vojne ugovore između dviju zemalja. Uloga ministarstava obrane zemalja uključenih u suradnju je vršenje koordinacije procjenjenih potreba i raspisivanja natječaja za novi borbeni sustav. Po njihovom objavljivanju formiraju se timovi (međunarodni) za dobivanje ugovora. Tim s najboljom ponudom dobiva posao. Korist imaju sve zemlje čiji su predstavnici u timu koji je dobio ugovor, ali se i vlade koriste prednostima konkurencijske borbe (niže cijene vrtoljeta). Ugovarači se specijaliziraju za određene komponente vrtoljeta, tehnologije ili podsustave. Primjerice kod vrtoljeta specijalizira-

ju se za motor, rotor, avioniku i sl. Podsustavi se tako konstruiraju da se mogu koristiti na nekoliko tipova vrtoljeta, a moguća je i njihova međusobna zamjena (primjerice, međusobno zamjenjivi motor kod vrtoljeta Tiger i Dauphin II). Specijalizacijom i prodajom proizvođači vrtoljeta postigli su ekonomičnost kakva je nedostižna većim kompanijama koje proizvode i prodaju vrtoljete samo u okviru svoje države. Evolucija i integracija postaju životne činjenice kada je u pitanju ponuda, potražnja i međusobna suradnja u području proizvodnje vrtoljeta za iduće stoljeće.

NORVEŠKI PZO RAKETNI SUSTAV NASAMS

Potkraj 1994. godine, točno po predviđenom planu, a nakon višegodišnjeg razvoja i provjeravanja, norveškim zračnim snagama predan je na uporabu prvi operativni PZO raketni sustav NASAMS, koji koristi američki vođeni projektil AIM-120 AMRAAM



Sustav su zajednički razvijale američka tvrtka **Hughes Aircraft Company** i norveška tvrtka **Norsk Forsvarsteknologi**. Namjera konstrukcije

sustava **NASAMS** bila je osigurati učinkovitu PZO norveških zrakoplovnih luka od zrakoplovnih napadaja izvođenih najmodernijim zrakoplovima i bojnim tovarom po danas općeprihvaćenom scenariju napadaja na takvu vrstu ciljeva. Najkraće opisan scenarij napadaja mogao bi se svesti na sljedeće: napadaj se izvodi s malih i iznimno malih visina većim brojem skupina zrakoplova (od 2 do 8 zrakoplova u svakoj skupini), koji dolaze do zrakoplovne luke iz različitih smjerova, rabeći u doletu konfiguraciju terena kao radarsku masku zbog što kasnijeg njihovog otkrivanja i djelujući po zrakoplovnoj luci u malim vremenskim intervalima između skupina zrakoplova, uz istodobno intenzivno ometanje svih radarskih sustava i sustava zapovijedanja i komunikacija branitelja, kako ometačima velike snage iz posebne zone ometanja, tako i iz borbenog postroja napadajajućih zrakoplova. Opisanom scenariju vjerojatnog napadaja postojeće bitnice zastarjelog PZO sustava Nike Hercules nisu bile dorasle. Konstruiran davno i za sasvim drukčiji vjerojatni scenarij napadaja postao je neuporabljiv, a skup za daljnje održavanje, te su Norvežani sve svoje PZO bitnice Nike Hercules povukli iz operativne uporabe između 1989. i 1992. godine.

Preostale bitnice PZO sustava HAWK, premda modificirane na znatno poboljšani NOAH bile su malobrojne za zadaću učinkovite PZO svih zrakoplovnih luka.

I dalje su im se radari za ozračavanje cilja mogli ometati pri čemu je vjerojatnoća

Vladimir Superina



Lanser sustava NASAMS na kamionu. Hidrauličkim nogama lanser se sam spušta s vozila, ali se i nivelira kad je na vozilu i kad je na tlu

pogađanja cilja znatno smanjivana. Nadasve, istovremeno je jedna paljbena jedinica NOAH mogla gađati samo jedan cilj, što je nedostatno u suprotstavljanju opisanom, vjerojatnom scenariju napadaja na zrakoplovne luke.

Logički je bilo konstruirati znatno bolji novi PZO raketni sustav na čemu se počelo raditi u početku 1989. godine. Konstruiranjem NASAMS-a Norvežani su stvorili doista jedinstven sustav kakvog, za sada, nema niti jedna druga zemlja. Za razliku od drugih PZ sustava koji gađaju jedan po jedan cilj ili više ciljeva u izabranom sektoru djelovanja NASAMS je jedini PZ sustav koji može gađati ciljeve na svim smjerovima naleta oko branjenog objekta, gotovo istodobno. To je postignuto specifičnim izborom načina vođenja rakete, motrilačko-akvizicijskog radara tipa 3D, te logikom razmjene informacija o ciljevima i upravljanja paljbom.

Struktura paljbene jedinice NASAMS-a

Svaku paljbenu jedinicu sustava NASAMS čine rakete MIM-120 AMRAAM, lanseri, središte za praćenje situacije u zračnom prostoru i upravljanje paljbom, te motrilačko akvizicijski radar AN/TPQ-36 "Firefinder".

Svaki od spomenutih sustava postojao je i prije njegovog spajanja u sustav NASAMS u nekoj drugoj ulozi. Tako su rakete potpuno identične onima tipa AIM-120 AMRAAM, prvotno konstruirane kao srednjedometne rakete za uporabu s novijih zapadnih lovačkih zrakoplova. Nakon pokusa uporabljivosti lansiranjem sa zemlje, a zbog specifičnog sustava vođenja uporabljene su za PZ sustav NASAMS pod nazivom **MIM-120 ASAM**. Raketa tijekom leta ima dva načina vođenja. U početnom dijelu putanje, raketa leti u smjeru izabranog cilja na temelju informacija o položaju cilja u prostoru dobivenim netom pred lansiranje. Podatci o predviđenom položaju cilja dobiju se od zrakoplovnog radara kad se raketa rabi u ulozi zrak-zrak rakete, odnosno radara AN/TPQ-36, a preko središta za praćenje situacije u zračnom prostoru i upravljanje paljbom, kada se raketa rabi u PZ sustavu NASAMS. Pravilnost leta po smjeru nadzire inercijalna referentna jedinica smještena u samoj raketi.

U drugoj etapi leta raketa se aktivno radarski samonavodi na cilj preko vlastitog radarskog primopredajnika. Radar na raketi, poslije uključivanja, najprije pretražuje prostor i prepoznaje cilj, a poslije toga prelazi u



Lansiranje projektila AIM-120

automatski režim praćenja uočenog cilja, odnosno samonavođenja rakete na otkriveni cilj. Uključivanjem sustava aktivnog radarskog samonavođenja isključuje se sustav inercijalnog vođenja.

Nakon približavanja cilju počinje raditi i blizinski radarski upaljač bojne glave koji će aktivirati bojnu glavu u području cilja, a ako on to ne učini, bilo iz kojih razloga, bojnu glavu će

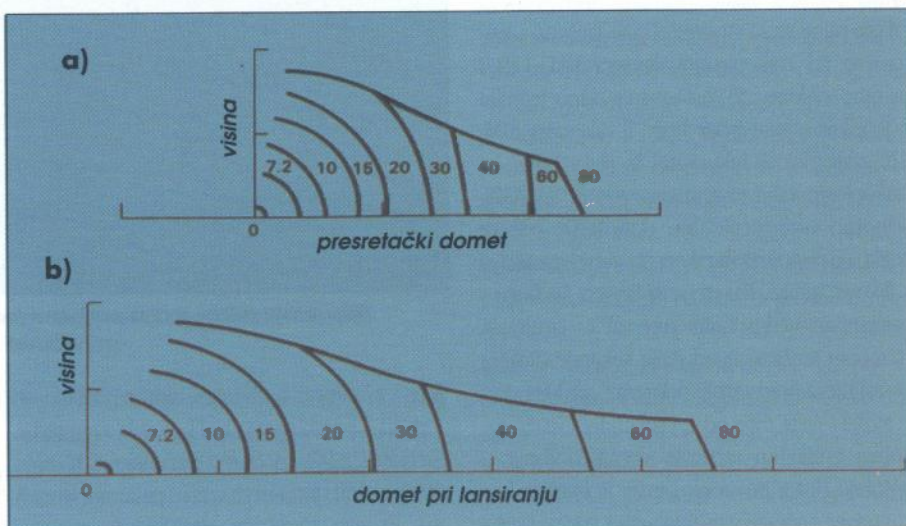
Za drugu etapu leta na raketi je ugrađen monoimpulsni doppler radar koji radi u X valnom području. Antena ovog radara promjera je 11,5 cm, a pričvršćena je za zglobovi koji joj omogućava širokokutno motrenje prostora oko sebe prije no što nastupi faza automatskog praćenja izabranog cilja.

Zahvaljujući ovoj činjenici moguće je gađanje i takvog cilja koji je prije lansiranja rakete bio radarski vidljiv, dovoljno dugo da mu se mogu izmjeriti parametri kretanja, a u trenutku aktiviranja radarskog samonavođenja nije vidljiv radarom AN/TPQ-36. Ova činjenica bila je Norvežanima vrlo značajna zbog opće konfiguracije terena njihove zemlje.

Domet radarske glave za samonavođenje je desetak kilometara, a nizom tehničkih rješenja postignuta je njezina velika otpornost na ometanje.

Raketu pokreće dvorežimski jednokomorni motor koji u početku rada osigurava veći, startni potisak, a kasnije prelazi na manji pohodni. Raketa ima mala krila na polovini dužine tijela i upravlja juče aerodinamičke površine na stražnjem dijelu rakete čime su postignute visoke manevarske osobine rakete uz istodobnu dobru stabilnost tijekom leta.

Dužina rakete je 3,65 m, promjera tijela 0,178 m, s rasponom krila 0,526 m i rasponom kormila 0,627 m. Startne je mase 157 kg s



Zona uništenja (a) i zona lansiranja (b) sustavom NASAMS

aktivirati kontaktni upaljač u trenutku susreta rakete sa ciljem. Ako se gađaju ciljevi na dovoljno maloj daljini, dakle na bližoj granici zone gađanja, druga faza može nastupiti odmah poslije lansiranja rakete, te će se raketa ponašati kao aktivno radarski samonavodena.

bojnom glavom rasprskavajuće fragmentirajućeg tipa s usmjerenim djelovanjem, mase 22,5 kg.

Osim ove rakete na izložbi naoružanja 1992. godine u Farnboroughu prikazana je i raketa **ASAM-1** slična po konstrukciji ali s



Radna mjesta dvojice časnika, dovoljne posade za gađanje jednom paljbenom jedinicom

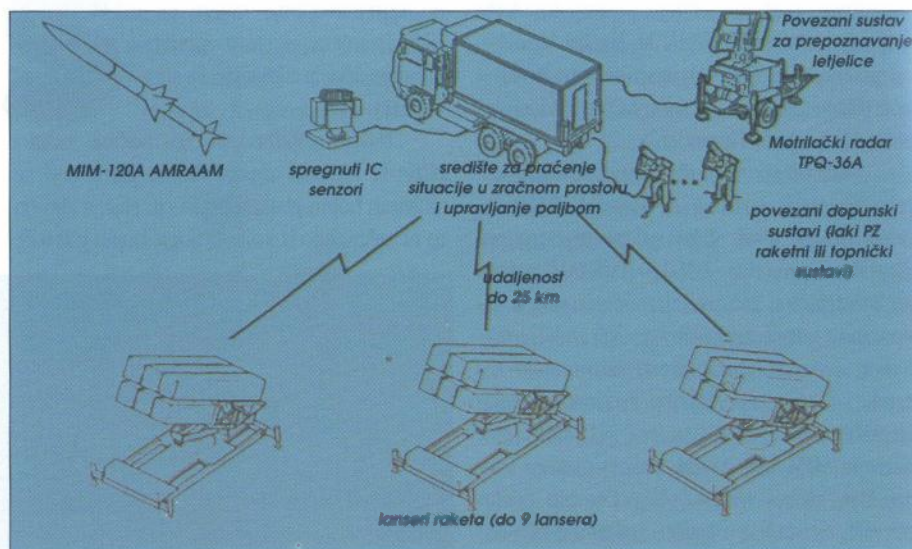
motorom nešto većeg promjera od 0,23 m i mase 227 kg.

Fleksibilnost uporabe NASAMS-a

Lanseri sustava NASAMS, u odnosu na uobičajene dosadašnje PZ sustave, također su neuobičajeni. Po elevaciji su nepomični i uvijek u trenutku lansiranja imaju elevacijski kut od 30° , dok se po azimutu mogu okretati za 360° brzinom od $30^\circ/\text{sekundi}$. Svaki lanser u sebe prima po šest raketa. Kutijasti spremnici za rakete pune se sa stražnje strane lansera, a sastoje se od zrakoplovnog lansera LAU-129 i zaštitne obloge. To omogućuje zapovjedniku zrakoplovne luke izbor hoće li raketama AIM-120 zrakoplovnu luku štititi iz zraka lovačkim zrakoplovima ili/i sa zemlje sustavom NASAMS, odnosno omogućuje mu donošenje odluke koliko će raspoloživih raketa uporabiti iz zraka, a koliko sa zemlje. Rakete se iz lansera lansiraju s najmanjim međusobnim intervalom lansiranja (tempom lansiranja) od dvije sekunde. Raketa ne zahtijeva predstartne pripreme, a ciklus starta svake rakete traje po 1,4 sekunde. U tom razdoblju i raketno računalo dobije podatak o položaju cilja u prostoru. Lanser je izveden kao kontejner uporabljiv sa zemlje ili s vozila. U oba slučaja lanser je nužno nivelirati za što postoje četiri prilagodiva oslonca na samom lanseru i/ili hidraulične noge. Na svakom lanseru ugrađen je i podsustav radioveze za međusobnu vezu lansera i središta za praćenje situacije u zračnom prostoru i upravljanje paljbom.

Središte za praćenje situacije u zračnom

prostoru i upravljanje paljbom izvedeno je kao kontejner prenosiv kamionom. Za utovar i istovar kontejnera na i s vozila rabe se četiri oslonca na samom kontejneru. Uz pomoć njih se konte-



Shematski prikaz jedne paljbene jedinice sustava NASAMS po norveškoj zamisli uporabe

jner i nivelira u borbenom radu nezavisno od toga da li se rabi sa zemlje ili s vozila za prijevoz. Središte sadrži moderno računalo tipa KMC 9000, nužnu opremu za vezu s radarom, lanserima, drugim središtima iste taktičke razine i zapovjednim mjestima više razine zapovijedanja, opremu za nadzor situacije u zraku, praćenje i prepoznavanje vlastitih i savezničkih od neprijateljskih zrakoplova, te pokazivače i upravljačke elemente za dvojicu časnika. Središte, u borbenom radu, opslužuju dvojica časnika, zapovjednik paljbene jedinice i časnik za nadzor

paljbe i funkcioniranja sustava. Treći časnik za nadzor komunikacijskih sustava može biti dodan, ali nije nužan.

Svako središte za praćenje situacije u zračnom prostoru i upravljanje paljbom uobičajeno na sebe povezuje jedan radar AN/TPQ-36 "Firefinder" i tri lansera. Lanseri od središta mogu biti udaljeni i do 25 km što predstavlja posebnu vrijednost sustava jer znatno povećava prostor kojeg može štititi jedna paljbena jedinica. Uz prethodnu međusobnu orijentaciju i opskrbu računala podatkom o međusobnoj udaljenosti elemenata sustava, računalo samo proračunava pogrešku zbog udaljenosti lansera od središta. Dodatno, na svako središte se mogu priključiti i pasivni motrilački sustavi, primjerice, IC detektori koji će ga opskrbljivati dodatnim podacima o situaciji u zraku. To je od velikog značenja u uvjetima brdovitog terena s puno radarskih maski. Kao dodatne paljbene jedinice na središte mogu biti povezani i drugi sustavi, u norveškim okolnostima timovi naoružani švedskim prijenosnim PZ raketnim sustavima RBS-70, ili pak topničke skupine.

Posebna taktička vrijednost središta i sustava kao cjeline je sposobnost svakog središta da prima podatke o ciljevima s "tudeg" radara, da predaje podatke o ciljevima sa "svog" radara, te da upravlja s do devet lansera. Time je omogućeno stvaranje koordinirane mreže razm-

jene podataka nad branjenim područjem, te nastavljane gađanja svim lanserima i u slučaju uništenja ili kvara čak dva radara. Osim toga, u brdovitim predjelima s mnogo prirodnih radarskih maski omogućeno je gađanje svakog cilja koji je vidljiv bar jednim radarom i to bar nakratko.

Međusobna zamjenljivost omogućava različite kombinacije i neprekidnu spremnost za gađanje i tijekom premještanja dijela postrojbi i posjedanja novih paljbenih položaja unutar branjenog objekta. Zbog toga PZ obranu objek-

ta ovaj sustav čini dodatno iznimno žilavom. Središte može raditi u automatskom režimu po zadanoj logici i prioritetima ili u poluautomatskom režimu kada operatori odrađuju dio poslova, uglavnom vezanih za izbor redoslijeda gađanja. U svakom slučaju rad časnika sveden je na najmanju moguću mjeru kako bi mogli biti koncentrirani na nadzor sustava, na funkcije odlučivanja i interveniranja u slučaju potrebe.

Motilački radar je **AN/TPQ-36 "Firefinder"** koji radi u X valnom području. Radar je 3D tipa puls Dopplerov s fazirajućom antenskom rešetkom i elektronskim skeniranjem. Posjeduje mogućnost motrenja zračnog prostora i usmjeravanja oružja u smjeru izabranog cilja. Karakterizira ga uska latica od $2^\circ \times 1,7^\circ$ koja skanira za 20° . Može nadzirati prostor oko svoje stajne točke u 360° po azimutu i od -10° do $+55^\circ$ po elevaciji. Ciljeve veličine lovca bombardera otkriva na daljinama oko 40 km, a krajnji mu je domet oko 75 km. Istodobno može pratiti do 60 ciljeva. Antena rotira brzinom od 30 okretaja u minuti. Osim motrenja i akvizicije oružja osigurava i prepoznavanje zrakoplova po načelu "svoj-tuđ" dograđenim sustavom za prepoznavanje letjelica. Karakterizira ga velika otpornost na ometanje, a u slučaju uporabe elektronskog ometanja pouzdano selektira zrakoplov postavljajući smetnji od onih koji lete pod zaštitom smetnji, što bitno utječe na



Punjenje lansera LAU-129 raketom MIM-120

rabi za PZO jedne zrakoplovne luke. Bitničko zapovjedno mjesto načelno se razvija uz jedno vodno zapovjedno mjesto, dakle u jednom od tri središta za praćenje situacije u zračnom prostoru i upravljanje paljbom, a svako je vodno mjesto, bez dogradnji, sposobno preuzeti ulogu bitničkog zapovjednog mjesta.

Dobro osposobljenom ljudstvu treba oko tri minute pri pripremi voda za pohodnju, odnosno između 10 i 15 minuta za njegovu pripremu za borbeno djelovanje. Procijenjen

NASAMS konfiguraciju. Zainteresiranost za sustav pokazali su i Britanci koji traže zamjenu svojim, prije nekoliko godina iz operativne uporabe povučenim sustavima Bloodhound. No, čini se kako su Britanci od ove mogućnosti odustali 1993. godine. Proizvođači se ipak nadaju dobroj prodaji inačice ovog sustava zemljama Bliskog i Srednjeg istoka, te Azije.

Svakako, NASAMS je novi pristup konstrukciji PZ sustava zasnovanoj na modernoj tehnologiji i specifičnosti norveških gledanja na problem PZO velike, planinske i rijetko naseljene zemlje. Možda mu se može zamjeriti način vođenja rakete u početnoj fazi leta kad se ona inercijalno vodi. Ako bi cilj bio iznimno brz s velikim manevarskim sposobnostima i ako bi u trenutku kad otkrije da je ozračen radarom TPQ-36, odnosno da je na njega lansirana raketa, počeo značajnije manevrirati, upitno je bi li glava za samonavođenje imala dovoljno široko polje pretraživanja za sigurno otkrivanje cilja. Na ovu pomisao navodi i podatak iz stručnog tiska, da su tijekom ispitivanja uspješno otkrivani lebdeći ciljevi i ciljevi brzina oko 724 km/h. Razumno je postaviti pitanje što je s bržim letjelicama. Nadalje, ako bude konstruirana raketa povećanog dometa, što je za očekivati, problem će se aktualizirati i pri manjim brzinama leta cilja. Prijeti opasnost da najveća prednost ovako koncipiranog sustava koja mu omogućuje da gađanje ostane gotovo nevidljivo gotovo do pogotka cilja, postane njegova slabost. Ako ovaj problem stvarno postoji, ili ako se pojavi, moguće njegovo rješenje je u doradi lansera za predaju novih podataka o proračunatoj novoj poziciji cilja i tijekom leta rakete, ako cilj znatnije promijeni parametre svog kretanja. Naravno, tada bi trebalo doraditi i raketu za primanje i odradu jednom ili nekoliko puta poslanih signala korekcije leta. Možda je to iduća faza razvoja sustava; ostavimo vremenu neka nam pokaže.



Elementi sustava NASAMS prenosivi su zrakoplovima C-130 Hercules, ali i vrtolovima CH-47 Chinook

donošenje odluke o prioritetnom cilju za gađanje. Kod praćenja ometača može raditi u pasivnom režimu bez emitiranja energije.

Organizacijska struktura

Najniža paljbena jedinica sustava NASAMS je vod kojeg u borbenom radu, s jednom popunom raketa, opslužuju samo četiri čovjeka. Bitnica sustava je viši sklop, a čine ju tri voda. Bitnici mogu biti pridodani i sustavi prijenosnih PZ raketa ili skupine PZ topništva, a načelno se

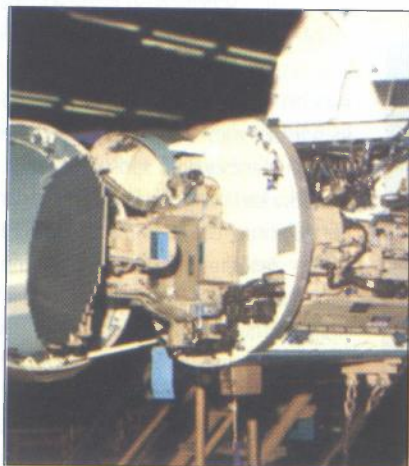
domet sustava je oko 25 km od lansera, no, zbog mogućnosti znatnog odvajanja lansera od radara i ostalih bitno novih mogućnosti u odnosu na dosadašnje sustave i ovaj podatak treba uvjetno shvatiti.

Norvežani trenutačno planiraju napraviti šest paljbenih jedinica ovog sustava (2 bitnice) za vlastite potrebe obrane zrakoplovnih luka Rygge i Gardemoena zbog čega je već osigurana isporuka potrebitih radara AN/TPQ-36 iz SAD-a. Postoje i podatci o tome kako će Norvežani postupno i svoje NOAH sustave preurediti na

SUVREMENI LOVAČKI RADARI

Uz usavršavanje postojećih radara i projektiranje novih, radi se i na novim konceptima detekcije ciljeva, koje će biti moguće primijeniti zahvaljujući povećanim sposobnostima modernih računara

(II. dio)



*Kasnije inačice lovca F-16
dobile su radar
Westinghouse APG-68*

Zvonimir MAHEČIĆ

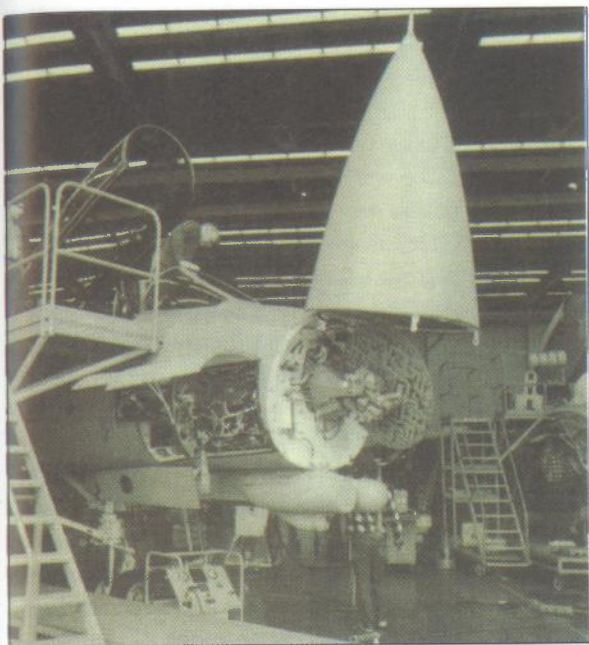
Standardni radar na zrakoplovima F-16C/D Blok 40, 42 i 50 je **Westinghouse APG-68**. APSP (advanced programmable signal processor - poboljšani programibilni procesor signala) koji se trenutačno uvodi na Blok 50 zrakoplove poboljšava karakteristike radara i povećava MTBF na više od 300 sati. Domet pretraživanja ovog radara je gotovo 300 km. U modovima rada zrak-zrak APG-68 podržava sljedeće načine rada: mjerenje udaljenosti tijekom pretraživanja (RWS - range-while-scan), pretraživanje na velikim udaljenostima korištenjem srednjih PRF, TWS (istodobno sa skeniranjem može se pratiti i do 10 ciljeva), situacijsko upozoravanje, pretraživanje po brzini, pretraživanje po brzini s mjerenjem udaljenosti, pretraživanje gornje prednje polusfere sa srednjim PRF, praćenje jednog cilja, procijena pojedinih ciljeva u skupini zrakoplova i automatska višestruka akvizicija ciljeva u zračnoj borbi. Radar podržava ukupno više od 25 modova zrak-zrak i zrak-zemlja. U situacijama kad su ciljevi na malim visinama sa zemljom u pozadini cilja, površinski objekti (vozila ili brodovi) se odbacuju, jer radar ne prihvaća kao cilj povratne signale koji imaju brzinu manju od unaprijed određene brzine što predstavlja detekcijski prag.

USAF je objavio tzv. **MSIP IV** (Multi Stage Improvement Program - višestupanjski program poboljšanja) za svoju flotu lovca F-16 C/D. Time će radaru biti pridodan SAR način rada, automatsko praćenje terena, i FLIR. Sve ove promjene uključuju novu programsku potporu, a SAR uključuje i inercijalnu referentnu jedinicu i dodatne sposobnosti procesiranja podataka. Ostala dugoročna poboljšanja mogla bi uključivati antenu sa elektronskim skeniranjem i uvođenje tehnologije preuzete s radara APG-77 razvijenog za Lockheed F-22 Lightning II.

Američka mornarica trenutačno ima oko 300 operativnih radara **AWG-9**, ugrađenih u presretačima **F-14 Tomcat**. Radar je bio kreiran kao dio sustava za kontrolu paljbe za dalekometne rakete zrak-zrak **Phoenix AIM-54**. To je impulсно-dopplerski radar velike snage s sposobnošću

look-down, što mu je omogućavalo detekciju ciljeva koji lete na malim visinama gdje su zaštićeni smetnjama nastalim odbijanjem radarskog zračenja od površine zemlje (clutter), pa ih dotadašnji radari nisu mogli otkrivati. Ovaj je radar po prvi put omogućio i praćenje više ciljeva odjednom, te izbor prioriternih ciljeva (podržan od računala sustava za nadzor paljbe). Sustav je kreiran za sekvencijsko lansiranje i istodobno navođenje do 6 raketa AIM-54 Phoenix na različite ciljeve. Iako je ovaj radar na zrakoplovima F-14D zamijenjen radarom APG-71, a proizvodnja je završila 1989. godine, ipak je nekoliko opcija za dogradnju i poboljšanje ovog sustava ponuđeno na razmatranje američkoj mornarici, ponajprije zbog činjenica da zrakoplovi F-14D nisu proizvedeni u velikom broju te nisu zamijenili cijelu flotu starijih F-14A. Ove opcije sežu od potpore korištenju projektila zrak-zrak AIM-120 AMRAAM do mogućnosti radarskog mapiranja visoke rezolucije. Ovo posljednje bazirano je na SAR načinu rada razvijenom za F-15E i GATS (GPS aided targeting system - ciljnički sustav podržan GPS sustavom) programskoj potpori razvijenoj za bombarder B-2.

Proizvodnja radara **Hughes APG-71** za F-14D Tomcat završila je u proljeće 1993. godine, a 53 od isporučenih 55 sustava je u operativnoj uporabi. Ovaj je radar nastao kao jedan od rezultata skoro milijardu dolara vrijednog ugovora između kompanije Grumman i američke mornarice, čija je svrha bila poboljšanje zrakoplova F-14. Taj program rezultirao je razvojem verzije F-14D. APG-71 je u temelju digitalna verzija radarske sekcije AWG-9 sa znatno poboljšanim ECM karakteristikama i smanjenjem broja jedinica, koje su činile sustav, sa 26 na 14. Sustav je sadržavao i neke elemente radara APG-70. Novi procesor signala ima brzinu od 40 mcops. Poboljšanja kao što su integriranje IRST, TV i radara (mogućnost pretraživanja i praćenja pomoću IC, televizijskog i radarskog detekcionog sustava), potpora za korištenje raketa zrak-zrak AIM-120 AMRAAM i proširene ECCM mogućnosti, bila su dodana kroz poboljšanja programske potpore. Hughes je ponudio i dodavanje sposobnosti za radarsko mapiranje visoke rezolucije i precizno gađanje objekata na zemlji, identične onima ponuđenim za AWG-9, što mornarica još uvijek razmatra.



Radar **Hughes APG-73** koji se koristi u zrakoplovima **F/A-18C/D Hornet**, a planiran je i za ugradnju na **F/A-18E/F**, uključuje poboljšane koncepte i komponente koje osiguravaju povećanje memorije i propusnosti, poboljšanu pouzdanost i lakše održavanje bez povećanja u dimenzijama ili težini sustava u odnosu na radar APG-65 (koji je poslužio kao temelj za razvoj APG-73). APG-73 dobio je, između ostalog, nove procesore za obradu signala i podataka, što je po tvrdnjama predstavnika kompanije Hughes omogućilo trostruko povećanje brzine rada i memorije u odnosu na APG-65, a to opet potencijalno omogućava primjenu antene s elektronskim skeniranjem na ovom radaru. Druga faza poboljšanja radara APG-73 (**APG-73 Radar Upgrade Program**) ugovorena je krajem ožujka 1995. godine. Ona uključuje dodavanje podsustava MSS (measurement sensing subsystem) postavljenog na pregradu ležišta radara (neposredno iza antene radara), koji osigurava precizne podatke o položaju antene i vibracijama koje djeluju na nju, što omogućuje dobivanje mape terena visoke rezolucije i poboljšanu točnost označavanja ciljeva pri ispaljivanju vođenih projektila u zračnoj borbi. Ostala poboljšanja uključuju generator za moduliranje oblika vala (čime se pri mapiranju terena postiže dobivanje slike visoke rezolucije i povećavanje dometa mapiranja), te SIR (special test equipment instrumentation and reconnaissance) modula koji se postavlja u jedinicu za procesiranje podataka, i djeluje kao spremnik podataka velikog kapaciteta te omogućava da neobrađeni povratni radarski signali budu ili snimljeni ili data-linkom poslani zemaljskim postajama. Ovim poboljšanjima Hornet je dobio hardware sposoban za modove mapiranja terena u visokoj i vrlo visokoj rezoluciji. Domet i rezolucija radara još uvijek se drže u tajnosti, ali pretpostavlja se da se nove rezolucije mogu usporediti sa onima radara APG-70 ugrađenog na lovcu-bombarderu F-15E. Osim toga, ove promjene hardwera

omogućuju eventualna kasnija poboljšanja programske potpore, što bi osposobilo F/A-18 za izvođenje preciznih udara po zemaljskim ciljevima. Treća faza poboljšanja radara APG-73 još nije potvrđena, ali bi uključila uvođenje aktivne antenske rešetke na radaru u F/A-18E/F. Od početka APG-73 konstruiran je za ovu mogućnost i već nekoliko godina Hughes surađuje s kompanijom McDonnell Douglas na dizajnu aktivne radarske rešetke (konstrukcija novog radoma, promjene zmaja zrakoplova, sustavi hlađenja, generatori i ostali podsustavi), koja će biti ugrađena ako se odobri treća faza poboljšanja.

Do sada je objavljeno vrlo malo podataka o radarima s antenama s

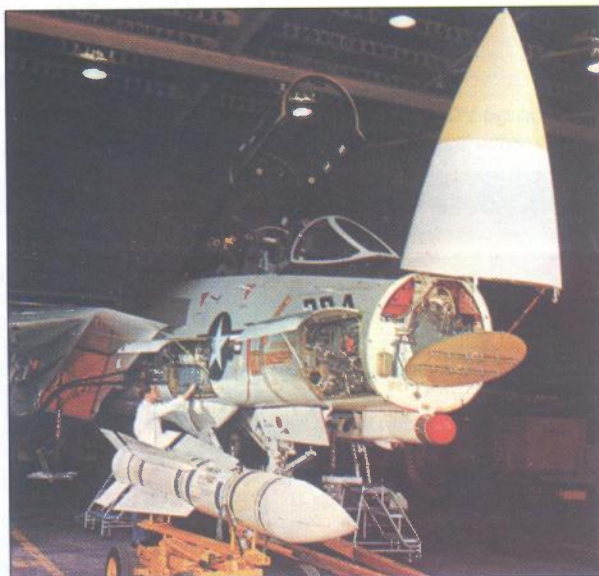
aktivnom faznom rešetkom koji su trenutačno u razvoju. Ono što je USAF objavio o svom novom lovcu F-22 sadrži vrlo malo podataka o njegovom impulsno-doplerskom radaru **APG-77** koji razvija firma Westinghouse. Približno 80 posto inženjerskog i proizvodnog razvoja (EMD) dizajna antene je prošlo testove. Oprema će biti isprobana u letu na zrakoplovu Boeing 757 i zatim integrirana u F-22. Očekuje se da proizvodnja radara počne 1999. godine, a u planu je izrada 442 sustava.

Velika Britanija

Presretači Tornado F.3 RAF-a trenutačno su opremljeni Stage 1 verzijom radara **GEC Marconi Avionics AI.24 Foxhunter**. Primarna namjena ovog radara je otkrivanje i praćenje ciljeva u zraku, i označavanje ciljeva za britanske rakete zrak-zrak srednjeg dometa Skyflash kojima su opremljeni Tornadoi F.3. Pri skeniranju antenu pokreće poseban hidraulički mehanizam. Čitav sustav je smješten u 12 zamjenjivih jedinica postavljene u nosu zrakoplova. Ugrađene mogućnosti samotestiranja i lak pristup komponentama radara omogućuju da se za 15 minuta otkrije jedinica s pogreškom i zamijeni. U fazi pretraživanja, sa svrhom postizanja najvećeg dometa (do 185 km) i otkrivanja niskoletjećih letjelica, radar radi u I frekventnom opsegu, u modu s visokim PRF. Foxhunter ima sposobnost praćenja više ciljeva te izračunava optimalan

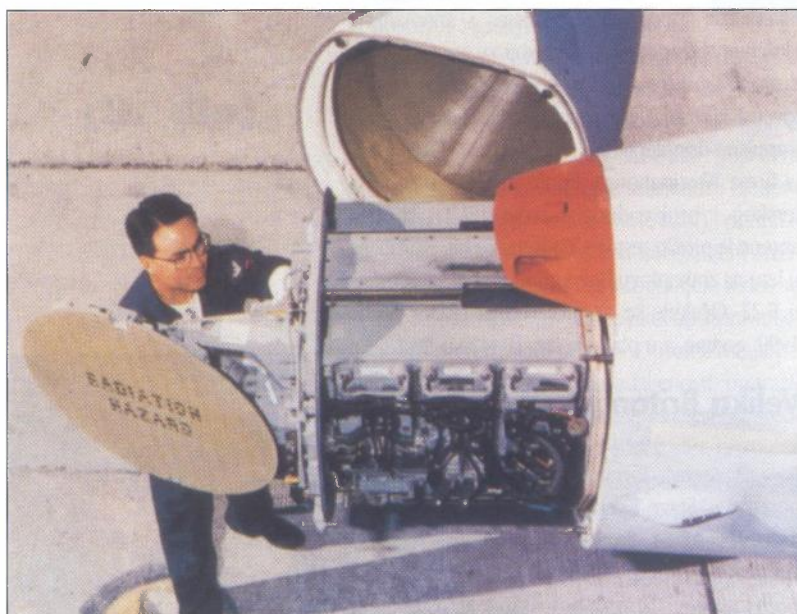
Radar AN/APG-71 ugrađen je na F-14D; ostali primjerci Tomcata zadržali su stari radar Hughes AWG-9

Sve ostale inačice Tomcata zadržale su stari radar Hughes AWG-9, čija je proizvodnja prekinuta 1989. godine



trenutak za ispaljivanje raketa na svaki od njih. Planirana je nadogradnja ovog radarskog sustava u smislu integracije u NATO identifikacijski sustav, sustav distribucije podataka JTIDS (Joint Tactical Information Distribution System) kao i mogućnost za korištenje raketa zrak-zrak AIM-120 AMRAAM. Poboljšana (Stage 2) verzija uskoro bi trebala ući u uporabu. Izmjene bi se sastojale u dodavanju opreme za obradu signala i podataka na bazi serije procesora Motorola 68000 i korištenju programske potpore bazirane na programskim jezicima visoke razine.

Radar **Blue Vixen** iste kompanije, namijenjen mornaričkim zrakoplovima Sea Harrier F/A.2 (do sada poznati kao FRS.2), radi u 1 frekventnom opsegu; to je višemodni radar s look-up/look-down sposobnostima u svim vremenskim uvjetima. Ima modove rada s niskim (look-up mod), srednjim (precizno određivanje brzine i daljine



APG-73 predstavlja daljnje poboljšanje radara APG-65, i uz F/A-18C/D, ovaj radar bit će ugrađen i na F/A-18E/F

cilja u look-up/look-down načinu rada) i visokim PRF (detekcija niskoletjećih ciljeva u uvjetima jakih smetnji nastalih odbijanjem radarske zrake od površine); odabir odgovarajućeg PRF-a" je automatski. Tvrdi se da je to prvi radar koji je od početka razvoja kreiran s potpunom AMRAAM kompatibilnošću. Težina kompletnog sustava je 141,5 kg, a zbog malog prostora u zrakoplovima Harrier ima fleksibilnu modularnu konfiguraciju, pri čemu su jedinice sustava raspoređene na više mjesta u prednjem dijelu trupa (antena, prijamnik i transmitter su u nosu zrakoplova; generator iza prednjih pristupnih vrata; procesorska jedinica u stražnjem prostoru za avioniku). Razvoj radara je gotov iako još nije isporučena standardna operativna verzija.

U letu je isproban i prototip radara ECR-90 koji je namijenjen za zrakoplov Eurofighter 2000, ali osim tog podatka o njemu se zna vrlo malo.

Novi koncepti

Jedan od problema kod radara opremljenih

antonom s faznom rešetkom je potreba za filtriranjem koje će odstranjivati smetnje (clutter) korištenjem adaptivnog dvodimenzionalnog filtera. Da bi se to u praksi provelo potrebno je računalo velike snage u svrhu proračunavanja optimalne količine filtriranja. Problem kod jeftinijih rješenja ovog problema je da se smanjuju i detekcijske mogućnosti, pogotovo ako postoje pogreške u konstrukciji antene. Kao rješenje kineski znanstvenici s pekinškog univerziteta Tsinghua predlažu novi pristup koji se bazira na prostornoj i vremenskoj transformaciji podataka pomoću odvojenog prostornog i vremenskog filtriranja. Smanjena veličina ovako transformiranih podataka omogućava optimalno otkrivanje cilja uz znatno smanjene potrebne snage procesora. Tvrdi se da su simulacije pokazale da bi ova tehnika dala skoro optimalne performanse i da bi se mogla nositi s pogreškama koje proizlaze iz karakteristika antene kao i promjenama razine smetnji.

Jedan od potencijalnih zahtjeva u razvoju radara je i potreba otkrivanja slabo zamjetljivih ciljeva kao što su krstareći projektili i nevidljivi (stealth) zrakoplovi. Problem je u nužnosti razlikovanja vrlo slabih povratnih radarskih odjeka od mješavine odbijenog radarskog zračenja od površine zemlje i "buke" generirane od samog radara.

Operativni modovi sa srednjim PRF-om koji se koriste u mnogim radarima daju nedovoljno precizne podatke, kako u određivanju dometa tako i mjerenju dopplerskog pomaka. Ovo se rješava promjenom više PRF-ova tijekom vremena osvjetljavanja cilja radarom. Vrijednosti PRF-ova se biraju sa svrhom da se pokušaju izbjeći slijepe zone u određivanju daljine i brzine cilja. Ovakva izmjena frekvencija pomaže u smanjivanju smetnji, ali i smanjuje domet otkrivanja.

Da bi se postigle željene karakteristike otkrivanja i istodobno u prihvatljivim granicama zadržala brojnost lažnih uzbuna, radari koji operiraju sa srednjim PRF tipično primjenjuju tzv. **"tri od osam" (three of eight)** shemu otkrivanja. Radi utvrđivanja točne udaljenosti i brzine cilja detekcija se pokušava korištenjem osam PRF-ova; ako je postignuta unaprijed određena donja vrijednost povratnog signala na bilo koja tri od osam PRF, i pri tome se vrijednosti daljine i brzine poklapaju, smatra se da je ostvareno pozitivno otkrivanje cilja. Problem kod primjene ove tehnike je što se u pravilu povratni signali koji imaju vrijednost manju od određenog praga gube.

Današnji radari uglavnom koriste unaprijed utvrđen set PRF-ova kreiran da se postignu adekvatne performanse u najvećem broju slučajeva. Istraživanja provedena u SAD su pokazala da bi primjena jednostavnog algoritma za izbor promjenjivih PRF mogla poboljšati karakteristike radara ograničene šumom, optimizirajući sposobnosti PRF prilagođavajući ih promjenjivim slijepim zonama radara. Rezultati su pokazali da ovakav algoritam može znatno povećati vjerojatnost detekcije



za zadani omjer signal-šum (signal to noise ratio) u mnogim slučajevima.

Jedan od mogućih načina izbjegavanja gubitka informacija prouzrokovanih određivanjem donje granične vrijednosti primljenog radarskog odraza poznat je kao sekvencijalno otkrivanje. Ova metoda koristi prednosti velikih brzina pretraživanja koje omogućuju antene s elektronskim skeniranjem. Ako se dobije povratni signal čija vrijednost leži ispod određene vrijednosti, radar može zapamtiti poziciju tog signala te ga ponovo promotriti nakon što završi ostatak pretraživanja. Gotovo trenutačna sposobnost mijenjanja pozicije radarske zraka pri elektronskom skeniranju omogućuje radaru da ponovno izvrši provjeru primljenog sumnjivog odraza, i da na tu provjeru utroši i do dvostruko više vremena nego pri prvom skeniranju. Ovo omogućuje precizniju klasifikaciju sumnjivog cilja. U praksi, radar može rezervirati i do 10 posto od ukupnog vremena skeniranja za provjeru ovakvih ciljeva. Sekvencijalno pretraživanje daje najbolje rezultate u relativno jednostavnim modovima rada radara, kao što su visoki PRF koji se koriste pri pretraživanju po brzini.

U pokušaju praćenja stealth letjelica postoje ograničenja u onome što može biti postignuto povećanjem sirove snage radara ili poboljšanom obradom signala. Veća povećanja osjetljivosti radara zahtijevat će potpuno novi pristup otkrivanju ciljeva nasuprot pozadinskih smetnji. Jedna od obećavajućih novih tehnika koje razvija američka kompanija Mitre Corporation je i tzv. **“praćenje prije otkrivanja” (track-before-detect)**. Kod metoda kao što je već spomenuta “tri-od-osam” današnji radari koriste jačinu povratnog signala kao način određivanja prisutnosti, odnosno odsutnosti cilja.

Neki signal će uvijek biti prisutan zbog smetnja nastalih odbijanjem radarske zrake od zemlje, ali ako njegova vrijednost pređe utvrđeni detekcijski prag, on će biti protumačen kao cilj, bez obzira što će to biti lažan cilj, dok će slabiji radarski odraz pravog cilja (npr. stealth zrakoplova) biti izgubljen jer nije prešao postavljen detekcijski prag, te je zanemaren od radara. Metoda “praćenje prije otkrivanja” bazira se na praćenju prim-

jenih tragova (odraza), čija je vrijednost manja od vrijednosti detekcijskog praga, i njihovoj obradi; pri tome, da bi se dobio iskoristiv trag, potrebno je izvršiti nekoliko skeniranja (pri svakom skeniranju odabire se najbolji probni trag; mjerenjem postojanosti ovih tragova moguća je eliminacija lažnih ciljeva zbog nerazumnih oscilacija njihovih osobina). Ovime se izbjegava gubitak informacije pre-

uranjenim odbacivanjem zbog postavljene vrijednosti detekcijskog praga. U simulacijama izvedenim radi istraživanja ovog koncepta, pošlo se od pretpostavke da će se ciljevi nalaziti na udaljenosti od 300 do 400 km (što je znatno iznad maksimalnog dometa današnjih radara poput AWG-9 ili APG-71), letjeti brzinama od oko 500-700 km/h (relativnim u odnosu na brzinu zrakoplova opremljenog radarom koji ih treba detektirati), te izvoditi manevre (zaokrete i do 3 stupnja u sekundi).

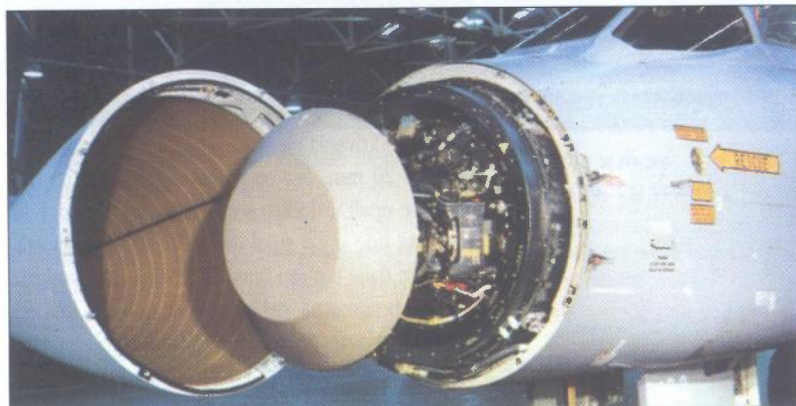
Simulacija je pokazala da će impulsno-doplerski zrakoplovni radar, korištenjem visokih PRF, s trajanjem skeniranja od 10 sekundi, širinom radarskog snopa od 1 stupnja i širinom impulsa od 1 μ s uz korištenje metode “praćenje prije otkrivanja” postići 0,5 koeficijent vjerojatnosti otkrivanja cilja čiji je odnos signal-šum 6-7,5 dB.

“Praćenje prije otkrivanja” je dobar primjer vrste rješenja koje je omogućila moderna računarska tehnologija povećanjem sposobnosti današnjih računala. Korisnici koji si neće moći priuštiti ovakve metode morat će se okrenuti jednostavnijim pristupima. Istraživanjima u nekoliko zemalja pokušavaju pronaći prednosti u kombiniranju konvencionalnih mikrovalnih radara s ostalim senzorima, kao što su milimetarski radari, laseri, pasivni IC senzori, dok se neki bave i pokušajima fuzioniranja izlaznih podataka iz više različitih senzornih sustava radi dobivanja podataka potrebnih za uspješan napadaj na protivnički zrakoplov.

Za novi lovac USAF-a, Lockheed F-22 Lightning II, razvija se radar APG-77



Na Tornado ADV ugrađen je radar Al.24 Foxhunter



MINE

opasnost iz dubina (II. dio)

Razvoj suvremenih, sve sofisticiranijih morskih mina potaknuo je i razvitak novih sredstava za protuminsku borbu

Ratimir HALAPIJA
Nikša GAZZARI

Glavni elementi ostvarivanja minskih protumjera za borbene skupine i desantne snage sastoje se od zračnog sustava otkrivanja mina pomoću lasera **ALMDS** (Airborne Laser Mine Detection System), operacijskog daljinski upravljanog prototipa za lov mina **RMOP** (Remote Minehunting Operational Prototype) i višenamjenskih lebdjelica **MCAC** (Multipurpose Craft Air Cushion).

Laserski će sustav otkrivanja ALMDS moći brzo otkrivati, odrediti mjesta te identificirati plutajuće i sidrene mine na dubini do 18 metara.

Planira ga se postaviti na vrtolete Sikorsky SH-60 Seahawk (iako se prvotno planirala uporaba vrtoleta MH-53E) kako bi se dobio široki kut pretraživanja kroz borbene i amfibijske skupine.

T v r t k a
Hughes Aircraft je razvila sustav za brzo čišćenje mina iz zraka **RAMICS** (Rapid Airborne Mine Clearance

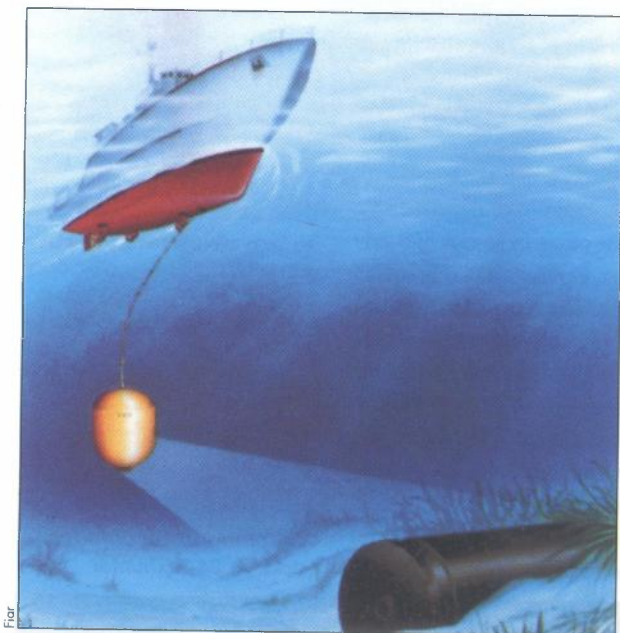
System) za uništavanje ciljeva koje otkrivaju senzori laserskog sustava otkrivanja, poput ALMDS-a. Nakon otkrivanja na minu se otvara paljba iz topa kalibra 20 mm, čija se granata sastoji od tvoriva koje se upali u dodiru s eksplozivom u mini. Kad granata uđe u cilj (tijelo mine), ona se rascvjeta, prodire dalje u minu i raspršuje svoje tvorivo kroz minu. Brzometna paljba od 50 granata ima 95 posto vjerojatnosti uništenja mine, iako se proizvođač nada da će se ovaj postotak moći postići i sa 20 granata, a cijena svake granate je 30 dolara.

Program daljinski upravljanog prototipa za lov mina RMOP koji vodi Stanica za obalne sustave, Središnjice za površinsko ratovanje američke mornarice, rabi poluuronjeno podvodno vozilo **Dolphin** kojeg je razvila kanadska tvrtka International Submarine Engineering, a proizvela američka tvrtka Rockwell. Ovim programom nazvanim Sea Sleuth pokušava se konačno pronaći koncept i tehnologija jednog učinkovitog uređaja koji će moći pronalaziti mine blizu površine, mine sidrene na pola dubine mora, te na dnu ležeće mine, a istodobno biti otporan na minske eksplozije.

Poluuronjeno vozilo Dolphin težine 3600 kg pokreće diesel motor, a ono može raditi više od 24 sata brzinom od 5 čv, pri stanju mora 5 po WMO. Dolphinom se upravlja UHF radiovezom s matičnog broda i on djeluje na udaljenosti do 10 km. Poluuronjena vozila imaju odličan stabilitet kod stanja mora 3, bez smanjenja mogućnosti izvršenja svoje zadaće. Za otkrivanje različitih vrsta mina rabe se dva sonara, jedan, Reson SeaBat 6012 ugrađen je u poluuronjeno vozilo, dok se drugi, AQS-14 nalazi u "ribi", koju podvodno vozilo vuče za sobom. Mine na dnu oceana ili pričvršćene za dno kratkom sponom, otkrivaju se s oba sonara s bočnim skeniranjem, koji imaju mogućnost "gledanja" prema naprijed. "Riba" plovi na stalnoj dubini u bliziniorskog dna, do 300 metara dubine i 600 m udaljenosti iza vozila.

Sustav za određivanje položaja (GPS) smješten je na matični brod, a sa sustavom za pozicioniranje na Dolphinu ima usklađenu vezu, koja spojena s "ribom" osigurava preciznu navigaciju i pozicioniranje. Ova točnost kod manevriranja omogućava vozilu točan dolazak do predhodno identificiranih minolikh objekata, radi inspekcije i/ili uništenja mine, dok se matični brod nalazi u sigurnom području.

Cijeli sustav Sea Sleuth koji čine poluuronjeno vozilo Dolphin, tegljeni sonar, elektronički dio sustava (konzola za motrenje sonarom, konzola za nadzor rada vozila, UHF veza, GPS-sustav), te druga oprema potrebna za rad, pakuje se u jedan desetmetarski ISO kontejner. Dvostruka namijena



Fiar

kontejnera kao skladišta i mjesta za rad s cijelim sustavom olakšava prijevoz sustava u područje rada, te njegovo brzo i [r1]jednostavno stavljanje u funkciju. Sustav se može vrlo jednostavno montirati, kako na specijalni protuminski brod, tako i na popisni brod istisnine između 300 i 500 tona, dužine od 20 do 40 m, širine 10 do 15 m koji ima palubu protežnosti barem 7 x 10 m s mogućnošću pričvršćenja i približno 10 kVA snage za konzole, radiovezu, grijanje, ventilaciju i klimatizaciju. Sustavom upravljaju dvije do tri posebno izobrazene osobe.

Lebdjelice u protuminskoj borbi

Američka ratna mornarica planira razviti protuminski brod **MCAC** - inačicu broda na zračnom jastuku, tj. lebdjelice **LCAC** (Landing Craft Air Cushion). Vojne stručnjake privukle su sljedeće osobine LCAC:

- Visoka tranzitna brzina u usporedbi s konvencionalnim brodovima;

- Sposobnost izvršenja zadaća nezavisno od plime i oseke, podvodnih grebena, pješčanih sprudova, močvara i dr;

- Mogućnost djelovanja na nepripremljenim plažama s minimalnom opremom za iskrcavanje;

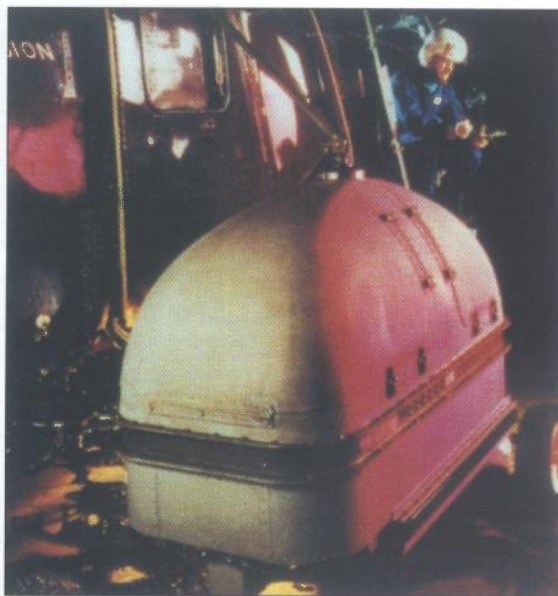
- Visoka otpornost na bliske podvodne eksplozije;

- Velika površina radne palube, što omogućava zamjenu opreme i višenamjensku uporabu.

Zbog navedenih osobina LCAC bi mogao biti vrlo pogodan desantni i protuminski brod. Prema istraživanjima Marinskog korpusa, na 70 posto svjetskih plaža moguće je iskrcavanje sa LCAC, što je znatno više od 17 posto plaža pristupačnih za konvencionalna desantna plovila, te se zbog toga pružaju veće mogućnosti za odabir mjesta iskrcavanja desanta. Pomoću njih se može prebaciti ljudstvo i vojna tehnika (uključujući i tankove) s velikih desantnih brodova koji se nalaze na većoj udaljenosti od obale, kroz priobalnu zonu i preko plaža na kopno. Zbog velike brzine, lebdjelice imaju kratko vrijeme izlaganja napadaju neprijatelja i čine mogućim desant s udaljenosti od oko 40 km ili više. Kako se kreću na zračnom jastuku, minske i druge prepreke ne predstavljaju im zapreke, a neosjetljive su i na djelovanje torpeda, te je uz iskrcavanje trupa na kopnu znatno povećan stupanj preživljavanja desantnih snaga, a time je poboljšano i izvođenje desantnih operacija.

Poslije svestranih istraživanja u SAD je zaključeno kako zahtjevima suvremenih desantnih sredstava najbolje odgovara desantna lebdjelica. Tako su izgrađene dvije eksperimentalne lebdjelice **JEFF (A)** i **JEFF (B)**, istisnine 150-160 tona, s kojima su tijekom tri godine vršena opsežna ispitivanja. **JEFF (A)** je prošao i ispitivanje na podvodne eksplozije, gdje su upotrijebljeni snažni eksplozivi. Eksplozije su izvedene progresivno, na

tri razne udaljenosti i to od pramca prema krmu, dok je lebdjelica bila na zračnom jastuku. Niska vertikalna ubrzanja i prigušeni učinak zračnog jastuka pridonijeli su otpornosti lebdjelice, tj. ona nije pretrpjela nikakva oštećenja. **JEFF (B)** vršio je ispitivanja vezana uz desantne operacije. Na lebdjelicu je ukrucana postrojba mornaričkog pješništva, tank i top u simulaciji iskrcavanja na plažu. Postignuta je brzina od 75 čvorova i prelazak preko pješčanih zaprjeka na plažama. Na temelju dobivenih rezultata, kao kombinacija najboljih mogućnosti ovih lebdjelica razvijen je LCAC s korisnom nosivošću od 60 tona. Razvoju lebdjelica za protuminska djelovanja u namjeni minolovca i lovca mina u zadnje se vrijeme počela posvećivati posebna pozornost. Magnetsko i akustično polje lebdjelica znatno je manje od istih polja specijalno izgrađenog konvencionalnog protuminskog broda. Hidrodinamičko polje je vrlo nisko i neće aktivirati bilo kakav tip postojećih hidrodinamičkih mina. Ispitivanja u naravi pokazala su kako će oprema i posada zahvaljujući učinku zračnog jastuka preživjeti podvodne udare od



Prototip sustava za otkrivanje mina pomoću lasera Magic Lantern postavljenog na vrtloze SH-2F ispitivan je u Zaljevskom ratu 1991. godine, a u tijeku je opremanje vrtloze Sikorsky MH-53E Sea Dragon novijom inačicom ovog sustava



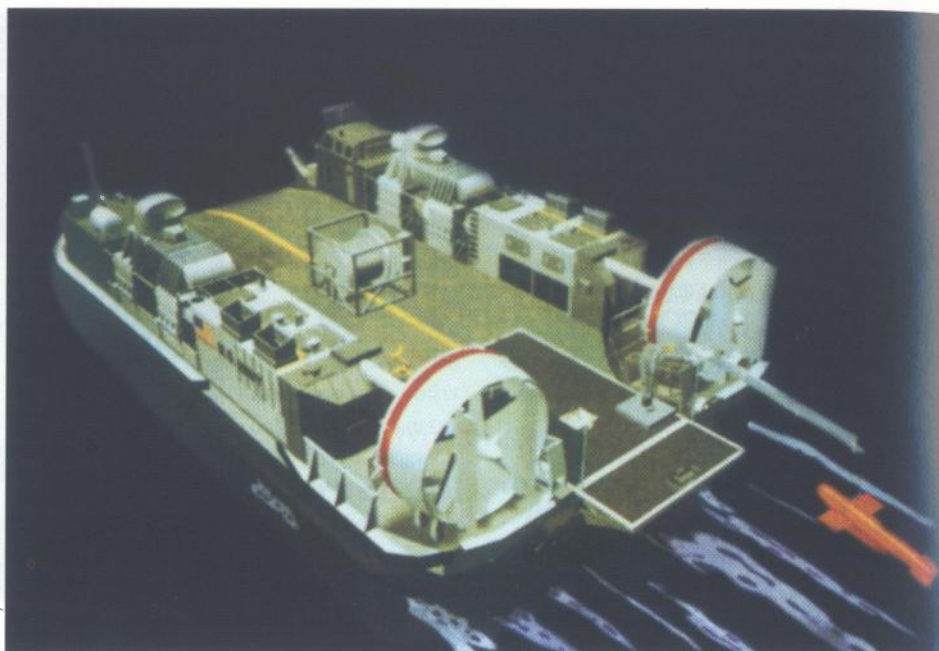
eksplozija mina u krugu od nekoliko metara od njegovog položaja.

Specijalna oprema koja se ugrađuje na desantne lebdjelice je modularne izvedbe i projektirana je tako da omogućuje brzu izmjenu namjene (lovca mina, minolovca, minopolagača i dr). Pored navedenih namjena, desantna lebdjelica je zbog visokih brzina pogodna i za ophodnu službu, naročito u područjima oko ušća rijeka i pješčanih

Spuštanje u more poluuronjenog vozila Dolphin

Lebdjelica MCAC za
protuminska djelovanja tegli
sonar AN/AQS-14

US Navy



sprudova.

Višenamjenska lebdjelica MCAC je specijalna inačica LCAC, koja će moći rabiti mehaničku minolovku tipa Mk 103 kao i buduće lake minolovke Mk 104/105/106, zatim sonare AQS 14 i u budućnosti AQS 20, te eksplozivne rezače Mk 58. U američkoj ratnoj mornarici i mornaričkom pješastvu smatraju ga uspješnim rješenjem, jer može djelovati od otvorenog mora do obalnog ruba u svim vremenskim uvjetima. MCAC će biti manje ranjiv od ostalih sredstava na učinak eksplozije mine, te će ga upotrijebiti razne borbene i desantne skupine, ako nemaju drugih sličnih uređaja za uništavanje mina.

Sustavi koji se razvijaju za upotrebu na ili blizu obale uključuju sustav eksplozivnih rezača **SABRE** (sredstvo za potporu u plitkim vodama);

jske sustave, uključujući i GPS sustav. Ratna Mornarica SAD je također investirala u različite "nasilne" metode čišćenja mina i zaprjeka u pojasu morskog mlata, te području mogućeg iskrcavanja desanta. Primjerice, tijekom 1993. godine izvršeni su pokusi sa zrakoplovnom bombom Mk 83, težine 450 kg za početno uništenje mina, a zatim se uz pomoć laserski vođenih bombi GBU-16 čistilo prepreke na kritičnim mjestima obalnih zona. Američka ratna mornarica i marinci ispitali su razna nova protuminska sredstva za vrijeme vježbe "Kernel Blitz", održane u ožujku 1995. godine, a tu su među ostalim bili rabljeni i razni sustavi elektroničkih veza između zračnih i površinskih protuminskih snaga, kako onih u Meksičkom zaljevu tako i onih u Kaliforniji, čime je postignuto simuliranje minskih polja u "zrcalnoj slici". Zapovjedni i

kontrolni brod **USS Tripoli** je zajedno s vrtoletima i mehaničkim robotima manevrirao u "minskom polju" uz obalu Kalifornije, dok su tri protuminska broda klase **Avenger** vježbali na elektronički dupliciranoj slici tog polja uz obale Texasa.

Na ovoj vježbi ispitivane su i višenamjenske lebdjelice, te daljinski upravljani prototipni uređaji za lov mina u suradnji s vrtoletima. Specijalne postrojbe SEAL, za prepoznavanje i otkrivanje mina rabile su upravljane vodomlazne skije Navtec OWL Mk II. Rezultati vježbe, tj. način upotrebe novih

sredstava i njihove mogućnosti nisu, barem po našim saznanjima, do sada nigdje objavljeni.

MCAC će rabiti sustave
SABRE i **DET** za izazivanje
detonacija mina u pojasu
morskog mlata i zoni
iskrcavanja brodova



način prijenosa eksploziva **DET** (Distributed Explosive Technologies), koji izazivaju detonaciju mine na površini od oko 120 x 27 metara, sustave za uništavanje zaprjeka, kao i potrebne navigaci-





RAZVOJ I GRADNJA

podmornica u Njemačkoj poslije II. svjetskog rata

Na uspjeh njemačke industrije u razvoju i gradnji podmornica poslije II. svjetskog rata utjecale su ponajprije relativno skromne protežnosti njihovih podmornica u kombinaciji s dobrim hidrodinamičkim značajkama, relativno velikom bojnom spremnošću, malim broj posade, malom akustičkom značajkom i zamjetljivošću, kao i kvalitetna konstrukcija proizašla iz duge tradicije u gradnji podmornica

Gradnja podmornica predstavlja iznimno složeni proces kako u projektantskom tako i tehnološkom smislu. Sa sigurnošću se može tvrditi da podmornica predstavlja najkompleksniji i najsloženiji ratni stroj današnjice, a njezini graditelji moraju u nju uložiti sve svoje znanje i trud kojim raspolažu. Problem gradnje podmornica obično je raščlanjen na tri skupine zadataka. Prva skupina obuhvaća poslove projektiranja, drugu sačinjavaju kompleksni radovi realizacije projekta u brodogradilištu, a treću i izdvojenju skupinu zadataka čine radovi na projektiranju i nabavi naoružanja za podmornicu.

Osim, dakako materijalnih i financijskih sredstava, uspješno rješenje navedenih zadataka u cjelini zavisi od sinteze nekoliko temeljnih čimbenika, kao što su stupanj nacionalnih tehničkih dostignuća, stupanj vojno-pomorskih saznanja nacionalne mornarice i njezin tehnički stupanj razvoja. Prisutnost svih tih čimbenika u Njemačkoj potvrđena je velikim brojem izgrađenih podmornica poslije II. svjetskog rata. Danas

Njemačka predstavlja vodećeg svjetskog proizvođača konvencionalnih (diesel-električnih) podmornica.

Nakon II. svjetskog rata, preciznije Bruxelleskim ugovorom iz 1948. godine Njemačkoj je zabranjena gradnja podmornica, da bi joj 1955. godine ipak bila dopuštena gradnja podmornica do 350 tona standardne istisnine, a od listopada 1962. godine i do 450 tona. Od tada njemačke tvrtke su isporučile ili prodale licencu za izgradnju više od 100 podmornica u preko 16 zemalja svijeta. Trenutačno, Njemačka ratna mornarica (Bundesmarine) u svojoj floti posjeduje 18 podmornica tipa **206** i **206A**, uvedenih u službu između 1973. i 1975. godine, a nakon 2003. godine trebale bi ih naslijediti nove podmornice tipa **212**. Dvije podmornice tipa **205** što su u službi od kraja šezdesetih godina predstavljaju prve operative podmornice projektirane i građene u Njemačkoj nakon II. svjetskog rata; danas se upotrebljavaju za različita ispitivanja.

Skladni spoj iskustvenih, projektnih i konstrukcijskih sposobnosti, te ispunjenje prije nave-

(I dio)

Mislav BRLIĆ



Dvije podmornice tipa VII u norveškoj luci

denih zahtjeva omogućili su Njemačkoj da postane vodeći svjetski dobavljač konvencionalnih podmornica. Dok kakvoća projekata i konstrukcije, zajedno s prikladnom cijenom čini sastavni dio uspjeha, kao i razumno vrijeme isporuke u odnosu na zahtjeve naručitelja, potrebna je također i komercijalna oštroumnost. Stoga, već dulje vrijeme uspješna suradnja projektantske tvrtke **Ingenieurkontor Lübeck - IKL** te dvaju brodogradilišta **Howaldtswerke-Deutsche Werft - HDW** i **Thyssen Nordseewerke - TSNW** kao izvođača radova i tvrtke **Ferrostaal** kao voditelja marketinškog i financijskog poslovanja, predstavlja temelj koji je zajedno s ostalim njemačkim tvrtkama (AEG, Carl Zeiss, Krupp Atlas-Elektronik, Krupp MAK, MTU, Siemens, VARTA, ...) omogućio Njemačkoj konkurentnost i uspjeh na iznimno zahtjevnom tržištu.

Projektne faze

Iako je još tijekom devetnaestog stoljeća u Njemačkoj izgrađeno nekoliko podmornica, tadašnja Carska mornarica je svoju prvu podmornicu **U 1** primila u službu tek potkraj 1906. godine, a zatim je ubrzano počela povećavati flotu. Na početku I. svjetskog rata 20 podmornica bilo je spremnih za operativna djelovanja, da bi se kraj rata dočekao sa 179 podmornica.

Kako su nakon rata zemlje pobjednice Versailleskim ugovorom zabranile gradnju ratnih

se veliki značaj. Ovo se očitovalo u broju proizvedenih podmornica; a tada su građene prosječno dvije podmornice mjesečno. Takvo stanje ostaje sve do 1941. godine, kada se pristupa intenzivnom građenju podmornica i postiže prosjek od čak 20 podmornica mjesečno, opremljenih i spremnih za službu. Taj se prosjek zadržao sve do kraja rata.

Nakon II. svjetskog rata Njemačkoj nije ostala niti jedna podmornica, no ipak se uspjelo očuvati razrađenu tehnologiju gradnje podmornica te zadržati određeni broj sposobnih projektanata i konstruktora s golemim iskustvom, što se pokazalo presudnim kada je ponovo trebalo pokrenuti proizvodnju.

Posebni položaj u poslijeratnoj projektiranju podmornica zauzima projektantska tvrtka **IKL** (izravni sljedbenik **IKS** i **IvS**), te njezin utemeljitelj Ulrich Gabler, čovjek kojeg smatraju ocem poslijeratne izgradnje podmornica u Njemačkoj.

Nakon stečene diplome 1938. godine, Ulrich Gabler se kao mladi inženjer zapošljava u **IKS**-u. U početku rata služi u mornarici kao inženjer na podmornicama, a 1942. godine vraća se u **IKS** kako bi nastavio rad na projektiranju i razvoju podmornica. Pri kraju rata načelnik je odjela u **IKS**-u odgovornog za nove revolucionarne podmornice tipa **XXI** i **XXIII**, koje su postale uzorom za sve kasnije konstrukcije ove vrste plovila, a bio je i glavni projektant podmornice tipa **XXVI** pokretane Waltherovim turbinskim sustavom sa zatvorenim ciklusom. Kada je 1946. godine **IKS** likvidiran, Gabler s istim osobljem utemeljuje



Podmornica tipa XXI

brodova i podmornica u Njemačkoj, 1922. godine u Nizozemskoj je radi zaobilaznja ove zabrane više njemačkih tvrtki utemeljilo tvrtku **IvS** (Ingenieurskantoor voor Scheepsbouw), koja je pratila razvoj podmorničke tehnologije u svijetu i pripremala nove projekte podmornica. Zahvaljujući tome Njemačka Ratna mornarica (Kriegsmarine) spremno je dočekala 1935. godinu

tvrtku **IKL**, koja se bavila inženjerskim konzaltingom i djelatnostima na području razvoja poljoprivrednih strojeva te čeličnih konstrukcija za visokofrekventnu tehniku, ujedno šireći broj svojih suradnika i usvajajući nove tehnologije. Kada je 1955. godine Njemačkoj dozvoljena gradnja ratnih brodova, **IKL** postaje autoritet u projektiranju podmornica, a Savezna vlada odlučuje da ne utemeljuje vlastiti

ured za to područje. Od tada će gotovo sve podmornice izgrađene u Njemačkoj projektirati IKL pod vodstvom Ulricha Gablera.

Dana 15. kolovoza 1957. godine, Njemačka je mornarica u flotu uvrstila

svoju prvu podmornicu nazvanu **Hai** (bivša U 2365), a 1. listopada iste godine uslijedila je i druga, **Hecht** (bivša U 2540). Ove podmornice tipa XXIII potopljene su 1945. godine, 1956. izvađene sa dna Kattegata te rekonstruirane u brodogradilištu Howaldtswerke tijekom 1957. godine. Već se tada moglo naslutiti da će se brodogradilište HDW u Kielu orijentirati na gradnju podmornica. Treća podmornica koja je nakon slične rekonstrukcije ušla u uporabu 1. rujna 1959. godine, bila je **Wilhelm Bauer** (Y 880) tipa XXI (bivša U 2540). U početku je dodijeljena Zapovjedništvu za ispitivanje brodova (SEK) u Kielu, a zatim su je rabile različite vojne ustanove, gdje je služila za ispitivanja raznih sustava namijenjenih za ugradnju na nove tipove njemačkih podmornica i izobrazbu podmorničara sve do 1980. godine.

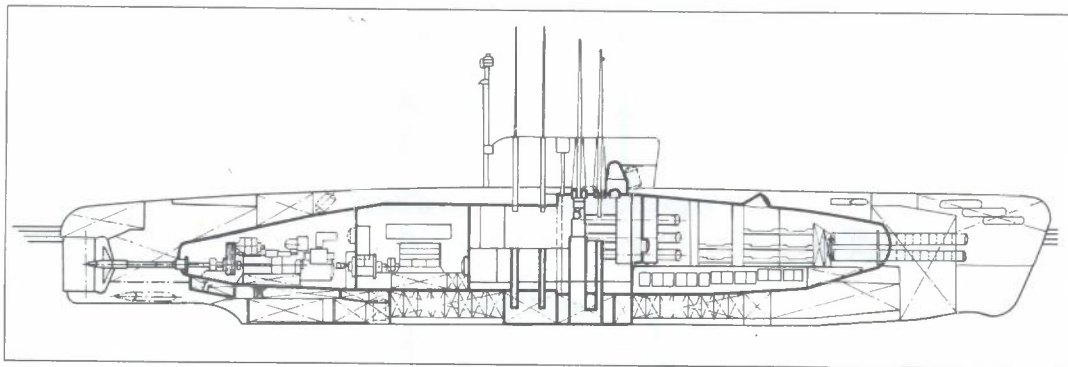
Slijedila je gradnja potpuno novih podmornica, počevši od tipa 201 i 202, pa do približno sličnih 500 tonskih tipova 205, 206 i 207 (ukupno 47 podmornica) za Dansku, Njemačku i Norvešku ratnu mornaricu, koje su sve projektirane u IKL-u, a građene u brodogradilištima HDW i **RSNW** (Rhein Stahl Nordseewerke, Emden, poslije je promijenilo ime u TSNW).

No u biti, gradnja podmornica u Njemačkoj poslije II. svjetskog rata može se podijeliti u tri faze koje se preklapaju:

- **Fazu 1** (1956.-1975. godine) karakterizira restrikcija u istisnini, rekonstrukcija industrijske baze i traženje tipa podmornica koji bi zadovoljio ranije navedene kompleksne kriterije. U usporedbi s podmornicama iz II. svjetskog rata, to se moglo objektivno postići velikim tehnološkim skokom. Ta faza uključuje izvoz susjednim NATO-partnerima Norveškoj i Danskoj, čije pomorske snage zahtijevaju podmornice sličnih značajki, a završava gradnjom tipa 206. Tim tipom postignut je standard koji je dominirao svjetskim tržištem konvencionalnih podmornica do kraja 80-tih godina.

- **Fazu 2** (1967.-1992.) karakterizira izvoz raznih inačica tipa 205/206 stranim i prijateljskim zemljama, a posebno izvoz podmornica tipa 209, koji je više od tri puta nadmašio izvoz tipa 205/206. Ta faza završava u travnju 1992. godine isporukom posljednje podmornice klase **Ula** (tip **P 6071** ili **210**) Norveškoj.

- **Fazu 3** (1978.-2005.) karakterizira razvoj novih projekata (poput TR **1700** i nerealiziranog



tipa **211**) i definitivna potvrda njemačkih podmornica na međunarodnom tržištu kao kvalitetnog i dokazanog proizvoda; vrhunac je dosegnut projektom tipa **212**.

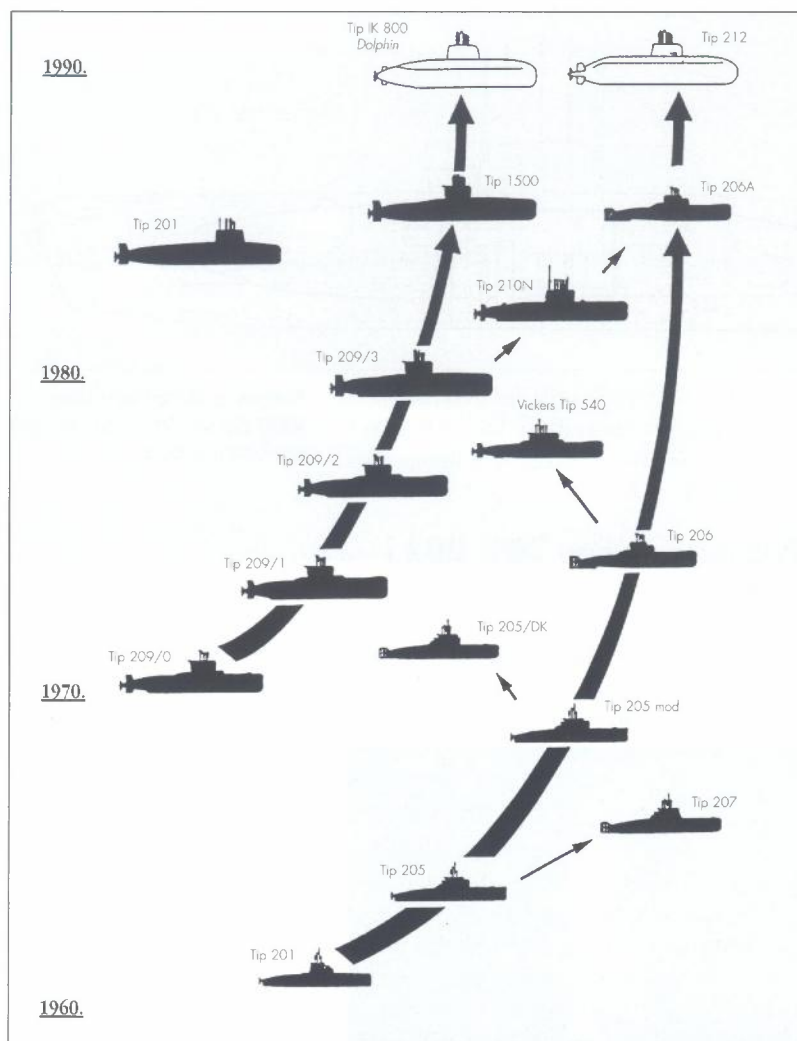
Presjek podmornice tipa XXVI čiji je glavni projektant bio Ulrich Gabler

Podmornice tipa 201, 202 i 205

Istodobno, uvođenjem podmornica **Hai**, **Hecht** i **Wilhelm Bauer** u uporabu, izvršene su pripreme i na temelju ugovora potpisanog u



Podmornica Wilhelm Bauer



Razvoj njemačkih podmornica

početku 1959. godine započela je gradnja serije podmornica označenih sa **U1** do **U12**. Podmornice oznake U 1, U 2 i U 3 pripadale su tipu **201** i imale površinsku istisninu od 395 tona, dok im je podvodna istisnina bila oko 450 tona, duljina 42,7 m, a promjer 4,6 m. Prva njemačka podmornica koja je izgrađena nakon II. svjetskog rata, U 1, porinuta je 21. listopada 1961. godine, a predana je u službu 20. ožujka 1962. godine. Zanimljivo je da je ova podmornica još uvijek u uporabi pod oznakom **Ex-U 1**. U vlasništvu je tvrtke TSNW, i nakon prepravki služi za testiranje raznih vrsta pogona bez prisutnosti vanjskog zraka među kojima su i gorive ćelije, te diesel motor u radu zatvorenim krugom. Temeljne značajke tog tipa predstavljaju standard, zajednički skoro svim kas-

nije građenim njemačkim podmornicama:

- jedan čvrsti trup i jedna paluba
- omjer duljine i promjera 9 : 1
- osam pramčanih torpednih cijevi
- elektromotorna propulzija, dva diesel motora i dva generatora za punjenje baterija
- kvalitetne mjere za smanjenje šumova

Podmornice tog tipa bile su prve koje su u potpunosti građene u nemagnetskoj izvedbi, što je pred graditelje postavljalo iznimno velike zahtjeve. Naime, nemagnetski čelik koji se koristio za takvu gradnju vrlo je teško zavariti te su potrebni posebni postupci i elektrode za zavarivanje. Nijemci su imali dosta poteškoća s hrđanjem varova na čvrstom trupu te je ograničena dubina ronjenja. Nakon 15 mjeseci službe podmornice U 1 došlo je čak do zamjene trupa s normalnim čelikom povišene čvrstoće, dok je za podmornice U 2 i U 3 odlučeno da služe za izobrazbu. Potpuno nemagnetska izvedba podmornica bila je uvjetovana činjenicom da su podmornice bile namijenjene za obalno područje u koje je vrlo lagano postaviti morske magnetne mine.

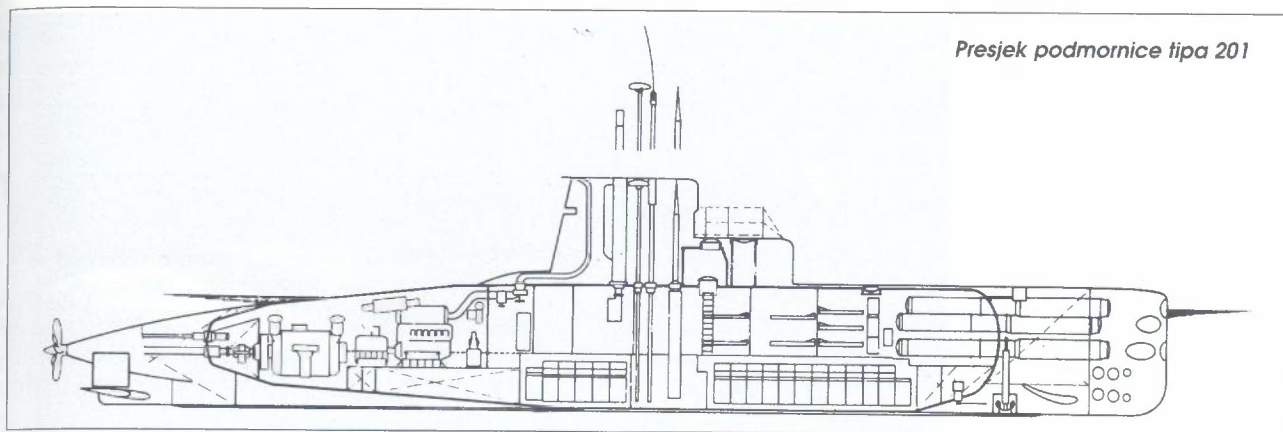
Pretpostavlja se da je najveća radna dubina koju je mogla postići podmornica U 1 bila 180 m. Podvodnu brzinu od 17 čv i nadvodnu brzinu od 10 čv osiguravala su dva diesel motora MTU snage od po 600 KS i propulzijski elektromotor Siemens snage 1700 KS zajedno s aku-baterijama čiji je kapacitet u petersatnom režimu iznosio oko 5400 Ah. Valja naglasiti neobično tešku bateriju (98 tona), odnosno na jednu tonu podvodne istisnine ide 218 kg. Odnos kod ostalih podmornica u to doba iznosio je od 90 do 110 kg po toni istisnine. Ugradnja takve aku-baterije i ovdje je od projektanata zahtijevala originalna rješenja.

Istodobno s projektnim radom na tipu 201 u IKL su projektirane i džepne podmornice tipa **202**, čija je standardna istisnina iznosila 137 tona. Ideja o uporabi velikog broja malih podmornica uskoro je napuštena uslijed pojave novih saznanja u protupodmorničkoj borbi. Izgrađene su samo dvije podmornice tog tipa, no bile su povučene iz službe već potkraj 1966. godine, samo godinu dana nakon ulaska u flotu.

Podmornice označene od **U 4** do **U 12** pripadaju tipu **205** koji se od tipa 201 razlikovao po povećanoj površinskoj istisnini od 419 tona i pod-

U 1, prva njemačka podmornica izgrađena nakon II. svjetskog rata





vodnoj istisnini od oko 450 tona. Taktičko-tehničke značajke ova dvija tipa gotovo se ne razlikuju. Tip 205 je nešto dulji, jer ima ugrađenu dodatnu sekciju po sredini čvrstog trupa, povećani zapovjedni most, te posjeduje suvremeniju opremu. U većem zapovjednom mostu omogućen je smještaj većeg broja antena. Propulzijski sustav i naoružanje isti su kod oba tipa koja su opremljena

iznimno dobru pripremu, izvrsno poznavanje tehnologije gradnje podmornica i dobru organizaciju i uhodanost svih službi. Podmornicama s oznakama od U 4 do U 8 dubina ronjenja bila je ograničena na 40 m te nisu bile sposobne za operativnu uporabu pa su se rabile samo za izobrazbu, sve dok nisu izrezane sredinom sedamdesetih godina.



Podmornice tipa 206 i 206A

Već više od dva desetljeća podmornice tipa 206 predstavljaju udarnu snagu njemačke podvodne flote. Njihov razvoj započeo je 1962. godine, a prva jedinica porinuta je 28. rujna 1971. godine. U vremenskom razdoblju od 1973. do 1975. godine izgrađeno je 18 podmornica koje nose oznake od **U 13** do **U 30**. Izvana se tip 206 malo razlikuje od tipa 205, a temeljna je razlika u naoružanju i uređaju za upravljanje torpedima.

Površinska istisnina tih podmornica iznosi 450 tona, a podvodna 600 tona. Duljina im je 48,6 m, širina 4,7 m, a mogu postići najveću površinsku brzinu od 10 čv i podvodnu od 17 čvorova. Najveća dubina ronjenja je 200 m. Kapacitet baterija omogućava podvodnu plovidbu od 4500 nautičkih milja pri brzini od 5 čv.

Pogonski diesel motor MTU 12V 493 AZ80 GA ima

snagu od 1325 kW (1800 KS). Motorni prostor na krmi ne treba poslužitelja, a od brodske tehničke središnjice (BTS) odvojen je pregradom koja vrlo dobro zvučno izolira taj prostor. Iz BTS se upravlja i nadzire strojarski kompleks. Tu se nalaze i tri kormilarska mjesta, no kod normalnog ronjenja podmornicom se može upravljati pomoću uređaja za automatsko kormilarenje, koji preuzima sve funkcije. U odnosu na projekt tipa 205 kod kojeg je tlak komprimiran

Podmornice U 7 (S 186) i U 8 (S 187) tipa 205 služile su za izobrazbu podmorničara

Podmornica tipa 205



s po osam torpednih cijevi promjera 533 mm, što je veliki broj u odnosu na veličinu podmornice. S istom snagom podmornice tipa 205 postizavale su podvodnu brzinu od 17 čvorova. Zbog otkrića hrđanja na podmornicama tipa 201, u ožujku 1963. godine cijeli program izgradnje tipa 205 je potpuno preorijentiran. Problem nemagnetnog čelika riješen je nanošenjem dodatnog zaštitnog sloja cinka te poboljšanjem tehnologije zavarivanja.

Prva podmornica tipa 205, U 4, ušla je u probnu službu u prosincu 1962. godine, dok je na primjer U 8 ušla u srpnju 1964. godine. Jasno je dakle, da ovi kratki vremenski intervali između porinuća pojedinih podmornica pretpostavljaju

**Tvorička ispitivanja
podmornice U 29 tipa 206**



nog zraka iznosio 250 bara, ovdje je on značajno viši. Postoji i hidraulički uređaj sa središnjicom (centralom).

Torpedni prostor može primiti 8 dugih ili 16 kratkih torpeda. Podmornice tipa 206 imaju osam torpednih cijevi za lansiranje bez komprimiranog zraka, a rabila su se torpeda DMT (AEG) DM2 Seal i AEG DM1 Seeschlange, te Mk 37 (u inačici bez vođenja žicom, ali s akustičkim samonavođenjem). Torpedo Seeschlange je protupodmorničko torpedo, pogodno za plitke vode, dok torpedo Seal ponajprije služi za površinske ciljeve. Oba su torpeda vođena žicom, dok se u krajnjoj fazi napada mogu svojim vlastitim sonarskim navođenjem dovesti do cilja, a nekontaktni upaljač može aktivirati eksplozivno punjenje u glavi torpeda prigodom prolaza na određenoj udaljenosti od cilja. Uređaj za upravljanje paljbom dozvoljava ispaljivanje više torpeda istodobno. Ovim uređajem omogućuje se praćenje putanje torpeda na zaslonu, te prikazivanje cilja, očitavanje udaljenosti, kursa i brzine. Posada ima 22 člana: zapovjednika, tri časnika i 18 dočasnika. Ove podmornice su prosječno od 90 do 120 dana na moru, a polovicu vremena provode roneći.

**U 30 jedna je od dvanaest
moderniziranih podmornica
tipa 206A**



jao od sredine 1987. do veljače 1992. godine. Ta modernizacija provedena je iz tri razloga:

- akustička i toplinska zamjetljivost bila je dobra kada su podmornice ušle u službu, no od tada je došlo do poboljšanja u metodama i sustavima detekcije
- ograničena moć otkrivanja pomoću sonara u području niskih frekvencija
- nedostatak procesorskih kapaciteta za rješavanje kompleksnih problema gađanja

Usavršavanje je obuhvatilo zamjenu operacijski zastarjelih sustava i opreme, modifikaciju oružanog sustava i poboljšanje smještaja posade. Ugrađen je novi periskop, sustav za upravljanje naoružanjem LEWA, elektronska konzola za kormilarenje, dvonamjenska teška torpeda DMT DM2A3 Seehecht promjera 533 mm koja će zamijeniti dosadašnja torpeda, sonar Atlas Elektronik DBQS-21D, novi sustavi za elektroničku borbu i GPS-sustav. Glavni nositelj ugovora bio je HDW, a šest podmornica je modernizirano u brodogradilištu TSNW. Podmornice tipa 206 (nemodernizirane) smještene su u Kielu u sklopu 1. Geschwadera, a inačica 206A služi u sklopu 3. Geschwadera u Eckernfördeu.

Nova tržišta

Kriza čelične industrije sredinom šesdesetih godina zahvatila je i njemačka brodogradilišta, tako da su tvrtke IKL i HDW odlučile da uz pomoć konzultantske tvrtke Ferrostal iz Essen pronadu tržište izvan Njemačke, za početak u zemljama NATO saveza.

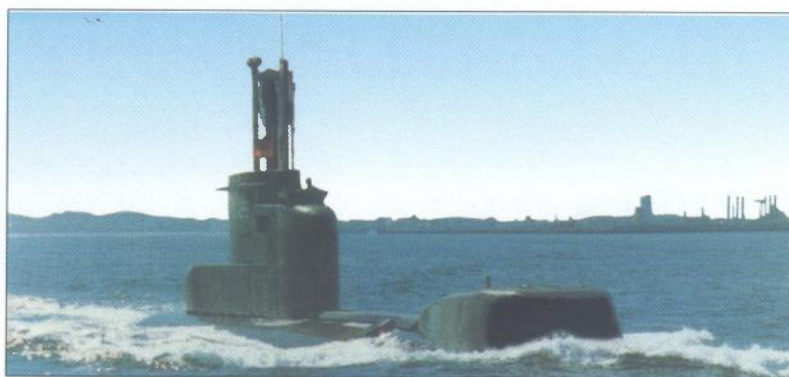
Postrojenja za gradnju podmornica građena s visokim troškom i naporom više nisu mogla u potpunosti uposliti svoje kapacitete bez nekog novog programa gradnje, pogotovo što su domaći projekti na podmornicama tipa 206 i 208 (anaerobna 1000 tonska podmornica za Sjeverno more i okolne vode) odgođeni.

Raščlambom je ustanovljeno da bi nekoliko zemalja uskoro moralo obaviti zamjenu svojih zastarjelih podmornica. Druge države, veliki proizvođači konvencionalnih podmornica, kao što su Velika Britanija i Francuska već su počele prodavati

svoje podmornice. Velika Britanija sa svojim podmornicama klase **Oberon** i Francuska sa svojim podmornicama klase **Daphne** našle su naručitelje u Kanadi, Australiji i Portugalu.

Tip 207 i klasa *Narhvalen*

U vremenskom razdoblju od 1963. do 1967. godine za norvešku mornaricu u brodogradilištu Rheinthal-Nordseewerke ukupno je izgrađeno 15 podmornica tipa **207** klase **Kobben** (*Kimm, Kya, Kunna, Sklinna* ...) s oznakama od S 305 do S 319. Troškove izgradnje ovih podmornica koje su po protežnostima odgovarale njemačkom tipu 205, podijelili su Norveška i SAD na temelju ugovora iz 1959. godine. Temeljna razlika je u karakteristikama čelika koji je korišten za izradbu čvrstog trupa. Za razliku od njemačkih, norveške podmornice su građene od uobičajenog čelika povišene čvrstoće koji se koristi za gradnju podmornica, te se za te podmornice može reći da su "magnetske izvedbe". Posada podmornice broji 18 ljudi (5 časnika), a



U 30 jedna je od dvanaest moderniziranih podmornica tipa 206A

Klasa *Gal*

Izraelske podmornice **Vickers Type 540** klase **Gal**, koje su inačica njemačkog tipa 206,

zauzimaju posebni položaj. Naime, bio je to prvi tip podmornica koji je projektiran u Njemačkoj, dok je gradnja obavljena u inozemstvu, tj. u britanskom brodogradilištu tvrtke Vickers Ltd. u Barrowu. HDW, IKL i Vickers Ltd. potpisali su u ljeto 1971. ugovor o gradnji podmornica u Velikoj

Britaniji po projektu napravljenom u IKL-u. Do 1977. godine Vickers je Izraelskoj ratnoj mornarici isporučio tri podmornice tipa 540 (**Gal, Tanin, Rabav**). Podmornice tipa 540 u početku su imale ugrađeno britansko naoružanje i elektroniku, no danas su naoružane američkim protubrodskim projektilima McDonnell Douglas Sub Harpoon dometa 130 km i torpedima NT 37E. Ove su podmornice nekoliko puta modernizirane, tako da će ostati u floti i nakon ulaska u službu nove klase *Dolphin*.

(nastavit će se)



Izraelska podmornica, tip 540 klase Gal



naoružanje se sastoji od osam torpednih cijevi sa švedskim protubrodskim torpedima FFV Type 61 i američkim višenamjenskim torpedima Honeywell NT37C.

Norveška je u početku devedesetih godina odlučila modernizirati šest podmornica klase Kobben u brodogradilištu Urivale u Bergenu. Modernizacija je izvršena između siječnja 1989. i travnja 1992. godine, a obuhvatila je produženje objekta za dva metra radi smještaja novog sustava za upravljanje paljbom Kongsberg MSI-90U, te nove komunikacijske i navigacijske opreme, kao i poboljšanje stambenih uvjeta posade. Tri podmornice 1986. godine prodane su Danskoj, poznate kao klasa **Tumleren**, a zatim su modernizirane po norveškom standardu, da bi ponovno ušle u službu između 1989. i 1991. godine. Dvije otpisane norveške podmornice preuzela je američka ratna mornarica radi ispitivanja. Dvije podmornice tipa 205/DK klase *Narhvalen* (druga nosi ime **Nordkapern**) licencno su građene u Danskom Kraljevskom brodogradilištu u Copenhagenu od 1965. do 1969. godine prema projektu poboljšanog tipa 205, te su ponešto modificirane za potrebe tamošnje ratne mornarice, a predane

MOTRENJE GOSPODARSKOG POJASA I TERITORIJALNOG MORA

(III. DIO)



Visoka tehnološka razina prijetnji koje s mora ugrožavaju interese neke obalne države nalaže joj uspostavu učinkovitog sustava motrenja i nadzora morske površine te zračnog prostora iznad gospodarskog pojasa i teritorijalnog mora, pri čemu je učinkovitost obalskih radara, kao jedne od glavnih komponenti sustava, određena mnogim čimbenicima

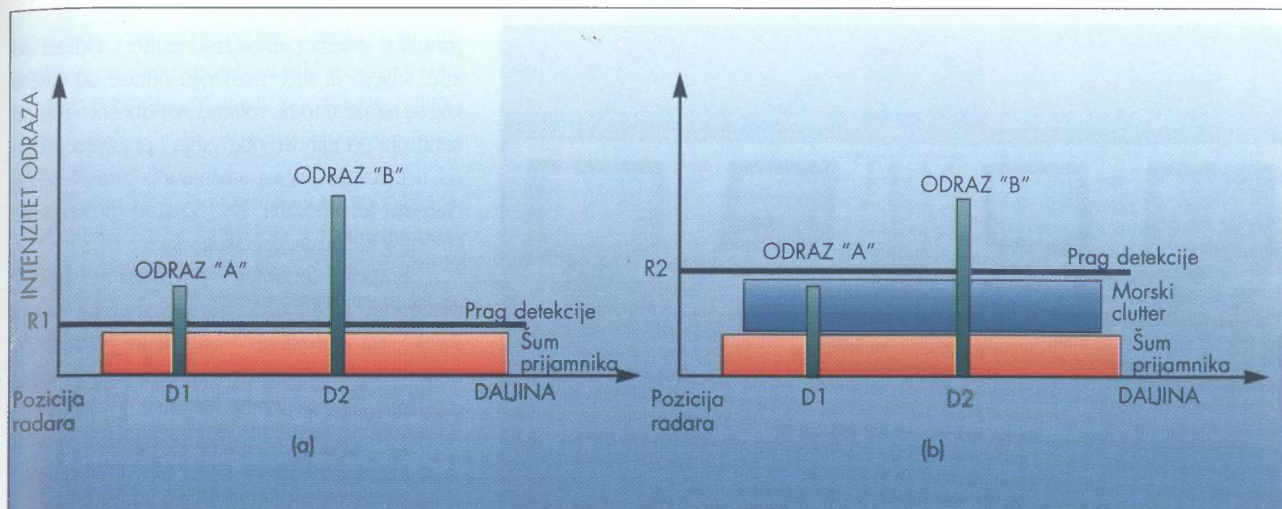
Neke od prirodnih pojava smanjuju domet radarske detekcije (kiša, magla, clutter, snijeg, tuča), dok druge mogu i povećati domete detekcije u odnosu na one u normalnim meteorološkim okolnostima ("površinski tunel").

Refleksija radarskih signala od elemenata morske površine (engl: Sea Clutter) često predstavlja ozbiljna ograničenja mogućnosti detekcije odraza od malih brodova, zrakoplova, niskoletućih projektila, navigacijskih plutača i drugih malih objekata na moru. Naime, sposobnost radarskog prijamnika da detektira neki slabi odraz ograničena je energijom šuma koji prekriva isti dio frekvencijskog spektra kao radarski signal. Tome neželjenom šumu izvoriste je u samom prijarniku, kojega se adekvatnom konstrukcijom i izborom elektroničkih elemenata smanjuje na

moćući minimum, i u vanjskom okolišu odakle vanjski šum zajedno s interesantnim odrazom od cilja ulazi kroz prijamnu antenu u prijarnik. Na izvore vanjskog prirodnog šuma, nažalost, ne može se utjecati.

U takvoj situaciji, specifikacija detektabilnosti minimalnog odraza je nezgodna zbog njegove statističke prirode i zbog kriterija odlučivanja o prisutnosti odraza cilja u "odrazima" šuma. Detekcija se temelji na uspostavljanju praga detekcije na izlazu radarskog prijamnika, koji bi trebao biti na razini višoj od maksimalnih vrhova šuma, pa će tada svi odrazi koji su iznad praga predstavljati odraze od realnih ciljeva, a sve što je ostalo ispod praga ne prikazuje se na pokazivaču radara. Kada radar motri čisti volumen prostora bez neželjenih odraza od valova ili kiše, razina praga detekcije određena je samo niskim vlastitim šumom prijamnika, pa radar u tom slučaju ima najveću detekta-

Vili KEZIĆ



bilnost, odnosno najveći domet detekcije.

Međutim, kada u prijamnik ulaze i odrazi od morskih valova (morski clutter), koji su vrlo slični šumu, i ako je intenzitet cluttera viši od šuma prijamnika, očito prag detekcije treba podići na višu razinu kako bi se spriječilo prikazivanje cluttera na pokazivaču u vidu lažnih ciljeva. Pri tome treba imati na umu da viša razina praga znači manji domet detekcije, jer odrazi od malih i dalekih objekata ostaju ispod praga detekcije zajedno sa clutтером. Dakle izbor optimalne razine praga detekcije delikatna je posao, koji predstavlja kompromis između suprotstavljenih zahtjeva velikog dometa detekcije i malog broja lažnih ciljeva. U starijih radara taj posao obavlja operator, podešavajući ručno razinu praga uz praćenje efekata na pokazivaču, dok kod kompleksnijih modernih radara to rade procesori temeljem algoritama do kojih se došlo dugogodišnjim istraživanjima morskih valova na mnogim morima, te njihovih interakcija sa elektromagnetskim valovima zračenim iz radara.

Odrzi od morske površine ovise o visini valova, brzini vjetrova, vremenskom trajanju i daljini preko koje vjetar puše, smjeru valova u odnosu na radarski snop, o tome jesu li valovi u fazi uspona ili smirivanja, te o eventualnoj prisutnosti zagađivača koji mogu utjecati na površinsku napetost. Ti odrazi ovise i o nekim parametrima radara kao što su: frekvencija, polarizacija, upadni kut snopa na valove i veličina radarske ćelije (trajanje impulsa x širina antenskog snopa u horizontalnoj ravnini). Blisko promatranje morske površine otkriva različita svojstva i pojavnosti u obliku valova, pjene, turbulencije, morske prašine te "lomljenja" mase padajuće vode. Neki ili svi od njih mogu pridonositi raspršivanju elektromagnetskih valova na sve strane, od čega se samo mali dio vraća natrag prema radaru, koji ustvari predstavlja morski clutter.

Zamijećena su dva temeljna tipa valova, kapilarni i gravitacijski, među kojima nastaje tranzicija pri dužini vala oko 2 cm. Kratki kapilarni valići ili bore, visoki nekoliko milimetara, deformiraju morsku površinu, a napetost površine nastoji je izravnati. Gravitacijski valovi su oceanski valovi koji imaju izvorište u vjetru. Da bi vjetar pobudio

površinu do punog razvijenog ili uravnoteženog stanja, mora puhati dovoljno vremena i na dovoljnoj dužini. Stupanj pobudenosti mora i karakteristike njegove površine sumirane su u broju "stanje mora". Iako odnos između visine valova i brzine vjetrova ili "stanja mora" nije jasno određen, većina tablica i dijagrama daje neki odnos između tih veličina.

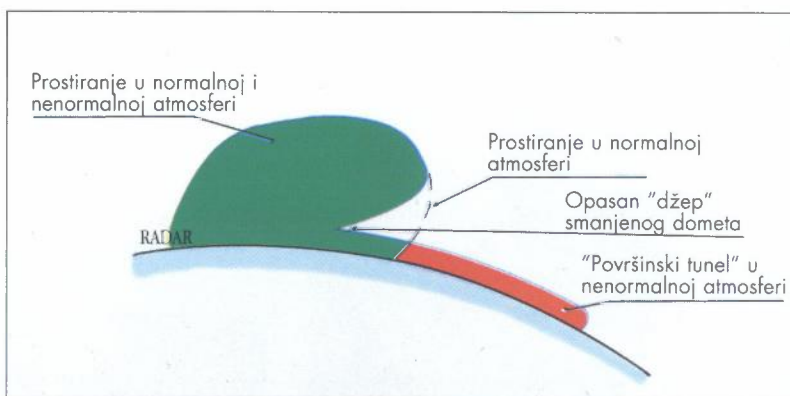
Kako se morski clutter općenito promatra kao površinski distribuiran proces, parametar za clutter je normalizirana radarska površina 1 m^2 morske površine, označena sa δ , izražena u dB u odnosu na 1 m^2 radarske površine čvrstog objekta.

Do danas su u svijetu obavljena mnoga snimanja i mjerenja morskog cluttera (većinom na oceanima), na temelju kojih se došlo do nekih korisnih općih pravila, iako se dokazalo da ona nisu baš u potpunosti primjenljiva u uskim morima pri specifičnim lokalnim vjetrovima. Prvi zaključak je, da intenzitet cluttera zavisi od kuta gledanja (kut između radarskog snopa i površine mora), i to tako da s porastom kuta raste intenzitet

Razina praga detekcije radarskog prijamnika u slučaju:

a) kada postoji samo šum prijamnika, najniža razina praga R1 omogućuje detekciju i malog cilja "A"

b) kada se uz šum prijamnika prima i morski clutter, prag se mora podići na višu razinu R2 uz koju se može detektirati samo veliki cilj "B", dok mali cilj "A" ostaje izgubljen ispod praga u morskom clutтеру



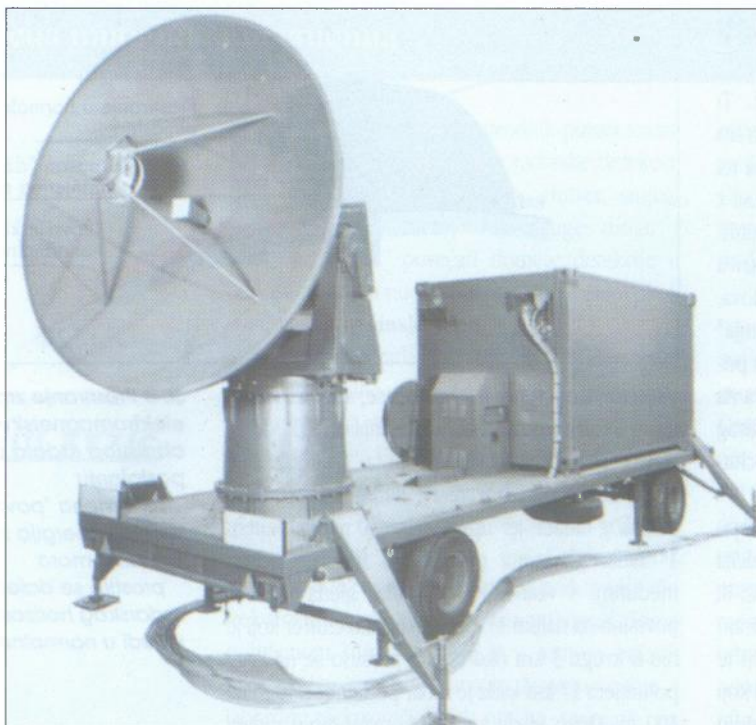
cluttera. Izmjereno je, primjerice, da pri stanju mora 2 i pri promjeni kuta gledanja od $0,1^\circ$ do 1° clutter (δ) poraste oko 30 puta. Ovo saznanje bitno utječe na izbor visine nadmorske pozicije obalskog radara, jer npr. s visine 50 m pod kutem 1° radar gleda na područje 3 km od radara, međutim, s visine 300 m radar gleda pod 1° površinu na daljini 17 km. Dakle, jaki clutter koji je bio u krugu 3 km oko radara proširio se na krug polumjera 17 km kada je radar podignut s 50 m na 300 m. Očito je da već pri konstituiranju radara

Sl. 3 Prostiranje zračenje elektromagnetske energije obalskog radara pri postojanju fenomena "površinskog tunela". Energija zračenja uz površinu mora prostire se daleko iz radarskog horizonta koji vrijedi u normalnoj atmosferi



Središte carinske službe SAD (C³I) za nadzor i upravljanje pomorskom situacijom u kojemu su dva radna mjesta sa po dva pokazivača, i to lijevo sa slikom iz motrilačkih radara, te desno koje ima radno/obavještajnu ulogu

Tvrtka SMA proizvodi obalni radar TPS-775 koji se postavlja u blizini obalne crte odakle motri površinske i niskoleteće objekte u "površinskom tunelu", daleko iza radarskog horizonta, koncentriranjem zračenog energije u uski snop kojim se uspješno mogu detektirati objekti na kraju tunela



treba uzeti u obzir njegovu namjenu, odnosno visinu s koje će motriti objekte na moru, te primijeniti odgovarajuće mjere za potiskivanje cluttera.

Stanje mora znatno utječe na intezitet površinski distribuiranog cluttera, pa se pri promjeni stanja mora od 1 do 5 clutter (δ°) poveća za oko 300 do 400 puta.

Također je zamijećeno da je clutter najveći kada radar gleda prema vjetru, da je srednjeg intenziteta kada gleda niz vjetar, a najslabiji kada je radarski snop usmjeren poprijeko na smjer vjetra. Pri jednom okretaju radarske antene clutter može varirati i do 10 puta (maks./min.).

U uskim morima razvijaju se lokalni vjetrovi koji zavise o godišnjem dobu, o dobu dana i konfiguraciji obale, a koji nisu potpuno istraženi, pa se konstruktori obalskih radara, koji prototipna ispitivanja svojih radara provode na obalama oceana, često iznenade jakim i čudnim clutterom tijekom njihova kasnijeg ispitivanja na lokacijama kupaca.

Temeljni utjecaj kiše i drugih padalina na performanse radara je refleksija od kapljice ili

pahuljice snijega (atmosferski clutter). Odrazi od kiše, snijega ili tuče maskiraju odraze od ciljeva koji se nalaze u tome volumenu, odnosno stvaraju konfuziju pri njihovu otkrivanju i praćenju. Jedan od učinkovitih načina smanjivanja atmosferskog cluttera je uporaba tzv. kružne polarizacije zračenog elektromagnetskog vala.

Prirodni fenomen "površinskog tunela" omogućuje prostiranje elektromagnetskih valova daleko iza horizonta. U normalnoj atmosferi radarski horizont, koji ovisi o visini radara i visini cilja, izračunava se pomoću formule $D = 4,1 \times (H_r + H_c)^{1/2}$, gdje D = daljina horizonta u km, H_r = visina radara i H_c = visina cilja iznad morske površine u m. U toj normalnoj atmosferi temperatura i vlažnost zraka postupno se smanjuju s povećanjem visine iznad površine mora. Ako sadržaj vodene pare opada brže s visinom nego u normalnoj atmosferi, i ako se istodobno temperatura povećava s visinom (temperaturna inverzija), elektromagnetski valovi će se jače savijati prema površini, odnosno nastat će uvjeti superrefrakcije. U tim uvjetima formira se "površinski tunel" uz površinu mora koji djeluje kao valovod elektromagnetskih valova, kroz kojega se oni prostiru do znatno većih udaljenosti nego u normalnoj atmosferi. "Površinski tunel" nastaje kada su viši slojevi zraka vrlo suhi i topli u usporedbi sa zrakom na samoj površini mora. Postoji nekoliko meteoroloških okolnosti u kojima se može formirati "površinski tunel". Primjerice, pri gibanju toplog i suhog zraka s područja iznad zagrijanog zemljišta na hladnije površine vodenih masa dolazi do hlađenja i vlaženja zraka u nižim slojevima uz površinu mora, dok viši slojevi ostaju suhi i topliji. Ovo se obično događa za lijepa i topla vremena tijekom ljetnih mjeseci, naročito na toplim morima, među koja spada i Jadransko more.

"Površinski tuneli" su općenito visoki od 10 do 20 m, a nikada viši od 150 do 200 m. "Površinski tunel" može znatno utjecati na djelovanje obalskih radara, posebice onih u niskoj "A" mreži, koji zrače maksimum energije pod niskim kutevima, skoro paralelno površini mora, povećavajući njihove domete detekcije površinskih objekata i po nekoliko puta u odnosu na normalnu atmosferu. Treba napomenuti, da "A" radari instalirani na većim visinama, iznad "površinskog tunela", ne mogu koristiti njihov doprinos povećanom dometu.

"Površinski tuneli" su posebno interesantni, pa su mnoge obalne zemlje provodile istraživanja uvjeta i vremena njihova nastanka, te mogućnosti povećanja dometa mikrovalnih radara daleko iza horizonta. Danas su u uporabi radari posebne namjene za motrenje kroz "površinske tunele", koji su dopuna mrežama obalskih radara. To su radari velike snage

odašiljača, s antenama velikog dobitka, koje koncentriraju zračenu energiju u uski vretenasti snop s kojima pretražuju volumen "površinskog tunela", detektirajući i prateći u njima brodove i nisko-leteće zrakoplove.

Radari TPS-775 i CONDO-R na uporabi su u oružanim snagama Italije, čija je instalacija predviđena u blizini obale kao dio C³ sustava obalske obrane, a specijalno su namijenjeni za detekciju ciljeva u "površinskim tunelima".

Osobine radara za motrenje "C" volumena

Zahtjevne radare za motrenje volumena "C" i detekciju površinskih i niskoletećih ciljeva na srednjim udaljenostim proizvodi veći broj tvrtki u svijetu. Ti radari su općenito vojne namjene, i s ugrađenim ECCM opcijama. Osobine ovih radara su vrlo fleksibilne i prilagodljive različitim okolnostima motrenja i tipovima motrenih objekata. Za nekoliko tipičnih predstavnika ove obitelji radara ovdje su prikazani temeljni podatci i performanse koje su dostupne u otvorenoj literaturi.

Obalski radar RAT-33S/M za kombinirano površinsko i zračno motrenje proizvela je talijanska tvrtka Alenia Elsag Sistemi Navali. Radar radi u "D" frekvencijskom opsegu (2 GHz do 3 GHz) s visokom snagom odašiljača. Koristi antenu s paraboličnim reflektorom, koja proizvodi dvostruki snop u vertikalnoj ravnini, a može zračiti elektromagnetski val koji je polariziran: linearno, kružno ili eliptički. Brzina okretanja antene je 15 okr/min. Domet detekcije lovačkih zrakoplova je 130 km. Točnost mjerenja daljine cilja je 50 m, a azimuta 0,35°.

Ista tvrtka proizvela je i radar Argos 73 koji je razvijen za visokozahtjevne operativne primjene motrenja površinskih i zračnih objekata. Na natječaju NATO saveza godine 1991. za izbor obalskog radara odabran je baš Argos 73. I ovaj radar radi u E opsegu na fiksnoj frekvenciji ili u frekvencijsko agilnom modu, s kodiranim impulsom. Ugrađena su ECCM i anti-clutter svojstva. Antena ima oblikovan reflektor koji proizvodi tzv. cosec² snop u vertikalnoj ravnini, a može zračiti linearno ili kružno polarizirani val. Brzina okretanja antene je 10 okr/min. Daljina otkrivanja lovaca je oko 118 km.

Treba naglasiti, da uz podatke o dometu detekcije lovaca nije spomenuta njihova radarska površina, niti kut

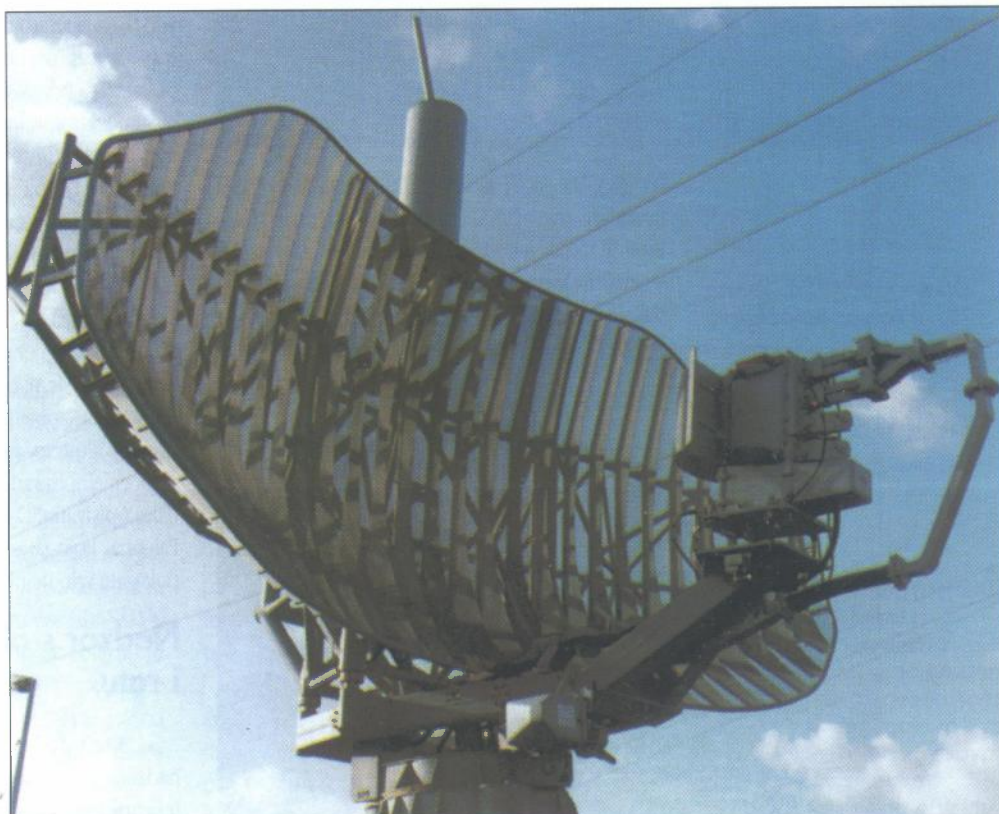


Obalni radar RAT-33S/M za kombinirano motrenje površinskih i zračnih objekata u volumenu "C"

gledanja. Naime, radarska površina malog lovca ili malog putničkog zrakoplova za 4 osobe varira od 2 m² do 8 m², zavisno je li kut gledanja prema nosu, repu ili njegovu boku. Osim toga, proizvođači radara izbjegavaju definirati atmosferske okolnosti pri kojima se postižu deklarirani dometi detekcije, što je posebno bitno za detekciju zrakoplova.

Američka tvrtka ITT Gilfillan razvila je i proizvela seriju obalskih radara Falcon za motrenje volumena "C", i to pri najnepovoljnijim prirodnim uvjetima i u namjerno generiranom ometačkom okolišu. Tvrtka je ove radare namijenila izvozu, te oni već više godine funkcioniraju u obalskim motrilačkim mrežama nekih država Srednje Amerike, Dalekog istoga i Sredozemlja. Njegov deklarirani domet detekcije malog zrako-

Antena obalnog radara Argos 73 što ga za motrenje površinskih i zračnih objekata, među ostalima, rabi i njemačka ratna mornarica pod oznakom KRO



Pakistanska ratna mornarica nabavila je radare Alenia Elsag Sistemi Navali MCSSR koji su radi maksimalne pokretljivosti postavljeni na prikolice

plova radarske površine 2 m², uz vjerojatnost detekcije 80 posto i čist okoliš, iznosi 100 km, do visine 3000 m. Zrakoplove i brodove veće od 5 m² detektira i prati do maksimalnog instrumentalnog dometa 160 km, odnosno do daljine radarskog horizonta. U točnost ovih podataka uvjerio se i autor ovog članka, sudjelujući u ispitivanjima ovih radara u Kaliforniji, kada su postignuti čak i veći dometi detekcije od deklariranih. Zrakoplov radarske površine 2 m² u letu prema radaru otkriven je na udaljenosti 130 km (na 2000 m visine), a pri udaljavanju je praćen do krajnjeg instrumentalnog dometa 160 km, sa 100 posto vjerojatnosti detekcije, dok je isti zrakoplov na visini leta 10 m iznad malo valovitog mora u laganoj sumaglici detektiran na 80 km (i ovo odgovara deklariranom podatku).

Radar Falcon radi u frekvenzijskom opsegu



frekvencije. Prednji impulsi su trajanja 17,6 (s, a uz primjenu tehnike impulsne kompresije, trajanje fazno kodiranog podimpulsa je 139 μs.

Antena s oblikovanim reflektorom zrači u vertikalnoj ravnini snop "cosec²" do 30° elevacije, a u horizontalnoj ravnini je širok 1,25°, s horizontalnom ili kružnom polarizacijom. Točnost određivanja pozicije cilja po daljini je 20 m, a po azimutu 0,2°. Falcon automatski prihvaća detektirane ciljeve u praćenje (do 100 ciljeva) bez sudjelovanja operatora, što potpuno oslobađa operatora obveza da neku točkicu na sintetičkoj slici pokazivača proglasi ciljem ili lažnim odrazom.

Radar kontinuirano motri kopneni, morski i atmosferski clutter, te eventualne ometačke signale (ECM), pa na temelju tako memorirane snimke ili mape radarskog okoliša signal-procesor odabira optimalni režim rada. Za čisti okoliš on bira tzv. "normalni mod", ne uključujući brisanje stalnih odraza (MTI), u kojemu se postižu najveći dometi detekcije, a ako u području motrenja ima zona s morskim clutterom, onda se samo u tim dijelovima zona automatski uključuje MTI za brisanje cluttera, a ostalo područje se i dalje motri u "normalnom radu". U ovom članku nije moguće dalje opisivati čitav niz funkcionalnih mogućnosti Falcona, koje su se u realnim uvjetima motrenja pokazale vrlo učinkovitima.

Nadzor s obale nužan u miru i ratu

Mreže "A" i "C" radara su utkane u sustave nadzora i upravljanja pomorskim prometom na teritorijalnim morima i gospodarskom pojasu u

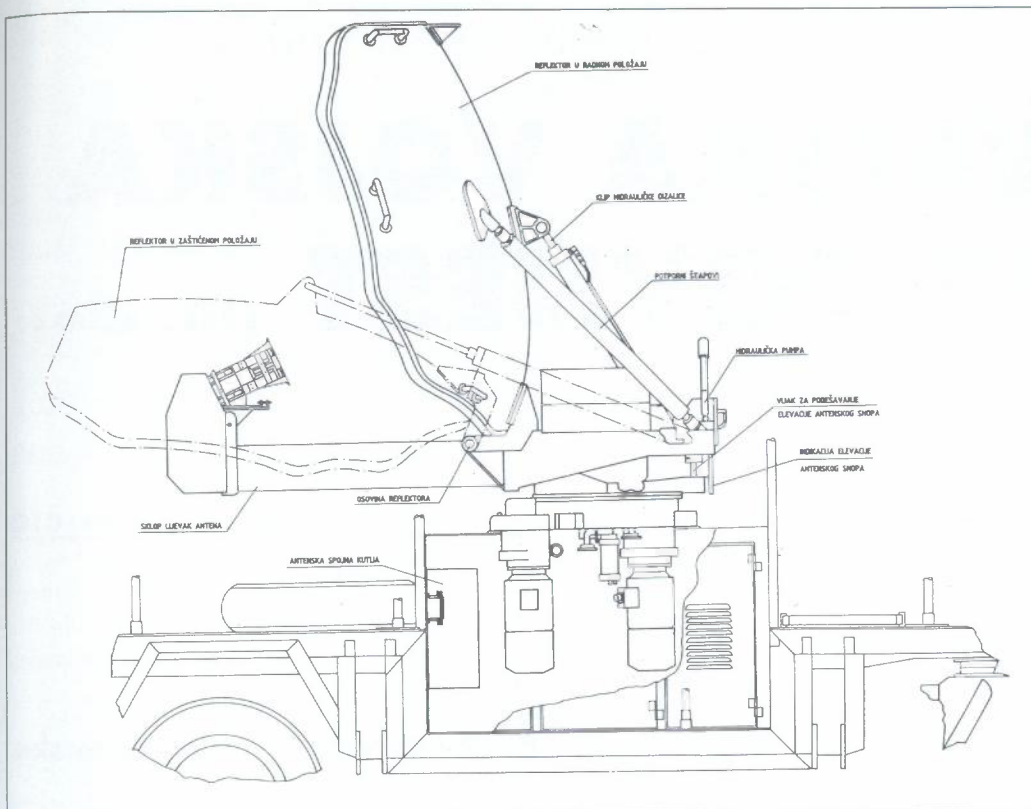
Stupnjevi stanja mora

Stanje mora	Brzina vjetrova, čv	Visina valova, m
0 (zrcalno mirno)	0	0
1 (naborano)	< 7	0,3
2 (valičasto)	7 - 12	0,3 - 1
3 (malo valovito)	12 - 16	1 - 1,6
4 (umjereno valovito)	16 - 19	1,6 - 2,6
5 (uzburkano)	19 - 23	2,6 - 4
6 (vrlo uzburkano)	23 - 30	4 - 6,5
7 (visoko more)	30 - 45	6,5 - 9

"G" (4 GHz - 6 GHz), što je optimalna frekvencija za radare ove namjene. Odašiljač srednje snage 1260 W može generirati: fiksnu frekvenciju, promjenljivu frekvenciju od impulsa do impulsa ili od skupine do skupine impulsa, te najmanje ometane

Obalni radar ITT & Gilfillan Falcon na položaju



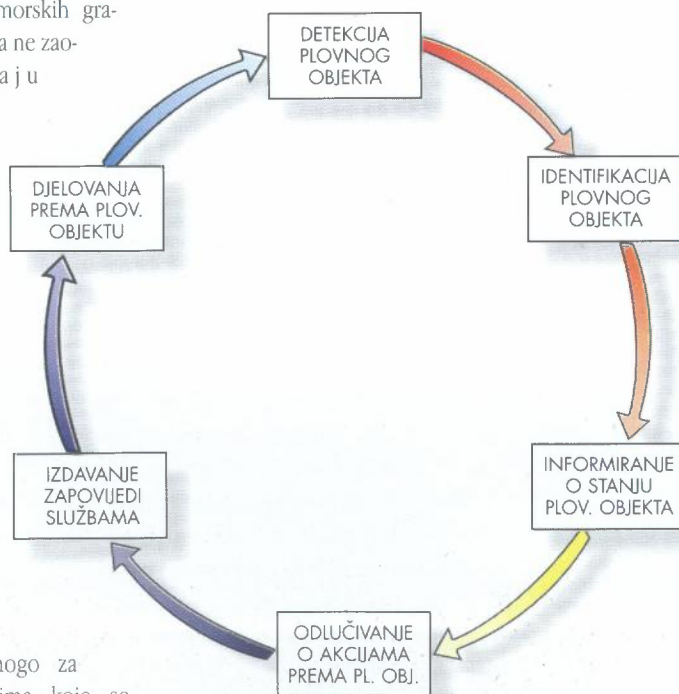


Bočni pogled na antenski sustav radara Falcon

mnogim primorskim zemljama diljem svijeta. Ti su kompleksni sustavi pod zajedničkom kontrolom pomorskih i lučkih vlasti, obalne straže, policije i ratne mornarice, koji su neprekidno aktivni i s pomoću kojih se vodi briga o svim plovnim objektima, bez obzira na njihovu namjenu i veličinu, te o općoj situaciji na moru. Podatci o detektiranim objektima iz mreža obalskih radara slijevaju se u regionalna i lučka središta za upravljanje i nadzor pomorskog prometa, te u zapovjedništva državnih institucija odgovornih za zaštitu državnog integriteta i pravnog poretka. Prijenos prikaza pomorske situacije od radara do upravljačkih središta obavlja se u realnom vremenu, što omogućuje brze i djelotvorne reakcije odgovarajućih službi za traganje i spasavanje na moru, za progon ili uzapćenje prekršitelja, ili pokretanja mornaričkih i zračnih snaga.

Taj proces motrenja, nadzora i upravljanja na moru odvija se u zatvorenoj petlji koja mora neprekidno djelovati u miru i ratu. Proces u petlji počinje detekcijom objekta, nakon čega slijedi identifikacija objekta (pripadnost, vrsta i sl.), što je posebno važan korak. Zaključna akcija procesa u petlji je djelovanje prema detektiranom objektu, izravno ili neizravno. U mirnodopskim uvjetima neprekinutost petlje dobrodošla je svim dobronamjernim sudionicima u pomorskom prometu, međutim, svi oni koji namjeravaju kršiti zakone neke obalne zemlje pokušat će na svaki način poremetiti njeno djelovanje. To su osjetile SAD u prošlom desetljeću kada je ilegalno ulazilo u zemlju više od 70 tona kokaina i 5000 t marihuane godišnje, i to pretežito morskim putevima. Tek od 1989. godine, primjenom visoke tehnologije i čvrstim zatvaranjem petlje motrenja, nadzora i upravljanja na moru i u zraku, na području

Meksičkog zaljeva i Karipskog mora, krijumčari su bili prisiljeni promijeniti puteve distribucije droge. Tada je već bilo očito da takvi sustavi nadzora već u miru trebaju uključivati značajnu tehničko-organizacijsku vojnu komponentu. Naime, taktike izbjegavanja detekcije i identifikacije tih nepozvanih uljeza preko dugih pomorskih granica ne zaostaju



mnogo za onima koje se primjenjuju u ratu, a i tehnička sredstva kojima danas krijumčari raspolažu na visokoj su tehnološkoj razini.

Jedan od prvih koraka države u zaštiti od svake vrste opasnosti je organiziranje čvrstog sustava motrenja i nadzora granica, a posebice onih pomorskih preko kojih se može očekivati najveći broj upada nenajavljenih "gostiju".

Petlja funkcioniranja motrenja, nadzora i upravljanja pomorskom situacijom s osnovnim etapama procesa. Proces započinje detekcijom objekta, zatim njegovom identifikacijom, a završava izravnim ili neizravnim djelovanjima prema objektu

HRVATSKA VOJSKA KROZ POVIJEST (III. dio)

Tijekom razdoblja vladara hrvatske narodne krvi počinje proces okupljanja hrvatskog naroda s postupnim izgrađivanjem svijesti o pripadnosti jednom biću - hrvatskoj državi

Nakon smrti kneza Ljudevita i gušenja ustanka pod njegovim vodstvom Panonska Hrvatska postala je franačka kolonija. Na taj način bio je ugušen svaki daljnji pokušaj razvijanja državne misli.

Poraz je podrazumijevao ropstvo, nikako napredak i boljitak. Težištem razvoja hrvatske državne misli postaje Bijela Hrvatska, oko koje se kao matice zemlje, centripetalnim silama počinju okupljati hrvatske župe koje će tvoriti buduću jezgru razvoja hrvatske države. Iz tih nastojanja, pretočena kroz stoljeća nastat će, održavati se državotvorna misao, rezultirajući potkraj XX. stoljeća stvaranjem neovisne države - Republike Hrvatske.

Razdor između Borne i Ljudevita bio je težak, sudbonosan, predstavljajući ponor kojeg je trebalo premostiti - nadići. I ako se već trebao dogoditi, i ako u tome ima išta dobro, onda je to što se dogodilo na početku kako bi generacijama sinova hrvatskog naroda svjedočio svojim primjerom što je *mač* - razjedinjenje bića naroda po regionalnim i drugim načelima ponuđeno kao boljitak od okrutnog osvajanja - koji lebdi nad glavom i koji je ubojiti od svih mačeva najmoćnije vojske.

U Bijeloj Hrvatskoj poslije Bornine smrti na vlast dolazi njegov sinovac Vladislav (821. - 835. godina) koji je kao vladar bio potvrđen u Aachenu, po želji hrvatskog naroda, od strane franačkog cara Ludovika. Ubrzo poslije toga počinje proces okupljanja hrvatskog naroda s postupnim izgrađivanjem svijesti o pripadnosti jednom biću - hrvatskoj državi.

Knez Vladislav upirao se svim silama kako bi ispravio stanje nastalo neslogom hrvatskih knezova Ljudevita i Borne. Tako knez Bijele Hrvatske, okuplja sve dijelove hrvatskih krajeva, silovito i postupno, u hrvatski državni sklop. Na taj način počinju se uočavati i obrisi hrvatske države na istoku, zapadu, sjeveru s osloncem na Jadransko more.

Tijekom čitavog stoljeća, uz borbu za ujedinjenje svih hrvatskih zemalja, Hrvati pružaju i ogorčeni oružani otpor i uspijevaju se obraniti od najezde osvajanja i sa zapada i istoka, a i sa sjevera i od mora. Napadači su bili moćni, i nije bilo mjesta podcjenjivanju ni njihove snage ni njihove lukavosti, i spremni na podvalu svake vrste. Jednom je to bio Bizant na jugu, drugi put na sjeveru i sjeverozapadu franačka država (koja je doduše bila na izdisaju, ali time ništa manje opasna), Bugari na istoku, te Mleci na zapadu.

Godine 824. franačko-rimski car Ludovik sklapa mir s bizantskim carem Mihajlom. Tim ugovorom iznova se

Marijan PAVIČIĆ

utvrđuje ono što je više puta bilo dogovoreno - sve hrvatske oblasti na tlu stare rimske provincije Dalmacije pokoravaju se franačko-rimskom caru, s tim da jedino primorski gradovi s latinskim pučanstvom i dalje moraju priznavati vrhovnu vlast bizantskog cara.

Počeci razvoja hrvatske pomorske sile

Izlaz na Jadransko more, već u to vrijeme određuje daljnji smjer razvoja hrvatske oružane sile, i gospodarskih nastojanja.

Nekako u to vrijeme Hrvati se počinju razvijati u sve jaču pomorsku silu na Jadranskom moru. Upravo ta komponenta vojnog ustroja - ratna mornarica - u nadolazećem razdoblju bit će jamstvo suvereniteta i na moru. Bez nje je bio nezamisliv ikakav vid pomorskoga gospodarstva. Nije bilo dovoljno imati - trebalo se imati to nečim i zaštititi - jer inače i najuzvišeniji napor je uzaludan i od njega korist uvijek ima netko drugi.

U vrlo kratkom vremenu Hrvati izgrađuju brodovlje, stvaraju ratnu mornaricu te postaju smionci pomorci - strah i trepet neprijatelja. U tom početnom razdoblju najjači razvoj ratne mornarice uslijedio je oko ušća Neretve. Ubrzo Neretljani postaju poznati svojim susjedima po pomorskoj snazi i ratnoj vještini. Osvajaju dalmatinske, nekad latinske otoke (Brač, Hvar i Korčulu) i na taj način izgrađuju prve pomorske baze, postajući gospodari srednjeg dijela istočne obale Jadranskog mora. Na meti su im posebice bili mletački brodovi. No i Hrvati iz Bijele Hrvatske izgrađuju brodovlje i vladaju zavidnom pomorskom vještinom. Plove cijelim Jadranom - od sjevera do juga. Prema nekim izvorima, već je hrvatski knez Vladislav imao vrlo jaku mornaricu, kojoj je malo nedostajalo da bi se mogla nositi i s bizantskom - koja je po jačini ipak bila prva na čitavom tom prostoru. No, htijenja i vještine nije nedostajalo.

Tako već tridesetih godina IX. stoljeća mletačka mornarica je u više navrata bila poražena od Neretljana. To je bio i razlogom da mletački dužd 830. godine dogovori s Neretljanima nekakvi mir, nastojeći ih ujedno pridobiti na kršćanstvo. No mir nije potrajao dugo, jer su neretljanski gusari već 834. godine svom silinom udarili na mletačke trgovce koji su se vraćali iz Benventa.

Sam knez Vladislav iako svjestan političkog okruženja, nije mnogo mario za ugovor potpisan s franačkim carem, što je u krajnjem slučaju bilo i logično. Taj ugovor s



bezobzirnim osvajačem u perspektivi i nije mnogo i dobro obećavao hrvatskom narodu.

I dok je Bijela Hrvatska išla putem razvoja, u Panonskoj Hrvatskoj pokorenoj od Franaka, značajniji napredak nije bio još vidljiv. Štoviše, Franci su u njoj ostavili župane i župne urede, ali umjesto kneza na čelu uprave bio je njezin činovnik.

Prijetnja i prilika na obzoru

To, međutim, nije bila jedina poteškoća. Na istoku se počela pojavljivati nova prijetnja - moćni susjed Bugari.

Bugarska država je tada osim oblasti uz južni Dunav obuhvaćala i oblasti uz sjeverni dio - čitav današnji Erdelj i istočnu Ugarsku.

Omurtag, hrabri i odvažni bugarski vladar, dogovorivši na početku svoje vladavine 30-godišnji mir s Bizantincima, usmjerava svoj pogled prema zapadu.

Odmah nakon pada i smrti kneza Ljudevita, Omurtag 824. godine upućuje prvi put svoje poslanike s pismom franačkom caru Ludoviku Pobožnom. Car se gotovo prepao kad mu je stiglo poslanstvo od dotad nepoznatog vladara. Proučivši pismo bio je u nedoumici što učiniti. Budući da nikad prije nije vidio poslanika iz Bugarske, car odlučuje poslati glasnika Mahlema iz Bavorske knezu Omurtagu zajedno s bugarskim poslanicima kako bi ovaj ispitaio što bugarski vladar želi i snuje. U međuvremenu caru je

pristiglo još jedno poslanstvo. Ludovik i njih prepusti čekanju.

Nedugo nakon Bugara dođe još i poslanstvo Braničevaca, koji se odmetnuvši od Bugara nastanjuju oko ušća Morave u Dunav, pokoravajući se franačkoj vlasti. Braničevce je car primio i oni mu se potužiše kako moraju podnositi bugarsko neprijateljstvo te ga mole za pomoć i zaštitu. Car im odgovori, neka iznova dođu pred njega kad će primiti i bugarske poslanike. Tek u svibnju 825. godine car je primio bugarske poslanike u palaču u Aachenu. Poslanici su mu donijeli darove i zahtijevali od njega da se točno ustanove granice obiju država. Po svojoj prilici sporno je bilo kome će pripasti Braničevci.

Omurtagu se nije svidio carev odgovor i caru dā, na znanje da je i oružjem spreman braniti zemlju. Ujedno je to bio i nagovještaj rata, kojim je bugarski knez zaprijetio da će Braničevce svladati i silom, ako Franci i dalje zadrže vrhovnu vlast nad njima. Proširila se čak glasina da je knez Omurtag svrgnut s vlasti, a car je smatrao da nema potrebe odgovoriti na kneževu pismo, smatrajući da do sukoba s Bugarima neće ni doći.

U toj procjeni se prevario. Godine 827. Bugari su brodovima uz Dunav doprli u Dravu, te ploveći uz rijeku provalili u franačke oblasti. Tom prigodom najviše je ratnim požarom stradala Panonska Hrvatska - poglavito Srijem. Protjeravši Franke, Bugari na njihova mjesta u hrvatskoj zemlji postavljaju svoje činovnike. Franačkog cara ražestila

je vojnička neodlučnost Balderiha, te ga 828. godine smjenjuje s položaja markgrofa i na njegovo mjesto postavlja svog sina - Ludovika Njemačkog. No ni on nije imao ratne sreće te Bugari nastaviše sa svojom najezdom i tijekom 829. godine. Lako daljnje nastupanje bugarskoj vojsci omogućuje razdor i međusobna borba između cara Ludovika Pobožnog i njegovih sinova.

Prigoda koja se ne propušta

I kao što uvijek biva, bugarska najezda i porodični razdori u samom vrhu franačkog carstva, ukazaše se kao pogodna prigoda Hrvatima da se oslobode tirana. U to vrijeme, 830. godine među Hrvatima Panonske Hrvatske pojavio se samosvojni knez Ratimir čija vlast nije bila moćna kao Ljudevitova, ali je bila odlučna da popuni prazninu koja će nastupiti uzmakom Franaka.

Bjelohrvatskog kneza Vladislava u razdoblju 835. do 845. godine nasljeđuje knez Mislav koji već na početku svoje



Natpis kneza Trpimira (Splitski muzej)

vladavine počinje ratovati s Mlečanima. Uzrok i tijek rata za povijest je ostao nepoznat. Poznato je, međutim, da je mletački dužd Petar Tradonik 839. godine sa svojim ratnim brodovljem udario na hrvatsko primorje. Došavši do nekog primorskog dvorca, po imenu sv. Martin, odustaje od borbe i s knezom Mislavom dogovara mir. Poslije toga sa svojom flotom uputio se na jug prema neretljanskim otocima. No i tamo je dogovorio mir s velikim županom Družakom. Demonstracija sile na Neretljane nije ostavila posebni dojam i već sljedeće godine neretljanski veliki župan Ljudislav krši dogovoreni mir. Mletački ponos to nije mogao podnijeti i dužd se upućuje da porazi Neretljane. Mlečani su u bitci bili pobijeđeni; više stotina ih je poginulo u boju, te se dužd osramoćen i poražen morao vratiti kući.

Kako smo već naveli, za kneza Mislava u Panonskoj Hrvatskoj vladao je knez Ratimir, koji je značajno proširio svoju vlast i preko Save, u današnju Bosnu, no iznova mu se na putu prepriječiše Franci. Želju nastupanja nije ravnomjerno pratila odgovarajuća vojna sila i Ratimir je bio prisiljen odstupiti.

Posljednja franačka provala u Panonsku Hrvatsku značajno je utjecala na zbivanja i u Bijeloj Hrvatskoj. Knez Mislav tom prigodom širi svoju vlast na jugu Save po današnjoj Bosni. Zauzevši svu zemlju između Vrbasa i Drine, osniva nove banovine, i približava se Srijemu, koji je tada još bio pod Bugarskom kojom je tada vladao ratoborni knez Presjan. I dok je Bijela Hrvatska pod knezom Mislavom vojno ojačala i uspjela ostvariti strateške probitke za bližu

budućnost, za to vrijeme je latinskim (romanskim) gradovima pod bizantskom vlašću zaprijetila opasnost od Arapa (Saraceni). Najpoznatiji vođe arapskih gusara bili su Kalfio i Saba, koji su bili strah i trepet svugdje gdje su se pojavili.

Godine 840. 36 saracenskih brodova zaplovilo je prema južnoj Dalmaciji. U Bizantu, kojim je tada vladala carica Teodora zavladao je panika. Kako se nije mogla otvoreno suprotstaviti Saracenima, šalje jednog svog patričija u Mletke kako bi privolila dužda Petra Tradonika na rat s nevjernicima. Mletački dužd se odazvao pozivu na pomoć i sa 60 brodova kreće prema Tarentu gdje se nalazio saracenski knez Saba. Mlečani pretrpljuju poraz. Mnogi su izginuli i pali u ropstvo. Nakon dvije godine (844.) saraceni se s velikom flotom brodovlja pojavljuju u Kvarnerskom zaljevu. Mlečani im kreću u susret, no kod malenog otoka Suska bili su razbijeni i natjerani u bijeg.

Uspjesi Saracena ohrabрили su Hrvate i Neretljane, te svom silinom udariše na Mlečane. Hrvatski brodovi 846. godine zauzimaju mletački otok Carole, a poslije njega Hrvati namjeravahu osvojiti i same Mletke. Polovinom IX. stoljeća franačka država urušava se unutarnjim sukobima Ludovikovih sinova: Karla, Ludovika Njemačkog i Lotara. Stanje ni u Bizantskom carstvu nije bilo ništa bolje, sve više nazadujući za vrijeme skrbnika nedoraslog Mihajla III. U to vrijeme, u razdoblju od 845. do 864. godine na čelo Bijele Hrvatske, na mjesto kneza Mislava, dolazi knez Trpimir.

Bijela Hrvatska prostirala se od Save i Kupe na jug do Cetine, a od mora na istok do Drine graničeći na njoj s Bugarskom. Tijekom 853. godine bugarski knez Boris na Trpimira upućuje veliku vojsku, nastojeći svoje granice proširiti sve do Jadranskog mora. Ne mogavši ga vojno poraziti Boris sklapa prijateljstvo s Trpimirom i šalje darove koje mu ovaj uzvraća. Za razdoblja vladavine kneza Trpimira, znamenita je Trpimirova povelja, najstarija sačuvana isprava hrvatskih vladara, od 4. ožujka 852. godine, poznata kao "krnsni list hrvatske države" u kojoj on sebe naziva "po milosti Božijoj knez Hrvata" (Trpimir, dux Chroatorum), a svoju zemlju "kraljevstvo ili država Hrvatska" (regnum Chroatorum), što je jasan dokaz potpunog suvereniteta. To što isprava datira po italском kralju Lotaru nije dokaz državnopravne ovisnosti, nego još samo prijateljskih i savezničkih odnosa sa Zapadnim Carstvom.

Očito je da je njegovo kraljevstvo bilo veće od same opsežne splitske nadbiskupije, koja se tada prostirala od Jadranskog mora do Dunava. Već u to vrijeme Trpimir je imao svoju palaču i dvore u Biaćima i bio je okružen županima i dvorskim časnicima poput zapadnih vladara. Raspolagao je i kneževskom pisarnom, komornikom (camerarius) i sa više dvorskih kapelana. Nakon blagog i miroljubivog Trpimira, u Bijeloj Hrvatskoj na vlast u razdoblju od 864. do 876. godine dolazi poduzetni i hrabri Domagoj. Već od početka svoje vladavine ulazi u oružane sukobe s Mlecima, zadavajući im poprilično neprimlik. Kad je dužd Urso Particijak skupio brodovlje da kazni Domagoja, ovaj svjestan svoje snage ne odlučuje se još upustiti u otvoreni sukob s moćnijom duždovom flotom, već mu nudi mir.

Zbivanja u bizantskom carstvu upućivala su na promjene. Na pomolu je bio prvi raskol u kršćanskoj crkvi, a Vasilije I. zbacivši Mihajla III. s prijestolja spremio se očistiti Jadransko more od saracenskih gusara i cijeli Balkan pokoriti vrhovnoj vlasti Bizantskog Carstva.

(nastaviti će se)

BILO GDJE I BILO KAD

Snage za brzi razmještaj - prošlost, sadašnjost i njihova budućnost (V. dio)

Radi gospodarskog istraživanja, a zatim i iskorištavanja područja istočne Azije, u početku 16. stoljeća, osnivaju se prve istočnoindijske kompanije koje postupno prerastaju u instrument političke i vojne vlasti - predstavljajući na taj način sam vrh posrednosti u kolonijalnom osvajanju

Marijan PAVIČIĆ

Globalna geopolitička slagalica započeta prekomorskim otkrićima u početku 15. stoljeća bit će završena kolonijalnim osvajanjem Indije od engleskih osvajača. Gledano, sad već s povijesne distance, predstavljat će to tek završetak I. faze kojoj će cilj biti osim ostalih prikupljanja svekolikih dobara osvojenih zemalja i proces globalizacije svekolikih društvenih i političkih odnosa u svijetu. Prateći kontinuitet paradigme, ustroj **svjetske države** od Aleksandra Makedonskog, ta ideja će kroz svekoliku ljudsku povijest doživjeti niz mutacija, zadržavajući težnju za ostvarenjem davno zacrtanog cilja. U razdoblju od 15. do kraja 18. stoljeća, ona će svoj kontinuitet imati u utopističkoj ideji Karla V. o stvaranju **svjetske monarhije**. Bez obzira na cijenu neuspješnosti ona je aktualna i na kraju 20. stoljeća prožetog elektroničkim komunikacijama u težnji ostvarenja - davno zacrtanog cilja, prilagođenog sadašnjim okolnostima - "globalnog sela" (global village), u najblažem obliku - konglomeratu naroda i kultura. Zahvaljujući tehničko-tehnološkom napretku i iz njega proizišlog sustava globalne informatizacije, gdje "svatko o svakome zna sve" uz nužno podpitivanje - koliko je riječ o informiranosti, a koliko o dezinformiranosti, takvo stanje je upravo i jedna od temeljnih odlika novouspostavljenog daljnijeg razvoja svijeta, temeljenog na kraju i na "mentalitetu" sadržanom u samom nazivu tog nastojanja - ostvarenja koncepcije "globalnog sela" obilato potpomognuta, mogli bismo reći tzv. čimbenikom globalne svjetske TV i informatičke mreže.

I kao što su Aleksandar Makedonski, poslije njega stari Rim, pa sve do Karla V. (a i kasnije)

imali značajna ograničenja u tehnologiji (gledano s današnjeg stupnja tehničko-tehnološkog razvoja) ideja se u svakom vremenskom "bloku" realizirala u okviru danih ograničenja.

Svekoliko političko-diplomatske napore pratio je i primjeren razvoj specijalnih postrojbi toga doba koje su morale odgovoriti prijetnjama, i za njih nepoznatim izazovima, s kojima su se susretale u novootkrivenim prekomorskim zemljama. Svekoliko civilizacijski, ali i

daljnji razvoj diplomatsko-obavještajne i ratne vještine. Temeljno iskustvo koje će biti ugrađeno u sve buduće diplomatsko-obavještajne i vojne napore bit će: **tajna** o krajnjim namjerama i svekolika **posrednost** u nastupanju kako bi krajnji cilj za **žrtvu** takvog djelovanja ostao nepoznat do trenutka kad je trebao uslijediti konačni vojni udarac.

Politička pozadina u razdoblju od 15. do 18. stoljeća

Proces postupnog ustrojavanja kapitalističkih odnosa započinje već u razdoblju kasnog srednjeg vijeka. U 15. stoljeću Engleska je bila mala država koja je imala 3,5 do 4 milijuna stanovnika. U to vrijeme prvo mjesto u Europi zauzimale su Francuska i Španjolska - dvije države koje su u početku 16. stoljeća završile svoje teritorijalno ujedinjenje, a imale su, prva do 15 milijuna, a druga do 10 milijuna stanovnika. Prilike međunarodnog života istaknule su u 16. stoljeću Španjolsku na prvo mjesto u svekolikim međunarodnim odnosima toga doba.

Snažan poticaj tom procesu daju zemljopisna otkrića i prva kolonijalna osvajanja u 15. i 16. stoljeću. Dolazi do širenja svjetskih trgovačkih veza i jačanja robovčanih odnosa. Putovi i središta trgovine premještaju se iz Sredozemnog i Baltičkog mora na obale Atlantskog oceana. I kao što smo već u prošlim brojevima *Hrvatskog vojnika* naveli, glavnu ulogu u europskim međunarodnim odnosima dobile su države koje su se nalazile u izravnoj blizini Atlantskog oceana. Slijedom događaja bile su to: Portugal, Španjolska, Nizozemska, Francuska i Engleska.

U vanjskoj politici tih država odlučnu ulogu su imala pljačkaška nastojanja plemstva tih država. No, osim plemstva, sve značajniji



Portret velikog imperatora - Karlo V. Njegovu političku misao prožimala je ideja o svjetskoj monarhiji i želja za apsolutnom vlašću. Iako nije bio vojskovođa, za njegove vladavine španjolska je raspolagala najmoćnijom vojnom silom tog doba

vojnotehnološki sraz bio je očit što su tadašnji osvajači uspješno koristili u cilju svojih osvajačkih probitaka. Stečena iskustva u tom nastupanju, bit će od nesagledive važnosti za

utjecaj na vanjsku politiku dobiva i građanstvo koje postaje sve jače i koje je bilo zainteresirano da osvoji nova tržišta, stekne kolonije i osigura svojoj zemlji trgovačku prevlast. Ti interesi bit će temelj za sve ratove koji su se u Europi vodili od 16. do 18. stoljeća i nakon njega sve zaključno do kraja 20. stoljeća.

Potkraj 16. stoljeća stvaraju se sve jasniji obrisi trgovačke i vanjsko-političke moći Engleske. Ubrzani razvoj kapitalističkih odnosa u Engleskoj polovinom 17. stoljeća rezultira pobjedom građanske revolucije. Ona ujedno jača i međunarodni položaj te otočne države. Posljedica toga je i vanjska politika Engleske koja sve više poprima osvajačko obilježje. Pomorsko zakonodavstvo engleskog parlamenta otvoreno se usmjerava protiv najjačih trgovačkih protivnika - Španjolske i Nizozemske. Ta borba dovodi do ratova Engleske s njezinim suparnicima i završava se pobjedom, koja Engleskoj donosi položaj prve pomorske države. I tako, dok je 17. stoljeće obilježeno vlašću nad svjetskim morima, u istom stoljeću ojačalo je na europskom kontinentu utjecaj apsolutističko-feudalne monarhije - Francuske. Richlieuova i Mazarinova politika učvršćuje središnju državnu vlast i na taj način konačno guše samovolju krupnih feudalaca. U isto vrijeme, zaštitom industrije i trgovinskih interes, poticanjem plovidbe, organiziranjem krupnih trgovačkih kompanija i proširenjem kolonijalnih posjeda tadašnja francuska apsolutna monarhija pomaže ubrzani razvoj kapitalističkih odnosa i učvršćenje međunarodnog utjecaja države. Francuska 17. stoljeću jača na račun slabijih susjeda - Španjolske i Njemačke. Nasuprot njoj Sveto rimsko carstvo njemačkog naroda, koje je ostalo po strani od gospodarskih i političkih zbivanja Zapadne Europe, gubi svoje međunarodno značenje i raspada se na mnoštvo

sjeverno-istočna Europa, Baltik i bliži Istok.

Oružana borba između Engleske i Francuske za prevlast u svjetskoj politici svojevrsni vrhunac postiže tijekom 18. stoljeća. Iz tih ratova Engleska izlazi kao pobjednik, proširivši svoje pomorske posjede i postajući time vodeća kolonijalna sila.

Oružanim sukobima, tj. ratovima prethodila je živa diplomatsko-obavještajna djelatnost suprotstavljenih država. Glavni sadržaj diplomatske djelatnosti europskih država od početka 16. do kraja 18. stoljeća sastojao se u borbi za političku i trgovačku prevlast. U toj borbi uspijevaju, u većoj ili manjoj mjeri, one države koje idu putem ubrzanog privrednog razvoja. Nasuprot njima, diplomatske, a time i vojne poraze doživljavaju države u kojima se feudalno uređenje još protivi ubrzanom razvoju sve jačih kapitalističkih odnosa.

Svekoliki poraz doživljavaju Portugal i Španjolska, kao svojevrsnu kaznu za politiku koja se protivila zahtjevima političkog i gospodarskog napretka. Ista povijesna kazna sustigla je, doduše u manjoj mjeri, i Francusku, gdje njezina apsolutna monarhija i dalje služi interesima sve nemoćnijeg feudalizma.

U državi, koja služi interesima kapitalizma u razvoju, građanstvo kao napredna društvena klasa onog doba vidi pozitivnu silu. I politički ideolozi toga doba razvijaju ideju države kao najvišeg načela (Machiavelli u Italiji, Bodin u Francuskoj, Grotius u Nizozemskoj i Hobbes u Engleskoj) i služenje državnom interesu proglašavaju svetim načelom unutarnje i vanjske politike. Svako odstupanje od toga načela automatizmom je dobivalo oznaku izdaje. Država je sve i iznad svega. Ona postaje međunarodno pravni štit naroda i sredstvo kojem isti ostvaruju svoje interese. To načelo,

općeg dobra, koje država mora ostvariti u slučaju potrebe čak i putem sile.

Geopolitičke konstante

U Europi su od početka 16. do 18. stoljeća postojala tri temeljna čvora međunarodnih protuslovlja, tj. žarišta sukoba, koja su svakog trenutka prijetila da se rasplamsaju u opći rat.

- Na zapadu Europe toga doba sudarili su se trgovački i kolonijalni interesi četiriju najjačih država - Španjolske, Francuske, Engleske i od 17. stoljeća Nizozemske.

- U 16. stoljeću je nastalo i do 18. stoljeća se potpuno iskristaliziralo na jugoistoku Europe **Istočno pitanje**, tj. problem međusobnih odnosa između europskih država i velikog Osmanlijskog carstva.

- Na sjeveroistoku Europe vodile su velike sjeverne države kroz tri stoljeća ogorčene borbe za prevlast na Baltičkom moru.

Ta tri čvora - ratna žarišta - prepletala su se jedan s drugim, utjecala jedan na drugi, stvarajući najneочеčkanije i najzamršenije kombinacije u međunarodnim odnosima.

Azija kao izazov

U 16. stoljeću, poslije otkrića Novog svijeta i morskog puta u Indiju, pojavilo se pred zapadnim europskim državama prvi put u svojoj oštirini pitanje o osvajanju kolonija i širenju prekomorskih posjeda. Borba u Europi postaje zamršenijom zbog borbe u kolonijama, te svaki europski konflikt (vrijedi i obrnuto), domonoučinkom izaziva i promjene u kolonijalnim posjedima zapadno europskih država.

Tijekom 16. stoljeća Francuska i Španjolska predstavljaju najjače europske kolonijalne države. Od druge polovine 16. stoljeća počinje rasti i kolonijalna moć Engleske. Tijekom druge polovine 16. stoljeća dolazi do nizozemske revolucije - pobune Nizozemaca protiv španjolske vladavine. Potkraj 16. stoljeća stvara se nova nezavisna država, Sjedinjene provincije, prva europska građanska republika, koja je u povijesti bolje poznata pod imenom Nizozemska Republika.

Borbu između Francuske i Španjolske na starom kontinentu, suparništvo između Engleske i Španjolske za vlast na morima, čini glavni sadržaj međunarodnih odnosa na zapadu Europe u 16. stoljeću. Rezultat te borbe je slabljenje Španjolske, i njezinog utjecaja u tadašnjem svijetu, kojoj je moć bila potkopana u suparništvu s Engleskom, a osobito u borbi s njezinim nizozemskim podanicima, i jačanje Engleske, Francuske i Nizozemske.

Tijekom 17. stoljeća postaje Francuska najjača država na starom kontinentu i teži za hegemonijom u cijeloj Europi. U 17. stoljeću nastaje također velika francuska država i dolazi



"Crna rupa" Calcutte - okrutnost je u stopu pratila širenje engleske moći Indijom

malenih neovisnih kneževina. Među njima postupno jačaju dvije nove političke tvorevine - Austrija i Prusija. U istom razdoblju na istoku Europe, sve aktivnije u život Europe ulazi Rusija. Težište njezinog vanjsko-političkog djelovanja je

zaključno s današnjim dobom nadživjet će sve moguće utopije. Nadalje, već u 15. stoljeću postaje potreba državnog jedinstva tako očita, te se državni interes počinje smatrati najvišim mjerilom u politici i on se uzdiže na razinu

do, kako smo već naveli, do građanske revolucije u Engleskoj. U to vrijeme počinje borba između dviju pomorskih država; Engleske i Nizozemske za prevlast nad morem. Sukob je na kraju riješen u korist Engleske.

Politička pozadina europskih i kolonijalnih ratova

Razumjeti svekolike oružane sukobe, te razvoj svekolikih vojnih postrojbi suprotstavljenih strana u Europi i prekomorskim zemljama (kolonijama ili dijelovima aktualnih carstva) zahtijeva uočavanje temeljnih crta međunarodnih odnosa zapadne Europe od 16. do 18. stoljeća. Izgradnja tadašnjih vojski i njihova uloga nije bio nezavisan proces, već je svoj čvrsti oslonac nalazio u političkom realitetu tadašnjeg svijeta. Neposjedovanje odgovarajuće i učinkovite oružane sile značilo je prepustiti se na milost i nemilost surovih interesa lišenih bilo kakvih moralnih načela. U tom smislu značajne, štoviše temeljne trenutke, predstavlja sljedeće:

Svjetska monarhija Karla I.

Razdoblje španjolske prevlasti u Europi koje obuhvaća gotovo čitavo 16. stoljeće nastalo kao rezultat poduzetnosti Portugalaca i Španjolaca potkraj 15. stoljeća i otkriće Novog svijeta - Amerike 1492. godine i pomorskog puta za Indiju 1498. godine što je za posljedicu imalo silno bogaćenje tih zemalja, na prvom mjestu Španjolske.

Godine 1516. španjolski kralj postaje Karlo I., unuk španjolskih ujedinjenih - kralja Ferdinanda i kraljice Izabele. Po svom ocu, najvojvodi austrijskom, Karlo I. također je bio unuk njemačkog cara Maksimilijana I. Habzburškog. Poslije Maksimilijanove smrti njemački knezovi 1519. godine izabiru Karla za cara Njemačke (Karlo V. nazvan od strane njemačkih kneževa).

U to vrijeme španjolski posjedi obuhvaćali su novootkrivene kolonije u Americi, Nizozemsku, Napuljsko kraljevstvo i Sardiniju. O Karlu I. koji je u isto vrijeme vladao Španjolskom, Njemačkom, Italijom i zemljama s onu stranu oceana, govorili su, da u njegovom carstvu sunce nikada ne zalazi. Riječ je zaista bila o golemom, u Europi do tada neviđenom svjetskom carstvu. No njegovo posve feudalno obilježje na čelu sa Španjolskom, odredit će unaprijed strukturu cijele monarhije Karla I., a također i smjer njegove vanjske politike, a time i njegovo urušavanje. Carstvo stvoreno na politici bez morala očekivalo je svoj logičan završetak - urušavanje u sebe.

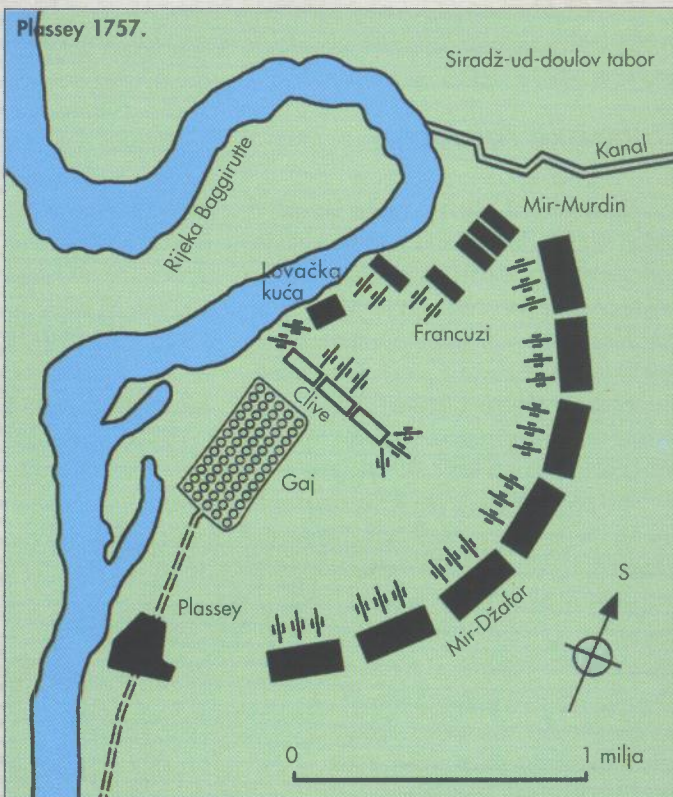
Zapanjujuća bujica dragocjenog metala, zlata i srebra, koja je potekla iz novootkrivene Amerike, obogatila je vladajuće vrhove španjol-

skog plemstva i na taj način ojačala klasu feudalaca i feudalne odnose u zemlji. Isto to zlato i srebro stečeno pljačkom od američkih Indijanaca na kraju će upropastiti i samu Španjolsku. Pad cijene dragocjenim metalima i rast cijena proizvodima i robi, koja je s tim bila u skladu, do izražaja, na svjetlu dana prvo se pokazalo u Španjolskoj. To se ponajprije ogledalo u naglom rastu cijena proizvoda, koji su bili najpotrebniji za život, a zatim i do povišenja nadnica. Španjolskim trgovcima, koji su trgovali s novim kolonijama, učinilo se korisnije u njima prodavati robu (proizvode) engleske, francuske i nizozemske proizvodnje. Na taj način je građanstvo u Španjolskoj izgubilo svaki interes za razvoj domaće proizvodnje. Jedina grana proizvodnje koja je imala zama-ha u Španjolskoj bila je uzgoj ovaca koje su predstavljale jedini izvozni artikl. Španjolska se gospodarski počela vraćati prema vremenu 14. stoljeća. Narod, španjolski obrtnici i seljaci postajali su sve siromašniji.

U vanjskoj politici Karla I. uočavao se neobičan spoj realnosti i fantastike. Bila je to politika probudene srednjovjekovne fantazije o univerzalnoj svjetskoj monarhiji. "Idealni" ciljevi te politike služili su kao plašt najgrubljoj realnosti - bezobzirnom sustavu osvajanja i pljačke. Na tom putu Karlo I. ispriječio se moćan suparnik - francuski kralj koji je stajao na čelu još brojnijeg i isto tako ratobornoga francuskog plemstva. Predmet borbe bila je bogata, ali politički raskomadana i nemoćna Italija.

Politička misao o svjetskoj monarhiji, kojom se zanosio Karlo I. predstavljala je najsavršeniji oblik utopije tog doba. (Npr. u današnje vrijeme ekvivalent bi joj bila politička misao sadržana u novoj paradigmi - globalno selo i virtualna stvarnost ili fikcija - i sve što ona

u komunikacijskom smislu sadržava. op. a. .) Tako je Sveto rimsko carstvo njemačkog naroda predstavljalo "cjelinu" (npr. novim terminom - virtualnu stvarnost ili fikciju) koja se sastojala od vrlo mnogo raznorodnih dijelova kao što su Njemačka, Italija, Nizozemska. Bio je to samo privid cjeline, naravno, dalek od svake realnosti. Da je tome tako govori i sljedeći podatak: njemački izborni knezovi, koji su izabrali Karla



Crtež prikazuje raspored snaga bengalskog vladara Siradž-ud-doula i s druge strane britanskog kolonizatora Roberta Clivea u odlučujućoj bitci kod Plasseyja 1757. godine. Postignutom pobjedom Englezima su bila otvorena "vrata" Bengala i omogućeno konačno odstranjivanje Francuza kao kolonijalnih suparnika.

Odnos snaga bio je sljedeći:

Englezi

Zapovjednik: Robert Clive,
Brojčano stanje i naoružanje: 900 Engleza, 200 Portugalaca, 2100 sepoya (indijski vojnik engleske vojske) i 10 topničkih oružja;

Bengalci

Zapovjednik: Siradž-ud-doul,
Lijevo krilo: Mir-Muridin,
Desno krilo: Mir-Džafar,
Brojčano stanje i naoružanje: 35.000 pješaka, 18.000 konjanika i 50 topničkih oružja te francuska topnička bitnica.
Površna priprema i nedostatak stege kod bengalske vojske, nepredviđene meteorološke nepogode, a prije svega izdaja Siradž-ud-doulovih zapovjednika omogućili su Englezima da višestruko slabijim snagama poraze bengalsku vojsku

za cara, izjavili su mu za vrijeme krunidbe u Aachenu 23. listopada 1520. godine - "zapamti, da ovo prijestolje nisi stekao ni po pravu rođenja ni po pravu nasljedstva, već voljom njemačkih izbornih i drugih knezova". Ispravnije bi bilo kazati da je Karlo I. to prijestolje kupio, potrošivši na podmićivanje izbornih knezova goleme svote novca, koje je nakon njegovog izbora isplatio carev financijski agent, čuvena južnonjemačka bankarska kuća Fuggera. Glava te kuće, Jakov

Fugger, imao je pravo, kad je 1523. godine pisao Karlu: "Jasno je kao dan, da vi, vaše veličanstvo, ne biste mogli bez moje pomoći steći carsku rimsku krunu."

Sam Karlo V. teško je shvaćao zahtjeve svog vremena. Njegov najveći apsurd bila je ideja o ustroju svjetske monarhije u trenutku nastajanja nacionalnih država, sjedinjenih jedinstvom privrede (gospodarstva) i djelatnošću građanstva, koje je već istaknulo svoj glavni cilj - snažnu državu sa snažnom središnjom vlašću kojoj je temeljni cilj zaštita interesa naroda.

Francusko razdoblje

Razdoblje jačanja francuskog utjecaja u Europi svoj vrhunac dostiže Westfalskim mirom 1648. godine i vanjskom politikom koju je vodio Luj XIV. To je također vrijeme oštne borbe između Francuske i Nizozemske, vrijeme sjajnih političko-diplomatskih probitaka mlade nizozemske republike i njezinih predstavnika, vrijeme značajnog jačanja Engleske, osobito poslije građanske revolucije u 17. stoljeću.

No početci tako probojne francuske politike sežu u početak 16. stoljeća, kad je sa svih strana bila okružena zemljom Habzburgovaca, koji su se u osobi Karla I. učvrstili u Španjolskoj, Italiji, Njemačkoj i Nizozemskoj. Glavno nastojanje Francuske ogledalo se kako se izvući iz tog okruženja te da njezino plemstvo stekne primamljiv plijen, kakav je bila Italija. Ujedno će to predstavljati i izvor talijanskih ratova i poznatog francusko-habzburgskog suparništva, što će se kao nit provlačiti kroz 16., 17. i 18. stoljeće.

Mnogobrojno i radno sposobno francusko seljaštvo i bogato građanstvo davali su državnoj blagajni golema sredstva u vidu poreza. Ta sredstva francuskom kralju, a u krajnjem slučaju i plemstvu, omogućavala su da vodi energičnu vanjsku politiku, što će Francusku izdici na prvo mjesto u Europi. Svekoliko političko okruženje i zbivanje koje se ogledalo u nestalnosti tadašnjih međunarodnih odnosa nameće potrebu za uspostavljanjem svojevrstnih normi političkog ponašanja u međunarodnim odnosima. Takvo normativno obilježje osobito su imale ideje o prirodnim granicama i političkoj ravnoteži. Tako ministar Sully u službi Henrika IV. neprestano ističe da se osvajati smije

samo ono što se može sačuvati. Moć države ima svoje granice: ako ih prijeđe, izaziva protiv sebe udružene snage neprijatelja i zavidnika. Prema njemu u djelu *Principi državne privrede* (Les oeconomies royales) napisao je: "Svaki francuski kralj mora misliti više na to, kako da stekne prijatelje i saveznike, čvrsto povezane s njime

zajedničkim interesima - a to je najpouzdanija veza - nego da navlači na sebe neugasivu mržnju i neprijateljstvo projektima, koji prelaze njegove vlastite snage." No, ipak je Sully maštao o hegemoniji Francuske nad civiliziranim svijetom, nad svim kršćanskim narodima. Iz tog razmišljanja potječe i neobičan projekt o međunarodnom sporazumu, što ga je Sully pripisivao svom kralju, ali koji je, čini se, sam sastavio. "Veliki plan" (Le grand Dessine) kralja Henrika IV. sastojao se po Sullyjevima riječima u tome da se Habzburgovci snize na razinu vladara, koji vladaju samo Pirinejskim poluotokom, Turci i Tataři protjeraju u Aziju, iznova uspostavi bizantsko carstvo i po tome prekroji čitav politički zemljovid Europe. Tim planom Europa je trebala biti podijeljena na šest nasljednih monarhija, pet izbornih monarhija i pet republika. Na čelu svih tih država bit će osobit savjet, koji će čuvati opći mir i rješavati sporove između država, kao i između vladara i njihovih podanika. Tajna Sullyjeva misao, koja se skrivala iza čitavog tog plana "lige naroda" 17. stoljeća bila je oslabiti neprijatelje Francuske, ojačati njezine vazale, opkoliti je pojasom neutralnih država, koje bi pravno bile pod njezinom zaštitom, a u stvarnosti pod njezinim zapovjedništvom. Stvarnost je

bilo nemoguće ili opasno ih pogaziti silom.

Da moralu nije bilo mjesta u politici, jedan od bezbrojnih primjera, je i Henrikovo nastojanje - ostvarenje dvostrukog cilja: oslabiti moć habzburgške dinastije i održati ravnotežu stvorenu među europskim državama, koja je bila od koristi za Francusku. Imajući to stalno pred očima, nastavljao je prijateljske odnose s Engleskom, koja je kao neprijatelj Španjolske pomogla da dođe na francusko prijestolje. Međutim, u isto vrijeme, potajno radi protiv planova i spleta engleskih pomoraca i trgovaca i engleskih diplomata u Italiji i na Istoku gdje je Francuska već imala čvrste svekolike veze.

Borba za kolonije

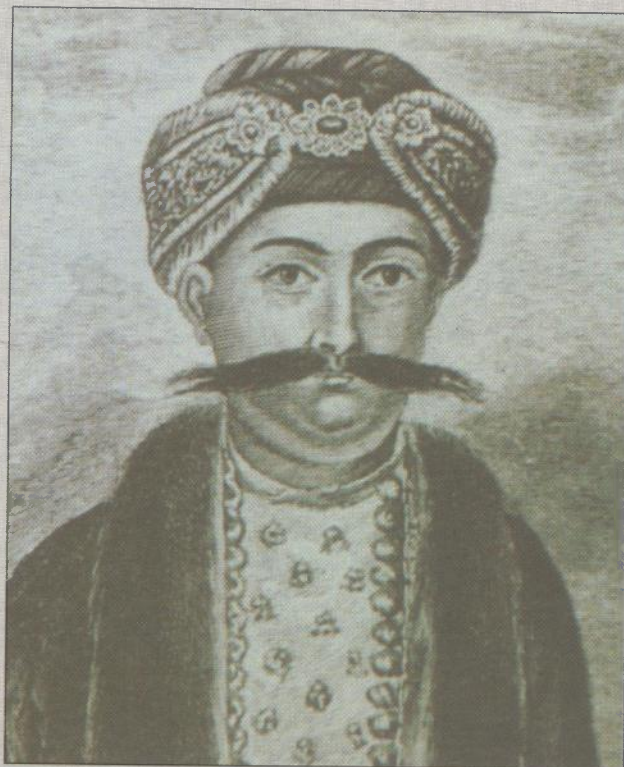
Vrijeme borbe između Engleske i Francuske za kolonije i za prvo mjesto u svjetskoj politici podudara se otprilike s razdobljem 18. stoljeća. To je ujedno vrijeme kad se na istoku Europe pojavljuje mlado rusko carstvo kao stalni sudionik u međunarodnim odnosima. Navedene međunarodne suprotnosti najjasnije su se uočavale u tri najveća općeeuropska sukoba tijekom 17. i 18. stoljeća: u tridesetogodišnjem ratu, u ratu za španjolsko nasljedstvo i u sedmogodišnjem ratu.

Azija - na obzoru osvajачkih pohoda

Radi gospodarskog istraživanja, a zatim i iskorištavanja područja istočne Azije, u početku 16. stoljeća, osnivaju se prve istočnoindijske kompanije koje postupno prerastaju u instrument političke i vojne vlasti. I Englezi svoja kolonijalna osvajanja u Aziji otpočinju sa stvaranjem svoje istočnoindijske kompanije, koja pregovorima s lokalnim vladarima duž istočne i zapadne obale Indije, osniva utvrđene kolonije. U stvarnosti engleska istočnoindijska kompanija predstavljat će sam vrh posrednosti.

Djelomice, o mehanizmu, tzv. posrednog nastupanja (u vidu trgovaca i istraživača) koje je prethodilo i vojnom nastupanju te okupaciji novih zemalja pisano je već u prošlim brojevima *Hrvatskog vojnika*.

Možda jedan od najboljih primjera posrednosti tog nastupanja (uz diplomaciju, s tajnom službom i učinkovitom vojnom silom što će odigrati značajnu ulogu u kolonijalnim osvajanjima Azije) u cilju osvajanja (srca i uma) novih zemalja daje primjer engleske istočnoindijske kompanije u okviru koje su Englezi gotovo tijekom sto pedeset godina (1603. - 1740. godina) mirno trgovali na indijskom tlu. Upravo istočnoindijska



Bengalski vladar Siradž-ud-doul postao je žrtva pohlepom i izdajom svojih vojnih zapovjednika te bezobzirnošću kolonijalnog osvajača koji se rukovodio teorijom kako je u odnosima s "urođenicima" dopušteno kršiti sva moralna načela

bila daleko od projekta takve vrste. To je u krajnjem slučaju pokazala i praktična politika kralja Henrika IV., i najsnažnijeg političara tadašnje Francuske - kardinala Richelieuva.

Temeljna stvar - svako uspostavljanje "ravnoteže" sa susjedima u bilo kom pogledu, kao "načelo" morao je važiti toliko dugo, dok je

kompanija otvorit će magični put Orijenta engleskim osvajačima. Kolika je bila razina tog nastupanja govore i podatci da se razradba te strategije po složenosti slobodno može usporediti sa svemirskim programom Apollo ili Challenger.

Prema odobrenju indijskog imperatora, velikog mogula, engleska istočnoindijska kompanija izrađuje nekoliko trgovačkih naselja. Istini za volju, Englezi nisu mogli odoliti iskušenju, te su u razdoblju od 1686. do 1690. godine pokušali i oružanim putem zauzeti znatan dio teritorija koji je okruživao njihova trgovačka naselja. Međutim, središnja vlast u Indiji bila je još previše jaka, i istočno indijska kompanija našla se u opasnosti, s prijetnjom da bude izbačena s indijskog tla. Kriva procjena ih je natjerala da što prije zaključe mir i da se privremeno odreknu svih planova o osvajanju tuđe zemlje.

U početku 18. stoljeća dolazi do zaoštavanja krize u carstvu mogula. Vlast velikog mogula postojala je sve nominalnija, a upravitelji oblasti postojali su sve nezavisniji od središnje vlasti. Takvo unutarnje stanje u zemlji bilo je signal Englezima i drugim kolonizatorima za ostvarenje svojih osvajačkih zamisli.

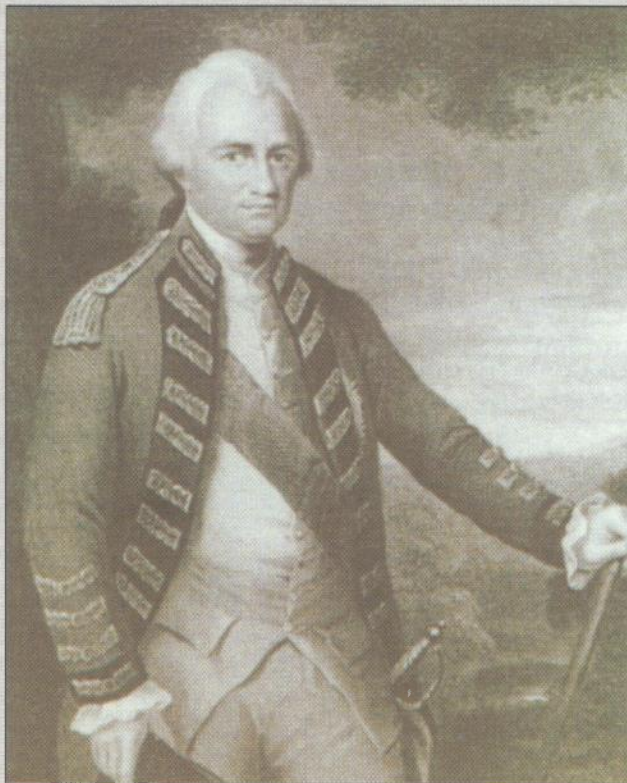
Četrdesetih godina 18. stoljeća otpočinje žestoka borba za Indiju između Engleske i Francuske. Nakon kratkog prekida ona se obnavlja za vrijeme sedmogodišnjeg rata. S oružanom borbom usporedno se vodio i veoma intenzivan diplomatsko-obavještajni rat koji je imao za cilj pridobivanje pojedinih indijskih kneževa, podmićući njihove svite i sudjelujući u dvorskim intrigama. Bit će to bogato iskustvo za budućnost.

Koristeći sukob s vladarem Bengala, Englezi su odlučili zauzeti tu vrlo bogatu oblast koja je brojem stanovnika i teritorija nadmašila Englesku. Kako ne bi bilo zabune, osim diplomatsko-obavještajne aktivnosti temelj osvajačkog nastupanja Engleza predstavljat će visokoučinkovita oružana sila. I u tome su polučena neka dragocjena iskustva za budućnost.

Iskustvo je pokazalo kako su engleski vojnici (plaćenici) - sepoyi, izobraženi na europski način sposobni pobjeđivati mnogobrojnije ali i nediscipliniranije i slabo naoružane postrojbe indijskih kneževa. Međutim, vladar Bengala, Siradž-ud-doul imao je veliku vojsku i osvajači se dugo nisu usuđivali pristupiti ostvarivanju svojeg plana.

Na čelo engleskih postrojbi bio je postavljen Robert Clive koji je kao sin osiromašenog plemića, došao u Indiju kao običan bilježnik

istočno indijske kompanije. Tijekom rata s Francuzima Clive se kao dragovoljac javio u englesku vojsku. U Indiji, gdje se tražila stalna odlučnost i osobna inicijativa, on se istaknuo kao energičan i snalažljiv časnik. Predstavljao je čovjeka koji se nije želio ni pred čim zaustaviti kako bi dosegao postavljeni cilj - jačanje engleske dominacije u Bengalu i golemoga



Poza osvajača - časnik istočnoindijske kompanije Robert Clive koji je udario temelje engleske dominacije u Indiji pobjedom Plasseyja 1757. godine

osobnog bogaćenja pljačkanjem osvojene zemlje. Isto tako on je predstavljao proizvod *duba* tog vremena - kako bi se ostvarilo "opće dobro" dopuštena su sva sredstva, pri čemu je politika oslobođena svih moralnih načela. U neku ruku on je predstavljao poslanika engleske politike u zemlji koja će pod njegovom osvajačkom čizmom biti uskoro okupirana. Njegov odnos prema politici čije je provođenje u djelo bilo njemu povjereno, u punom smislu slagalo se sa izrekom engleskog poslanika u Francuskoj, sir Henryja Wattona, u 16. stoljeću koji je sljedećim riječima označio funkciju poslanika: "Dobar čovjek, poslan u tuđinu, kako bi ondje lagao u korist svoje države."

Sin osiromašenog engleskog plemića imao je i motiv više - vratiti izgubljeno bogatstvo, izgubljeni društveni i politički položaj te "uzdići" poniženog oca.

Poluga njegovog nastupanja (predstavljat će ključ uspjeha) prema njegovu shvaćanju (što će se i potvrditi) leži u pridobivanju tajnih saveznika među visokim vojnim zapovjednicima i ljudima s bengalskog dvora. Zato je, zapravo, i slao engleske predstavnike, tobože radi pregovora s bengalskim vladarem, a u stvarnosti su se utjecajni predstavnici dvora poticali na izdaju.

Osim poslanika (diplomatskih predstavnika) još veću ulogu u njegovom posrednom nastupanju odigrali će tajni agenti koje je Clive slao na dvor Siradž-ud-doula. Način njihovog djelovanja bio je vrlo jednostavan - obećavali su sve što su nezadovoljnici na dvoru tražili. Clive, naravno, uopće nije imao namjeru ispuniti ta obećanja. Štoviše, isticao je teoriju kako je u odnosima s "urođenicima" dopušteno kršiti sva moralna načela.

Cliveov plan se u temelju svodio na sljedeće: tajno se dogovarati s jednim od Siradžovih vojskovođa, Mir-Džafarom, i obećati mu bengalsko prijestolje, ako u ključnom trenutku prijeđe na englesku stranu. Nakon toga (posrednim putem) vladati pomoću Mir-Džafara ako bude pogodno, ako ne, odstraniti ga kao nepotrebnog marionetu. Osim navedenog, uloga tajnih agenata bila je i psihološki pripremiti Mir-Džafara za tu ulogu.

Clive je raspolagao mnogim špijunima, koji su ga obavještavali o svakom koraku Siradž-ud-doula, njegovim pregovorima s Francuzima i o pripremama vojnih postrojbi. Međutim, glavni njegov agent bio je Indijac Amičand, preko kojeg su se vodili pregovori sa saveznicima. Jednom prigodom Clive je dobio uzbunjujuću vijest - Amičand je bio spreman da ga izda. Amičand je znao i sve zavjerenike i ako ih izda, brižljivo razrađen Cliveov plan doživio bi potpuni slom. Odmah je požurio staviti do znanja Amičandu kako se zna o njegovim namjerama, te je spreman platiti šutnju. Trebalo se samo dogovoriti o cijeni. Odgovor je bio zaprepastujući: Amičand je za šutnju tražio 300.000 funti sterlinga. Iznos je bio toliki, čak kad bi se konfiscirao sav novac engleskih trgovaca u Calcutti, ne bi se uspjela namiriti tražena suma.

I osim protesta članova bengalskog savjeta, Clive je odmah obavijestio Amičanda kako prihvaća njegove uvjete, mada mu nije bilo ni na kraj pameti ispuniti svoje obećanje. No ni druga strana, suugovarač, nije bio tako naivan. Amičand je zahtijevao da se u tajni ugovor koji je Clive trebao zaključiti s Mir-Džafarom unese klauzula o isplati novca. Izboru nije bilo i Clive je bez protivljenja pristao na zahtjev. No to nije bilo sve. Amičand zahtijeva da na dokumentu bude i potpis engleskog admirala Watsona, koji je važio kao pošten i častan čovjek, te u svakom slučaju nije bio sposoban za očitu prijevartu. I taj zahtjev je bezpogovorno prihvaćen. Sve je trebalo učiniti i na sve pristati kako bi Amičand šutio.

Uskoro je Amičand dobio lijepo izrađen dokument na papiru crvene boje. U njemu je stajalo obećanje kako će biti ispunjeni svi

postavljeni zahtjevi, a osim Cliveovog potpisa nalazio se i potpis admirala Watsona.

Tek nakon toga dolazi do otvorenih vojnih akcija. Clive nije bio osobito uvjeren u uspjeh. Isto tako nije bilo nikakvih jamstava, da Mir-Džafar, koji je izdao svog gospodara ne će u posljednjem trenutku izdati i Engleza. U tom slučaju malobrojnu Cliveovu vojsku, koja je imala svega 3200 vojnika (od toga 900 Engleza, a ostalo su činili: Portugalci - 200 vojnika i 2100 sepeya, a od teškog oružja, 10 topova.) pregazila bi mnogobrojnija vojska Siradž-ud-doula koja je brojila 35.000 pješaka i 18.000 konjanika i bila naoružana s 50 topničkih oružja, uz potporu francuske topničke bitnice.

S razumljivim nestrpljenjem čekao je Clive svog tajnog teklića koji mu je trebao donijeti pismo od Mir-Džafara. Prošli su svi rokovi. Suprotstavljene vojske su se nalazile jedna prema drugoj u borbenom rasporedu, a dugo očekivana vijest nije još stigla. Napokon, stiglo je i pismo koje nije bilo nimalo ohrabrujuće. Štoviše bilo je krajnje nejasno. Lukavi velikaš nastojao je do posljednjeg trenutka ostati neopredijeljen kako bi vidio čija će strana prevagnuti. U takvim uvjetima, ratni savjet koji je sazvao Clive izjasnio se protiv borbe. Opasnost, a samim tim i neizvjesnost u ishod sukoba, da se izgubi sva vojska i na taj način okonča engleska vladavina i na malom dijelu Bengala koji su zauzeli bila je prisutna. Clive se u prvom trenutku složio s odlukom savjeta. No isto tako jasno je shvaćao kako bi odustajanje od bitke također značilo rušenje engleskih planova za osvajanje Bengala i izbacivanje nezahvalnih došljaka iz zemlje od strane Siradž-ud-doula. Ulazak u bitku, za Clivea čini se jedinin mogućim rješenjem.

Međutim, u Siradž-ud-doulovom logoru bilo je još nemirnije. Dva dana prije bitke, Siradž-ud-doul je saznao da je Mir-Džafar stupio u zavjeru s Englezima. Bez obzira na to saznanje nije smio uhapsiti svoga moćnog vojskovođu. Stanje je bilo takvo da se nije osjećao sigurnim u svom logoru. Nije vjerovao ni jednom od svojih vojnih zapovjednika. Činilo mu se kako izdaja prijeti sa svih strana, što i nije bilo daleko od

istine. Do poznate bitke kod Plassey dolazi 23. lipnja 1757. godine. Za vrijeme najžešće bitke Siradž-ud-doul daje znak za povlačenje nadajući se kako će bitku obnoviti kad bude sigurniji u svoje pomoćnike. No stvarnost je izgledala drukčije. Organizirano povlačenje pod engleskom navalom pretvorilo se u bijeg u potpunom neredu. Mir-Džafar nije sudjelovao u bitci. Sa svojim odabranim postrojbama čekao je ishod s kojim bi se znao i pobjednik. Za Clivea je to bilo dovoljno. Uostalom više nije ni tražio.

Kad se bezglavo povlačenje Siradž-ud-doulove vojske pretvorilo u njegov potpuni poraz, Mir-Džafara je obuzela zebnja ne će li Clive raskinuti njihov ugovor i baciti u tamnicu nevjernog saveznika. No Clive je drukčije razmišljao. Njegovo buduće nastupanje bit će u znaku posrednosti. Clive je smatrao kako će Englezi lakše moći pljačkati Bengal ako se prikriju imenom novog vladara Mir-Džafara. Izdajnika s počastima dočekuju u engleskom logoru. Stotine tisuća milijuna funti prelazi u ruke Clivea, njegovih časnika, činovnika, Istočno indijske kompanije i engleskih trgovaca.

Drugi izdajnik, Amičand, nije ništa dobio. Uzalud je pokazivao svoj ugovor na crvenom papiru. Pravi ugovor s Mir-Džafarom nije nigdje spominjao. Amičanda i njegove zahtjeve. Naravno, ni jedan ni drugi izdajnik nisu mogli shvatiti kako za osvajača Bengala jedan falsificirani potpis nije ništa značio. Uostalom, isti Clive je bio spreman i na mnogo prljavije igre i djela. Tim prije što su u pitanju bili "urođenici", s kojima prema njegovu mišljenju nije bilo potrebno postupati u rukavicama.

Na taj način bio je osvojen Bengal, a uskoro će na red doći i ostale indijske države. Dva desetljeća vodili su Englezi ratove protiv južnoindijske kneževine Majsur, koja je herojskim naporima branila svoju neovisnost. Kad je 1799. godine počeo posljednji englesko-majsurški rat, britanska obavještajna služba mogla se pohvaliti još jednim velikim uspjehom. Pošlo joj je za rukom da zavrbuje najbliže suradnike svog neprijatelja Tipu Sultana - prvog ministra Purnaja, ministra financija Mir-Sadika, zapovjednika lakog konjaništva Kamar-ud-dina. Svi su

oni, prema uputama engleske obavještajne službe, obmanjivali Tipua. Nasuprot njoj, majsurka obavještajna služba, koja je obično odlično znala sva kretanja Engleza, tog puta bila je gluha i slijepa. Tipu nije znao čak ni za najvažnije pokrete goleme engleske vojske koja se približavala prijestolnici Majsura Seringpatamu. Potkraj travnja 1799. godine, engleska vojska počela je opsadu tog jakog naseljenog i utvrđenog grada. Izdaja ni tu nije spavala. Kad je Tipu Sultan izašao izvan zidina, Mir-Sadik je izdajnički zapovijedio da se zatvore vrata, kako bi se tobože pregradio put Englezima koji su napadali. Put za odstupnicu Tipuu bio je odsječen, a uskoro zatim bio je i ranjen. Tipuov iznimno vrijedan pojas naveo je jednog Engleza, koji se našao pokraj njega da ga napadne. Kad se Tipu pokušao oduprijeti, Englez ga je ustrijelio pucnjem u sljepoočicu. Spomenuti događaj dogodio se 4. svibnja 1799. godine. Podivljali engleski vojnici upali su u grad pljačkajući ga tri puna dana.

Sudbine izdajnika koji su izdali zemlju bile su različite. Mir-Sadik koji je zatvorio vrata, pokupio je dragocjenosti i pokušao s njima pobjeći Englezima. No Majsurci su pročitati njegove namjere: narod ga je doslovce rastrgao. S druge strane, Purnaja i Kamar-ud-din dobili su bogatu nagradu za svoju službu kao agenti engleske obavještajne službe. Purnaja je bio postavljen za glavnog ministra vazalske kneževine u koju je bio pretvoren Majsur, dok je Kamar-ud-din dobio veliko imanje. Na taj način bio je slomljen višegodišnji otpor naroda Južne Indije engleskom kolonijalnom osvajanju.

Tijekom viktorijsanske ere u 19. stoljeću u mnogobrojnim, udaljenim "uglovima" carstva, među kojima je bila i Indija, većina kolonijalnih kampanja, tj. kolonijalnih ratova i borbe koje su u njima vodili britanski vojnici iznijet će na vidjelo različite značajke, i drastično različite stilove borbe u oružanim sukobima s različitim vojskama. O svim tim specifičnostima vođenja oružanih sukoba u kolonijalnim ratovima više riječi će biti u sljedećim brojevima *Hrvatskog vojnika*.

(nastavit će se)



CROATIA BANKA

Kvaternikov trg 9, 10000 Zagreb

Tel: 01 / 23 91 111 Fax: 01 / 23 32 470

Moderna banka za modernu Hrvatsku

Minobacač Mortar

"Commando" 60mm M70

Minobacač 60 mm M70 COMMANDO je pješačko podržavajuće oružje namijenjeno diverzantima i postrojbama posebne namjene za borbu u neposrednoj blizini.

Jednostavne je konstrukcije - cijev i postolje - što omogućuje ciljanje držeći rukom cijev na željenoj elevaciji.

Ovakva konstrukcija dozvoljava i izravno ciljanje, pri čemu treba voditi računa o padu putanje mine.

Light mortar 60mm M70 COMMANDO is a light-weight infantry support weapon designed for use by commando and other special forces for close-range combat.

Simple construction of this weapon - a barrel and a baseplate - allows for manual aiming, even a low-angle, direct - aim firing.

TEHNIČKE OSOBINE

kalibar	60,8 mm
dužina cijevi	693 mm
težina minobacača	7,8 kg
elevacija	5° - 85°
horizontalno polje djelovanja	360°
brzina ciljanja	20-25 mina/min
max. domet	1.630 m
max. tlak u cijevi	250 bara
ciljnička naprava	mehanička, s podjelom 1/6400

TECHNICAL DATA

barrel caliber	60,8 mm
barrel length	693 mm
mortar mass	7,8 kg
elevation	5° - 85°
horizontal field of action	360°
rate of fire	20-25 shells/min
max. range	1.630 m
max. bore pressure	250 bar
aiming device	mechanical, ruler div. 1/6400

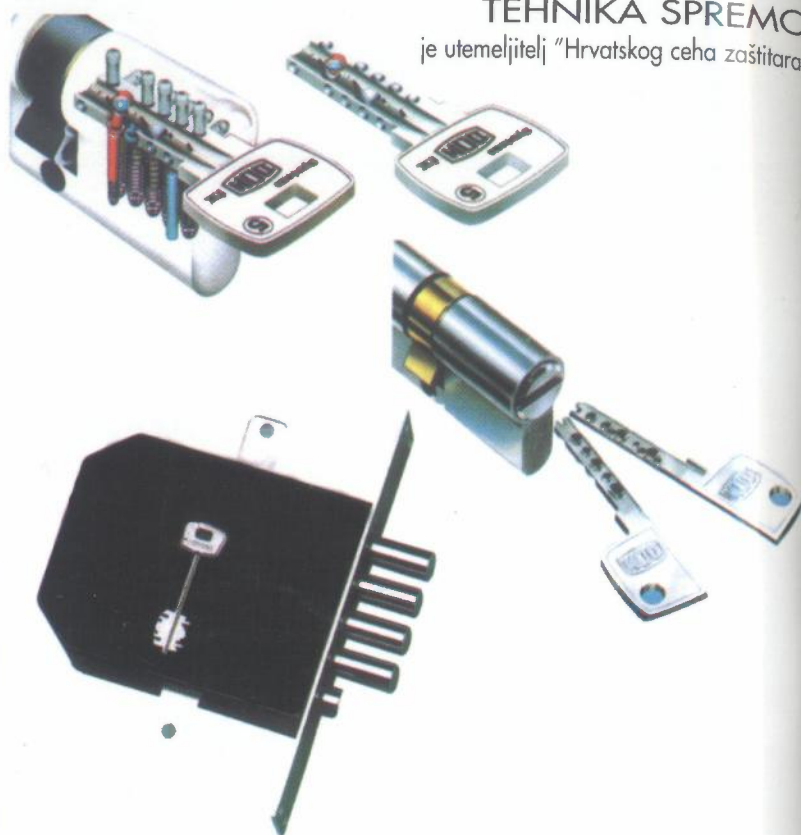
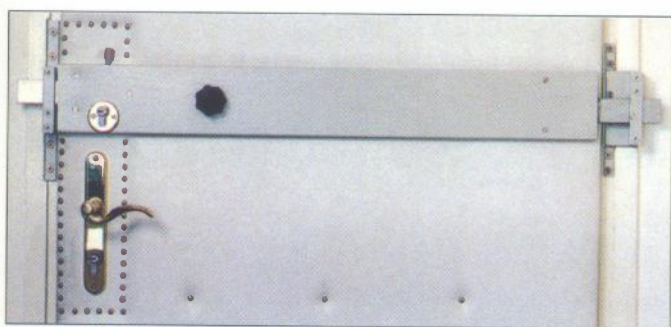


TEHNIKA Spremo

SIGURNOSNI SUSTAVI OSNOVANO 1970.

ZAGREB, Dobrilina 33
Tel.: 315-791, Tel./fax 322-381

**SIGURNOST VAŠIH NAJMILIJIH
VAŠIH USPOMENA
VAŠIH DRAGOCJENOSTI
VAŠE IMOVINE
PROVJERENO OSOBLJE
ZAJAMČENA DISKRECIJA**



TEHNIKA SPREMO
je utemeljitelj "Hrvatskog ceha zaštitara"



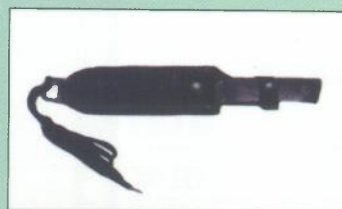
AS-TIM

Poduzeće za trgovinu, turizam, ugostiteljstvo i usluge
10000 ZAGREB, Donji prečac 9 CROATIA

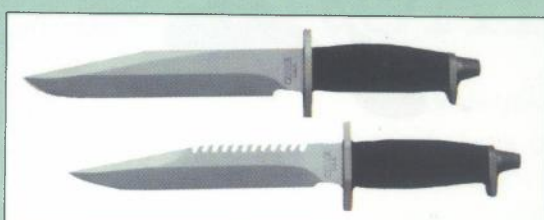
OVLAŠTENI DISTRIBUTER ZA R. HRVATSKU



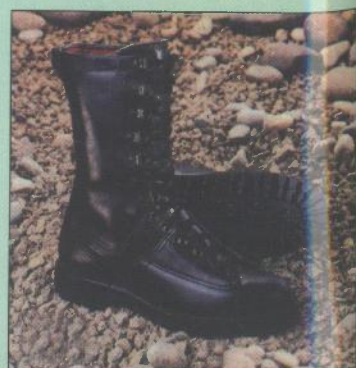
MAG LITE - cjelovit izbor
ručnih svjetiljki provjerene
kvalitete



COLD STEEL - široki izbor sportskih noževa za profesionalnu i
civilnu uporabu



GERBER - široki
izbor sportskih
noževa te
univerzalna
džepna kliješta
sa dodatnim
alatom



DANNER- čizme za profesionalnu i osobnu
uporabu (100% vodo-nepropusne)