

Direktor

Pukovnik
SLAVKO BRSTINA

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

General-major
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

General-major
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

General-major
dr SLOBODAN BURSAĆ, dipl. inž.

General-major
MILAN UZELAC, dipl. inž.

General-major
BRANISLAV OBRADOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr RADOVAN MAKSIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOVAN ČIROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILAN ŠUNJEVARIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr DRAGUTIN JOVANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

Potpukovnik
STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

* * *

Zastupa glavnog i odgovornog urednika

Potpukovnik
Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 646-277)

Sekretar redakcije
Zora Pavličević
(tel. 641-795, vojni 22-431)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.

Pretplata: 645-020, žiro-račun: 40818-637-9-
6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054. Godišnja
pretplata 210,00 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija – Beograd,
Generala Ždanova 40b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K

3

GODINA XLVIII • MAJ–JUN 2000.

S A D R Ź A J

Dr Petar Stanojević, major, dipl. inž.	OSNOVI METODOLOGIJE PROJEKTOVANJA ORGA- NIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA	261
Dr Vasilije Mišković, pukovnik, dipl. inž.		
Profesor dr Momčilo Milinović, dipl. inž.	PREDLOG TAKTIČKO-TEHNIČKIH ZAHTEVA ZA AUTOMATSKE NIŠANSKE UREĐAJE U PVO I NJI- HOVA KLASIFIKACIJA	272
Dr Nenad Dođić, dipl. inž.		
Obrad Čabarkapa, major, dipl. inž.	FAKTORSKA ANALIZA POLAZNIH PARAMETARA KOJI NAJVIŠE UTIČU NA MODEL DVOFAZNOG STRUJANJA U CEVI AUTOMATSKE PUŠKE	283
Miloš Pejanović, major, dipl. inž.		
Dr Svetomir Minić, pukovnik, dipl. inž.	AUTOMATIZOVANI SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČI- VANJU	295
Dr Mladen Pantić, potpukovnik, dipl. inž.	NEKE OSNOVNE KARAKTERISTIKE PLANETARNIH PRENOSNIKA I NJIHOVA PRIMENA NA BRZOHOD- NIM GUSENIČNIM VOZILIMA	305
Mr Dragan Simić, pukovnik, dipl. inž.	SISTEM INTEGRISANOG UPRAVLJANJA ELEKTRO- MEHANIČKIM SISTEMIMA AVIONA	314
Tomislav Lukić, potpukovnik, dipl. inž.	PRINCIPI PRIMENE LASERA U INDUSTRIJSKOJ OBRADI MATERIJALA	328
Dr Slavko Pokorni, pukovnik, dipl. inž.	VAZDUHOPLOVNA SREDSTVA ZA PROTIVELEK- TRONSKU BORBUNU ORUŽANIH SNAGA SAD	340
	PONAŠANJE MATERIJALA PRI VELIKIM BRZINAMA DEFORMACIJE - prikaz monografije -	352
<hr/>		
PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA		
	Nova municija 30 mm - V.R.	355
	Proizvodna faza protivtenkovske rakete MR TRIGAT - V.R.	356
	Tenk T-90S - M.K.	357
	Četvrta generacija tenka MERKAVA - V.R.	360
	Borbena vozilo pešadije BIONIX - V.R.	361
	BMP-3: nekonvencionalno borbeno vozilo pešadije - V.R.	363

Dobro naoružana borbena vozila pešadije Poljske – V.R.	365
Borbena vozila pešadije iz Južne Koreje – V.R.	368

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Razvoj municije direktnog dejstva – V.R.	371
Vođena tenkovska municija – V.R.	371
Nova bojna glava za TOMAHAWK – V.R.	372
Raketa BLOCK 1 – spremna za uvođenje u naoružanje – V.R.	372
Ispitivanje protivtenkovske rakete BRIMSTONE – M.K. . . .	373
Raketni sistem SPIKE – V.R.	374
Povećanje vatrene moći samohodnog PA topa GEPARD 35 mm – V.R.	375
Modernizacija PVO Rumunije – V.R.	375
Prva vatrena proba samohodne haubice CRUSADER – M.K.	376
Kineski samohodni protivtenkovski top 120 mm – V.R. . . .	376
Povećanje mogućnosti radara FARAON – V.R.	377
Modernizacija aviona AWACS – M.K.	377
Nova elektrooprema za helikoptere TIGAR AH – M.K. . . .	378
Modernizacija aviona C-130 – M.K.	379
Borbena vozila pešadije PIRANHA IV – V.R.	380
Brzo napadačko vozilo – FAV – V.R.	380
Savremeni optronički jarbol – M.K.	381
Nova ruska „džepna“ podmornica – B.A.	381

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.
Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

OSNOVI METODOLOGIJE PROJEKTOVANJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA

– nastavak iz broja 2/2000 –

UDC: 65.01

Algoritam tehnološkog projektovanja

Tehnološko projektovanje OTS ima za cilj određivanje rešenja koje u datim uslovima omogućava najcelishodnije funkcionisanje projektovanog sistema. Algoritam metodoloških koraka tehnološkog projektovanja (AMKTP) osnova je, podsetnik i uputstvo za tehnološko projektovanje logističkih sistema (slika 4). algoritmom su obuhvaćene faze projektovanja i veze sa ostalim učesnicima u projektovanju, a koncipiran je prema relevantnoj literaturi iz te oblasti [11].

Osnovnu strukturu projektovanja tehnoloških procesa u OTS (SOd) čine sledeće faze: analiza TZ, izbor elemenata sistema (resursa-TE) kroz definisanje tehnoloških koncepcija,³ modelovanje sistema i dimenzioniranje njegovih elemenata, uklanjanje elemenata u celine i for-

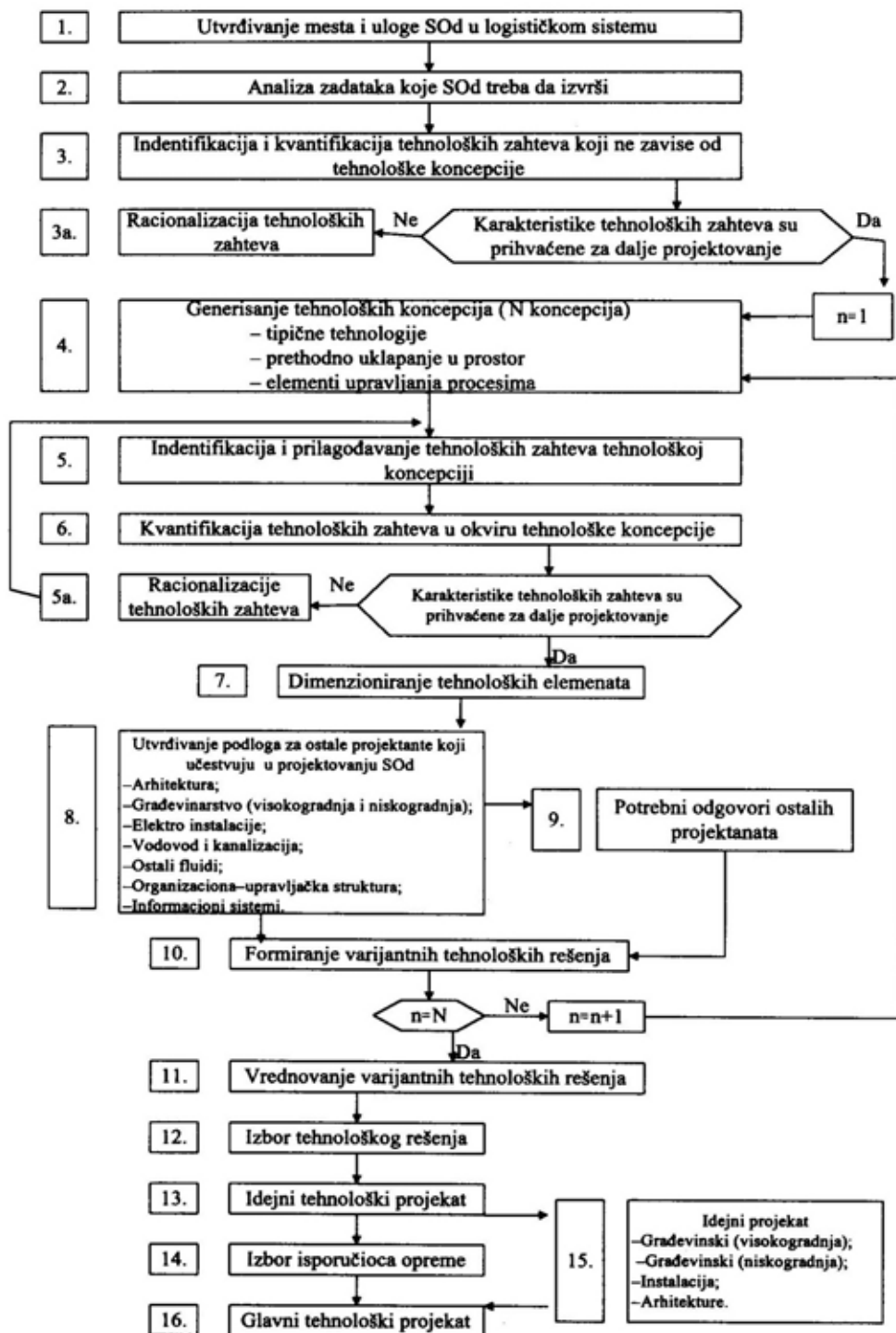
³ Osnovni princip pri definisanju TZ je njegova povezanost sa TE, što zahteva grupisanje TZ u grupe sa aspekta njihovog izvršenja. Ovako formiranoj grupi zahteva, zaokruženoj u jednu tehnološku celinu, može se dodeliti jedinstven način izvršavanja, koji, ako je uobičajen u praksi, dobija naziv tipična tehnologija. Dešava se da se projektant tehnologije nađe u situaciji da smatra da je najbolje rešenje neka neuobičajena tehnologija. U tom slučaju radi se o atipičnoj tehnologiji. Za tipičnu tehnologiju može se reći da je potpuno definisana samo ako su kompletno obuhvaćene sledeće veličine: struktura TZ koji su obuhvaćeni tehnološkom koncepcijom, sa svim svojim relevantnim karakteristikama, struktura korišćenih TE i njihov odnos sa TZ, rešenje mikrolokacijskih problema, oblici operativnog upravljanja pri izvršenju TZ. Sagledavanje veza između TZ i TE najjednostavnije se realizuje formiranjem matrice veza, odnosa TZ i TE. Tehnološke koncepcije su osnovni skup tipičnih, atipičnih tehnologija, uklanjanja u lokaciju i upravljanja procesima. Za izvršenje zadatka sistema definiše se više techno-

miranje tehnoloških rešenja,⁴ vrednovanje i izbor rešenja i formiranje potrebnih osnova ostalim projektantima i izvođačima.

Karakteristične zahteve šireg sistema i specifičnosti konkretnog SOd najpogodnije je sagledati već u prvom koraku procedure. Za te potrebe pogodno je koristiti odgovarajuće upitnike. Nakon identifikacije TZ pristupa se njihovoj polaznoj kvantifikaciji. Kvantifikacijom su obuhvaćeni svi TZ koji su identifikovani pre generisanja tehnoloških koncepcija. Načelno, radi se na grub način, bez sagledavanja prioriteta, u relativno velikoj vremenskoj jedinici, najčešće preko matematičkih očekivanja i uz globalnu ocenu prisustva stohastike i nestacionarnosti relevantnih parametara, radi globalnog sagledavanja veličine zadataka i pokazatelja izvršenja.

loških koncepcija, tako da se dolazi do termina varijantna tehnološka koncepcija. Tipične tehnologije mogu biti zavisne ili nezavisne od tehnološke koncepcije (nema potrebe za međusobnom kompatibilnošću). Sve međuzavisnosti prisutne pri povezivanju dva TZ i TE u vremenu spadaju u oblast upravljanja procesima. Glavni rezultat koji se ostvaruje ovom matricom jeste eksplicitno sagledavanje homogenosti TZ u odnosu na pojedine TE, što daje poruku da se ti zahtevi u postupku kvantifikacije moraju međusobno sabirati.

⁴ Tehnološko rešenje nastaje daljom nadgradnjom tehnoloških koncepcija. Ono obuhvata: izbor tehnološke koncepcije, dimenzioniranje tehnoloških elemenata, konačno uklanjanje tehnoloških elemenata u lokaciju, konačni izbor postupaka upravljanja i definisanja osnova za ostale projektante (arhitekta, građevince, urbaniste, itd.) zavisnih akcija, odabranih tako da se odvijanjem upravljanog procesa postigne neki cilj i postavlja zadatak pronalaženja principa, metoda i tehničkih sredstava za postizanje cilja upravljanja.



Sl. 4 – Algoritam metodoloških koraka tehnološkog projektovanja (AMKTP)

Dovodjenje primenjenih tehnologija u lokacijski i hijerarhijski odnos, na generalnom planu, obavlja se usvajanjem neke od mogućih koncepcija-stratifikacija sistema održavanja prema takozvanim nivoima podrške. Nakon toga svaka primenjena tehnologija se preliminarno locira na raspoloživom prostoru.

Realizacija pojedinih TZ zavisi i od toga kako se procesom upravlja. Osnove za upravljanje procesima, kao što su prioritet, jednovremena realizacija sa više TE, šema toka logističkih procesa, načela izbora prioriteta, pravila i dr. moraju se usaglasiti sa potrebama za brzinom prenosa informacija i odlučivanja u upravljačkoj strukturi (On-line ili periodično). Sam upravljački sistem mora imati svoje TE (računarski, telefonski, pisani ili usmeni način prenošenja poruka) i puteve komunikacija (odgovarajuću organizacionu strukturu), koji moraju biti usaglašeni sa primenjenom tehnologijom i razmeštajem u prostoru.

Mora se uspostaviti povratna sprega između identifikacije, racionalizacije i kvantifikacije TZ-a. Kod svakog TZ treba razmotriti mogućnosti njegove racionalizacije. Posle sprovedene racionalizacije potrebno je ponovo izvršiti kvantifikaciju TZ-a. Vrlo veliki efekti postižu se racionalizacijom TZ-a još u stadijumu pojavljivanja. Najviši nivo koji se racionalizacijom može postići je eliminacija nekih TZ-a, što se mora sprovesti uz respektovanje uslova da efekti racionalizacije ne budu manji od potrebnih ulaganja.

Kvantifikacija TZ podrazumeva utvrđivanje njihovih karakteristika i za svaku karakteristiku odgovarajućih obeležja uz dodeljivanje kvantitativnih pokazatelja koji su dovoljni da se TZ opiše kvantitativno i kvalitativno. Kvantifikacija TZ obavlja se u okviru svake tehnološke

koncepcije posebno. Osnovna karakteristična veličina TZ je njegov intenzitet. Pojavni oblik TZ (količina), kao i zakonitost njihovog nastanka u vremenu direktno određuju vreme za njegovu realizaciju, uz poznavanje intenziteta usluge koju specifični TE može ostvariti. Sabiranjem TZ ostvaruje se efekat smanjenja koeficijenta varijacije TZ-a, i smanjuje stohastičnost i nestacionarnost. Sabirati se mogu samo TZ koji su homogeni sa stanovišta izvršenja na jednom TE i imaju isto mesto nastanka i završetka. Simulacionim modelima za sabiranje slučajnih veličina mogu se sabirati stohastički TZ bez obzira na to da li su im intenziteti predstavljeni empirijskim ili teoretskim raspodelama verovatnoća. Uključivanje intervala strpljivosti moguće je uz korišćenje simulacionih modela ili modela teorije masovnog opsluživanja sa ograničenim vremenom boravka klijenata u redu. Kod nestacionarnih zahteva najveći efekti racionalizacije mogu se postići prebacivanjem intervala najvećeg intenziteta TZ, organizacionim merama, na neki drugi deo vremenske ose.

Osnovni principi pri sprovođenju postupka dimenzioniranja TE u okviru proizvoljne tehnološke koncepcije su: pravilan izbor relevantnog „maksimuma intenziteta zadatka sistema“ i faza realizacije projekta, definisanje veličina koje se dimenzioniraju (potreban broj TE i njihovih dimenzionih karakteristika kao što su kapacitet, nosivost i dimenzije), izbor kvalitetnih merodavnih veličina za dimenzioniranje TE (npr. dužina trajanja realizacije TZ merodavna je veličina uvek kada TZ treba da se realizuje u nekom vremenu koje treba optimizirati; intenzitet TZ je, po pravilu, uvek ulazna veličina u svim modelima za dimenzioniranje), kvantifikacija TE treba da se obavi sagla-

sno merodavnim veličinama i modelima za dimenzioniranje (npr. simulacioni), analiza osetljivosti izlaznih rezultata na promenu relevantnih ulaznih veličina i, po potrebi, obezbeđenje pouzdanijih ulaznih podataka.

Da bi se zaokružila celina projektovanja SOd-a, u vidu izlaza iz tehnološkog projektovanja potrebno je dati i osnovu za ostale projektante. Prvenstveno se misli na davanje podataka projektantima: organizacione – upravljačke strukture, informacionog sistema, arhitektama, građevincima (visokogradnja i niskogradnja), elektro-instalacija, vodovoda i kanalizacije, grejanja i ventilacije. Sve dok ne bude poznata oprema i njen isporučilac, ceo ovaj skup poslova zadržava se na nivou idejnog tehnološkog projekta, a tek tada se može preći na izradu glavnog projekta, koji mora da sadrži visok stepen detaljizacije.

Algoritam projektovanja organizacione strukture

Da bi se ostvario susretni pristup projektovanju organizacione strukture OTS i veza sa sistemom izvršenja tehnoloških procesa, treba povezati postupak tehnološkog projektovanja sa postupkom projektovanja organizacione strukture. Ta veza se ostvaruje kreiranjem originalnog algoritma projektovanja organizacione strukture SOd-a (OTS). Ovaj algoritam, koji sadrži jedanaest karakterističnih metodoloških koraka, zajedno sa sadržajima koji ga povezuju sa AMKTP, prikazan je na slici 5.

Prvi korak algoritma identičan je prvom koraku AMKTP, kojim se uočavaju organizacione specifičnosti konkretnog SOd. U drugom koraku se sagledava

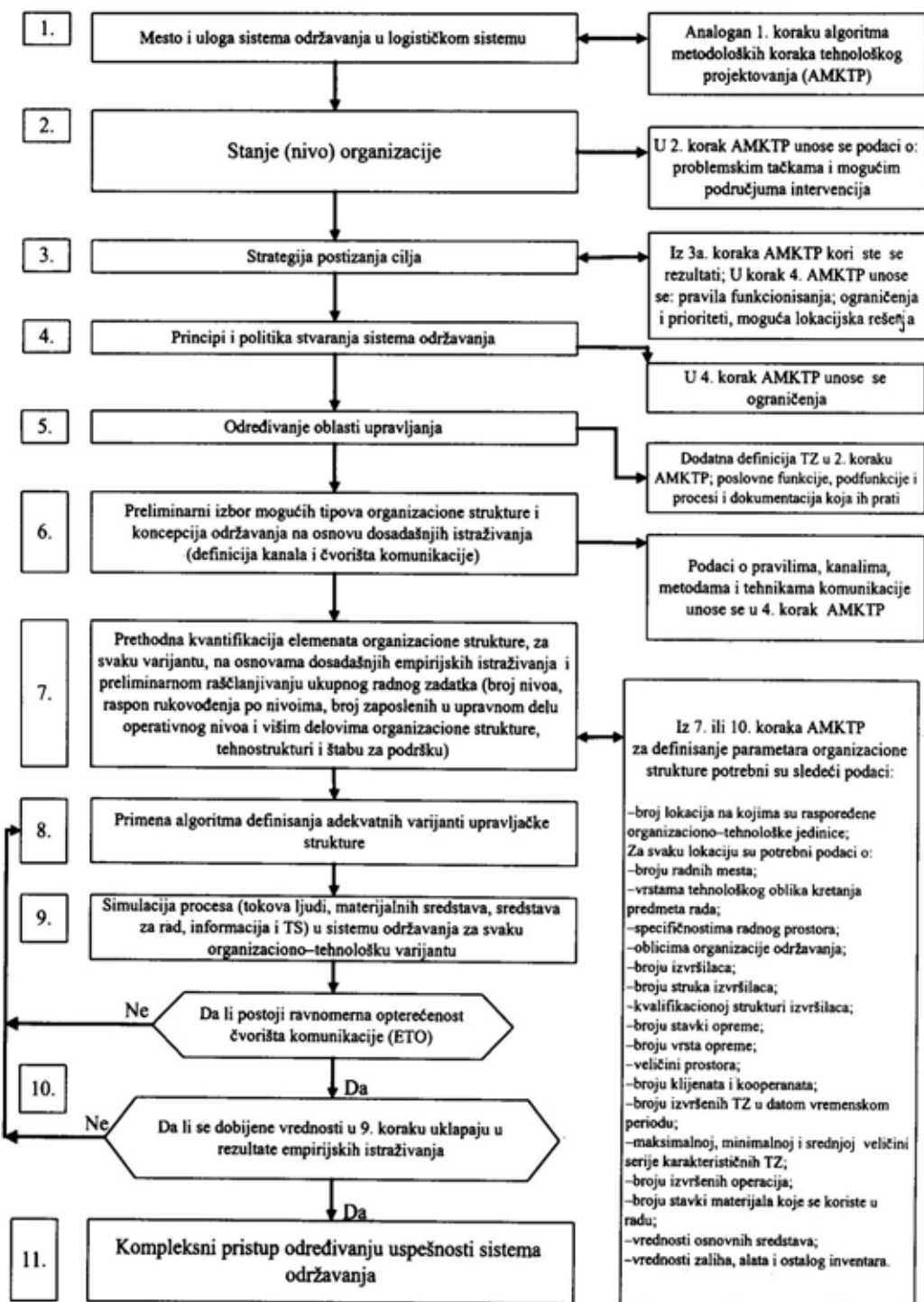
stanje, odnosno nivo organizacije. Ukoliko je to već postojeći SOd, cilj ove analize je identifikacija problemskih tačaka.

Izbor konkretne poslovne strategije, koji je već opisan u prethodnom delu, određiće pravila funkcionisanja, ograničenja i prioritete izvođenja pojedinih vrsta radova i moguća lokacijska rešenja. U četvrtom koraku za konkretni SOd biraju se karakteristični principi, sa ciljem da se definiše karakteristična poslovna politika SOd-a. Izabrani principi utičeće na proces tehnološkog projektovanja prvenstveno u vidu ograničenja.

Određivanje oblasti upravljanja predstavlja diferencijaciju SOd-a na delove koji imaju zadatak da upravljaju pojedinim segmentima okoline i sopstvenog zadatka. U osnovi postoje dve osnovne oblasti upravljanja SOd: upravljanje u oblasti materijalnih i informacionih tokova u SOd i upravljanje u oblasti komunikacije sa okruženjem.

U okviru upravljanja u oblasti materijalnih i informacionih tokova u SOd karakteristične su sledeće oblasti upravljanja: upravljanje izvođenjem postupaka održavanja (raspodelom nadležnosti u oblasti organizacije i tehnologije realizacije procesa, operativnim planiranjem – pripremom, obezbeđenjem kvaliteta, otklanjanjem slabih mesta na TS, motivacijom održavalaca, itd.); upravljanje logističkom podrškom SOd; upravljanje razvojem (inovacijama) u SOd i upravljanje u oblastima finansijskih, materijalnih, kadrovskih i drugih poslova.

Upravljanje u oblasti komunikacije sa okruženjem podrazumeva: upravljanje zahtevima korisnika za održavanjem (procesiranje zahteva, delovanje na ponašanje korisnika itd.), i upravljanje spoljnim transportom.



Sl. 5 – Algoritam projektovanja organizacione strukture sistema održavanja

Projektne ograničenja i stanje u širem sistemu mogu, unapred, kao ograničavajući faktor, usloviti konkretnu širinu obuhvata parcijalnog zadatka SOd-a u sklopu zadataka šireg sistema. To se obavlja kroz raspodelu autoriteta (nadležnosti) na nivou celine PS, a mora se uvažavati pri projektovanju SOd-a. Na taj način stvara se osnova za kreiranje varijanti organizacionog strukturiranja. Svaki od izabranih upravljačkih procesa, koje će izvršavati konkretni SOd, mora imati odgovarajuću informacionu osnovu u odgovarajućim nosiocima informacija.

Izbor varijantnih koncepcija SOd-a (određivanja nadležnosti za izvođenje postupaka održavanja po nivoima) povezan je sa primenom sledećih principa: u načelu imati što manji broj nivoa održavanja; za visok intenzitet TZ racionalno je spustiti nadležnosti održavanja prema nižim nivoima i približiti organizacione jedinice SOd-a korisnicima; kad god je to opravdano deo poslova održavanja prepuštiti PS van svog sistema. Ovakvim pristupom određuje se stepen decentralizacije – centralizacije u SOd-u, preko raspodele konkretnih nadležnosti za opslugu TZ.

Izbor tipa organizacione strukture, u suštini, znači izbor načina i mesta odlučivanja i puteva komuniciranja u sistemu. Od toga direktno zavisi brzina prenosa i gubitak, odnosno stepen „iskorišćenja i iskrivljenja“ informacija. Takođe, tip organizacione strukture utiče i na obim i strukturu znanja koja su potrebna članovima uprave da bi uspešno obavili svoj deo zadatka. Osobine tipa izabrane strukture delovaće povratno na ponašanje ljudi u organizaciji. Pri izboru mogućih tipova organizacione strukture potrebno je iskoristiti prednosti koje pružaju dve osnovne tipologije organizacionih struktura: Jer-

makowiczewa i Minitzbergova [12]. Prva je pogodna sa stanovišta prikazivanja informacionih veza i tokova među elementima strukture, a druga je pogodna sa stanovišta snimanja trenutnog ili projektovanog stanja u PS i određivanja tendencija njegovog razvoja (pentagram model). Kombinovanjem vertikalnih, horizontalnih i poprečnih veza, među elementima organizacije kreiraju se organizacione strukture. Elementi organizacije moraju među sobom postići potreban stepen integracije kako bi uspešno odgovorili zahtevima okruženja. Veze među elementima organizacije po svojoj suštini predstavljaju kanale komunikacija, u širem smislu, kojima se ostvaruje protok informacija, ljudi, sredstava za rad, predmeta rada i novca.

Iskustvo je pokazalo da je gotovo nemoguće razdvojiti informacione tokove od ostalih tokova u OTS. U slučaju SOd, kao sistema u kojem je tip proizvodnje prvenstveno pojedinačni i maloserijski, zahtevi za održavanjem predstavljaju generatore ostalih materijalnih, kadrovskih i novčanih tokova.

Varijante organizacione strukture mogu biti kreirane kao varijante makrostrukture (strukturiranje organizacionih jedinica, stratifikacija organizacionih jedinica prema nivoima upravljanja, integracija ili dezintegracija pojedinih organizacionih celina, broj nivoa podrške, itd.) i/ili kao varijantna rešenja tipa strukture (npr. linijska, funkcionalna, matrična, itd.) prema strukturi nadležnosti u odlučivanju. Proces generisanja odgovarajućih varijantnih rešenja na tehnološkom i organizacionom planu predstavlja zadatak koji zahteva maksimum kreativnosti od projekatana sistema.

Svaka generisana varijanta organizacionog strukturiranja treba da sadrži: broj

organizacionih jedinica, strukturu organizacionih jedinica – po radnim mestima, raspored organizacionih jedinica u prostoru, ovlašćenja za izvršenje pojedinih zadataka (nadležnosti), pripadnost organizacionih jedinica karakterističnim nivoima održavanja i pravila međusobnog komuniciranja.

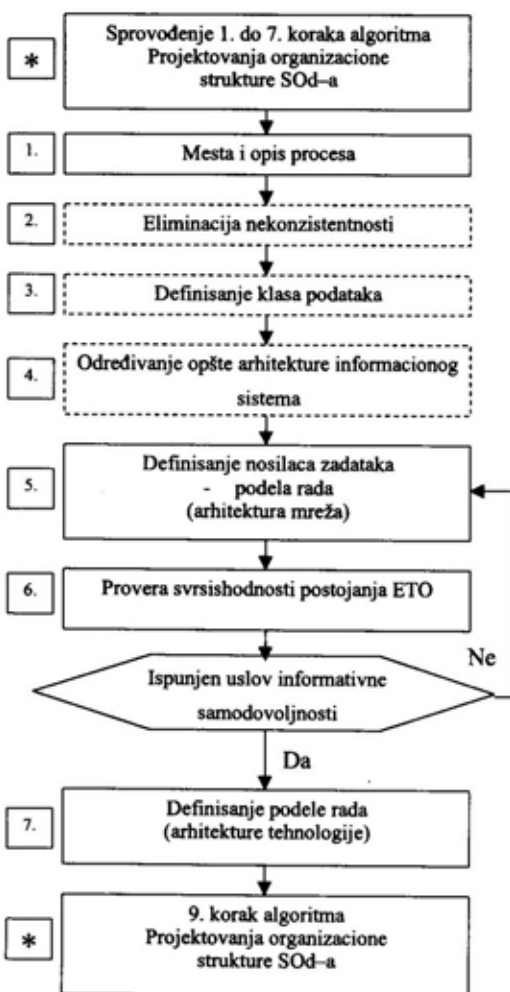
Na osnovama podataka iz tehnološkog dela projekta, podataka iz eksperimenta na realnim poslovnim sistemima (npr. Woodward (1965), Child (1973), Aston (1973) itd. [15]), moguće je izvršiti preliminarnu kvantifikaciju varijantnih rešenja organizacione strukture (broj zaposlenih, raspon rukovođenja, itd.) [10]. Ovaj korak projektovanja organizacione strukture započinje po dobijanju rezultata 7. i/ili 10. koraka AMKTP.

Algoritam definisanja adekvatnih varijanti upravljačke strukture zasnovan je na metodologiji projektovanja informacionih sistema (IS) [13], i prikazan je na slici 6.

Projektovanje organizacione strukture ne može se odvojiti od projektovanja IS. Efikasnost upravljačkog sistema može se izjednačiti sa efikasnošću IS, pa je organizovanost procesa obrade i prenosa informacija, praktično, mera organizovanosti PS. Za kreiranje adekvatne arhitekture mreža kanala komunikacije među radnim mestima u organizacionoj strukturi takođe je potrebno izvršiti AIP i analizu nosilaca informacija (zasnovanu na BSP ili nekoj drugoj uobičajenoj metodi radi eliminacije pojave dupliranja i nekonzistentnosti).

U svakom od upravljačkih radnih mesta (elemenata upravljačke strukture) stiže se više komunikacionih kanala, pa ona, po sebi, predstavljaju komunikaciona čvorišta. Osnovni zadatak svakog čvorišta komunikacija je izvršenje dode-

ljenih procesa pretvaranja informacija u odluke i odluka u akcije u skladu sa dodeljenim nadležnostima. Za taj zadatak potrebni su odgovarajući resursi.



Sl. 6 – Algoritam definisanja adekvatnih varijanti upravljačke strukture

Sinhronizovanje dejstava svih elemenata upravljačke strukture u procesu odlučivanja, koje podrazumeva usklađenost, poštovanje prioriteta i optimalno trajanje pojedinih faza, čini osnovni zadatak upravljanja (tehnologije odlučivanja).

Svako komunikaciono čvorište može se opisati procesom, resursom i jedinicom. Ukoliko se pridoda i stav o tome da je neka informacija aktuelna samo izvesno vreme, odnosno da za njenu obradu postoji izvestan interval strpljivosti, može se zaključiti da bi se organizaciona struktura mogla projektovati na osnovu već iznetih principa tehnološkog projektovanja, gde bi informacije bile karakteristični TZ. Međutim, ne može se govoriti o TE u smislu u kojem se taj pojam u dosadašnjem izlaganju koristio.

Element upravljačke strukture se, pored osobina koje ima i svaki drugi TE, odlikuje misaonim procesom, pravilima i metodama za donošenje odluke, mogućim improvizacijama, motivacijom, odnosom prema naučnim i tehničkim dostignućima, međuljudskim odnosima i odnosima moći. Zbog toga će se element upravljačke strukture – radno mesto, odrediti pojmom element tehnologije odlučivanja (ETO). Različite tehnološke koncepcije, u ovom slučaju, generišu se izborom različitih ETO, odnosno određivanjem potrebne struke izvršilaca i njihove kvalifikacije, tehničkih sredstava za obradu i prenos informacija.

Poslovanje svakog ETO više ili manje zavisi od poslovanja ostalih elemenata. To praktično znači da svaki od njih može predstavljati usko organizaciono grlo. Dimenzioniranje ETO treba obavljati prema opterećenju obradom informacija.

Algoritam definisanja adekvatnih varijanti upravljačke strukture (slika 6) određuje sadržaj 8. koraka prethodno navedenog algoritma (slika 5). Ovaj algoritam ima dva načina primene, i to potpuni postupak i skraćeni postupak.

Potpuni postupak sprovodi se kada sa projektovanjem organizacione struk-

ture paralelno teče projektovanje IS, ili projektanti imaju značajan uticaj na njegovo kreiranje. Sprovesti skraćeni postupak znači da se dokumenti i njihovo kretanje kroz PS poistovećuju sa informacionim procesima i njihovim tokovima. Skraćeni postupak je pogodan, jer zahteva manje istraživačkih resursa i može se sprovesti za kraće vreme. Praktično, u skraćenom postupku preskače se izvođenje 2, 3. i 4. koraka algoritma, što je prikazano isprekidanim linijama na slici 6.

Takozvane Organizacione tabele pokazale su se veoma primenljivim u slučaju da je potrebno izvršiti povezivanje mesta u upravljačkoj strukturi sa informacionim tokovima determinisanim strukturom nadležnosti i ovlašćenja. Organizacione tabele, u suštini, predstavljaju matrice sa dimenzijama: radno mesto u organizacionoj strukturi – proces ili funkcija (dokument u skraćenom postupku). Simbolima koji se unose na mestima preseka, u matrici, određuje se zadatak koji izvršilac na pojedinom radnom mestu u organizacionoj strukturi izvršava u okviru nekog procesa ili funkcije u skladu sa konceptom životnog veka dokumenta – informacionog procesa.

Organizacione tabele izrađuju se u onoliko varijanti koliko varijanti organizacionih struktura i podela rada definiše projektant organizacione strukture. Pri generisanju ovih tabela treba imati u vidu da svaki ETO ima tri „dimenzije“: proces, nadležnost i mesto u hijerarhijskoj strukturi. Slični rezultati mogu se postići korišćenjem tzv. dijagrama aktivnosti definisanih IDEFO standardima koje podržavaju programski paketi ERWIN i BPWIN koji su upravo i namenjeni za poslove vezane za reinženjering procesa.

Nakon ispitivanja tzv. informativne samodovoljnosti [13] radnih mesta (zasnovana na pravilu da se iz strukture izbacuju sva radna mesta koja ne zadovoljavaju kriterijum da se od 100% informacija koje se na njima obrađuju, na njima generiše 70%, a od okruženja dobijaju 30%) stvara se detaljna varijanta arhitekture organizacione tehnologije. To podrazumeva precizno određenje informacionih tokova, mreže komunikacija i karakteristika ETO (potrebna znanja, veštine, obrazovanje, metode za podršku odlučivanju, procedure odlučivanja i oprema za prenos i obradu informacija).

Zbog karakteristike SOD da se većina procesa koji se u njemu odigravaju može opisati slučajnim promenljivima, uz potrebno uvažavanje specifičnih upravljačkih rešenja, najbolji način za projektovanje SOD-a, i u tom sklopu dimenzioniranje ETO, jeste primena metoda matematičkog modelovanja i simulacije. Ukoliko se želi projektovanje i tehnološkog i upravljačkog dela SOD-a karakteristični SOD mora se posmatrati kao celina. Njegov model, u tom slučaju, mora obuhvatiti sve karakteristične tokove (ljudi, TE, TZ, materijala, r/d, informacija, novca, ...).

Modelovanje i simulacija obavlja se za sve kombinacije tehnoloških i organizacionih varijanti SOD-a. Kreirana varijantna rešenja OTS (SOD), zajedno sa sistemom kriterijuma, čine specifičan eksperimentalni okvir. Kvantifikacija pokazatelja uspešnosti i poređenje varijantnih rešenja prvenstveno se zasniva na metodologiji modelovanja i simulacije kao, u ovom slučaju, najpogodnijih kvantitativnih metoda. Ovaj postupak predstavlja vrhunac i kraj kvantitativnog dela postupka projektovanja – reprojekovanja. Simulaciju modularnih, hijerarhijski ure-

denih modela najbolje je sprovesti korišćenjem metodologije objektno orijentisanih softvera, kao što je, na primer, ona opisana u [14]. Jedan od rezultata ovakvog postupka je specifična biblioteka objekta koji se mogu ponovo koristiti u postupcima modelovanja i simulacije sličnih sistema, što upravo omogućava korišćenje objektno orijentisanih simulacionih softverskih jezika.

Osnovni medijum za modelovanje sistema je Kolaboracioni dijagram (ili dijagram međusobnih uticaja) koji reprezentuje relacije i odnose koji se uspostavljaju među delovima sistema. To je ujedno i pogodno sredstvo za komunikaciju sa ljudima iz OTS i među istraživačima koji mogu biti različitih struka. Procese odlučivanja pogodno je prikazati odgovarajućim blok dijagramima.

Metodologija modelovanja i simulacije posebno je pogodna, jer omogućava da se nakon stvaranja osnovnog modela OTS izvedu četiri vrste eksperimenata: podešavanje odgovarajućih parametara i pokazatelja (tune existing parameters), analiza osetljivosti, strukturalni redizajn i „šta-ako“ procedure istraživanja. Sve ovo se pogodno može povezati sa odgovarajućom cost-benefit analizom.

Određivanjem opterećenja ETO, na osnovu rezultata simulacionih eksperimenata, završava se 9. korak algoritma projektovanja upravljačke strukture SOD-a. Naredna radnja je analiza dobijenih rezultata sa stanovišta adekvatnog opterećenja za svaki ETO. Analiza se odnosi na njihovo ukupno opterećenje i upoređenje njihovog opterećenja u odnosu na ETO sa kojima se nalaze u hijerarhijskom i saradničkom odnosu. Analiza se obavlja u skladu sa specifičnim kriterijumima opterećenja. Ukoliko je opterećenje neravnomerno, ponavlja se 8. korak algoritma

projektovanja organizacione strukture SOD-a, radi preraspodele organizacionih naprezanja.

Korakom 10. algoritma projektovanja organizacione strukture proverava se da dobijene upravljačke strukture nisu predimenzionirane (u odnosu na veličine uobičajene u praksi). Ukoliko je u nekoj varijanti upravljačka struktura predimenzionirana 8. i 9. korak se ponavljaju.

Da bi se došlo do konačnog tehnološkog i organizaciono-upravljačkog rešenja potrebno je izvršiti kompleksnu analizu varijantnih rešenja prema zadovoljenju kriterijuma i pokazatelja uspešnosti. Izborom najboljeg među ponuđenim varijantnim rešenjima završava se postupak projektovanja sistema održavanja.

Zaključak

Kreirana metodologija može se koristiti u rešavanju problema projektovanja – reprojekovanja logističkih i sličnih OTS kod kojih je ubrzavanje informacionih i drugih tokova ključni faktor uspeha [9]. Rezultati dobijeni korišćenjem ove metodologije pri rešavanju problema u praksi dali su zadovoljavajuće rezultate [17].

Ciljevi koji se mogu postići primenom ove metodologije su: povećanje efikasnosti i efektivnosti izvršenja usluge održavanja; veća raspoloživost proizvoda koji su potrebni korisniku; povećanje odgovornosti prema zahtevima korisnika; povećanje kvaliteta i pouzdanosti usluge (nije direktno već indirektno merljivo) i smanjenje troškova poslovanja.

Celokupna metodologija zasnovana je na permanentnom traženju racionalnijih rešenja kojima se procesi pojednostavljaju i ubrzavaju. To preferira rešenja sa

većom integracijom među sličnim i zavisnim procesima, jer se kroz postupke kvantifikacije pokazalo da su takva rešenja principijelno uspešnija. Integracija informacionih tokova i delova sistema zahtevaće, verovatno, i promene u ponašanje zaposlenih i stvaranje partnerskih odnosa sa internim i eksternim okruženjem. Dobre rezultate može doneti podizanje mesta u hijerarhiji OTS namenjenog za šefa logističke funkcije (i SOD-a) i njegovo izjednačavanje po značaju sa funkcijama osnovnih delatnosti i razvoja, jer se time odnosi pretvaraju u partnerske, naglašava se značaj pravilne eksploatacije TS i korišćenja drugih materijalnih sredstava, a procesi, pogotovo razvojni, ubrzavaju, jer se smanjuje obim potrebne koordinacije.

Doseg primene ove metodologije na celinu SOD-a, logističkog ili sličnih OTS može se prikazati okvirom C na slici 2 (prikazana u I delu rada). Primenom ove metodologije ne mogu se rešiti svi problemi koje nameću starost organizacije ili vlasnički odnosi i odnosi moći u OTS. Takođe, ova metodologija se uz poteškoće može primeniti na projektovanje organizacija u kojima su osnovni procesi dugoročnog karaktera (npr. razvojno-istraživačke), jer se usredsređuje na osnovne materijalne i informacione tokove u sistemu od kojih zavisi efikasno i brzo pretvaranje inputa u output, kao i na uzimanje u obzir uticaja ostalih situacionih faktora.

Literatura:

- [1] Hammer, M. and Champy, J.: *Re-engineering The Corporation: A Manifesto for Business Revolution*, Nicholas Brealey publishing, London, 1993.
- [2] Burlat, P., Campagne, J. P., Neubert, G.: *Modeling organizational maOTS: a new challenge for simulation*, EUROSIM '98, Simulation Congress, Helsinki, 1998.

- [3] Crostach, H. A., Becker M., Sall, M.: Process Networks engineering: control-loopbased modeling of decentralized factories, EUROSIM '98, Simulation Congres, Helsinki.
- [4] Evans, G. N., Towill, D. R., Naim, M. M.: Business process re-engineering the supply chain, *Production planing & control*, vol. 6., No. 3., 227-237, 1995.
- [5] Davenport, T. H.: *Process Innovation: Re-engineering Work Through Information Technology* (Harvard Business School Press), 1993.
- [6] Harrington, H. J.: *Business Process Improvement, The Breakthrough Strategy for Total Quality, Productivity and Competitiveness*, McGraw-Hill, New York, 1991.
- [7] Naim, M. M., Towill, D. R.: Establishing a Framework for Effective Materials Logistics Management, *The International Journal of Logistics Management*, volume 5, No 1, 1994.
- [8] Naim, M. M., Lewis, J. C.: Benchmarking of aftermarket supply chains, *Production planing & control*, vol. 6., No. 3., 258-269.
- [9] Killbrew, R.: Learning from War Games: a Status Report, Parameters, US Army War College Quarterly, pp. 122-135, 1998.
- [10] Stanojević, P.: Uticaj tehničkih faktora na organizacionu strukturu sistema održavanja, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1997.
- [11] Vukićević, S.: *Skladišta*, Preving, Beograd, 1995.
- [12] Mintzberg, H.: *The Structuring of Organizations. A Syntesis of the Research*, New York, Prentice-Hall, Inc. Engelwood Cliffs, 1979.
- [13] Conger, S.: *The New Software Engineering*, Woodsworth Publishing Company, International Tomson Publishing, 1994.
- [14] Larman, C.: *Applying UML and Patterns*, Prentice Hall PTR, 1998.
- [15] Kapustić, S., i dr.: *Organizacijska teorija*, Informator, Zagreb, 1991.
- [16] Stanojević, P., Mišković, V.: Primena preventive u fazi projektovanja organizaciono-tehnoloških sistema, *VTG*, 1/1999, str. 7-20.
- [17] Grupa autora; 1998-2000, *PROJEKAT: Primena logističkog pristupa u organizovanju Vojske Jugoslavije*, projektni materijali, Beograd.

Profesor
dr Momčilo Milinović,
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Beograd
Dr Nenad Dodić,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

PREDLOG TAKTIČKO-TEHNIČKIH ZAHTEVA ZA AUTOMATSKE NIŠANSKE UREĐAJE U PVO I NJIHOVA KLASIFIKACIJA

UDC: 623.4.054.93.001.33

Rezime:

U ovom radu predlažu se taktički i tehnički zahtevi koje automatski nišanski uređaji treba da zadovolje da bi obezbedili efikasno dejstvo sistema PVO. Ovi zahtevi se razmatraju u načelu, ali se specificiraju i vrednosti najvažnijih parametara nišanskih uređaja koje garantuju uspešno praćenje i gađanje cilja i analizira njihova ostvarljivost. Takođe, predlaže se klasifikacija posmatranih uređaja prema četiri kriterijuma i daje pregled karakteristika savremenih automatskih nišanskih uređaja.

Ključne reči: automatski nišanski uređaji, praćenje cilja, protivvazдушna odbrana, taktičko-tehnički zahtevi, parametri, klasifikacija.

PROPOSAL FOR TACTICAL AND TECHNICAL REQUIREMENTS FOR AUTOMATIC SIGHTING DEVICES IN AIR DEFENSE AND THEIR CLASSIFICATION

Summary:

The tactical and technical requirements for tracking devices that, if fulfilled, provide efficient engagement using air defense systems are proposed. These requirements are discussed generally, but the required values of the most important sighting device parameters that guarantee successful target tracking and firing are also specified and their feasibility is analyzed. The classification of the considered devices according to four criteria is proposed and the review of contemporary automatic sighting devices is given.

Key words: automatic sighting devices, target tracking, air defense, tactical requirements, technical requirements, parameters, classification.

Uvod

Automatski nišanski uređaji, kao delovi sistema upravljanja vatrom (SUV), nalaze sve veću primenu na različitim borbenim sistemima. Automatski rad nišanskih uređaja zasniva se na sposobnosti njihovih senzora da detektuju cilj. Automatsko nišanje najbolje je rešeno za potrebe protivvazdušne odbrane (PVO),

jer se na čistom nebu cilj teško može trajno maskirati, odnosno, on se po svom izgledu, svetlosnim, toplotnim i radarskim osobinama u većini slučajeva dovoljno jasno razlikuje od okoline, tako da se može detektovati i pratiti korišćenjem različitih nišanskih senzora. Klasičan način maskiranja, kada se cilj svojim izgledom, bojom i drugim osobinama stapa u okolinu, u vazдушnom prostoru se teško

ostvaruje, ali se zato nastoji da se maskira privremenim stvaranjem lažnih ciljeva (toplotni i radarski mamci) ili ometanjem senzora niškanskog uređaja stvaranjem smetnji. Kao odgovor na to, automatski niškanski uređaji proveravaju da li su zaista detektovali cilj, upoređenjem izmerenog položaja objekta koji su detektovali sa prethodnom istorijom kretanja cilja.

Postoji, dakle, stalna trka i nadmudivanje između proizvođača letelica i proizvođača niškanskih uređaja za PVO. Činjenice da se ciljevi najbolje maskiraju u radarskom području elektromagnetnog zračenja, naročito tako što lete na vrlo malim visinama, čime povećavaju radarski klater i da se radarski sistemi lako otkrivaju i ometaju, dovele su do snažnog razvoja elektrooptičkih senzora, od kojih je najznačajnija termovizijska kamera. Motori letelica najintenzivnije zrače u toplotnom opsegu od 3 do 5 μm . Da bi letelica bila što manje uočljiva u toplotnom opsegu zračenja, posebna pažnja posvećena je konstrukciji, mestu i načinu ugradnje pogonskih motora i maskiranju mlaznika i izduvnih sistema, kako bi se ovo zračenje što više smanjilo. Kao odgovor na to, savremene termovizijske kamere detektuju cilj u području od 8 do 13 μm . U tom području teško je u dovoljnoj meri smanjiti toplotni odraz letelice, ali se na tome i dalje radi.

Očigledno da je nišanje u savremenim uslovima ratovanja složena i delikatna aktivnost, povezana sa mnogim teškoćama i problemima. U tim uslovima savremeni automatski niškanski uređaji za PVO treba da ostvare svoj osnovni zadatak: da obezbede takve ocene parametara kretanja cilja koji će omogućiti uspešno gađanje cilja [1]. Pored tog osnovnog zadatka, niškanski uređaji mogu imati i različite pomoćne zadatke. Tako se od

njih može zahtevati da obezbede nišanje i gađanje ciljeva na kopnu i vodi, kao i osmatranje vazdušnog prostora, kopna i vodenih površina. Niškanski uređaji treba da se optimizuju za obavljanje osnovnog zadatka. Radi toga se taktički i tehnički zahtevi postavljaju tako da osnovni zadatak bude što uspešnije izvršen.

Predlog taktičkih zahteva

Taktički zahtevi koje niškanski uređaj u PVO treba da ispuni definišu se u odnosu na oruđa PVO koja taj uređaj podržava i u odnosu na ciljeve po kojima podržana oruđa mogu da dejstvuju. U vezi s tim niškanski uređaj treba da:

- registruje cilj koji napada iz bilo kog pravca;

- registruje cilj na daljinama koje obezbeđuju pravovremeno i efikasno dejstvo na cilj oruđima kojima je namenjen. Domet detekcije treba da bude takav da vreme od trenutka detekcije do trenutka ulaska cilja u zonu efikasnog dejstva oruđa bude dovoljno dugo da omogući prikupljanje dovoljno informacija o cilju i realizaciju dovoljno tačnog proračuna elemenata gađanja;

- ispuni prethodne zahteve za ciljeve koji predstavljaju najverovatnije objekte dejstva odbrane oruđima za koje je uređaj namenjen. Nedavna agresija na SRJ pokazuje da su to obično laki i srednji lovci-bombarderi, krstareći projektili i bespilotne letelice. Tim ciljevima, u određenim borbenim situacijama, treba dodati i borbene helikoptere;

- ostvaruje svoje zadatke danju i noću, po mogućnosti i u otežanim meteorološkim uslovima (oblačno nebo, magla i kiša). Bez ispunjenja zahteva za mogućnost noćnog dejstva, upotreba i borbeni značaj niškanskog uređaja vrlo su ograni-

čeni. Zahtev za dejstvo u otežanim meteorološkim uslovima ne mora da bude obavezan za svaki nišanski uređaj u PVO, s obzirom na to da su u tim uslovima i borbena dejstva neprijatelja znatno ograničena;

– radi u svim ambijentalnim uslovima (temperatura, vlažnost, ...) u kojima mogu da dejstvuju podržavana oruđa;

– ima mogućnost da zahvati cilj, što ostvaruje povezivanjem sa jednim ili više osmatračko-akvizicijskih uređaja ili automnomnim radom.

Predlog tehničkih zahteva

Tehnički zahtevi za nišanski uređaj treba da se definišu tako da obezbeđuju ispunjenje taktičkih zahteva, kao i druge zahteve koje nameću vojni standardi. Opšti tehnički zahtevi mogu da se definišu na sledeći način:

– nišanski uređaj treba da poseduje servomehanizme za pokretanje nišanske linije, koji treba da obezbede pun krug rotacije nišanske linije po azimutu (pravcu) i opseg rotacije po elevaciji (visini) od bar devedeset stepeni i to tako da maksimalna elevacija ne bude mnogo manja od devedeset stepeni;

– dinamika pokretanja nišanske ose treba da obezbedi kontinuirano nišanjenje na cilj od trenutka zahvata cilja do završetka vatrenog dejstva na cilj. Kontinuirano nišanjenje podrazumeva takvo pozicioniranje nišanske linije da cilj stalno bude u vidnom polju senzora [2];

– senzori nišanskog uređaja treba da obezbede detekciju cilja i merenje njegovog položaja u svim pravcima, na daljinama i pod uslovima koji se navode u taktičkim zahtevima;

– računarski blok nišanskog uređaja treba u realnom vremenu da izračunava sve parametre kretanja cilja koji su neophodni za upravljanje vatrom oruđa za koje je uređaj namenjen.

Nišanski uređaj treba da ima vezu sa uređajima koji ga navode na cilj oruđima i drugim sistemima i podsistemima koji obezbeđuju realizaciju nišanjenja i gađanja cilja. Brzina i kapacitet veze treba da obezbede zahvat, praćenje i gađanje cilja u realnom vremenu. Pored toga, nišanski uređaj treba da omogući prikaz toka praćenja cilja i podataka relevantnih za donošenje odluke o gađanju cilja i prekidu njegovog praćenja. U pogledu pouzdanosti, uslova rada, bezbednosti i održavanja on mora da zadovolji vojne propise i standarde armije koja planira da ga koristi.

Automatski nišanski uređaj sve navedene taktičke i tehničke zahteve mora da ispuni u režimu rada koji isključuje neposredno učešće čoveka.

Parametri nišanskih uređaja i ostvarljivost tehničkih zahteva

Na osnovu navedenih opštih tehničkih zahteva treba zahtevati vrednosti statičkih i dinamičkih parametara nišanskih uređaja u PVO. Definisane parametara omogućuje da se pristupi projektovanju nišanskog uređaja, izradi i – ili nabavci njegovih komponenata ili gotovog uređaja na tržištu. U nastavku su razmatrane vrednosti onih parametara nišanskih uređaja koji najbitnije utiču na procese praćenja i gađanja cilja. Pouzdanost, održavanje i vojni standardi neće se razmatrati. Na osnovu navedenog predlažu se zahtevi za konkretne brojčane vrednosti parametara i razmatra mogućnost njihove reali-

zacije u savremenim automaskim nišanskim uređajima.

Najveća daljina $d_{det,max}$ na kojoj uređaj za praćenje treba da detektuje cilj zavisi od dometa i brzine kretanja projektila kojim se cilj gađa, ali i od brzine kretanja cilja. Najnepovoljnija situacija nastaje kada cilj koji se kreće najvećom brzinom napada sam sistem PVO. Neka je $d_{or,ef}$ efikasni domet oruđa, $t_{p,ef}$ vreme leta projektila do daljine $d_{or,ef}$, $v_{c,max}$ najveća brzina cilja, a t_s vreme smirenja postupka praćenja – vreme koje protekne od zahvata (prve detekcije) cilja senzora uređaja za praćenje do postizanja ustaljenog i preciznog praćenja cilja. Najveća daljina detekcije u tom slučaju treba da bude:

$$d_{det,max} = d_{or,ef} + (t_{p,ef} + t_s)v_{c,max}$$

Većina protivavionskih (PA) topova malih kalibara ima efikasan domet do četiri kilometra, kojem odgovara vreme leta kraće od sedam sekundi. Najvažniji i najčešći cilj PA topova je lovac bombarder, čija brzina u borbenim uslovima obično ne prelazi 500 m/s. Vreme smirenja kod automatskih sistema za praćenje obično ne prelazi tri sekunde. Iz date jednačine proizilazi da većinu artiljerijskih sistema PVO zadovoljava $d_{det,max} = 9000$ m.

Domet raketa za blisku i srednju PVO uglavnom je u rasponu od 5 do 17 km. Brzina njihovog kretanja je od 1,5 do 3 maha, a vreme leta do granice efikasnog dometa od 7 do 17 sekundi. Iz date jednačine sledi da bi najveći domet detekcije $d_{det,max}$ za rakete trebalo da bude od 10 do 27 km, pa i veći, zavisno od tipa rakete.

Visina cilja u borbenim uslovima može biti svega nekoliko metara pri letu iznad mora, odnosno pedesetak metara

pri letu iznad ravnog kopna, ali može ići i do 12 km. Ova visina za borbene avione, u periodu koji neposredno prethodi lansiranju raketa ili otkaćinjanju bombi sa aviona, najčešće ne prelazi 8 km, odnosno manja je od potrebne daljine detekcije, pa nije ograničavajući faktor za senzore. Veći problem predstavlja praćenje cilja na najmanjoj ostvarljivoj visini leta, kada je uticaj tla, odnosno površina vode, od presudnog značaja za mogućnost detekcije i merenja položaja cilja [2].

Elektrooptički senzori nišanskog uređaja (termovizijska kamera, TV kamera, laserski daljinomer) po pravilu imaju domet do 10 kilometara, ali, pri pogodnim atmosferskim prilikama, on može biti i znatno veći – recimo 15 km. Kamera (TV ili termovizijska) čija rezolucija slike zadovoljava CCIR standard (625 linija) treba da ima vidno polje 3,6 stepeni ili manje, odnosno žižnu daljinu objektiva oko 300 mm ili veću, da bi bila u stanju da detektuje borbeni avion na daljini od 10 km. Laserski daljinomeri u uslovima čiste atmosfere bez problema mere daljine cilja do 10 km, a često i veće [3]. Nišanski radari detektuju cilj na daljinama znatno većim od 10 km.

Računarska simulacija praćenja i gađanja cilja pokazuje da sledeće greške merenja položaja cilja obezbeđuju efikasno dejstvo PA topova na borbene avione: srednjekvadratne greške merenja uglova do 0,0005 rad, srednjekvadratne greške merenja daljine do 5 m. U slučaju da su nišanski uređaji namenjeni isključivo raketnim sistemima PVO, ovi zahtevi mogu se ublažiti. Savremeni elektrooptički i radarski senzori lako ostvaruju navedene zahteve za tačnošću.

Mogućnost detekcije cilja danju, noću i u različitim vremenskim uslovima već je analizirana u [2]. Zaključeno je da

nišanski radari obezbeđuju detekciju i merenje položaja cilja danju, noću, u uslovima dima, magle, pa čak i padavina, s tim što se u prisustvu čestica vode u vazduhu domet detekcije smanjuje. Termovizijske kamere i laserski daljinomeri obezbeđuju pouzdano nišanje danju i noću, ali oblaci, magla i padavine mogu ograničiti ili potpuno onemogućiti njihovu upotrebu.

Da bi dati tehnički zahtevi bili pouzdano ostvareni, servomehanizmi treba da pozicioniraju nišansku liniju s dinamičkom greškom manjom od polovine vidnog ugla senzora nišanskog uređaja sa najužim vidnim poljem. Oni treba da obezbede maksimalnu ugaonu brzinu nišanske linije veću ili jednaku maksimalnoj ugaonoj brzini cilja u odnosu na nišanski uređaj, kao i maksimalno ugaono ubrzanje nišanske linije veće ili jednako maksimalnom ugaonom ubrzanju cilja u odnosu na nišanski uređaj. Treba napomenuti da se vidna polja kamera obično kreću od jednog stepena naviše, vidna polja laserskih daljinomera od 0,0005 do 0,004 radijana, a vidna polja nišanskog radara do dva stepena. Shodno tome, srednjekvadratna greška pozicioniranja nišanske ose savremenih uređaja obično je oko 0,00025 radijana.

Najveće zahtevane vrednosti ugaone brzine $v_{\beta\max}$ i ubrzanja $a_{\beta\max}$ mogu se odrediti korišćenjem izraza [4]:

$$v_{\beta\max} = V/d_{\text{par}}, \quad a_{\beta\max} = 0,65(V/d_{\text{par}})^2$$

gde je:

V – brzina leta cilja,
 d_{par} – najmanja udaljenost cilja od nišanskog uređaja (daljina u parametru).

Ako se cilj kreće brzinom 500 m/s na najmanjoj daljini 300 m (najmanja daljina koju pouzdano meri laserski da-

ljinomer) onda je $v_{\beta\max} \geq 95^\circ/\text{s}$, $a_{\beta\max} \geq 103^\circ/\text{s}$.

Učestanost merenja položaja cilja znatno utiče na tačnost rekonstruisanja trajektorije cilja i predviđanje tačke susreta projektila i cilja. Ona treba da iznosi bar 20 Hz, što je razmatrano u [3]. TV i termovizijska kamera mere relativni položaj cilja 25 ili 50 puta u sekundi, a učestanost merenja položaja cilja korišćenjem nišanskog radara može da iznosi i nekoliko kiloherca. Najkritičnija je učestanost merenja daljine laserskim daljinomerom, koja je često 10 Hz i manja, pa se tada moraju koristiti posebne tehnike za kompenzaciju ovog nedostatka [3]. Savremeni laserski daljinomeri sve češće rade na 20, 25 ili čak 30 Hz.

Predlog klasifikacije nišanskih uređaja

Automatski nišanski uređaji mogu se klasifikovati: prema vrsti senzora, prema mestu ugradnje, prema načinu smeštanja i načinu pokretanja senzora.

Prema vrsti senzora ovi uređaji mogu biti:

- elektrooptički – poseduju elektrooptičke senzore za detekciju i merenje položaja cilja (TV/termovizijska kamera, laserski daljinomer);

- radarski – za detekciju i merenje položaja cilja koristi se nišanski radar;

- kombinovani – poseduju nišanski radar i bar jedan elektrooptički senzor u funkciji praćenja cilja.

Prema mestu ugradnje, odnosno prema platformi na kojoj se ugrađuju, nišanski uređaji za PVO mogu se podeliti na:

- vučne uređaje – ugrađuju se na prikolice, a kruto su oslonjeni na podlogu;

– uređaje za samohodna vozila – obično se integrišu na samohodna vozila, na kojima se nalazi i oruđe čijom se vatrom upravlja;

– brodske uređaje – ugrađuju se na plovne objekte, najčešće srednje i velike brodove, a u poslednje vreme, čak i na patrolne čamce.

Vučni uređaji ne zahtevaju stabilizaciju nišanske ose, dok je žiroskopska stabilizacija nišanskih uređaja za samohodna vozila i plovne objekte neophodna. Prema načinu smeštanja senzora nišanski uređaji se mogu podeliti na:

– nišanske uređaje sa spoljnom ugradnjom senzora – senzori su ugrađeni na pokretnom nosaču koji rotira po azimutu i elevaciji;

– nišanske uređaje sa sensorima u zaštitnoj kapsuli (kućištu) – ona štiti senzore od mehaničkih i atmosferskih uticaja; kuglaste kapsule eliminišu i poremećajne momente izazvane vetrom, čime se olakšava rad servomehanizama.

Prema načinu pokretanja senzora i nišanske ose nišanski uređaji se mogu podeliti na:

– uređaje kod kojih senzori rotiraju po azimutu i elevaciji;

– uređaje kod kojih senzori rotiraju samo po azimutu – rotacija nišanske ose po elevaciji ostvaruje se rotacijom refleksnog ogledala ili prizme, zajedničke za sve senzore;

– uređaje sa fiksiranim sensorima – senzori se ne pokreću u odnosu na nišanski uređaj već nišanska linija rotira pokretanjem refleksnog ogledala ili refleksnih prizmi po azimutu i elevaciji.

Ograničenost kretanja nišanske linije po azimutu se kod nišanskih uređaja sa fiksiranim sensorima nadoknađuje rotacijom platforme na kojoj se nalazi nišanski uređaj.

Nišanski uređaji se, dakle, mogu klasifikovati prema različitim kriterijumima, što znači da određeni nišanski uređaj može pripadati većem broju klasa istovremeno. Tabela 1 prikazuje unakrsne relacije između različitih klasa nišanskih uređaja, prema predloženim podelama. Sa + je označeno da postoje nišanski uređaji koji pripadaju obema klasama, sa – uređaji koji istovremeno pripadaju dvema klasama, prema dostupnim podacima ne postoje, a sa \pm da se, prema raspoloživoj literaturi, sumnja da takvi uređaji postoje. Tabela je ilustrovana sa četiri primera nišanskih uređaja. Na slici je prikazano još 12 nišanskih uređaja. Brojevi pored slika uređaja predstavljaju brojeve klasa kojima pripadaju (prema tabeli 1).

Uporedne karakteristike savremenih automatskih nišanskih uređaja

Danas u svetu postoji više desetina različitih automatskih nišanskih uređaja različitih tipova i namena. Zbog ograničenog prostora dat je upoređan pregled svega šesnaest automatskih nišanskih uređaja. Ti uređaji prikazani su na slici i u tabelama 1, 2 i 3. Tabela 2 sadrži podatke o proizvođačima i osnovne tehničke karakteristike, a tabela 3 podatke o sensorima ugrađenim na te uređaje. Uređaji su birani tako da budu zastupljeni najnoviji modeli o kojima je prikupljeno dovoljno relevantnih podataka, ali i neki stariji modeli, koji su još uvek aktuelni zbog svojih dobrih karakteristika.

Može se uočiti da izabrani modeli uređaja zastupaju sve klase uređaja prema predloženoj podeli. Uređaji su, dakle, birani tako da ilustruju tehničku raznolikost, pri čemu se nije vodilo računa o ravnomernoj zastupljenosti poje-


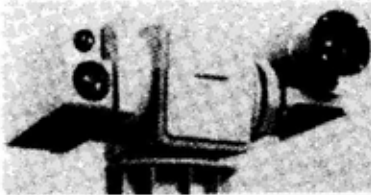

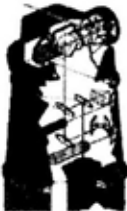
dinih zemalja. Tako, recimo, nema italijanskih uređaja, a prikazan je samo jedan francuski nišanski uređaj, iako obe zemlje proizvode veći broj relativno savremenih modela tih uređaja. Nisu zastupljeni ni ruski automatski nišanski uređaji, o kojima ima malo podataka. Poznato je, na primer, da se u Rusiji planira proizvodnja vučnog artiljerijskog PA sistema SOSNA sa elektrooptičkim automatskim nišan-

skim uređajem u čijoj se kuglastoj kapsuli nalaze termovizijska kamera i laserski daljinomer, ali nisu poznate tehničke pojednosti o tom uređaju.

Modeli ETS 2400, AA-EOT, EOTS, APACHE i MIRRADOR su u fazi priprema za proizvodnju ili tek nalaze prve kupce. Modeli 9LV100 i LIROD MARK 1 su relativno stari. Prvi se proizvodi od 1977, a drugi od 1979. godine. Novija

Tabela 1

Unakrsne relacije između različitih klasa nišanskih uređaja

Primeri		Podela po vrsti senzora	Podela po mestu ugradnje	Podela po smeštanju senzora	Podela po načinu pokretanja senzora						
1. 6. 8. 9.	1. 6. 7. 9.										
											
SAAB SEOS	CONTRAVES LSEOS										
2. 4. 7. 9.	1. 6. 8. 12.										
											
GEC-MARCONI APACHE	SAGEM VOLCAN										
Podela po vrsti senzora	1. elektrooptički	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+
	2. radarski	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	3. kombinovani	-	-	+	+	+	+	+	+	+	-
Podela po mestu ugradnje	4. vučni	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	5. za samohodna vozila	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	6. brodski	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
Podela po smeštanju senzora	7. sa spoljnim sensorima	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	8. sa sensorima u kapsuli (kućištu)	+	+	-*	+	+	+	-	+	+	+
Podela po načinu pokretanja senzora	9. senzori rotiraju po azimutu i elevaciji	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-
	10. senzori rotiraju samo po azimutu	+	-	-	+	+	+	-	+	-	-
	11. fiksni senzori	+	-	-	+	+	-	-	+	-	+

NAPOMENA: * - postoji kombinacija sa elektrooptičkim sensorima u kućištu i radarom spolja

3.
4.
5.
6.
7/8.
9.



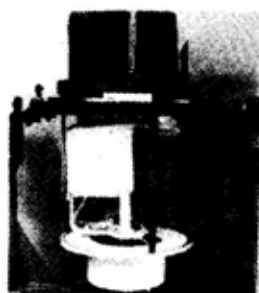
REUNERT DEFENCE
ETS 2400

1.
5.
8.
9.



KENTRON AA-EOT

1.
5.
6.
8.
10.



HUGHES EOTS

1.
4.
7.
9.



OERLIKON CONTRAVES
GUNSTAR

1.
6.
8.
9.



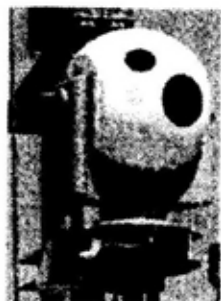
BRITISH AEROSPACE
SEA ARCHER 300

1.
6.
7.
9.



SIGNAAL MIRRADOR

1.
6.
8.
9.



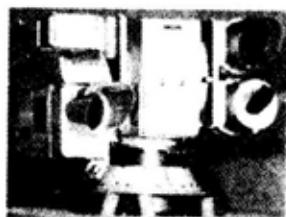
ELOPMSIS

3.
4.
7.
9.



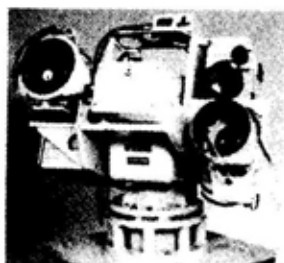
AVIRBAS
EDT FILA

1.
6.
7.
9.



CELSIUS TECH AB
9 LV 100

1.
6.
7.
9.



RADAMEC SERIES 2000

3.
6.
7.
9.



CELSIUS TECH AB
SEA VIKING

3.
6.
7.
9.



SIGNAAL
LIROD MARK 2

Različiti modeli automatskih nišanskih uređaja

Osnovni podaci o nekim automatskim nišanskim uređajima

Model	Proizvođač	Zemlja	Dimenzije i masa	Rotacija		Maks. brz. i ubrzanja	
				azim.	elev.	azim.	elev.
ETS 2400	REUNERT DEFENCE ESD RADAR DIVISION	Južna Afrika	- -	-	-	-	-
AA-EOT	KENTRON DIVISION OF DENEL	Južna Afrika	850 × 520 × 675 mm 220 kg	360°	-30° ÷ 60°	-	-
EOTS	HUGHES AIRCRAFT COMPANY	SAD	- -	360°	-10° ÷ 75°	-	-
GUNSTAR	OERLIKON CONTRAVES AG	Švajcarska	4,6 × 2,1 × 2,4 m* 1600 kg*	360°	-20° ÷ 200°	1,5 rad/s 1,5 rad/s ²	1,5 rad/s 1,5 rad/s ²
APACHE	GEC-MARCONI RADAR & DEFENCE SYSTEMS	V. Britanija	3,55 × 1,8 × 2,35 m* 1200 kg*	360°	-15° ÷ 85°	90°/s -	90°/s -
EDT-FILA	AVIRBAS AEROSPACIAL	Brazil	-	360°	-	-	-
SEA ARCHER 30	BRITISH AEROSPACE SYS. & EQUIPMENT	V. Britanija	Ø47 × v.110 cm 270 kg	±305°	-35° ÷ 75°	90°/s 150°/s ²	90°/s 150°/s ²
MIRRADOR	HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN	Holandija	š.500 × v.580 mm 55 kg	340°	-30° ÷ 120°	- 340°/s ²	- 340°/s ²
MSIS	ELOP	Izrael	Ø60 × v.78 cm 60 kg	360°	-35° ÷ 85°	90°/s -	90°/s -
LSEOS	CONTRAVES	SAD	š.118 × v.83 cm 275 kg	360°	-30° ÷ 85°	-	-
SEOS	SAAB INSTRUMENTS	Švedska	Ø50 × v.70 cm 50 kg	360°	-35° ÷ 85°	100°/s -	100°/s -
RADAMEC 2000	RADAMEC DEFENCE SYS.	V. Britanija	- -	360°	-	-	-
SEA VIKING	CELSIUSTECH AB	Švedska	- 700 kg	360°	-	-	-
9LV100	CELSIUSTECH AB	Švedska	- 140 kg	360°	-25° ÷ 80°	85°/s 400°/s ²	85°/s 400°/s ²
VOLCAN	SAGEM	Francuska	- -	-	-	-	-
LIROD Mk 1	HOLLANDSE SIGNAALAPPARATEN	Holandija	v.1,37 m 325 kg	360°	-30° ÷85°	120°/s -	120°/s -

Oznake i skraćenice:
 Ø - prečnik, š. - širina, v. - visina, azim. - azimut, elev. - elevacija
 * - podaci se odnose na uređaj s prikolicom

varijanta LIROD MARK 2 prodaje se od 1993. godine i ima lakši i savremeniji radar većeg dometa (24 km). RADAMEC 2000 se proizvodi od sredine osamdesetih godina, dok su ostali predstavljeni modeli počeli da se proizvode krajem osamdesetih ili u devedesetim godinama.

Uočljivo je da se osavremenjavanje automatskih nišanskih uređaja kreće u

pravcu smanjenja masa i gabarita i povećanja osetljivosti, dometa i tačnosti merenih senzora. To se postiže sve većom primenom lakih legura i kompozitnih materijala, a pre svega napretkom u tehnologiji video-čipova, toplotnih detektora, mikrohladnjaka (za termovizijske kamere), napretkom u radarskoj tehnici i mikroelektronici. Primetna je pojava malih,

Podaci o senzorima nekih automatskih nišanskih uređaja

Model	TV kamera	Termovizija	Laserski daljinomer	Nišanski radar
APACHE	samo za osmatranje	–	–	f. I/J, f.a. d. 10 km g.d. 0,5 m, g.u. 1 mrad
SEA ARCHER 30	r. 450000 t. v. 3 ÷ 17°	t.d. 8 ÷ 12 μm v. 3 ÷ 17°, r. 625 L.	t.d. 1,06 μm, v. 1,5 mrad u. 12,5 Hz, t.da. 5 m	– –
MIRRADOR	v. 6,2 ÷ 62°/2,2° s.o. 0,00005 lux/5 lux	t.d. 8 ÷ 13 μm v. 17° × 5°	t.d. 1,54 μm, v. 0,6 mrad u. 8 Hz/3 Hz k.	– –
LIROD MARK 1	r. 625 L. v. 3 ÷ 30°	v. 3° r. 625 L.	t.d. 1,06 μm, v. 1,5 mrad u. 10 Hz, d. 32,7 km	f. 35 GHz, a. 0,6 m d. 18 km, u 6 kHz
ETS 2400	v. 2,2° ÷ 12° s.o. 40 lux	v. 1,1°/2,2°/7,9°	t.d. 1,54 μm, t.da. 5 m u. 10 Hz, d. 20 km	f. Ka, d. 20 km, t.da. 1m, t.u. 0,15 mrad
GUNSTAR	opciono, mesto termoviz.	t.d. 8 ÷ 12 μm v. 5°/20°, r. 625 L.	t.d. 1,54 μm, t.da. 5 m u. 1/3/6 Hz, d. 20 km	–
LSEOS	z. 32 ÷ 320 mm r. 625 L.	v. 3°/12° t.d. 8 ÷ 12 μm	t.d. 1,06 μm, t.da. 5 m v. 1 mrad, u. 10 Hz, d. 20 km	–
EOTS	t.d. 0,4 ÷ 1,1 μm, v. 2,5°/7,5° s.o. 0,5 lux	t.d. 8 ÷ 12 μm v. 2,5°/7,5° t.o. 0,25°C	t.d. 1,54 μm, v. 0,5 mrad u. 15 Hz, d. 20 km	–
SEA- VIKING	v. 42 × 31 mrad r. 625 L.	t.d. 8 ÷ 12 μm v. 52/157 mrad	t.d. 1,54 μm u. 10 Hz	f. 15,9 ÷ 17,1 GHz f.a.
9LV100	v. 42 × 31 mrad r. 625 L.	t.d. 8 ÷ 12 μm v. 52/157 mrad	t.d. 1,54 μm u. 10 Hz	–
EDT-FILA	–	posедује	posедује	f. I/J ili Ka

Skracenicе:
a. – prečnik antene, f. – frekvencija zračenja, f.a. – frekventna agilnost, k. – kontinualno, L. – linija, s.o. – svetlosna osetljivost, t.d. – talasna dužina, t. – tačka, t.da. – tačnost daljine, t.o. – toplotna osetljivost, t.u. – tačnost uglova, v. – vidno polje, z. – zum objektiv
Radarski opsezi: I/J – od 8 do 18 GHz, Ka – od 26,5 do 40 GHz

lakah automatskih nišanskih uređaja skromnijih performansi, koji nude obilje jeftinijih senzora i neke nove mogućnosti, kao što je npr. slika u boji (kamere nišanskih uređaja daju gotovo isključivo monohromatsku sliku). Tipičan primer takvog uređaja je MIRRADOR, na kojem se nalaze čak četiri kamere: kolor TV kamera, TV kamera za nizak nivo osvetljenosti, kamera za praćenje uskog vidnog polja i nehlađena termovizijska kamera.

Većina modela automatskih nišanskih uređaja, naročito onih elektrooptičkih, ugrađuje se na brodove, jer su oni vrlo ranjivi ciljevi koji se lako otkrivaju,

a njihov životni vek može biti relativno kratak. Da bi im se vek produžio, brodska protivvazдушna odbrana mora biti brza i efikasna. Mali ciljevi koji lete iznad same površine mora (protivbrodske raketе) kasno se otkrivaju i ostaje samo desetak sekundi za zahvat, praćenje cilja i dejstvo po cilju. Potrebnu brzinu i efikasnost dejstva obezbeđuju jedino automatski nišanski uređaji.

Zaključak

Predloženi taktičko-tehnički zahtevi automatskih nišanskih uređaja su takvi

da njihovo ispunjenje obezbeđuje efikasno dejstvo na savremene leteće ciljeve oruđima kojima su ti uređaji namenjeni. Predložena je i klasifikacija modela koja odražava tehničku i tehnološku raznolikost uređaja. Pregled reprezentativnih modela automatskih nišanskih uređaja ukazuje na pravce njihovog razvoja, ali i na njihovu manju ili veću primerenost osnovnom zadatku koji im je postavljen: odbrani jedinica i objekata na kopnu i vodi od borbenih aviona, helikoptera i projektila primenom PA topova i raketa malog i srednjeg dometa. Savremena teh-

nika vazduhoplovnog napada daje veliki značaj automatskim nišanskim uređajima kao podsistemima PVO, pa se oni sve više proizvode i koriste.

Literatura:

- [1] Milinović, M., Dodić, N.: Automatsko upravljanje vatrom protivavionskog topa, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 1, str. 10-13, 1997.
- [2] Milinović, M., Dodić, N.: Automatski nišanski uređaji u PVO - 1. deo: razmatranje strukture i funkcija, vol. 48, br. 2, 2000.
- [3] Dodić, N.: Laserski daljinomeri u protivvazdušnoj odbrani, Vojnotehnički glasnik vol. 47, br. 1, str. 43-53, 1999.
- [4] Dodić, N.: Savremeni postupci i uređaji za automatsko praćenje ciljeva u vazduhu - kumulativna naučnotehnička informacija, VTI VJ, 1999.

FAKTORSKA ANALIZA POLAZNIH PARAMETARA KOJI NAJVIŠE UTIČU NA MODEL DVOFAZNOG ŠTRUJANJA U CEVI AUTOMATSKE PUŠKE

UDC: 623.522:623.442.45]:519.237.7

Rezime:

U radu je jednofaktorskim planom eksperimenta izvršena analiza svih polaznih parametara koji se javljaju u procesu dvofaznog strujanja u cevi automatske puške. Nakon ove analize odabrani su oni parametri koji dominantno utiču na izlazne karakteristike. Dat je potpuni plan faktorskog eksperimenta 2^k odabranih parametara, gde je analiziran doprinos svakog od parametara, kao i njihovo međudejstvo na izlazne karakteristike. Kroz disperzivnu i regresivnu analizu izvršeno je rangiranje uticaja parametara, određeni su regresivni polinomi sa regresivnim koeficijentima i date granice odstupanja od srednje vrednosti. Kompletana analiza izvršena je za maksimalni pritisak barutnih gasova i početnu brzinu projektila, kao veoma bitne izlazne karakteristike svakog oružja. Na osnovu rezultata proračuna dat je tabelarni i grafički trodimenzionalni prikaz parametara strujanja u zavisnosti od vremena i puta projektila.

Ključne reči: faktorska analiza, polazni parametri, maksimalni pritisak barutnih gasova, početna brzina projektila, disperziona analiza, regresivna analiza.

FACTOR ANALYSIS OF INPUT PARAMETERS WITH THE STRONGEST EFFECTS ON THE TWO PHASE FLOW MODEL IN AN AUTOMATIC RIFLE BARREL

Summary:

The one-factor experiment design has been applied in the analysis of all input parameters occurring in the two phase flow process in automatic rifle barrels. The parameters predominantly influencing input characteristics have been chosen afterwards. A complete factor experiment plan is given for 2^k chosen parameters, with the analysis of each particular parameter as well as of their effects on output characteristics. Parameter effects are ranked, regression polynomials with regression coefficients are determined and average value deviation limits are given by dispersion and regression analyses. The complete analysis is carried out for the maximum pressure of powder gases and the muzzle velocity as two significant output characteristics of all arms. Based on calculation results, tabelar and graphical 3D presentation of flow parameters is given as a function of projectile time and trajectory.

Key words: factor analysis, input parameters, maximum pressure of powder gases, projectile muzzle velocity, dispersion analysis, regression analysis.

Uvod

Godinama su klasični unutrašnjebalistički (UB) modeli uspešno rešavali probleme koji su se javljali u praksi. Usta-

novljeno je da klasični modeli daju pojednostavljenu i vrlo grubu aproksimaciju fizičke slike procesa opaljenja u cevi oružja. Geometrijska zakonitost sagorevanja barutnog punjenja (gde se nalazi i po

nekoliko hiljada barutnih zrna), identifikuje se sa sagorevanjem jednog barutnog zrna određenog geometrijskog oblika. Klasični modeli posmatraju zapreminu iza projektila (ma kolika ona bila) kao jednu celinu i daju srednje vrednosti parametara (pritisak, brzina i put projektila, temperatura barutnih gasova kao i vreme trajanja procesa) koji egzistiraju u gasodinamičkoj struji.

Pored parametara koje analizira klasična teorija postoje i drugi parametri (poroznost, gustina, energija barutnih gasova, brzina barutnih gasova i barutnih zrna ...) koje treba istražiti. Zajednička karakteristika svih parametara jeste da u određenom momentu imaju različite vrednosti u zapremini iza projektila, što upravo daju dvofazni modeli, odnosno gasodinamičke teorije strujanja. Zbog toga se javila potreba poboljšanja dosadašnje teorije sa dvofaznim modelima strujnog procesa [1, 2]. Razvojem računara i numeričke matematike sve više se usavršavaju modeli dvofaznog strujanja, gde dve faze sačinjavaju barutna zrna (čvrsta faza) i barutni gasovi (gasovita faza), kao produkti sagorevanja barutnih zrna. Kod nas, razvojem dvofaznih UB modela, poslednjih godina potiskuje se primena klasičnih modela. S obzirom na dostignuti i budući razvoj novih koncepcija oružja, problematika dvofaznog strujanja u cevi posebno je značajna. Teorija na osnovama dvofaznog strujanja posmatra realno strujanje smeše barutnih gasova i nesagorelog baruta u cevi.

Predmet istraživanja u ovom radu je faktorska analiza najuticajnijih parametara na model dvofaznog strujanja kod automatske puške 7,62 mm M70, kao i rangiranje njihovog uticaja na maksimalni pritisak barutnih gasova i početnu brzinu

projektila, kao veoma važne UB karakteristike u procesu opaljenja.

Jednofaktorska analiza uticaja polaznih parametara

Polazni parametri za model dvofaznog strujanja u cevi automatske puške 7,62 mm M70 prikazani su u tabeli 1. Pored naziva, u tabeli su date oznake parametara koje se koriste u literaturi, kao i njihove jedinice mere.

Postoji niz izlaznih karakteristika, ali kao veoma važne kod svakog oružja, pa i automatske puške, smatraju se maksimalni pritisak barutnih gasova i početna brzina projektila. Dalje analize vršene su na osnovu dobijenih rezultata proračuna za ove dve veličine. Da bi izbor parametara koji utiču na model dvofaznog strujanja, koji će se analizirati u faktorskom planu eksperimenta bio što realniji, potrebno je prethodno izvršiti analizu svih parametara koji učestvuju u procesu opaljenja. Radi sticanja uvida u karakter promena izlaznih karakteristika, pri proračunu su za svaki parametar uzimane varirane vrednosti, i to za maksimalno i minimalno dozvoljena odstupanja od srednje vrednosti, dok su ostali parametri zadržavani na konstantnom nivou. Drugim rečima, sproveden je jednofaktorski plan eksperimenta.

Na osnovu dobijenih rezultata dolazi se do zaključaka koji od parametara samostalno najviše utiče na promenu izlaznih karakteristika (u ovom slučaju p_{max} i V_0), čime je olakšan izbor parametara koji će se analizirati u faktorskom planu eksperimenta 2^n .

Karakter promene (rast \uparrow , pad \downarrow i bez promene \rightarrow) maksimalnog pritiska (p_{max}) i početne brzine (V_0) pri promeni parametara u dozvoljenim granicama,

Red. br.	Oznaka u literaturi	Naziv parametra	Jed. mere
1.	ρ_b	Zapreminska masa baruta	kg/m ³
2.	$2r_0$	Početna debljina barutnog zrna	m
3.	m_{z0}	Početna masa barutnog zrna	kg
4.	S_{z0}	Početna površina barutnog zrna	m ²
5.	α	Kovolumen barutnih gasova	m ³ /kg
6.	κ	Koeficijent oblika KAPA	–
7.	λ	Koeficijent oblika LAMBDA	–
8.	μ	Koeficijent oblika MI	–
9.	c_p	Specifična toplota pri konstantnom pritisku	J/kgK
10.	c_v	Specifična toplota pri konstantnoj zapremini	J/kgK
11.	u_{z0}	Jedinična brzina sagorevanja	m/s
12.	T_0	Početna temperatura barutnog zrna	K
13.	α_b	Koeficijent prelaza toplote	W/m ² K
14.	m_{b0}	Početna masa baruta	kg
15.	η	Koeficijent dinamičke viskoznosti	Pas
16.	ϵ_0	Poroznost na početku 1. perioda	–
17.	ρ_0	Gustina barutnih gasova na početku 1. perioda	kg/m ³
18.	e_0	Energija barutnih gasova na početku 1. perioda	J/kg
19.	e_b	Energija baruta	J/kg
20.	p_0	Pritisak forsiranja	P _a
21.	X_0	Početni položaj projektila	m
22.	X_u	Ukupna dužina unutrašnjosti cevi	m
23.	S_c	Poprečni presek cevi	m ²
24.	m	Masa projektila	kg
25.	r_{z0}	Put plamena na početku 1. perioda	m
26.	t_0	Vreme prethodnog perioda	s
27.	α_0	Početni koeficijent provođenja toplote	W/mK

prikazan je u tabeli 2. Pod dozvoljenim granicama podrazumevaju se odstupanja od srednje vrednosti, koja su propisana u [3] i [4].

Na osnovu pojedinačne analize uticaja svakog od parametara na model dvofaznog strujanja može se zaključiti da sledeći parametri bitno utiču na razmatrane izlazne karakteristike:

– jedinačna brzina sagorevanja baruta u_{z0} ,

- početna masa barutnog zrna m_{z0} ,
- početna masa baruta m_{b0} ,
- masa projektila m ,
- kovolumen barutnih gasova α ,
- početna površina barutnog zrna S_{z0} ,
- poprečni presek cevi S_c .

Pri promeni u granicama dozvoljenih odstupanja navedeni parametri samostalno, najviše menjaju maksimalni pritisak i početnu brzinu. Pored toga, oni utiču i na izlazne karakteristike i u kombinaciji

Parametar	Rast vrednosti	P_{max}	V_0
Konstrukcioni parametri			
S_c – Poprečni presek cevi	$S_c \uparrow$	$P_{max} \downarrow$	$V_0 \downarrow$
X_0 – Početni položaj projektila	$X_0 \uparrow$	$P_{max} \rightarrow$	$V_0 \rightarrow$
X_u – Ukupna dužina unutrašnjosti cevi	$X_u \uparrow$	$P_{max} \rightarrow$	$V_0 \uparrow$
m – Masa projektila	$m \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \downarrow$
m_{b0} – Početna masa baruta	$m_b \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
p_0 – Pritisak forsiranja	$p_0 \uparrow$	$P_{max} \rightarrow$	$V_0 \rightarrow$
Balistički parametri (tip baruta)			
$2r_0$ – Početna debljina barutnog zrna	$2r_0 \uparrow$	$P_{max} \downarrow$	$V_0 \downarrow$
m_{z0} – Početna masa barutnog zrna	$m_{z0} \uparrow$	$P_{max} \downarrow$	$V_0 \downarrow$
S_{z0} – Početna površina barutnog zrna	$S_{z0} \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
κ – Koeficijent oblika KAPA	$\kappa \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
λ – Koeficijent oblika LAMBDA	$\lambda \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
Balistički parametri (model baruta)			
α – Kovolumen barutnih gasova	$\alpha \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
c_p – Specifična toplota pri konst. pritisku	$c_p \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
c_v – Specifična toplota pri konst. zapremini	$c_v \uparrow$	$P_{max} \downarrow$	$V_0 \downarrow$
u_{z0} – Jedinačna brzina sagorevanja	$u_{z0} \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
e_0 – Energija barutnih gasova na poč. 1. perioda	$e_0 \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
e_b – Energija baruta	$e_b \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$
ρ_b – Zapreminska masa baruta	$\rho_b \uparrow$	$P_{max} \uparrow$	$V_0 \uparrow$

sa drugim faktorima. Odgovor na pitanje kakav je taj uticaj daje faktorska analiza.

Pregled srednjih vrednosti odabranih parametara, sa procentualno dozvoljenim odstupanjem od srednje vrednosti, prikazan je u tabeli 3, u kojoj su, takođe, prikazani iznosi promene maksimalnog pritiska barutnih gasova i početne brzine projektila („rast“ i „pad“ od svoje srednje vrednosti), pri promeni odabranih parametara u dozvoljenim granicama odstupanja.

Maksimalne i minimalne vrednosti izlaznih karakteristika (prikazanih u tabeli 3), odnose se na gornju i donju granicu posmatranih parametara. Na iznos odstupanja maksimalnog pritiska barutnih gasova i početne brzine projektila

Tabela 3

Parametar	Srednja vrednost	Odstupanje od sr. vred.	P_{max}		V_0	
			bar	%	m/s	%
u_{z0}	7,767 E-10	±1,2%	3222	+2,45	735,5	+1,13
			3069	-2,42	718,6	-1,19
m_{z0}	4,127 E-7	±1,3%	3219	+2,35	733,3	+0,83
			3072	-2,32	721,2	-0,84
m_{b0}	0,00162	±1,54%	3196	+1,62	735,4	+1,12
			3093	-1,65	718,9	-1,15
m	0,0079	±1,56%	3194	+1,56	727,1	+0,01
			3096	-1,56	727,2	-0,01
α	0,000914	±0,33%	3150	+0,16	727,7	+0,05
			3139	-0,19	726,8	-0,07
S_{z0}	2,905 E-6	±1,3%	3219	+2,35	733,2	+0,81
			3071	-2,35	721,1	-0,86
S_c	4,68 E-5	±0,05%	3148	+0,10	727,6	+0,03
			3141	-0,13	727,0	-0,04

od svoje srednje vrednosti svaki od posmatranih parametara utiče pojedinačno. Očigledno je da polazni parametri imaju različit gradijent udela na izlazne rezultate. Tako, na primer, jedinična brzina sagorevanja baruta u_{20} ima najmanji procenat promene a najviše utiče na izlazne parametre.

Ukupan uticaj dominantnih parametara, kao i njihovog međudejstva, prikazuje faktorska analiza, koja ima za cilj da odredi *pojas* rezultata razmatranih izlaznih karakteristika, unutar kojih se očekuju i eksperimentalni rezultati.

Faktorski plan eksperimenta

Da bi se što pouzdanije i što tačnije izvršila analiza uticaja odabranih parametara na model dvofaznog strujanja u cevi oružja, neophodno je realizovati faktorski plan eksperimenta [5] prema postavljenoj modelu ili prema eksperimentu kao u [6]. U ovom radu primenjen je faktorski plan eksperimenta prema modelu.

Jedan od najvažnijih zadataka u realizaciji faktorskog plana eksperimenta, radi ispitivanja najuticajnijih parametara i njihovo rangiranje na model dvofaznog strujanja u cevi automatske puške, jeste izbor parametara (faktora) čiji će se uticaj na posmatrani proces opaljenja u cevi oružja pratiti.

Svaki od posmatranih faktora može da ima niz vrednosti unutar dozvoljenih odstupanja od svoje srednje vrednosti, koji se zovu broj nivoa faktora. U ovom radu broj nivoa faktora je dva, i to: donji (minimalna vrednost faktora) i gornji (maksimalna vrednost faktora).

Za faktorski plan eksperimenta karakteristično je da se svi nivoi jednog od faktora kombinuju sa svim nivoima osta-

lih faktora, tako da on predstavlja sve moguće kombinacije posmatranih parametara.

Jednofaktorska analiza daje rezultate samostalnog uticaja na izlazne karakteristike svakog od posmatranih polaznih parametara. Da bi se što pouzdanije odredili dominantni parametri koji, kako samostalno, tako i u kombinaciji sa ostalim parametrima utiču na model dvofaznog strujanja, prethodno su realizovana dva faktorska plana eksperimenta 2^3 i jedan faktorski plan 2^4 .

U prvom faktorskom planu 2^3 analizirani su faktori:

X_1 – jedinična brzina sagorevanja baruta,

X_2 – početna masa barutnog zrna,

X_3 – početna masa baruta.

Potpunom analizom ovih parametara, došlo se do podataka za v_0 – parametar značaja izvora promene ($X_1 = 333322,32$, $X_2 = 309750,89$ i $X_3 = 150822,32$), na osnovu čega se dolazi do zaključka da na maksimalni pritisak barutnih gasova i početnu brzinu projektila najviše utiče jedinična brzina sagorevanja, zatim početna masa barutnog zrna i, na kraju, početna masa baruta. Iz analize se, takođe, vidi da prva dva parametra utiču oko dva puta više od trećeg parametra.

U drugom faktorskom planu 2^3 analizirani su faktori:

X_1 – masa projektila,

X_2 – početna površina barutnog zrna,

X_3 – kovolumen barutnih gasova.

Analogno prethodnom eksperimentu, na osnovu dobijenih podataka za v_0 – parametar značaja izvora promene ($X_1 = 38809$, $X_2 = 87025$ i $X_3 = 484$), došlo se do zaključka da na maksimalni pritisak barutnih gasova i na početnu brzinu projektila najviše utiče početna

površina barutnog zrna, zatim masa projektila i, na kraju, kovolumen barutnih gasova. Iz ove analize se, takođe, vidi da početna površina barutnog zrna za oko dva i po puta ima veći uticaj od mase projektila, a znatno veći od kovolumena barutnih gasova.

Realizovan je i faktorski plan eksperimenta 2^4 , sa analizom faktora:

- X_1 – početna masa barutnog zrna,
- X_2 – jedinična brzina sagorevanja baruta,
- X_3 – početna masa baruta,
- X_4 – masa projektila.

Istim postupkom analize dolazi se do zaključka da na maksimalni pritisak barutnih gasova i početnu brzinu projektila, na osnovu dobijenih podataka za v_0 – parametar značaja izvora promene ($X_1 = 349281$, $X_2 = 374544$, $X_3 = 168921$ i $X_4 = 154449$), najviše utiče jedinična brzina sagorevanja baruta, početna masa barutnog zrna, početna masa baruta i na kraju masa projektila. Iz ove analize se, takođe, vidi da jedinična brzina sagorevanja baruta i početna masa barutnog zrna imaju za oko dva puta veći uticaj od početne mase baruta i mase projektila.

Iz sprovedenih analiza uočljivo je da najveći uticaj uvek ima jedinična brzina sagorevanja, a zatim početna površina barutnog zrna, početna masa barutnog zrna i početna masa baruta. Na osnovu toga, dalja ispitivanja i faktorska analiza, kao i rangiranje uticaja parametara na izlazne karakteristike (p_{\max} i V_0), modela dvofaznog strujanja u cevi automatske puške, obavljana je sa parametrima čiji je uticaj najveći:

X_1 (faktor A) – početna masa barutnog zrna,

X_2 (faktor B) – jedinična brzina sagorevanja baruta,

X_3 (faktor C) – početna masa baruta,
 X_4 (faktor D) – početna površina barutnog zrna.

Faktorski eksperiment 2^4

Da bi se izvršila faktorska analiza uticaja odabranih faktora na model dvofaznog strujanja, neophodno je realizovati potpuni plan faktorskog eksperimenta 2^4 , jer su odabrana četiri faktora sa po dva nivoa: minimalne i maksimalne dozvoljene vrednosti parametara. Izradom faktorskog plana eksperimenta zaključuje se o tome na kom nivou (donji ili gornji) mora da se nalazi određeni faktor za datu kombinaciju faktora. U jednofaktorskoj analizi uticaja polaznih parametara prikazan je karakter promene izlaznih karakteristika (p_{\max} i V_0), pri variranju vrednosti parametara u dozvoljenim granicama odstupanja od srednjih vrednosti. Iz ove analize ne vidi se karakter promene izlaznih karakteristika pri istovremenoj promeni vrednosti dva ili više parametara.

Nivoi faktora koji se analiziraju su:

$X_{1,\min} = 4,180651 \text{ E-7}$ $X_{2,\min} = 7,675 \text{ E-10}$

$X_{1,\max} = 4,073349 \text{ E-7}$ $X_{2,\max} = 7,859 \text{ E-10}$

$X_{3,\min} = 0,0015948$ $X_{4,\min} = 2,867235 \text{ E-6}$

$X_{3,\max} = 0,001645$ $X_{4,\max} = 2,942765 \text{ E-6}$

Ovakvi eksperimenti sa dva nivoa često se nazivaju *ekstremni eksperimenti*. U potpunom faktorskom eksperimentu treba napraviti sve kombinacije svih nivoa faktora i one se obično nazivaju *eksperimentalne jedinice*. Ukupan broj kombinacija nivoa faktora zavisi od broja nivoa faktora i broja faktora koji se analiziraju. Ovde će ih biti $2^4 = 16$. Pri izvođenju eksperimenta redosled kombinacija se bira na slučajan način.

Matematički model faktorskog eksperimenta 2⁴

Matematički model eksperimenta sa četiri faktora (A, B, C i D) i sa m ponavljanja na svakom nivou faktorskog plana može se iskazati izrazom:

$$X_{ij} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + C_k + AC_{ik} + BC_{jk} + ABC_{ijk} + D_g + AD_{ig} + BD_{jg} + CD_{kg} + ABD_{ijg} + ACD_{ikg} + BCD_{jkg} + ABCD_{ijkl} + \varepsilon_{ijkl} \quad (1)$$

gde je:

X – posmatrana (merena) veličina u procesu,

μ – srednja vrednost merene veličine,

A – faktor sa $i = 1, 2, \dots$ a nivoa faktora,

B – faktor sa $j = 1, 2, \dots$ b nivoa faktora,

C – faktor sa $k = 1, 2, \dots$ c nivoa faktora,

D – faktor sa $g = 1, 2, \dots$ d nivoa faktora,

$l = 1, 2, \dots m$ – broj ponavljanja za svaku kombinaciju nivoa faktora,

ε_{ijkl} – greška eksperimenta.

Ovi podaci dobijaju se sprovođenjem faktorskog eksperimenta prema unapred definisanom planu.

Nakon izbora broja faktora i broja nivoa vrši se kodiranje vrednosti faktora,

tako da gornji nivo bilo kog faktora ima uvek vrednost +1, a donji nivo uvek vrednost -1. To se postiže pogodnom smenom, čime se znatno pojednostavljuje postupak planiranja i obrade rezultata faktorskog eksperimenta.

Postupak variranja i kodiranja signifikantnih (najuticajnijih) faktora obavlja se na sledeći način:

$$X_{i,0} = \frac{X_{i,max} + X_{i,min}}{2}; \quad i = 1 \dots 4 \quad (2)$$

$$W_i = \frac{X_{i,max} - X_{i,min}}{2}; \quad i = 1 \dots 4 \quad (3)$$

Kodiranjem signifikantnih faktora dobija se:

$$X_{i,g} = \frac{X_{i,max} - X_{i,0}}{W_i}; \quad i = 1 \dots 4 \quad (4)$$

$$X_{i,d} = \frac{X_{i,min} - X_{i,0}}{W_i}; \quad i = 1 \dots 4 \quad (5)$$

Rezultati dobijeni variranjem i kodiranjem signifikantnih faktora prema izrazima (2 do 5) prikazani su u tabeli 4.

Konačan oblik potpunog faktorskog plana eksperimenta 2⁴ prikazan je u tabeli 5, gde je uvedena pomoćna kolona X₀ koja služi za računanje u regresivnoj analizi i sadrži samo gornje nivoe faktora.

Tabela 4

X _{1,min}	4,180651 E-7	X _{1,g}	+1	X _{1,0}	4,127 E-7	W ₁	-0,053651 E-7
X _{1,max}	4,073349 E-7	X _{1,d}	-1				
X _{2,min}	7,675 E-10	X _{2,g}	+1	X _{2,0}	7,767 E-10	W ₂	0,092 E-10
X _{2,max}	7,859 E-10	X _{2,d}	-1				
X _{3,min}	0,0015948	X _{3,g}	+1	X _{3,0}	0,00162	W ₃	0,0000251
X _{3,max}	0,001645	X _{3,d}	-1				
X _{4,min}	2,867235 E-6	X _{4,g}	+1	X _{4,0}	2,905 E-6	W ₄	0,037765 E-6
X _{4,max}	2,942765 E-6	X _{4,d}	-1				

X ₀	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	X ₃	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	X ₁ X ₂ X ₃	X ₄	X ₁ X ₄	X ₂ X ₄	X ₃ X ₄	X ₁ X ₂ X ₄	X ₁ X ₃ X ₄	X ₂ X ₃ X ₄	X ₁ X ₂ X ₃ X ₄	Kombinacija nivoa	Rezultati	
																	P _{max}	V ₀
+	-	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	(1)	2880	697
+	+	-	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	-	a	3019	710
+	-	+	-	-	+	-	-	-	+	-	+	-	+	-	-	b	3024	715
+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	+	+	-	-	+	ab	3169	727
+	-	-	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-	c	2975	714
+	+	-	-	+	+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	ac	3118	727
+	-	+	-	+	-	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+	bc	3124	732
+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+	-	abc	3274	744
+	-	-	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	d	3019	710
+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	-	-	+	+	-	+	ad	3163	723
+	-	+	-	-	+	-	-	+	-	+	-	+	-	+	+	bd	3169	727
+	-	-	+	+	-	-	-	+	-	-	+	-	+	+	+	cd	3118	727
+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	abd	3320	739
+	+	-	-	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	+	-	acd	3268	739
+	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	bcd	3274	744
+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	+	abcd	3431	755
Opšta suma (OS)																	50345	11630

Disperzivna analiza uticaja signifikantnih faktora na maksimalni pritisak i početnu brzinu

Svaki mereni rezultat Y_{ij} , za određenu vrednost nezavisno promenljive (za određeni nivo faktora) može se prikazati sledećim matematičkim modelom [5]:

$$Y_{ij} = \mu + T_j + \varepsilon_{ij} \quad (6)$$

gde je:

μ – opšta vrednost za sva posmatranja (istinita vrednost) kada nema uticaja ni faktora ni greške,

T_j – uticaj j-tog nivoa faktora na rezultat (efekat nivoa faktora),

ε_{ij} – ukupna greška eksperimenta (sadrži slučajne greške merenja i slučajne efekte randomiziranih spoljnih uticaja koji nisu uzeti kao faktori).

Uzimajući u obzir dejstva svih faktora, kao i međudejstva faktora, dobija se opšta suma kvadrata (OSK), kao: $OSK = SKA + SKB + SKAB + SKC + SKAC + SKBC + SKABC + SKD + SKAD + SKBD + SKCD + SKABD + SKACD + SKBCD + SKABCD + SKG$ (7)

Sabiranje se obavlja pomoću metode kontrasta. Kontrasti se računaju matričnom metodom, i to na sledeći način: množi se svaka od kolona matrice, sa elementima +1 i -1 koja je prikazana u tabeli 5 (izuzev kolone X_0) sa kolonom Y rezultata eksperimenta. Obavlja se ukupno $(2^n - 1)$ množenja, te se na taj način dobijaju kontrasti svakog od izvora promene.

Efekte ili izvori promena su svi faktori i sva njihova međudejstva. Kod ova-

kvih faktorskih eksperimenata 2^n uvek ih ima $2^n - 1$, pri čemu je broj izvora promene $2^n - 1 = 15$.

Sume kvadrata za sve faktore nalaze se prema formuli:

$$SKC_i = \frac{(\text{kontrast})^2}{m \cdot 2^n} \quad (8)$$

gde je:

n – broj faktora,

m – broj ponavljanja na istom nivou faktorskog plana (kombinaciji nivoa faktora).

Ukupan broj eksperimentalnih jedinica eksperimenta je:

$$N = m2^n \quad (9)$$

Opšta suma je:

$$OS = \sum_j^{2^n} Y_j \quad (10)$$

Opšta suma kvadrata iznosi:

$$OSK = SK_i - OS^2/N \quad (11)$$

gde SK_i predstavlja sumu kvadrata svih nivoa, svih faktora.

Ukoliko nije bilo ponavljanja eksperimenta na istom nivou faktorskog plana ($m = 1$), suma kvadrata ostatka se (umesto greške eksperimenta koja se ne može proceniti) dobija prema sledećoj formuli:

$$SKO = OSK - \sum SKC_i \quad (12)$$

U tom slučaju disperziona analiza nema smisla, jer kontrasti imaju po jedan stepen slobode, a suma kvadrata ostatka stepen slobode jednak nuli. U ovakvim slučajevima se kontrasti neznačajnih međudejstava (oni koji su po apsolutnoj

vrednosti manji od jedan) pridodaju ostatku sa svojim stepenima slobode, pa se taj zbir smatra greškom. Tada je suma kvadrata greške:

$$SKG = SKO + \sum_i \quad (13)$$

gde \sum_i predstavlja sumu kontrasta neznačajnih međudejstava.

Kada se govori o grešci potrebno je naglasiti da je disperziona analiza statistička metoda koja se zasniva na određenim zakonima statistike. Pri ovoj metodi, za rangiranje značaja svakog od izvora promene koristi se Fišerova raspodela [5].

Najpre je potrebno definisati određene pojmove.

Srednji kvadrat je količnik između sume kvadrata svakog od izvora promena i stepena slobode tog izvora promena. Isto važi i za srednji kvadrat greške koji predstavlja količnik sume kvadrata greške i stepena slobode greške.

$$SKV_i + \frac{SKC_i}{SS_i}$$

$$SKVG = \frac{SKG}{SSG} \quad (14)$$

gde je:

SKV_i – srednji kvadrat i-tog izvora promene,

$SKVG$ – srednji kvadrat greške,

SKC_i – suma kvadrata i-tog izvora promene,

SKG – suma kvadrata greške,

SS_i – broj stepeni slobode i-tog izvora promene,

SSG – broj stepeni slobode greške,

$i = 1, 2, \dots (2^n - 1)$ – broj izvora promene.

Kada se odrede sve navedene vrednosti, sledi utvrđivanje značaja svakog od

izvora promena. Najpre se za svaki od izvora utvrdi odnos:

$$v_{0i} = \frac{SKV_i}{SKVG} \quad (15)$$

Nakon toga se, takođe za svaki izvor promena, iz tablica Fišerove raspodele (za izabrani nivo poverenja, broj stepeni slobode svakog izvora promena SS_i i broj stepeni slobode greške SSG) očita vrednost Fišerovog kriterijuma $c_i = f(V, SS_i, SSG)$. U slučaju da nema ponavljanja na svakom nivou faktorskog plana eksperimenta, stepen slobode svakog izvora promene je 1, pa se iz tablice Fišerove raspodele uzima samo jedan broj c . Da bi se odredilo da li je neki od izvora promena značajan, tj. kakvo je njegovo dejstvo na rezultate eksperimenta, potrebno je izvršiti upoređenje v_{0i} i c_i .

Ako je:

$v_{0i} \geq c_i$ – onda je i -ti izvor promena značajan, tj. utiče na rezultate eksperimenta i tvrdnja je data sa nivoom poverenja V_i

$v_{0i} < c_i$ – onda i -ti izvor promena nije značajan, tj. ne utiče na rezultate eksperimenta.

Mera relativne značajnosti jednog od izvora promena u odnosu na drugi je odnos veličina parametra v_{0i} , za odgovarajuće izvore promena. Što je vrednost tog parametra veća to je dati izvor promena značajniji i ima veći uticaj na rezultate eksperimenta.

Rezultati za ortogonalne kontraste, sume kvadrata, parametar značaja izvora promene i stepene slobode posmatranih faktora (na osnovu disperzivne analize, prema formulama 5–12), za maksimalni pritisak i početnu brzinu, prikazani su u tabeli 6.

Tabela 6

Faktor	Maksimalni pritisak				Početna brzina			
	Ort. kon. (8C _i)	Suma kvadr. (SKC _i)	St sl. (SS _i)	v_0	Ort. kon. (8C _i)	Suma kvadr. (SKC _i)	St. sl. (SS _i)	v_0
A	1179	86877,562	1	534631,2	98	600,25	1	2401
B	1225	93789,062	1	577163,5	136	1156	1	4624
AB	27	45,5625	1	280,4	-4	1	1	4
C	819	41922,562	1	257985,0	134	1122,25	1	4489
AC	21	27,5625	1	169,6	-2	0,25	1	1
BC	23	33,0625	1	203,5	0	0	1	0
ABC	-1	0,0625	1	0,4	0	0	1	0
D	1179	86877,562	1	534631,2	98	600,25	1	2401
AD	25	39,0625	1	240,4	-2	0,25	1	1
BD	27	45,5625	1	280,4	-4	1	1	4
CD	21	27,5625	1	169,6	-2	0,25	1	1
ABD	-1	0,0625	1	0,4	0	0	1	0
ACD	-3	0,5625	1	3,5	2	0,25	1	1
BCD	-1	0,0625	1	0,4	0	0	1	0
ABCD	-1	0,0625	1	0,4	0	0	1	0
OSK		309685,9375	15			3481,75	15	
SKO		0	0			0	0	

Za kriterijum $c = 16,3$ (Fišerov kriterijum za nivo poverenja $V = 99\%$), a iz tabele 6 se vidi da je vrednost v_0 za faktore A, B, C i D znatno veća od ovog kriterijuma, tj. njihov uticaj na rezultate eksperimenta je veoma značajan. Na osnovu veličine ovog parametra rangira se uticaj faktora A, B, C i D na maksimalni pritisak, prema sledećem:

1. faktor B ($v_{0B} = 577163,5$) – jedinična brzina sagorevanja baruta,

2–3. faktor A ($v_{0A} = 534631,2$) – početna masa barutnog zrna,

2–3. faktor D ($v_{0D} = 534631,2$) – početna površina barutnog zrna,

4. faktor C ($v_{0C} = 257985,0$) – početna masa baruta.

Najveći uticaj na veličinu maksimalnog pritiska barutnih gasova ima jedinična brzina sagorevanja baruta, dok jednak uticaj imaju početna masa barutnog zrna i početna površina barutnog zrna i, na kraju, početna masa baruta. Iz tabele je, takođe, uočljivo da i međudejstva faktora AB, AC, BC, AD, BC i CD takođe utiču na maksimalni pritisak, ali u znatno manjoj meri od samostalnog dejstva faktora. Na osnovu ove analize vidi se da je relativni uticaj faktora B, A i D (prema odnosu srednjih kvadrata ili v_0) oko dva puta veći od uticaja faktora C.

Matematički model, zasnovan na ovim rezultatima, ima oblik:

$$Y_{ijkl} = \mu + u_{z0i} + m_{z0j} + S_{z0k} + m_{b0l} + m_{z0j}u_{z0i} + m_{z0j}m_{b0l} + u_{z0i}m_{b0l} + m_{z0j}S_{z0k} + u_{z0i}S_{z0k} + m_{b0l}S_{z0k} + \varepsilon_{ijkl} \quad (16)$$

gde je:

Y_{ijkl} – vrednost rezultata eksperimenta za bilo koju kombinaciju faktora (vrednost maksimalnog pritiska),

μ – srednja vrednost svakog od faktora (posmatranih veličina),

u_{z0i} – doprinos jedinične brzine sagorevanja baruta maksimalnom pritisku,

m_{z0j} – doprinos početne mase barutnog zrna maksimalnom pritisku,

S_{z0l} – doprinos početne površine barutnog zrna maksimalnom pritisku,

m_{b0k} – doprinos početne mase baruta maksimalnom pritisku,

$m_{z0j}u_{z0i}$ – doprinos međudejstva početne mase barutnog zrna i jedinične brzine sagorevanja maksimalnom pritisku,

$m_{z0j}m_{b0l}$ – doprinos međudejstva početne mase barutnog zrna i početne mase baruta maksimalnom pritisku,

$u_{z0i}m_{b0l}$ – doprinos međudejstva jedinične brzine sagorevanja i početne mase baruta maksimalnom pritisku,

$m_{z0j}S_{z0k}$ – doprinos međudejstva početne mase barutnog zrna i početne površine barutnog zrna maksimalnom pritisku,

$u_{z0i}S_{z0k}$ – doprinos međudejstva jedinične brzine sagorevanja i početne površine barutnog zrna maksimalnom pritisku,

$m_{b0l}S_{z0k}$ – doprinos međudejstva početne mase baruta i početne površine barutnog zrna maksimalnom pritisku,

ε_{ijkl} – greška eksperimenta,
 $i = j = k = l = 2$ – broj nivoa svakog od faktora.

Za kriterijum $c = 21,2$ (Fišerov kriterijum za nivo poverenja $V = 99\%$), a iz tabele 6, vidi se da je vrednost v_0 za faktore A, B, C i D veća od ovog kriterijuma, tj. njihov uticaj na rezultate eksperimenta je značajan. Na osnovu veličine ovog parametra rangira se uticaj faktora A, B, C i D na početnu brzinu projektila, prema sledećem:

1. faktor B ($v_{0B} = 4624$) – jedinična brzina sagorevanja baruta,
2. faktor C ($v_{0C} = 4489$) – početna masa baruta,
- 3–4. faktor A ($v_{0A} = 2401$) – početna masa barutnog zrna,
- 3–4. faktor D ($v_{0D} = 2401$) – početna površina barutnog zrna.

Najveći uticaj na veličinu početne brzine projektila ima jedinična brzina sagorevanja baruta, drugi po uticaju je početna masa baruta, dok su treći, odnosno četvrti po uticaju – početna masa barutnog zrna i početna površina barutnog zrna. Disperzivna analiza, za sve veličine, pokazuje da su i uticaji međudejstva faktora zanemarivi. To znači da ova četiri faktora utiču na početnu brzinu projektila, ali među njima nema međudejstva, tj. svaki od njih deluje sam na posmatrani proces, pri čemu je relativni uticaj faktora B i C (prema odnosu srednjih kvadrata ili v_0) skoro dva puta veći od uticaja faktora A i D.

Analogno, kao i za maksimalni pritisak, matematički model zasnovan na ovim rezultatima, ima oblik:

$$Y_{ijkl} = \mu + u_{z0i} + m_{b0j} + m_{z0k} + S_{z0l} + \varepsilon_{ijkl} \quad (17)$$

gde je:

Y_{ijkl} – vrednost rezultata eksperimenta za bilo koju kombinaciju faktora (vrednost maksimalnog pritiska),

μ – srednja vrednost svakog od faktora (posmatranih veličina),

u_{z0i} – doprinos jedinične brzine sagorevanja baruta početnoj brzini,

m_{b0j} – doprinos početne mase baruta početnoj brzini,

m_{z0k} – doprinos početne mase barutnog zrna početnoj brzini,

S_{z0l} – doprinos početne površine barutnog zrna početnoj brzini,

ε_{ijkl} – greška eksperimenta,

$i = j = k = l = 1 = 2$ – broj nivoa svakog od faktora.

Matematički modeli disperzione analize za maksimalni pritisak i početnu brzinu (izrazi 16 i 17), koriste se u regresivnoj analizi rezultata eksperimenta. Oni znače da se maksimalni pritisak i početna brzina projektila rasipaju oko određene srednje vrednosti pod uticajem faktora A, B, C i D.

Regresivna analiza daje odgovore na pitanja kolika je ta srednja vrednost i koliko iznosi veličina rasipanja oko srednje vrednosti.

– nastaviće se –

Miloš Pejanović,
major, dipl. inž.
Dr Svetomir Minić,
pukovnik, dipl. inž.
Generalštab VJ,
Beograd

AUTOMATIZOVANI SISTEMI ZA PODRŠKU ODLUČIVANJU

UDC: 65.012.123:681.322

Rezime:

U radu su prikazane karakteristike savremenih automatizovanih sistema za podršku odlučivanju (ASPO) u procesima donošenja odluka iz oblasti različitih upravljačkih funkcija. Definisan je arhitektura ASPO, jezici za podršku odlučivanju, softverski proizvodi i baze podataka.

Ključne reči: sistem za podršku odlučivanju, jezici podrške odlučivanju, analitički alati, baza podataka, baza znanja.

AUTOMATED SYSTEMS FOR DECISION MAKING SUPPORT

Summary:

The paper presents characteristics of modern automated systems for decision making support (ASDMS) in decision making processes concerning various management functions. The ASDMS architecture has been defined as well as decision making support languages, software products and data bases.

Key words: decision making support system, decision making support languages, analytical tools, data base, knowledge base.

Uvod

U savremenim organizacionim sistemima, u vezi sa klasičnim upravljačkim funkcijama (planiranje, organizovanje, upravljanje kadrovima, rukovođenje i kontrola), donose se odluke na svim nivoima rukovođenja, gde se razmatra veliki broj različitih podataka i informacija koje je potrebno relativno brzo obraditi, selektirati i uočiti glavni problem. Savremena tehnologija omogućava donošenju odluke upotrebu kompjuterske tehnike, koja može da se implementira u sistem za podršku odlučivanju. Takav sistem omogućava da se na najvišim ni-

voima odlučivanja brže i jednostavnije donese optimalna odluka iz skupa više uočenih alternativa.

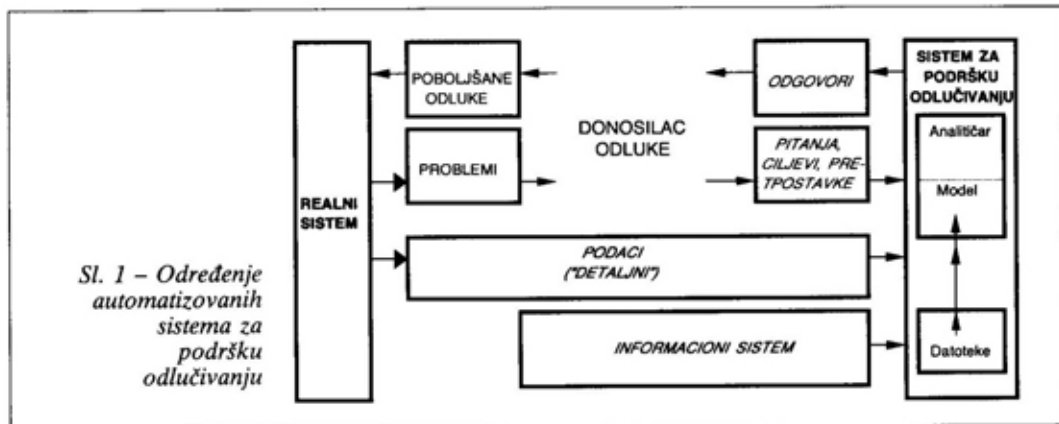
Opšti koncept automatizovanih sistema za podršku odlučivanju i njihov značaj

U savremenoj teoriji upravljanja (management theory) pod odlučivanjem se podrazumeva racionalni izbor jedne iz skupa raspoloživih alternativa. S obzirom na to da je odlučivanje deo poslova koje svaki donosilac odluke mora obavljati kroz bilo koju upravljačku funkciju, nužno je da konsultuje određene eksperte

ili da odluke donosi sam. Poznat je proces donošenja odluka na konvencionalan način, bez podrške tehničkih sistema, sa svojim problemima. Radi toga je razvijeno više različitih automatizovanih informacionih sistema, koji u velikoj meri otklanjaju nedostatke, kao posledica rutine (brzine, odnosno sporosti, preciznosti, odnosno tačnosti i efikasnosti, i sl.). To su, na primer, različite baze podataka

primenljive na određenim nižim nivoima (operativnom i taktičkom), ali praktično neupotrebljive na najvišem nivou rukovođenja (strateškom ili „vrhovnom“) [3].

Za odlučivanje na najvišem nivou ne koriste se detaljni već agregirani podaci sa nižih nivoa odlučivanja, bitni za donošenje odluka (slika 1). Postojeći informacioni sistemi (nastali osamdesetih godina) zahtevaju potpuno definisane, strukturi-



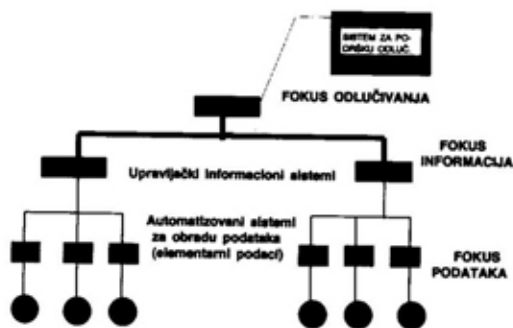
Sl. 1 – Određenje automatizovanih sistema za podršku odlučivanju

rane probleme. Zbog potreba predviđanja, pomoć takvih upravljačkih informacionih sistema je mala.

Potrebni su informacioni sistemi koji podržavaju nestrukturirane probleme, odnosno one koji nisu potpuno determinisani. To je posebno izraženo na najvišem nivou odlučivanja, pa se sredinom osamdesetih godina javljaju *automatizovani sistemi za podršku odlučivanju (ASPO)*. Oni koriste postojeće baze podataka, tako što se vrši ekstrakcija podataka i uopštavanje (agregacija), i koriste bitni podaci za prezentaciju i pomoć donosiocu odluke. Pri tome donosilac odluke i dalje ima primarnu ulogu, a automatizovani sistem za podršku odlučivanju samo se konsultuje ili, zavisno od stepena razvijenosti, može služiti kao ekspertni sistem za podršku odlučivanju.

Za uspešno funkcionisanje ASPO, pored odgovarajućeg hardvera, razvoj programske podrške (softvera) vrlo je bitan. Programska podrška ASPO zasniva se na jezicima ASPO, koji pripadaju jezicima IV generacije.

Automatizovani sistemi za podršku odlučivanju pokrivaju u hijerarhiji odlučivanja najviše nivoe donošenja odluka. Oni ne narušavaju postojeće uspostavljene informacione sisteme nižih nivoa (upravljački informacioni sistemi i drugi sistemi za automatizovanu obradu podataka), u smislu strukture podataka i informacionih tokova. Pri projektovanju i izgradnji sistema za podršku odlučivanju treba imati u vidu konotacioni pogled na njegov značaj i mesto u organizacionoj strukturi (slika 2).



Sl. 2 – Mesto i značaj sistema za podršku odlučivanju

Karakteristike automatizovanih sistema za podršku odlučivanju

S obzirom na suštinu i namenu, za razliku od ostalih informacionih sistema, ASPO ima sledeće karakteristike [3]:

- omogućava širok prilaz odlučivanju (naglašava se „upravljanje percepcijom“, odnosno vizuelni pristup, grafička analiza i pristup sa „brzim uočavanjem

problema“), pri čemu čovek zadržava kontrolu nad procesom;

- obuhvata rešavanje strukturiranih, polustrukturiranih i nestrukturiranih problema;

- omogućava upotrebu odgovarajućih matematičkih i statističkih modela;

- poseduje sposobnost dobijanja informacija po zahtevu – interaktivno;

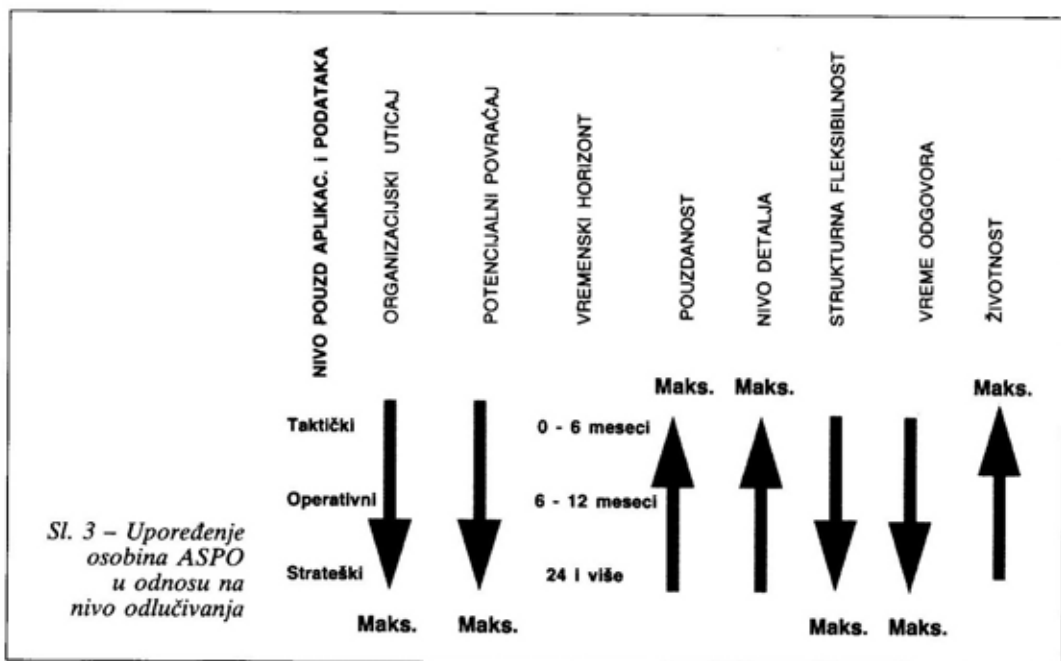
- omogućava optimizaciju kadrova na svim nivoima;

- podržan je od integrisanih podsistema i omogućava njihovu integraciju;

- koristi redukovanu bazu podataka, odnosno tzv. „široku bazu podataka“, sa naglašenom generalizacijom podataka, bitnih za strateško odlučivanje;

- omogućava brzu obuku za korišćenje (u menadžmentu poznato kao „učenje za dva dana ili učenje za vikend“);

- adaptivnost u vremenu (otvorenost arhitekture, kompatibilnost softvera i primena tehnologije jezika IV generacije).



Sl. 3 – Upoređenje osobina ASPO u odnosu na nivo odlučivanja

Osobine su gradirane u zavisnosti od nivoa primene sistema za podršku odlučivanju, odnosno, prema nivou donošenja odluka. Iz te gradacije može se uočiti smisao i značaj izgradnje automatizovanih sistema za podršku odlučivanju na strateškom nivou (slika 3).

Pored toga, većina programa mora zadovoljiti tzv. ASPO-analize, kao što su:

- analiza „šta-ako“ (istražuje efekte promena jedne ili više promenljivih na celokupni sistem);

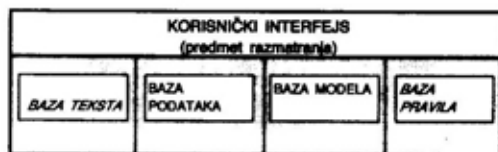
- analiza „postizanje cilja“ (prvo se definiše cilj, a zatim se manipulacijom promenljivih u sistemu pokušava dostići);

- analiza „osetljivosti“ (istražuje opsege promene za jednu ili skup promenljivih kao i neke opšte karakteristike kao što su: mogućnost ekstrakcije podataka; mogućnost upita i fleksibilnog generisanja izveštaja; kreiranje – generisanje modela; predstavljanje podataka u višedimenzionalnom obliku; mogućnost računanja, pretraživanja i posedovanje statističkih alata; poželjno je posedovanje grafičkih generatora za kreiranje različitih prikaza i prezentacije podataka).

Prezentacija podataka u ASPO

Pretpostavka je da se razmatra konkretna složena organizaciona struktura, u kojoj su prepoznatljivi svi nivoi odlučivanja (strateško, taktičko i operativno). S obzirom na značaj, javlja se problem odlučivanja. Odluke od strateškog značaja, koje se odnose na duži period imaju za posledicu određene prednosti i nedostatke.

Donosioci odluka na strateškom nivou, koriste informacije u obliku agregiranih podataka. S obzirom na nivo odlučivanja potrebno je uvođenje sistema za podršku odlučivanju, koji će iz mnoštva

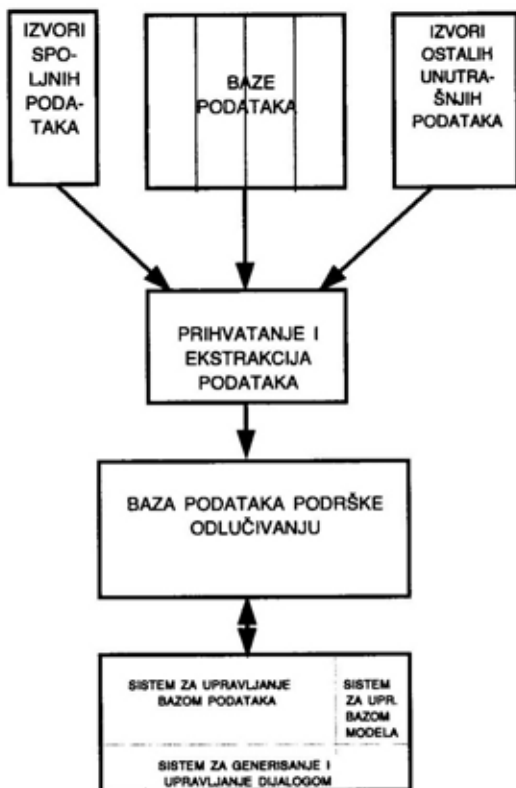


Sl. 4 – Arhitektura ASPO (potpuna)

detaljnih podataka i informacija, ekstrakcijom obezbediti podatke i informacije bitne za odlučivanje.

Baza podataka u sistemu za podršku odlučivanju popunjava se iz internog informacionog sistema organizacije, koristi podatke iz baza izvan sistema organizacije (npr. iz mreže), kao i iz interne baze podataka ASPO.

Neka je osnovna arhitektura ASPO konkretne organizacione strukture sa ele-



Sl. 5 – Podsystem podataka

mentima kao što je prikazano na slici 4, i neka zadovoljava sve karakteristike koje su prethodno opisane. U ovom slučaju, podsistem podataka definisan je tokom prikazanim na slici 5.

Na osnovu postavljenih konkretnih zahteva definiše se osnovni prototip konkretnog ASPO.

Značaj grafičke prezentacije podataka u ASPO

S obzirom na fokusiranje strateškog odlučivanja posebno je interesantna grafička prezentacija podataka u ASPO [5].

Osnovni problem je kako donosiocu odluka predstaviti podatke, radi pomoći pri efikasnijem donošenju odluka. Jedan od prilaza je da se grafički prezentuju određeni odnosi između različitih alternativa, putem dijagrama i drugih formi. Mogućnosti prezentacije, pre svega, zavise od mogućnosti programa, ali i od izbora tipa dijagrama u smislu forme.

Ovaj problem je najinteresantniji sa aspekta tzv. „top management“ nivoa, tj. od njega zavisi da li će ASPO biti prihvaćen i koliko će biti koristan u podršci odlučivanju. Posebno se naglašava „upravljanje percepcijom“, odnosno vizuelni pristup i grafička analiza sa „brzim uočavanjem problema“.

Da bi ASPO bio prihvaćen mora biti prihvatljiv sa psiho-estetske strane, fleksibilan u prikazu podataka, reprezentativan i isticati glavni problem. Multimedij-ski pristup u definisanju podsistema interfejsa omogućava posebne efekte (grafika, video i audio prezentacija), pri čemu je neophodna jednostavnost u kreiranju prikaza, kao i brzina u definisanju i ažuriranju prezentacije.

Jezici za podršku odlučivanju

Jezici sistema za podršku odlučivanju pripadaju kategoriji jezika IV generacije. Njihova uloga je da pomažu korisnicima (donosiocima odluka) u analizi podataka, u traženju odgovora pri analizi „šta-ako“, kreiranju modela i ekstrakciji podataka.

Jezici sistema za podršku odlučivanju mogu biti jednostavniji (npr. alati za obradu tabela, LOTUS 1-2-3, SUPER-CALC, EXCELL za Windows i sl.), ili složeniji koji podržavaju manipulaciju podacima u više dimenzija uz tehnike za analizu.

Bolji jezici sistema za podršku odlučivanju treba da obuhvataju upite i generisanje izveštaja, kao SQL, QBE, ADRES I DATATRIEVE, i imaju sposobnost analize podataka i generisanja aplikacija, kao, na primer, FOCUS i RAMIS.

Jedan od sistema za podršku odlučivanju je EXPRESS, sa ugrađenim tehnikama operacionih istraživanja, dok je SYSTEM W snažan alat za analizu podataka u više dimenzija. To je posebno interesantno u razmatranju problema u računovodstvu, upravljanju finansijama, planiranju i drugim sličnim poslovima. Ova dva sistema daju posebne mogućnosti korisnicima (donosiocima odluka) [1].

Višedimenzionalni podaci

Jezici sistema za podršku odlučivanju, kao što su EXPRESS i SYSTEM W, predstavljaju podatke u višedimenzionalnom obliku. Višedimenzionalni podaci, npr. pri analizi „šta-ako“ ispituju se tako što se prikazuju u tri dimenzije sa odabranim promenljivim (varijablama), odnosno u više dvodimenzionalnih odsečaka,

koji predstavljaju pretpostavke u toj analizi.

Softver sistema za podršku odlučivanju treba da obezbedi [1]:

- da baze podataka (BP) imaju višedimenzionalni pristup podacima;
- postojanje fleksibilnih generatora izveštaja, pomoću kojih korisnik kreira izveštaje sa prikazom različitih pogleda kroz podatke (preseka);
- postojanje grafičkog generatora za kreiranje grafičkih prikaza različitih pogleda kroz strukture podataka;
- mogućnost raznih računanja uz različite uslove;
- programske alate za statistiku i operaciona istraživanja;
- mogućnost analize „šta-ako“;
- kreiranje modela sa ugradnjom različitih strategija.

SYSTEM W, takođe, ima sposobnost višedimenzionalne analize podataka. Specijalno se definišu vremenski periodi (istorijski periodi i naredni period) i promenljive (varijable). Pri izradi modela definišu se pravila, koja su obično uslovljena, uz korišćenje procedure ili blokova programa.

Analitički alati određuju sposobnost sistema za podršku odlučivanju u kompleksnim analizama i obradama, kao na primer: skup alata u predviđanju, korelacijama i drugi alati. Mnogi alati operacionih istraživanja ugrađeni su u softver za podršku odlučivanju.

Korišćenje sistema za podršku odlučivanju odvija se kroz sledeće etape [1]:

1. Analiza problema, određivanje vrste ili tipovi rezultata koji će se koristiti i određivanje promenljivih (varijabli).
2. Kreiranje tzv. polja podataka koje će se formirati.
3. Unošenje pravila za računanje vrednosti u sistemu.

4. „Punjenje“ sistema podacima koji često mogu biti izvedeni iz drugih datoteka ili baza podataka.

5. Generisanje izveštaja i grafike u modelu.

6. Određivanje alata operacionih istraživanja i ostalih alata koji će se koristiti.

7. Analiza rezultata (da li su interesantni za donosioca odluke) i redefinisavanje modela prema zahtevima donosioca odluke.

Računarska grafika u sistemima za podršku odlučivanju potrebna je donosiocu odluke kako bi mogao da izdvoji i prikaže problem iz kompleksnog skupa podataka, i time olakša i ubrza donošenje odluke.

Glavni izazov ili problem sistema za podršku odlučivanju je pronalaženje tipa dijagrama koji će biti efektivniji u pomoći pri donošenju odluka. Uglavnom, svi standardni izveštaji i računi mogu biti predstavljeni grafički.

Personalni računari u ASPO

Personalni računari (PC) interesantni su u sistemima za podršku odlučivanju zbog prednosti u odnosu na terminale velikih sistema (mainframe) u vremenu odziva i grafici. To znači da PC predstavljaju važan faktor u komuniciranju donosioca odluka i u sistemima za podršku odlučivanju.

Glavna baza podataka sistema za podršku odlučivanju može biti na velikom (glavnom) računarskom sistemu (mainframe), pri čemu se neki podaci „spuštaju“ prema personalnom računaru radi manipulacije, obrade i prezentacije podataka (slika 6). Svaka promena u podacima ili modelima može se vratiti u glavni računarski sistem.

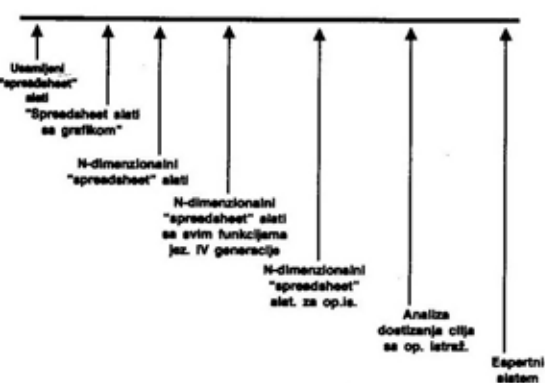


Sl. 6 – Mesto personalnih računara u ASPO

Mnogi korisnici u svom sistemu za podršku odlučivanju na personalnom računaru često formiraju tzv. „spreadsheet“ fajlove, uz postojanje snažnih analitičkih alata. Na taj način dovoljno je sa glavnog računarskog sistema izvršiti samo ekstrakciju potrebnih podataka na PC, koji će biti raspoloživi za analizu i prezentaciju u sistemu za podršku odlučivanju.

Spektar proizvoda za podršku odlučivanju

Postoji širok spektar softvera i različitih tehnika za podršku odlučivanju, koji se može rangirati od jednostavnih do složenih. Jednostavni softverski paketi, kao npr. podrška „usamljenog spread-

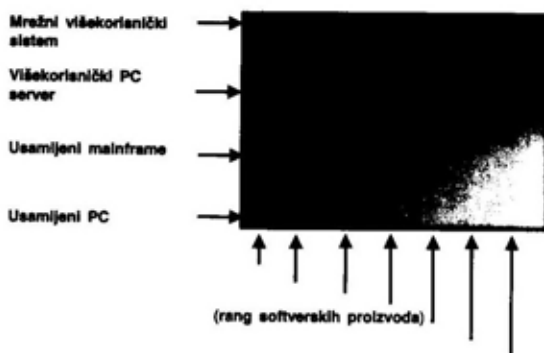


Sl. 7 – Rang softverskih proizvoda ASPO

sheet alata“, omogućavaju jednostavno korišćenje, ali nemaju sposobnosti kompleksnije analize.

Rangiranje u odnosu na funkcionalnost softvera za podršku odlučivanju, odnosno njegovu sposobnost, prikazano je na slici 7.

Personalni računari predstavljaju snažnu podršku u sistemima za podršku odlučivanju. Često postoji potreba da se više korisnika PC priključi na glavni računarski sistem, odnosno centralnu bazu podataka sistema za podršku odlučivanju, kada više korisnika pristupa bazi podataka. Zbog toga softver mora da sadrži



Sl. 8 – Spektar proizvoda ASPO

integrirano upravljanje, koje je daleko složenije u odnosu na jednokorisnički rad.

Na slici 8 pridodata je nova dimenzija koja prikazuje okruženje sistema za podršku odlučivanju, rangirano od PC do mrežnog okruženja, gde korisnik može pristupiti višekorisničkim sistemima.

Baza podataka sistema za podršku odlučivanju

Zahtevi u pristupu bazi podataka sistema za podršku odlučivanju razlikuju se u odnosu na bazu podataka rutinske

(klasične) obrade podataka, pre svega po tome što je baza podataka sistema za podršku odlučivanju koncipirana višedimenzionalno, sa relacijama pretraživanje, projekcija i spajanje (slika 9). Mehanizmi koji podržavaju navedene relacije degradiraju performanse. Pored toga, strukture potrebne za podršku višedimenzionalnih podataka razlikuju se od strukture potrebne za podršku klasične obrade baze podataka.

Klasična baza podataka sadrži sloge sa ključevima i klasičnim mehanizmima upravljanja. Baza podataka sistema za podršku odlučivanju ima složenije zahteve, kao, na primer, pri analizi „šta-ako“, sa strukturom podataka u tri dimenzije koja je izvedena iz neke postojeće strukture baze podataka (slika 10). U sistemima za podršku odlučivanju (npr. EXPRESS), sadržane su rutine koje pod-

ržavaju te operacije, i koje su različite u odnosu na upravljanje relacionim bazama podataka. Zbog toga se podaci često mehanizmom „ekstrakcije“ iz „detaljnih“ baza podataka prenose u odvojene strukture podataka dizajnirane za podršku odlučivanju. Tako izdvojena baza podataka sistema za podršku odlučivanju može biti na istom ili drugom računaru (slika 11).

U inteligentnoj bazi podataka specijalizirane logičke i računске operacije izvršavaju se automatski, obavlja se kontrola nad poljima, a kada se promeni vrednost u polju ili ćeliji automatski se izračunavaju promene podataka u drugim ćelijama (kao kod spreadsheet alata LOTUS 1-2-3, odnosno već EXCELL).

Baza znanja je komponenta ekspertnih sistema koja sadrži pravila ili tvrdnje zajedno sa podacima. Ta pravila ili tvrdnje mogu biti obrađene softverom – „mašinom“ za zaključivanje.

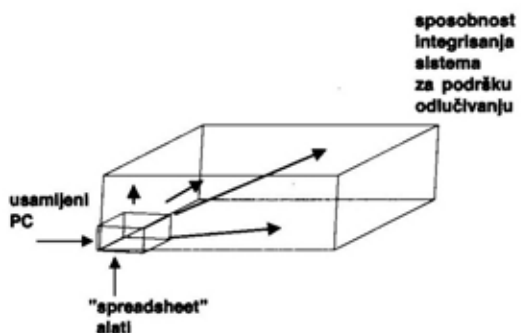
Ekspertni sistemi mogu biti vrlo efikasni u okruženju za podršku odlučivanju, a sadrže sledeće komponente:

- bazu znanja (knowledge base), koju čine činjenice i pravila;
- softver – „mašinu“ za zaključivanje (inference – processing software), što će u perspektivi biti specijalni hardver. Izvodi operacije nad pravilima ili tvrdnjama. Koristi dve glavne tehnike: „kretanje unapred“ (forward chaining) i „kretanje unazad“ (backward chaining), tražeći rešenje ili potvrđujući tvrdnje;
- interfejs za komunikaciju sa ekspertnim sistemom u pogledu modeliranja;
- vezu sa drugim sistemima, u smislu ekstrakcije podataka sa drugim sistemima i bazama znanja.

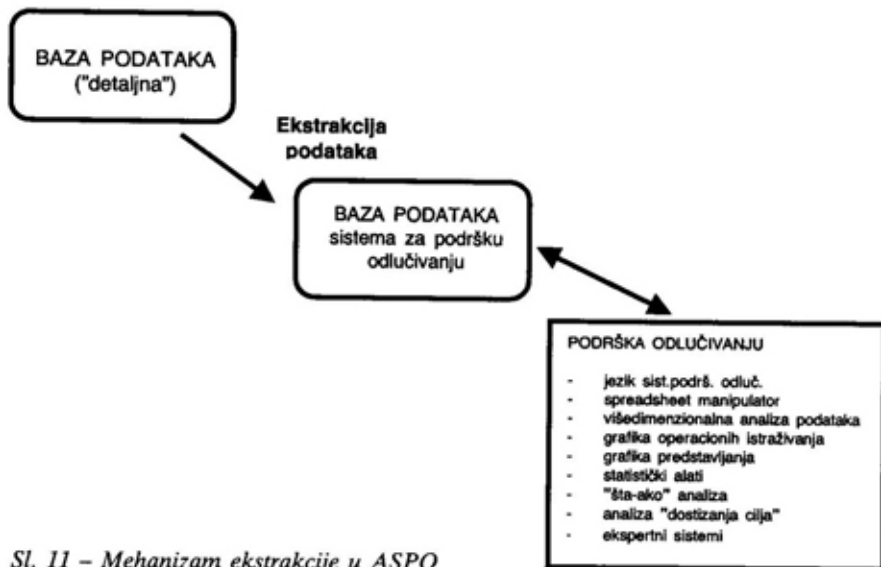
Tehnologije ASPO moguće je klasifikovati u tri nivoa: nivo ASPO alata,



Sl. 9 – Aspekti baza podataka



Sl. 10 – Mesto alata u spektru proizvoda ASPO



Sl. 11 – Mehanizam ekstrakcije u ASPO

nivo ASPO generatora i nivo ASPO aplikacija.

Postoji širok spektar specifičnih softverskih alata za ASPO. Neki od dostupnih su: LINDO (linearno programiranje), IFPS (finansijsko-poslovni sistem), za veći spektar problema u ASPO kao što je Expert Choice (za višekriterijumsko odlučivanje). Sistem za simulacije GPSS takođe zadovoljava kriterijume alata za ASPO. U alate opšte namene može se svrstati grupa programskih aplikacija MS OFFICE.

Savremen i moćan alat koji u najširem smislu zadovoljava karakteristike ASPO je *Oracle Express Server*. Nakon testiranja mogućnosti ovog alata došlo se do izvanrednih rezultata. Alat sadrži mogućnosti ekstrakcije i agregiranja podataka iz osnovnih baza podataka informacionih sistema i brze obrade i prezentacije agregiranih podataka u različitim formama. Posедуje i odličan grafički interfejs, ali zahteva originalni softver.

Zaključak

Navedena razmatranja pokazuju da je opravdano uvođenje automatizovanih sistema za podršku odlučivanju. Savremena tehnologija omogućava upotrebu kompjuterske tehnike i različitih programskih jezika i aplikacija implementiranih u alate ASPO. Prednosti takve podrške predstavljaju motivaciju za sve češću primenu ASPO u procesu odlučivanja, pre svega radi primarne uloge čoveka i multimedijjskih interfejsa.

ASPO ne narušava postojeće informacione sisteme i metodologiju rada donosioca odluka, što ga čini prihvatljivim. Zbog masovnije pojave gotovih programskih alata implementacija ASPO je kratka, ne zahteva dug proces projektovanja i neprekidno angažovanje visokostručnog informatičkog kadra. Kvalitet i efikasnost u odlučivanju na strategijskom nivou, u vremenu sve bržeg protoka in-

formacija nezamislivi su bez koncepta automatizovanih sistema za podršku odlučivanju.

Literatura:

- [1] Martin, J.: Fourth-generation languages, Volume 1, Prentice-Hall, Inc. New Jersey, 1985.
- [2] Sloman, M., Kramer, J.: Distributed systems and computer networks, Prentice-Hall International, 1987.
- [3] Čupić, M., Tummala, V. M. R.: Savremeno odlučivanje: metode i primena, Naučna knjiga, Beograd, 1991.
- [4] Borović, S., Nikolić, I.: Višekriterijumska optimizacija – metode, VIZ, Beograd, 1997.
- [5] Pejanović, M.: Grafička prezentacija podataka u sistemima za podršku odlučivanju, postdiplomske studije, FON, 1996.
- [6] Čupić, M.: Predavanja na poslediplomskim studijama FON-a, 1996.
- [7] Čupić, M., Novaković, T., Svilar, M.: Generatori i aplikacije sistema za podršku odlučivanju I, Naučna knjiga, Beograd, 1992.
- [8] MS Office, Korisničko uputstvo, prevod, 2000.

Dr Mladen Pantić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

NEKE OSNOVNE KARAKTERISTIKE PLANETARNIH PRENOSNIKA I NJIHOVA PRIMENA NA BRZOHODNIM GUSENIČNIM VOZILIMA

UDC: 621.833.6.000.531.1:623.438.3

Rezime:

U ovom radu definisani su, klasifikovani i označeni elementi planetarnih prenosnika i date njihove osnovne karakteristike, kao i osnove kinematike planetarnih prenosnika i analizirane mogućnosti njihovog blokiranja sa posebnim osvrtom na pojavu cirkulirajuće snage. Analizirani su osnovni parametri planetarnih menjača nekih savremenih brzohodnih guseničnih vozila i prikazane njihove kinematske šeme. Opisani su osnovni elementi metodologije za formiranje optimalne kinematske šeme složenih planetarnih prenosnika i analizirano je rešenje dobijeno primenom definisane metodologije.

Ključne reči: transmisija, planetarni prenosnik, kinematska šema, metodologija.

SOME BASIC CHARACTERISTICS OF PLANETARY GEAR TRAINS AND THEIR APPLICATION ON HIGH-SPEED TRACKED VEHICLES

Summary:

The definition, classification and designation of elements of planetary gear trains were carried out and their basic characteristics were given in the paper the bases of kinematics of planetary gear trains were presented and possibilities of lock-up modes were analysed from the special aspect of power circulation. The analysis of basic parameters of planetary gearboxes of some contemporary highspeed tracked vehicles was performed and the kinematic schemes of gearboxes were shown. The basic elements of methodology for the creation of optimal kinematic scheme of compound planetary gear trains were described and the obtained optimal solution of the kinematic scheme was analysed.

Key words: transmission, planetary gear train, kinematic scheme, methodology.

Uvod

Planetarni prenosnici razlikuju se od neplanetarnih prenosnika po kompaktnosti, odnosno manjim gabaritima i masi za istu snagu koju prenose. Ova osobina objašnjava se raspodelom opterećenja na nekoliko satelita, posebno ako je opterećeno više planetarnih redova složenog planetarnog prenosnika. Ostvarenje prenosnika znatno manjih gabarita i mase u odnosu na neplanetarne, izrađenih od

istog materijala i podvrgnutih istom opterećenju, u znatnoj meri zavisi od primene adekvatne kinematske šeme.

Prelazak sa neplanetarnih prenosnika na planetarne doveo je do znatnog smanjenja modula zupca zupčanika. Tako, na primer, za isto opterećenje modul zupca zupčanika planetarnog prenosnika primenjenog na brzohodnom guseničnom vozilu kreće se od 3 do 5 mm, dok u slučaju neplanetarnog prenosnika on iznosi 7 do 10 mm.

Takođe, funkcija i pouzdanost planetarnog prenosnika u eksploataciji u osnovi zavise od njegove kinematske šeme. Problemi koji se nameću pri formiranju ili izboru kinematske šeme vezani su za ostvarivanje visoke vrednosti stepena korisnosti ($\eta = 0,92 - 0,98$), obezbeđenje potrebnih vrednosti prenosnih odnosa uz minimalan broj planetarnih redova i frikcionih sklopova, ostvarivanje dozvoljenih vrednosti blokirajućih i kočionih momenata, kao i obimnih i ugaonih brzina elemenata i obezbeđenje jednostavnosti konstrukcije.

Planetarni prenosnici se, u velikoj meri, primenjuju u transmisijama brzohodnih guseničnih vozila u sklopovima kao što su menjači, diferencijali i bočni prenosnici.

Definicija, klasifikacija i označavanje elemenata planetarnih prenosnika

Pod planetarnim prenosnikom podrazumeva se onaj prenosnik koji poseduje bar jedan zupčanik čija osa rotira oko centralne ose prenosnika. Zupčanici čije ose rotiraju oko centralne ose nazivaju se sateliti i ostvaruju dvostruko kretanje – rotaciju oko sopstvene ose i istovremeno zajedno sa svojom osom rotiraju oko centralne ose prenosnika. Osovinice satelita učvršćene su u nosaču satelita.

Zupčanici čije se ose poklapaju sa centralnom osom planetarnog prenosnika nazivaju se centralni zupčanici [1], a mogu biti cilindrični ili konusni sa unutrašnjim ili spoljašnjim ozubljenjem. Za centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem često se koristi naziv epicikl, a centralni zupčanik sa spoljnim ozubljenjem naziva se i sunčani zupčanik.

Elementi planetarnog prenosnika čije su ose nepokretne u prostoru nazivaju se osnovnim elementima [1, 2].

Najjednostavniji planetarni prenosnik sa dva stepena slobode sastoji se od tri osnovna elementa i to: centralnog zupčanika sa spoljnim ozubljenjem (u daljem tekstu centralni zupčanik), centralnog zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem (u daljem tekstu epicikl) i nosača satelita. Ovakav prenosnik često se u literaturi sreće pod nazivom tročlani planetarni red ili samo planetarni red ili jednoredni planetarni prenosnik.

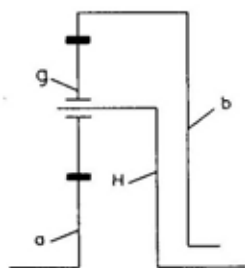
Klasifikacija planetarnih prenosnika vrši se na osnovu nekoliko kriterijuma, i to:

- prema načinu prenosa snage:
 - zupčasti planetarni prenosnici,
 - frikciono planetarni prenosnici;
- prema vrsti zupčanika:
 - planetarni prenosnici sa cilindričnim zupčanicima sa pravim zupcima,
 - planetarni prenosnici sa koničnim zupčanicima;
- prema složenosti, odnosno broju planetarnih redova:
 - jednoredni planetarni prenosnici,
 - višeredni planetarni prenosnici;
- prema broju stepeni slobode:
 - planetarni prenosnici sa jednim stepenom slobode,
 - planetarni prenosnici sa više stepeni slobode;
- prema broju zupčasnih venaca satelita:
 - planetarni prenosnici sa satelitom od jednog venca,
 - planetarni prenosnici sa satelitom od dva venca.

Pod pojmom stepena slobode planetarnog prenosnika podrazumeva se broj veza koje treba ostvariti za dati prenosnik

radi postizanja određenog kinematskog stanja. Karakter veza i način njihovog ostvarivanja zavisi od kinematske šeme prenosnika i upotrebljenih elemenata upravljanja (najčešće frikcionih sklopova). Najširu primenu našli su planetarni prenosnici sa dva, tri i četiri stepena slobode.

U ovom radu razmatrani su zupčasti složeni planetarni prenosnici sa cilindričnim zupčanicima sa pravim zupcima i satelitima sa jednim zupčastim vencem, koji poseduju dva i više stepena slobode.



Sl. 1 – Jednoredni planetarni prenosnik

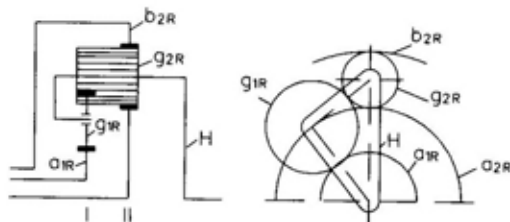
Označavanjem elemenata planetarnih prenosnika povećava se pogodnost analize strukture prenosnika. Elementi planetarnog prenosnika obeležavaju se brojevanim i slovnim oznakama. Prema tome, za jednoredni planetarni prenosnik (sl. 1) uvedene su sledeće oznake:

- centralni zupčanik a,
- satelit g,
- nosač satelita H,
- epicikl e.

Ukoliko se radi o satelitu sa dva zupčasta venca, prvi venac se označava sa g, a drugi sa g'.

Kod složenog planetarnog prenosnika (sastoji se od dva i više planetarnih redova) svaki planetarni red obeležava se rimskim brojem, a oznake elemenata planetarnog reda dobijaju indeks koji odgovara pripadajućem rimskom broju.

Posebna vrsta planetarnog prenosnika predstavlja prenosnik tipa RAVIGNEAUX



Sl. 2 – Planetarni prenosnik tipa RAVIGNEAUX

NEAUX koji je izveden tako da se sastoji od dva planetarna reda, pri čemu je jedan od njih nepotpun (sl. 2).

Ova dva planetarna reda povezana su tako da je nosač satelita (H) zajednički za oba reda, dok se sateliti nalaze u zahvatu. Prenosnik tipa RAVIGNEAUX se retko primenjuje kao samostalni prenosnik snage u ulozi menjača, već je njegova primena mnogo češća u kombinaciji sa jednim ili dva planetarna reda.

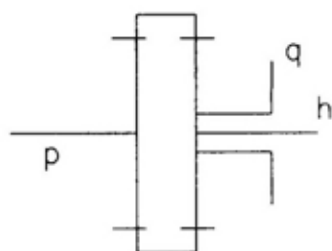
Najčešće označavanje planetarnih redova prenosnika tipa RAVIGNEAUX obavlja se tako da je oznaka potpunog planetarnog reda uvek za jedan veća od oznake nepotpunog planetarnog reda, a indeksi oznaka elemenata (izuzev nosača satelita čija oznaka H ne sadrži indeks) pored broja sadrže i slovo R (sl. 2).

Kinematika planetarnih prenosnika

Za određivanje prenosnih odnosa i broja obrtaja svih elemenata planetarnih prenosnika poznate su četiri osnovne metode: analitička, koja je najrasprostranjenija, energetska, grafička i vektorska.

Analitička metoda naziva se i metodom redukovanog mehanizma ili metodom relativnih ugaonih brzina. Po njoj se izvodi osnovna jednačina kinematike, na taj način što se polazi od toga da se celokupnom diferencijalnom planetarnom prenosniku saopštava ugaona brzina, koja je po vrednosti jednaka ugaonoj

brzini nosača satelita h (sl. 3), ali suprotnog smera. Nakon toga nosač satelita se zaustavlja, što uslovljava da diferencijalni prenosnik prelazi u zupčasti prenosnik sa nepokretnim osama i naziva se redukovani prenosnik. Element p redukovanog prenosnika ima ugaonu brzinu $\omega_p - \omega_h$. Dobijena razlika ugaonih brzina predstavlja ugaonu brzinu elementa p u odnosu na nosač h , pa se ponekad ova metoda naziva metodom relativnih ugaonih brzina. Element q u redukovanom prenosniku ima ugaonu brzinu: $\omega_q - \omega_h$.



Sl. 3 – Opšta šema tročlanog planetarnog prenosnika

Veza između ugaonih brzina tročlanog diferencijalnog planetarnog prenosnika data je sledećim opštim izrazom:

$$\frac{\omega_p - \omega_h}{\omega_q - \omega_h} = \pm k_{pq} \quad (1)$$

gde je:

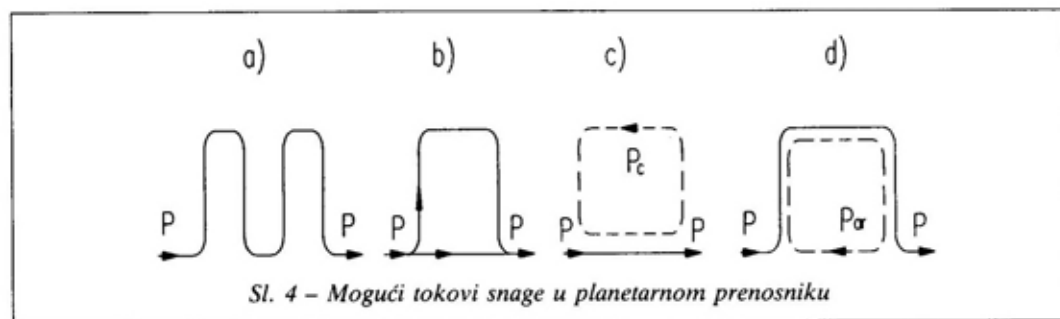
$\pm k_{pq}$ – unutrašnji (osnovni) prenosni odnos prenosnika pri nepokretnom

nosaču satelita h , a predstavlja odnos relativnih ugaonih brzina elemenata p i q u odnosu na nosač h .

Predznak unutrašnjeg prenosnog odnosa planetarnog prenosnika u izrazu (1) je negativan ako pogonski i gonjeni član planetarnog prenosnika rotiraju u suprotnom smeru pri zaustavljenom nosaču satelita. U suprotnom slučaju predznak je pozitivan. Ovaj prenosni odnos u teoriji planetarnih prenosnika je veoma značajan, jer omogućava znatno pojednostavljenje svih analitičkih izraza i služi kao konstrukcioni parametar pri određivanju relativnih odnosa parametara elemenata samog planetarnog prenosnika.

Blokiranje planetarnih prenosnika i pojava cirkulirajuće snage

Iz kinematike planetarnih prenosnika poznato je da ukoliko dva osnovna elementa jednog planetarnog reda imaju istu ugaonu brzinu, onda se sva tri elementa tog reda obrću kao jedna celina. Takav planetarni red obavlja prenosno kretanje (relativno kretanje ne postoji), i on se naziva blokiranim planetarnim redom. Analogno tome, pod blokiranim prenosnikom podrazumeva se onaj kod kojeg je uspostavljena takva veza između osnovnih elemenata da se obavlja samo prenosno kretanje, i pri tome ostvaruje prenosni odnos jednak jedinici. Blokira-



Sl. 4 – Mogući tokovi snage u planetarnom prenosniku

nje prenosnika realizuje se, uglavnom, ostvarivanjem veze između dva osnovna elementa pomoću frikcionih spojnice. Kod blokiranog prenosnika obrtni momenti na pogonskom i gonjenom vratilu su jednaki (hidraulički gubici i gubici u ležajevima su zanemareni), a opterećenje elemenata prenosnika zavisi od ostvarene veze između elemenata.

U zavisnosti od toga koji je osnovni element ulazni, izlazni i blokiran, kod jednogrednog planetarnog prenosnika može se ostvariti šest različitih načina (varijanti) prenosa snage. Za svaku varijantu postoje tri mogućnosti blokiranja prenosnika, što znači da je moguće ostvariti ukupno 18 blokiranih kinematskih stanja.

Prenos snage od pogonskog do gonjenog vratila planetarnog prenosnika, može se ostvariti jednim tokom (sl. 4a), grananjem snage (sl. 4b) i sa pojavom cirkulirajuće snage (sl. 4c i 4d). Koji će se od ovih tokova realizovati zavisi od ostvarene unutrašnje veze između elemenata, odnosno usvojene kinematske šeme i vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa prenosnika.

Cirkulirajuća snaga u planetarnim prenosnicima javlja se najčešće u zatvorenoj konturi i ne prenosi se na izlazno vratilo. Ova snaga naziva se i parazitska, a za nju je karakteristično da se ne može

pretvoriti u koristan rad, izaziva dodatno opterećenje elemenata u sprezi, smanjuje stepen korisnosti prenosnika, a po svojoj vrednosti može da bude veća od ulazne snage u prenosnik.

Za razliku od jednogrednih planetarnih prenosnika, kod kojih se cirkulirajuća snaga, odnosno moment, mogu pojaviti samo u slučaju kada je prenosnik blokiran, kod složenih planetarnih prenosnika cirkulirajuća snaga može se javiti i bez blokiranja, kao posledica usvojene kinematske šeme i vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa prenosnika. Kod ovih prenosnika, koji se sastoje od dva ili više planetarnih redova povezanih u kinematsku i konstrukcionu celinu, određivanje tokova i vrednosti cirkulirajuće snage znatno je složenije.

Osnovne karakteristike planetarnih menjača nekih realizovanih transmisija

Radi sagledavanja osnovnih karakteristika planetarnih prenosnika izvršena je analiza ostvarivanja stepena prenosa planetarnih menjača transmisija nekih brzohodnih guseničnih vozila. Osnovne karakteristike razmatranih menjača prikazane su u tabeli 1.

Transmisije navedene u tabeli 1 primenjene su na sledećim oklopnim motor-

Tabela 1

Red. br.	Model, oznaka	Broj pl. redova	Broj kočnica	Broj spojnice	Broj stepena prenosa	Broj aktiviranih frikcionih sklopova u stepenu prenosa
1.	ZFLSG-3000	3	3	2	4/2	2
2.	ESM 500	3	3	3	4/2	3
3.	TN-54	3	3	3	6/2	3
4.	TN-37	3	3	3	4/3	3
5.	BM T-72*	4	4	2	7/1	2

* bočni menjač tenka T-72; oznaka je uslovno uvedena.

Tabela 2

Red. br.	Kinematska šema	Aktivir. fr. sklopovi	Stepen pren.
1.		KVB ₁	I
		KVB ₂	II
		KVB ₃	III
		KVKR	IV
		KRB ₁	HN1
		KRB ₂	HN2
2.		F ₃ F ₁ E ₂	I
		E ₃ E ₂ F ₁	II
		F ₃ E ₂ E ₁	III
		E ₃ E ₂ E ₁	IV
		E ₃ F ₂ F ₁	HN1
		E ₃ F ₂ E ₁	HN2
3.		ADE	I
		DBE	II
		DCE	III
		ADF	IV
		DBF	V
		DCF	VI
		ACE	HN1
		ACF	HN2
4.		FCA	I
		FCB	II
		FDA	III
		FDB	IV
		RBC	HN1
		RAD	HN2
		RBD	HN3
5.		F ₄ F ₃	I
		F ₆ F ₄	II
		F ₆ F ₃	III
		F ₁ F ₄	IV
		F ₁ F ₃	V
		F ₂ F ₄	VI
		F ₂ F ₃	VII
		F ₅ F ₃	HN

nim vozilima: ZF-LSG 3000 (italijanski tenk C1 ARIETE), ESM 500 (francuski tenk LEC-LERC), TN-54 i TN-37 (britanski tenkovi CHALLENGER 2 i CHALLENGER 1) i BM T-72 (ruski tenk T-72).

Kinematske šeme menjača ovih transmisija, kao i načini ostvarivanja stepena prenosa, putem aktiviranja odgovarajućih frikcionih sklopova, prikazani su u tabeli 2.

Za razmatrane složene prenosnike (tabele 1 i 2) karakteristično je da poseduju tri planetarna reda, osim menjača tenka T-72 koji se sastoji od četiri planetarna reda. Zbog toga je na ovom rešenju moguće ostvarenje najvećeg broja stepena prenosa za hod napred (sedam). Broj frikcionih sklopova (kočnica i spojnice) najmanji je na menjaču transmisije ZF LSG 3000, a ostali prenosnici poseduju isti broj ovih sklopova. Za ovo rešenje karakteristično je da, u kinematskom pogledu, poseduje tri stepena slobode, pa je za ostvarivanje bilo kog stepena prenosa potrebno da se izvrši aktiviranje dva frikciona sklopa.

Svi planetarni prenosnici, osim menjača tenka T-72, konstrukcijski su izvedeni tako da poseduju jedan ulaz i dva izlaza. Na taj način omogućena je ugradnja samo jednog ovakvog prenosnika u tenkovskim transmisijama.

Menjač transmisije TN 37 komponovan je, u kinemat-

skom pogledu, tako da može da ostvari tri stepena prenosa za hod unazad, međutim rešenje je konstrukcijski izvedeno tako da se realizuju samo dva stepena prenosa za hod unazad, što je sa aspekta manevarskih sposobnosti vozila sasvim dovoljno.

U zavisnosti od primenjenog mehanizma (potpuni ili nepotpuni planetarni red) od navedenih rešenja dva menjača poseduju mehanizam tipa RAVIGNEAUX (menjač najnovijeg francuskog tenka LECLERC i menjač ruskog tenka T-72). Njegovom primenom ostvarena je kompaktnija i jednostavnija konstrukcija (na jednom redu ne postoji zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem) u odnosu na rešenja koja su namenjena za prenos snage istih vrednosti.

Metodologija formiranja optimalnog rešenja kinematske šeme složenog planetarnog prenosnika

Jedna od najvažnijih karakteristika planetarnih prenosnika jeste stepen korisnosti. Njegova vrednost, neposredno ili posredno, zavisi od niza parametara, kao što su: broj i vrednost prenosnih odnosa, modul i broj zubača zupčanika, opterećenje, ugaona brzina, temperatura ulja, kvalitet obrade zupčanika, broj stepeni slobode, vrsta maziva i način podmazivanja. Pored toga, složenost kinematske šeme (broj frikcionih sklopova, način ostvarivanja međusobnih veza osnovnih elemenata, broj vratila smeštenih jedno u drugo i struktura) takođe utiče na vrednost gubitaka koji nastaju u prenosniku.

Da bi se došlo do optimalnog rešenja kinematske šeme treba definisati i odrediti numeričke vrednosti navedenih parametara i izvršiti niz drugih koraka u vezi

sa izborom strukture kinematske šeme, komponovanjem mogućih rešenja i njihovom analizom u pogledu vrednosti stepena korisnosti i nekih konstrukcijskih parametara, kao i izbor optimalnog rešenja. Postupak koji obuhvata navedene korake definisan je kao metodologija formiranja optimalne kinematske šeme [6]. Osnovne faze ove metodologije su:

I: definisanje i izbor vrednosti polaznih parametara;

II: određivanje dijapazona broja zubača zupčanika i unutrašnjih kinematskih odnosa;

III: komponovanje kinematskih šema;

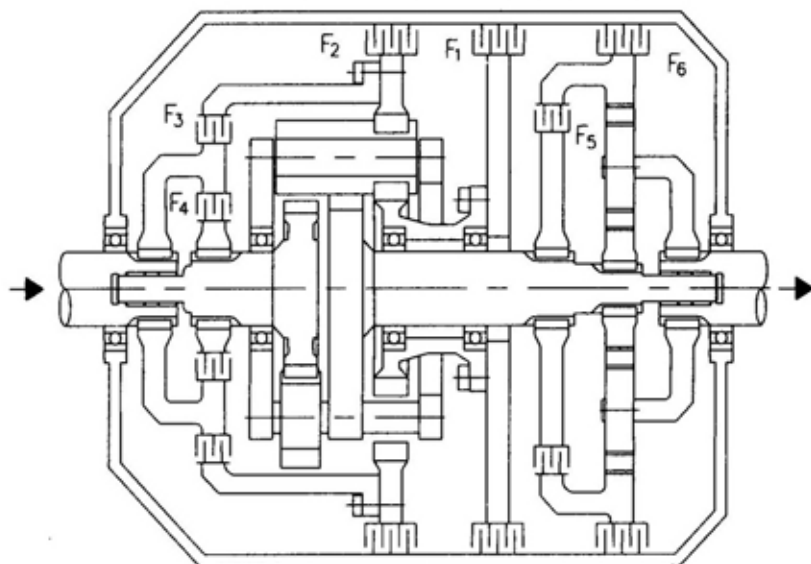
IV: određivanje konačnih vrednosti prenosnih odnosa i broja zubača;

V: izbor kinematske šeme po definisanim kriterijumima.

Izvršena je primena navedene metodologije radi dobijanja optimalnog rešenja kinematske šeme planetarnog menjača, koji se sastoji od prenosnika tipa RAVIGNEAUX redno povezanog sa jednorednim planetarnim prenosnikom. Ostvareno rešenje je prenosnik čija je osnovna konstrukcija prikazana na slici 5.

Jedna od osnovnih karakteristika ovog konstrukcijskog rešenja jeste poseđovanje jednog izlaza (izlaznim vratilom snaga se odvodi na jednu stranu). Na taj način prenosnik poseduje mogućnost da se primeni u mehaničkim transmisijama brzohodnih guseničnih vozila tako što će se koristiti dva ovakva prenosnika, koji se obično nazivaju bočni menjači. Blokšema transmisije sa bočnim menjačima prikazana je na slici 6.

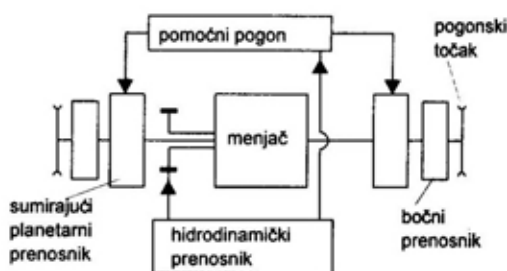
Postoji mogućnost da se dobijeno optimalno rešenje složenog planetarnog prenosnika konstrukcijski izvede tako da sadrži dva izlaza (izlazno vratilo odvodi snagu na obe strane prenosnika). U ovom



Sl. 5 – Osnovno konstrukcijsko rešenje planetarnog menjača

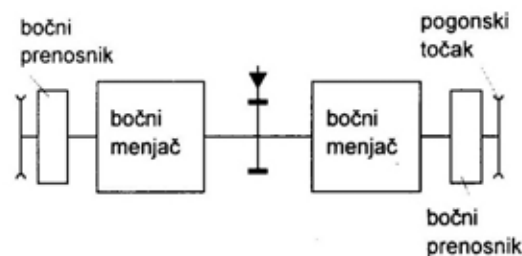
slučaju konstrukcijsko izvođenje menjača postaje složenije, ali se može koristiti u hidromehaničkim transmisijama guseničnih vozila. Blok-šema sistema za prenos snage sa ovom vrstom transmisije prikazana je na slici 7.

Planetarni prenosnik, koji se nalazi u sistemu za prenos snage u ulozi bočnog menjača prenosi deo pogonske snage za razliku od menjača primenjenog u hidromehaničkoj transmisiji (sl. 7), kod kojeg se vrši prenos celokupne pogonske snage. Ako se, pod uslovom da su im kinemat-



Sl. 7 – Blok-šema hidromehaničke transmisije

ske šeme, konstrukcijski parametri i vozila u kojima se ugrađuju isti, ova dva planetarna prenosnika uporede u pogledu stepena korisnosti u ozubljenju, može se zaključiti da će se veće vrednosti stepena korisnosti ostvarivati u menjaču primenjenom u hidromehaničkoj transmisiji, zbog toga što su njegovi elementi opterećeniji od elemenata bočnog menjača.



Sl. 6 – Blok-šema transmisije sa bočnim menjačima

Zaključak

Osnovni kinematski parametar planetarnog prenosnika je unutrašnji preno-

sni odnos. Ovaj parametar ima veliki značaj pri komponovanju prenosnika, određivanju vrednosti ukupnih prenosnih odnosa i određivanju opterećenja elemenata prenosnika. Pri proračunu elemenata planetarnog prenosnika neophodno je da se prethodno odrede tokovi efektivne i cirkulirajuće snage (ako postoji u konturi prenosnika). Prednosti planetarnog prenosnika snage u odnosu na neplanetarni prenosnik mogu se ostvariti u punoj meri ako je formirana njegova optimalna kinematska šema. Da bi se došlo do nje razrađena je metodologija za njeno formiranje, pri čemu se pošlo od postojećih teorijskih postavki i rezultata analize konstrukcija složenih planetarnih prenosnika koji su realizovani na brzohodnim guseničnim vozilima. Dobijena kinematska šema služi kao osnova za konstrukcijsku razradu planetarnog prenosnika, pri čemu treba ostvariti što jednostavnije i efikasnije rešenje. Jednostavnost se ogleda u broju osnovnih ele-

menata planetarnih redova, broju frikcionih sklopova i vratila smeštenih jedno u drugo, a efikasnost u ostvarivanju visokih vrednosti stepena korisnosti. Pored relativno malih gabarita i mogućnosti prenosa velikih opterećenja, planetarni prenosnici su veoma pogodni za primenu automatske promene stepena prenosa, što je veoma važna karakteristika transmisija brzohodnih guseničnih vozila.

Literatura:

- [1] Krjukov, A. D., Harčenko, A. P.: Vibor transmisij guseničnih i kolesnih mašina, Mašinstroenie, Leningrad, 1963.
- [2] Kudrjavcev, V. N.: Planetarnie i gidromehaničeskie peredači kolesnih i guseničnih mašina, Mašinstroenie, Moskva, 1966.
- [3] Nosov, N. A.: Rasčot i konstruirovanie guseničnih mašina, Mašinstroenie, Leningrad, 1972.
- [4] Macmillan, R. H.: Power Flow and Loss in Differential Mechanisms, Jnl. Mech. Eng. Science Vol. 3, 1, 1961.
- [5] Pantić, D.: Analysis and Synthesis of Multiple Speed Transmissions of the Planetary-Gear Type, M. Sc. Thesis. Cranfield Institute of Technology, 1987.
- [6] Pantić, D.: Gubici snage u ozubljenju kao parametar za formiranje optimalne kinematske šeme planetarnih prenosnika primenjenih u sistemu za prenos snage motornih vozila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet u Beogradu, 1997.

Mr Dragan Simić,
pukovnik, dipl. inž.
Vazduhoplovnotehnička uprava
GŠ VJ,
Beograd

SISTEM INTEGRISANOG UPRAVLJANJA ELEKTROMEHANIČKIM SISTEMIMA AVIONA

UDC: 621.38:623.746.3

Rezime:

Integracija avionskih sistema i podsistema, radi poboljšanja njihovih performansi i smanjenja broja elektro-elektronskih kutija, uz smanjenje njihovih dimenzija i masa, stalni je zadatak projektanata savremenih borbenih vazduhoplova. Veliki broj međusobno zavisnih elektromehaničkih sistema aviona i veliki broj električnih (relejnih) kutija, posredstvom kojih je izvedeno upravljanje elektromehaničkim sistemima, nametali su potrebu njihove integracije. U ovom članku dat je kratak opis sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona (Utility Systems Management), razvijenog za potrebe savremenog evropskog borbenog aviona EFA (European Fighter Aircraft).

Ključne reči: integracija, arhitektura, upravljanje, elektromehanički sistemi, motor, gorivo, hidraulika, magistrala podataka, ulazno-izlazni signali.

SYSTEM OF INTEGRATED MANAGEMENT OF ELECTROMECHANICAL AIRCRAFT SYSTEMS

Summary:

One of regular tasks of modern fighter designers is the integration of on-board systems and subsystems aiming to improve their performances as well as to reduce the number of electro-electronic boxes by reducing their dimensions and weights. The integration was necessary due to a large number of mutually dependent electromechanical systems and a large number of electric (relay) boxes for their management. This paper gives a brief description of a system for integrated management of electromechanical aircraft systems (named Utility Systems Management), developed for the European Fighter Aircraft (EFA).

Key words: integration, architecture, management, electromechanical systems, engine, fuel, hydraulics, data stream, input-output signals.

Uvod

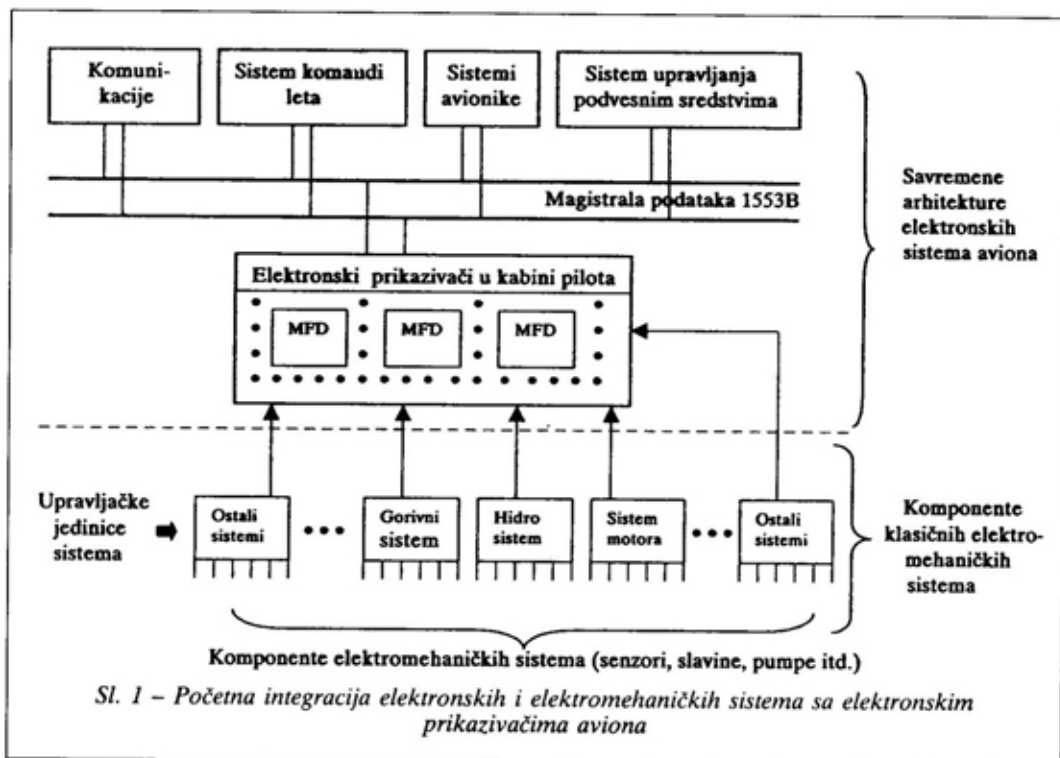
Pod pojmom elektromehaničkih sistema borbenih aviona podrazumevaju se svi avionski (Utility – korisnički) sistemi namenjeni za kontinualan i pouzdan rad aviona (motor, gorivo, hidraulika, kiseonik, presurizacija, klimatizacija, stalni trap, izvori napajanja, osvetljenja, signalizacije, itd.). Izvan ovih sistema

postoje samo sistemi koji su odgovorni za izvršenje borbenih zadataka (misija). Na svim prethodnim generacijama aviona, i velikom broju današnjih borbenih aviona, upravljanje izvršnim mehaničkim i elektromehaničkim delovima ovih sistema realizovano je posredstvom električnih (relejnih) kutija. Međutim, stalno prisutni zahtevi za povećanjem performansi i preciznosti upravljanja i poboljša-

nje kontrole i detekcije grešaka nametali su potrebu da se i u ove sisteme uvede sve moćnija i preciznija elektronika.

U periodu nakon 1970. godine, kada su traženi naslednici tada korišćenih aviona, postavljeni su zahtevi da novi avioni budu manjih dimenzija, visokih performansi i visokih manevarskih mogućnosti. Radi njihove realizacije bilo je neophodno što veće smanjenje dimenzija i mase sve opreme, a posebno elektro-elektronske opreme i instalacije aviona. Postavljeni zahtevi mogli su biti ostvareni samo integracijom postojeće opreme uz što veću primenu savremene elektronike. Međutim, u početnom momentu, integracijom svih elektronskih sistema i njihovim povezivanjem sa integrisanim visokosofisticiranim podsistemom prikazivanja, posredstvom serijskih magistrala podataka,

nisu bili obuhvaćeni samo elektromehanički sistemi aviona (slika 1). Sa slike 1 može se uočiti da su jedino elektromehanički sistemi i njihove funkcije upravljanja i dalje zadržali klasični način povezivanja (integracije), sa elektronskim višenamenskim displejima (MFD – Multifunction Display) podsistema prikazivanja. Ovakav način integracije ukazivao je na nesklad između, sa jedne strane, visokointegrirane elektronske opreme misije i, sa druge strane, klasično integrisanih elektromehaničkih sistema. Imajući u vidu postavljene zahteve da novi avioni budu znatno boljih performansi, pouzdanosti i pogodnosti za održavanje, jasno je da je to sa klasičnom integracijom elektromehaničkih sistema aviona bilo teško ostvarljivo. Takvo stanje iniciralo je razvoj sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona.



Sl. 1 – Početna integracija elektronskih i elektromehaničkih sistema sa elektronskim prikazivačima aviona

Razvoj sistema integrisanog upravljanja

Zbog različitog broja i različitih tipova ulazno-izlaznih signala gotovo svaki elektromehanički sistem aviona je specifičan i gotovo unikatan. Pri tome, ovi sistemi ne spadaju u kategoriju sistema obrade informacija (procesnih elektronskih sistema), niti sistema sa visokim integritetom servo-upravljanja, a ni višestruko redundovanih sistema komandi leta. Oni predstavljaju kombinaciju prethodnih sistema, pri čemu svaki od njih ima svoje specifičnosti u pogledu zahtevanog integriteta i pouzdanosti (redundovanosti). Osnovna karakteristika svih ovih sistema je postojanje velikog broja hardverski izvedenih ulaza i izlaza, tj. velikog broja ulaznih (analognih, diskretnih, frekventnih, sinhro, itd.) signala i izlaznih upravljačkih (pogonskih) signala, usmerenih ka raznim izvršnim mehanizmima (uređajima) aviona.

Radi prevazilaženja nesklada između savremene integracije elektronskih sistema i elektronskih prikazivača, sa jedne strane, i klasične integracije elektromehaničkih sistema i elektronskih prikazivača, sa druge strane, pristupilo se istraživanju mogućnosti razvoja sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona. Osnovni cilj istraživanja bio je razvoj univerzalnog i sveobuhvatnog sistema sa mogućnošću povezivanja preko već standardno korišćenih magistrala podataka 1553B (američki vojni standard MIL-STD-1553B).

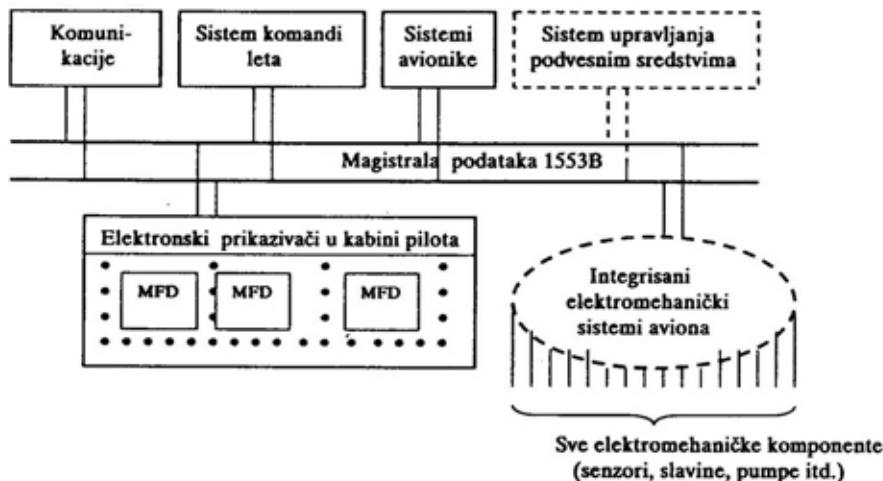
Da bi se sagledale slabosti i uvideli nedostaci postojećeg rešenja, analizirano je upravljanje elektromehaničkim sistemima nekoliko, u to vreme, raspoloživih aviona. Istraživanja su pokazala da je pojedinačni (nezavisni) pristup projekto-

vanju upravljanja ovim sistemima zahtevao angažovanje velikog broja inženjera različitog stručnog profila. To je rezultiralo odsutnošću potrebnog nivoa projektantske doslednosti, kako u pogledu realizacije sistema, tako i u pogledu njihovog povezivanja sa drugim sistemima i elektronskim prikazivačima. Osim toga, kod pojedinačnog pristupa projektovanju elektromehaničkih sistema sve upravljačke jedinice se specificiraju i realizuju odvojeno, tako da se pojavljuje relativno veliki broj jedinica (uređaja), čiji je rezultat visoka cena sistema.

Na osnovu sprovedenih istraživanja konstatovano je da većina aviona, sa pojedinačnim rešenjima upravljanja elektromehaničkim sistemima, ima oko 25 do 30 različitih upravljačkih uređaja. Takođe, konstatovano je da su gotovo svi ti uređaji uglavnom jednofunkcionalni, tj. da samo jednom i u ograničenom vremenskom intervalu obavljaju svoju funkciju (npr. uređaji za pokretanje motora koriste se samo oko dva minuta u toku jednog leta). Svi ovi uređaji instalirani su u raspoloživi avionski prostor i sa njihovim senzorima, izvršnim mehanizmima i elektronskim prikazivačima povezani posredstvom glomaznih klasičnih konektora i snopova provodnika, osetljivih na elektromagnetna zračenja i uticaje spoljašnjih elektromagnetnih polja.

Shodno uočenim nedostacima postojećeg klasičnog načina upravljanja, istraživana su moguća rešenja integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona, na način prikazan na slici 2. Pri istraživanju novog rešenja moralo se uzeti u obzir da sistem integrisanog upravljanja treba da zadovolji sledeće zahteve:

– da obezbedi upravljanje svih elektromehaničkih sistema aviona, kao i njihovu kontrolu (nadzor);



Sl. 2 – Integrirano upravljanje elektromehaničkim sistemima aviona

- da obezbedi što veću automatizaciju upravljanja, radi smanjenja opterećenja pilota, ali i zadrži neophodni integritet svakog pojedinačnog sistema;

- da minimizira potrebnu električnu instalaciju i obezbedi odgovarajući interfejs za povezivanje sa ostalim sistemima aviona, posredstvom serijske magistrale podataka 1553B;

- da minimizira broj potrebnih pojedinačnih uređaja (LRU – Line Replaceable Units), a samim tim i njihove dimenzije, masu i disipaciju;

- da maksimalno iskoristi sva savremena tehnološka dostignuća kako bi se obezbedila što bolja kontrola specifičnih performansi sistema, tj. njihovo kontinualno testiranje na osnovu ugrađenih testova (BIT – Built In Test).

Istraživanja arhitektura mogućeg rešenja integriranog upravljanja svim elektromehaničkim sistemima savremenih borbenih aviona rezultirala su jednom sveobuhvatnom arhitekturom koja je pojednostavljeno prikazana na slici 3.

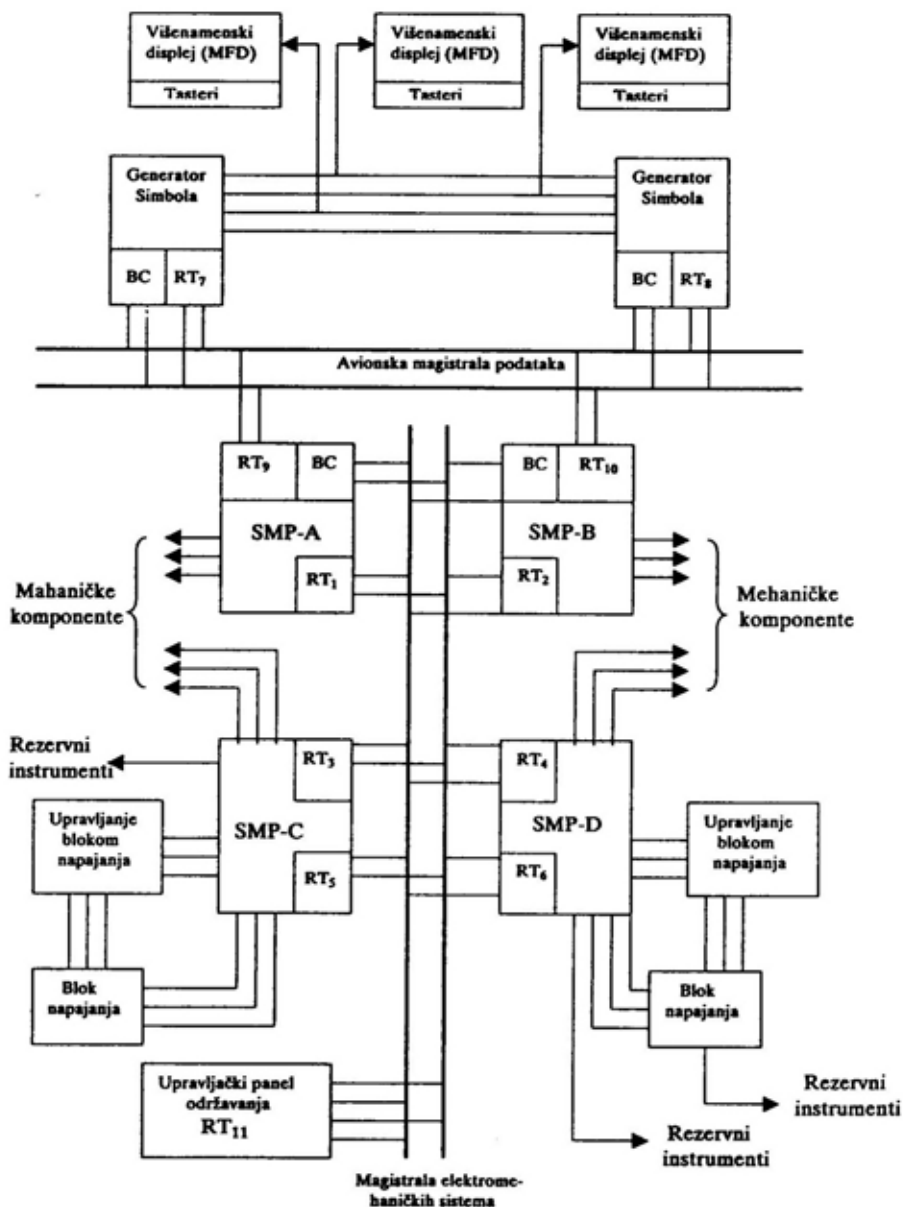
Na slici 3 prikazan je savremeni način povezivanja sistema integriranog uprav-

ljanja elektromehaničkim sistemima aviona sa ostalim elektronskim sistemima i upravljačko-prikazivačkim podsistemom aviona. Veze su realizovane posredstvom serijskih magistrala podataka sa vremenskim multipleksiranjem i radom po vojnom standardu 1553B. Ovako koncipirani i povezani sistem omogućio je da se potrebna avionska instalacija minimizira, broj ulazno-izlaznih signala optimizira, a kontrola upravljanja razmenom informacija posredstvom magistrale podataka poveri kontrolorima magistrale podataka, tj. vrlo moćnim mikroprocesorima implementiranim u, za to određene, avionske računare.

Ključne razlike između sistema konvencionalnog (klasičnog) i integriranog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona ilustrovane su na slici 4.

Eksperimentalni avionski program

U drugoj polovini devedesetih godina Ministarstvo odbrane Velike Britanije i njihova namenska industrija krenuli

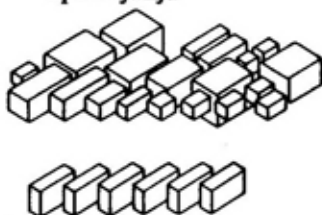


Sl. 3 – Pojednostavljeni prikaz arhitekture integrisanog upravljanja

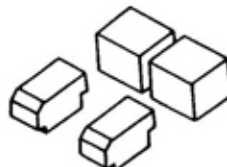
su u eksperimentalni avionski program (EAP – Experimental Aircraft Programme), radi demonstracije mogućnosti, tj. provere ključnih tehnologija razvijanih

za budući evropski borbeni avion (EFA – European Fighter Aircraft). U okviru ovog programa sistem integrisanog upravljanja elektromehaničkim siste-

Sistem konvencionalnog upravljanja



Sistem integrisanog upravljanja (UMS)



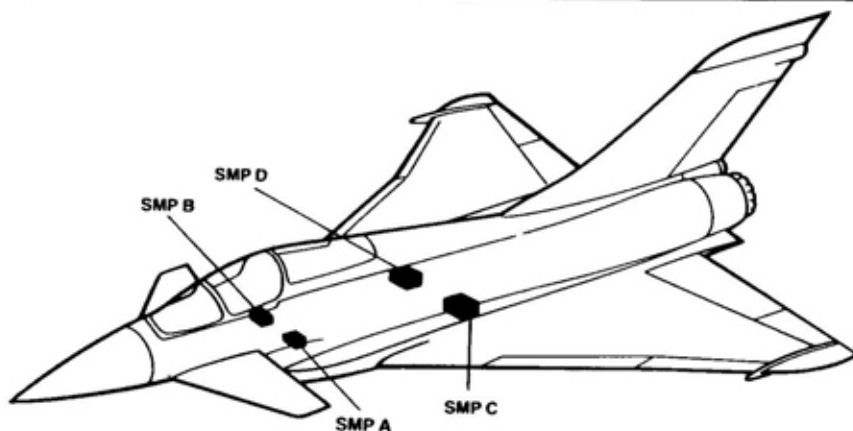
Karakteristike:

- od 20 do 25 posebnih LRU,
- 6 relejnih kutija za generisanje signala upravljanja (pogona),
- jako veliki broj žica, konektora i postolja,
- posebni (pojedinačni) instrumenti ili elektronski paneli.

Karakteristike:

- samo 4 posebne LRU,
- mogućnost povezivanja preko magistrale podataka 1553B,
- distribucija prikupljanja i obrade podataka,
- interno realizovano napajanje posebnih LRU,
- interfejs sa savremeno integrisanom kabinom i MFD.

Sl. 4 – Uporedni pregled konvencionalnog i integrisanog sistema



Osnovne grupe funkcija:

- upravljanje motorom i indikacija njegovih stanja,
- upravljanje gorivom i praćenje stanja ostatka i utroška goriva,
- upravljanje hidrauličkim sistemom i indikacija njegovih stanja,
- upravljanje sistemom klimatizacije pilotske kabine i regulacijom temperature u istoj,
- upravljanje radom osnovnih i pomoćnih (sekundarnih) izvora električne energije,
- upravljanje radom unutrašnjih i spoljašnjih svetala i signalizacija, grejačima, podešavanjem položaja pilotskog sedišta i sl.

Sl. 5 – Raspored procesora upravljanja elektromehaničkim sistemima i funkcije sistema integrisanog upravljanja

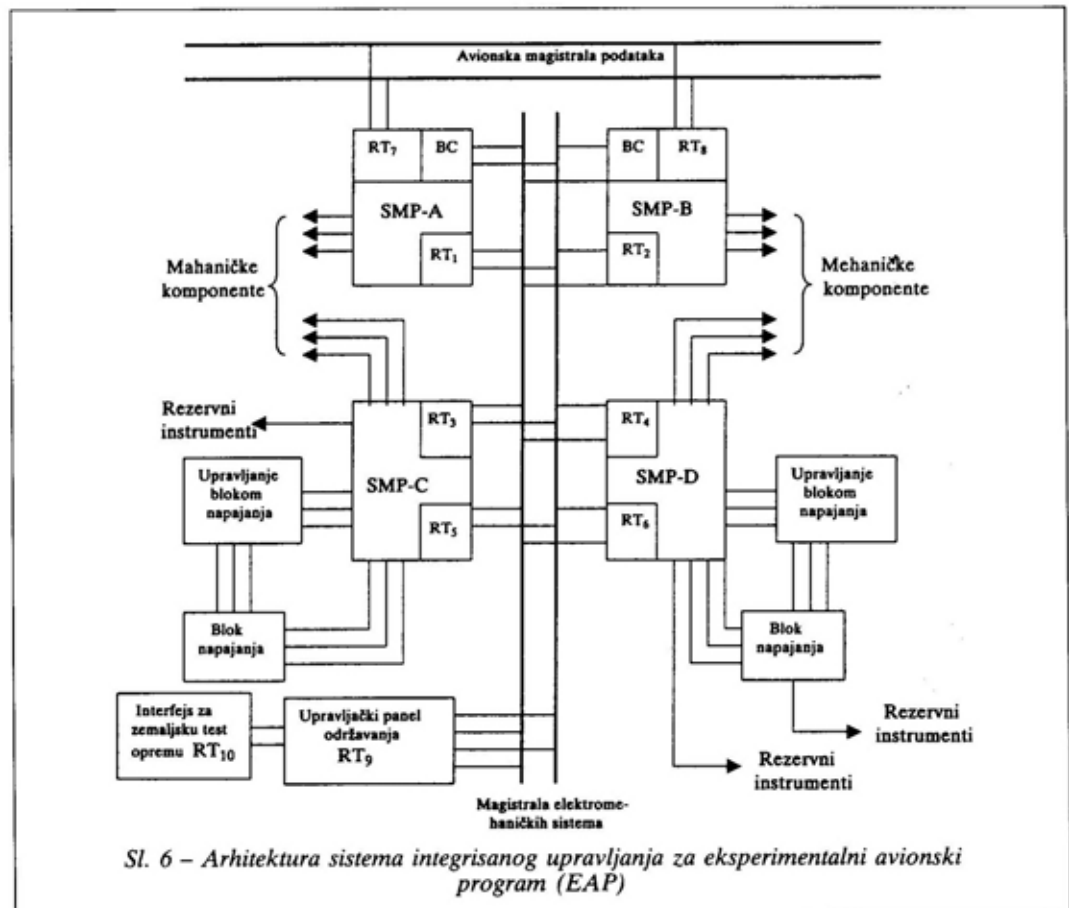
mima aviona pojavio se kao jedna od primarnih oblasti demonstracije visokih tehnologija.

Raspored četiri, na EFA ugrađene, linijski zamenljive jedinice i osnovne grupe funkcija realizovane u okviru sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, prikazani su na slici 5. Četiri prikazane jedinice se, u dostupnoj literaturi pojavljuju pod nazivom „procesori upravljanja elektromehaničkim sistemima“ (SMP – Systems Management Processors). Međutim, u suštini to nisu samo procesori upravljanja elektromehaničkim sistemima već dvo-processorski realizovani računari sa memorijama i velikim brojem interfejsa ula-

zno-izlaznih signala. Osim funkcije upravljanja (tj. generisanja izlaznih upravljačkih signala usmerenih ka raznim izvršnim mehanizmima aviona) procesori upravljanja elektromehaničkim sistemima obavljaju i funkcije prikupljanja, konverzije i obrade ulaznih signala, kao i napajanja električnom energijom svih njihovih modula.

Opis sistema

Blok-šema sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima aviona, razvijenog za potrebe eksperimentalnog avionskog programa (EAP), prikazana je na slici 6. Procesori



upravljanja elektromehaničkim sistemima (SMP-A, B, C i D) međusobno su povezani posredstvom redundovane (dvostruke) serijske magistrale podataka elektromehaničkih sistema. Glavni i rezervni kontroler magistrala (BC-Bus Controlor) podataka locirani su u SMP-A i SMP-B. Preko interfejsa SMP-A i SMP-B, tj. udaljenih terminala RT₇ i RT₈ (RT – Remote Terminal) sistem je povezan na avionsku magistralu podataka, na koju se povezuju svi ostali elektronski sistemi aviona (komunikacijski, navigacijski, upravljanja letom, upravljanja podvesnim sredstvima, upravljanja i prikazivanja u pilotskoj kabini, itd.). Radi obezbeđenja potrebnog nivoa pouzdanosti prenosa, preko magistrale elektromehaničkih sistema, veze procesorskih modula i magistrala su redundovane (duplirane), tj. procesorski modul SMP-A je povezan preko BC i RT₁, modul SMP-B preko BC i RT₂, modul SMP-C preko RT₃ i RT₅, a modul SMP-D preko RT₄ i RT₆. Radi poboljšanja i optimizacije održavanja elektromehaničkih sistema na njihovu magistralu, preko udaljenog terminala (RT₉), vezan je i upravljački panel održavanja (MDP – Maintenance Data Panel), preko kojeg se obavlja i priključenje test-opreme za kontrolu razmene (protoka) podataka na magistrali. Linije, na slici prikazane strelicama usmerenim ka mehaničkim komponentama, predstavljaju višestruke veze SMP-a sa komponentama elektromehaničkih sistema aviona. Broj ulaznih signala/broj upravljačkih (pogonskih) signala koje je trebalo integrisati u okviru sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima može se videti iz sledećeg pregleda:

– motor sa pratećim sistemima 141 ulazni/33 upravljačka signala,

– gorivni sistem 206 ulaznih/36 upravljačkih signala,
 – hidraulični sistem 146 ulaznih/13 upravljačkih signala,
 – sistemi regulacije uslova u kabini 59 ulaznih/14 upravljačkih signala,
 – sistemi sekundarnog napajanja 46 ulaznih/7 upravljačkih signala,
 – ostali avionski sistemi 34 ulazna/7 upravljačkih signala.

UKUPNO: 632 ulazna/110 upravljačkih signala

U pogledu vrste i tipa ulazno-izlaznih signala u najvećem broju slučajeva pojavljuju se diskretni i analogni signali. Analogni signali obično se odnose na brzine rotacije, linearna i kružna kretanja, temperature, nivoe tečnosti, pritiske i sl. U svim slučajevima u kojima se pojavljuje zatvorena petlja upravljanja pojavljuju se i signali upravljanja (pogona) izvršnim mehanizmima. Distribuirana obrada signala, realizovana pomoću vrlo moćnih mikroprocesora, pruža vrlo velike mogućnosti u pogledu kontrole svih interfejsa i u okviru njih realizovanih ulazno-izlaznih signala. Sa ovako koncipiranim sistemom integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, raspoloživost njihovih podataka i pristup njima veći su nego ikada ranije, čime su stvoreni znatno povoljniji uslovi za kontrolu ispravnosti i praćenje stanja svih elektromehaničkih sistema. Mogućnost kontinuiranog prikupljanja i registrovanja podataka, bitnih za praćenje stanja i održavanje elektromehaničkih sistema, kao i mogućnost povezivanja registratora parametara leta (na magistralu elektromehaničkih sistema) pružaju dodatne mogućnosti u pogledu preventivnog i korektivnog održavanja.

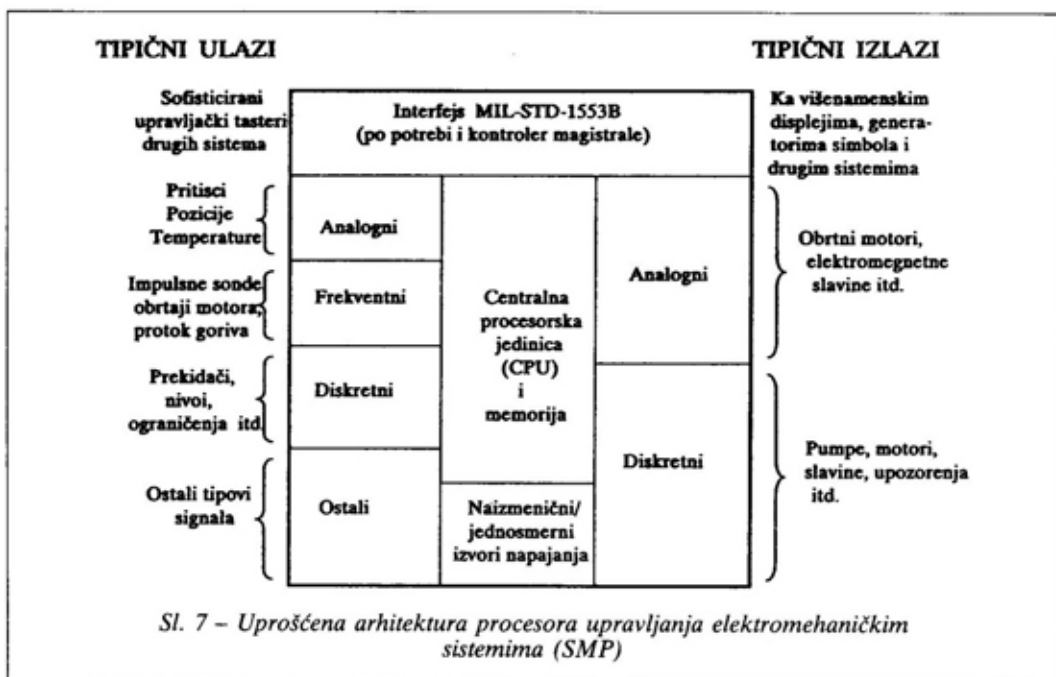
vanja i doprinose još većem značaju integrisanog sistema upravljanja.

Tipično korišćeni ulazni signali su razni diskretni, potencijometrijski signali raznih sonda (temperaturne, napadnog ugla, ugla klizanja), termistora, centrala pritiska, sinhro-rezolvera i obrtomera (frekventno modulirani). Tipično korišćeni izlazni signali su diskretni i upravljački (pogonski) signali jednosmerne struje, analogni niskonaponski, jakostrujni servo pokretači, slabostrujni servo pokretači i sl.

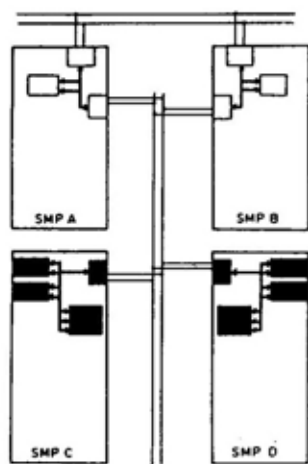
Uprošćena arhitektura procesora upravljanja elektromehaničkim sistemima (SMP) sa tipičnom organizacijom ulaznih i izlaznih signala (U/I interfejsa), procesora, memorije i interfejsa za magistralu 1553B prikazana je na slici 7. Može se uočiti da se ulazni signali od raznih avionskih senzora, zavisno od njihovih funkcija i prirode, dovode na odgovarajuće interfejse, digitalizuju, obrađuju u centralnoj procesorskoj jedinici (CPU) i

konvertuju u odgovarajuće analogne i diskretne signale, koji se u vidu upravljačkih signala upućuju ka izvršnim mehanizmima (motorima, aktuatorima, elektromagnetnim ventilima i sl.). Izlazni signali, generisani za upravljanje avionskim pumpama, ventilima, aktuatorima i sl. preključuju se (uključuju-isključuju) preko izlaznih relejnih kola, dok se signali za pogon servo motora preključuju preko izlaznih tranzistorskih kola. Digitalizovani podaci elektromehaničkih sistema, preko interfejsa (RT₇ i RT₈) i magistrala 1553B prenose se do drugih avionskih elektronskih sistema, elektronskih prikazivača i drugih prikazivačkih elemenata u kabini.

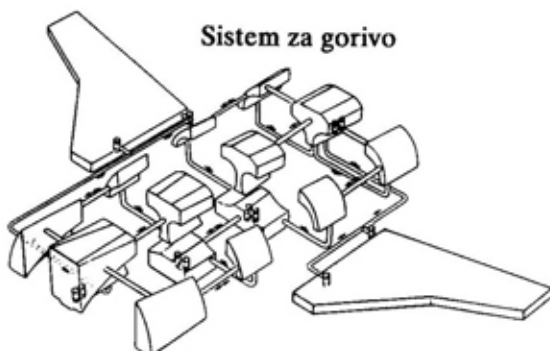
Radi eliminacije svih međusobnih uticaja između ulazno-izlaznih kola različitih elektromehaničkih sistema, projektanti sistema poklonili su maksimalnu pažnju razdvajanju električnih strujnih kola. Osim toga, za projektante sistema bilo je neprihvatljivo da u slučaju otkaza



Hardver sistema za gorivo



Sistem za gorivo



Funkcije :

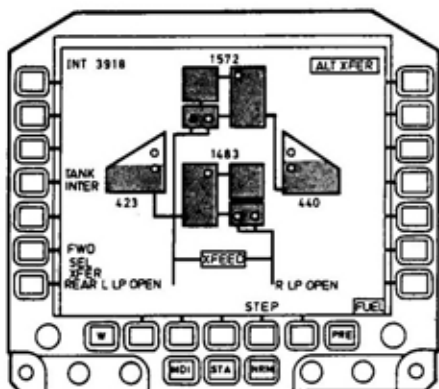
- merenje goriva/na osnovu merenja nivoa,
- prenos (distribucija) goriva,
- napajanje motora gorivom,
- punjenje/pražnjenje goriva.

Sl. 8 – Sistem za napajanje motora gorivom

jedne, bilo koje interfejsne kartice dođe do otkaza većeg broja elektromehaničkih sistema. Zbog toga je, u toku izrade projekta, maksimalna pažnja poklonjena pronalazanju takvog rešenja koje će obezbediti što veću pouzdanost rada elektromehaničkih sistema i što veći stepen tolerancije (prevazilaženja) njihovih otkaza. Tom prilikom pošlo se od poznatih činjenica da različiti elektromehanički sistemi različito utiču na bezbednost leta, i da se od njih zahtevaju i različiti nivoi pouzdanosti (tj. različiti nivoi redundovanosti). Jednostavno rešenje sa redundovanjem (dupliranjem, tripliranjem i sl.) svih hardverskih i softverskih modula u ovom slučaju bilo je neprihvatljivo, pošto bi takvo rešenje anuliralo mnoge prethodno navedene i očekivane prednosti integrisanog sistema upravljanja, tj. umanjilo očekivana smanjenja dimenzija, mase i cene sistema. U takvoj situaciji jedino prihvatljivo i optimalno rešenje bilo je redundovanje ulazno-izlaznih signala i procesiranja (obrade signala), tj. redundovanje

interfejsa i procesora i omogućavanje da u slučaju otkaza bilo kojeg procesora ili interfejsa obradu signala preuzme ispravni procesor ili interfejs i to bez ikakve degradacije parametara sistema. Zbog toga su svi procesori upravljanja elektromehaničkim sistemima (SMP) realizovani sa dvoprocesorskom arhitekturom, a svi interfejsi, zavisno od značaja sistema, redundovani (duplirani ili triplirani). Velika raspoloživost ovako realizovanog sistema i otpornost na kritične i katastrofalne otkaze obezbedili su ovom sistemu znatne prednosti u odnosu na sve do sada korišćene konvencionalne elektromehaničke sisteme.

Tipičan primer redundovane (duplirane) hardverske organizacije i povezivanja integrisanog sistema upravljanja napajanjem motora gorivom prikazan je na slici 8. To je hardver koji se odnosi na povezivanje, upravljanje i prikazivanje sistema za napajanje motora gorivom. Na istoj slici je i trodimenzionalna (3-D) šema sistema, a navedene su i sve njegove osnovne funkcije.



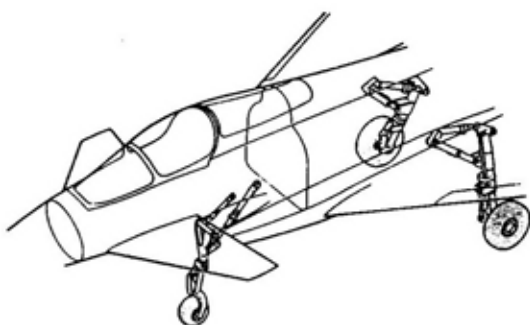
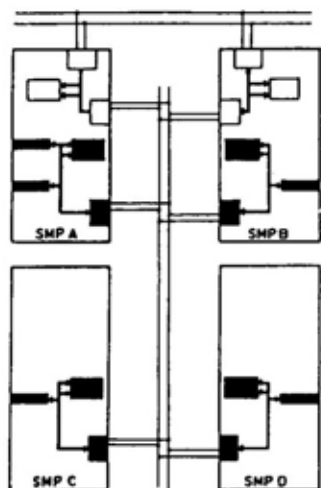
Sl. 9 – Tipično prikazivanje informacija o gorivu

Savremeno koncipirana pilotska kabina i tipičan način i mesto prezentacije informacija o gorivu prikazano je na slici 9. Prikazivanje je realizovano na osnovu podataka prikupljenih i obrađenih u SMP-C i SMP-D, i preko serijske magistrale elektromehaničkih sistema i serijske magistrale avionike, prenetih do generatora simbola, u kojima se generišu simboli koji se prikazuju na višenamenskom elektronskom prikazivaču (po pravilu postavljenom sa leve strane).

Primer redundovane hardverske organizacije i povezivanja integrisanog sistema upravljanja kočenjem i stajnim trapom prikazan je na slici 10, kao i hardver sistema koji se odnosi na povezivanje, upravljanje i prikazivanje stajnog trapa i njegovog kočenja. Na istoj slici je i trodimenzionalna (3-D) šema sistema kočenja i stajnog trapa, a navedene su i njegove osnovne funkcije.

Razvoj softvera

Pri projektovanju i razvoju softvera korišćen je savremeni pristup koji se



Funkcije:

- upravljanje stajnim trapom,
- signalizacija pritiska u točkovima,
- normalno upravljanje kočenjem,
- pomoćno upravljanje kočenjem.

Sl. 10 – Sistem kočenja i stajnog trapa

ogleda u maksimalnoj standardizaciji softvera, tj. razvoju i implementaciji standardnih višestruko upotrebljivih softverskih modula. Korišćen je metod strukturalnog modularnog programiranja uz vrlo opsežno testiranje realizovanih modula i programskih paketa. Kontrolni (testiranje) softverskih modula posvećena je velika pažnja sve vreme razvoja softvera, ne samo radi postizanja vrlo precizno specificiranih hardverskih i softverskih zahteva već i zbog potrebe obezbeđenja što bolje i preciznije integracije hardvera i softvera i što boljeg i pouzdanijeg definisanja interfejsa između pojedinih sistema. Alati za testiranje sistemskog, aplikativnog i upravljačkog (kontrolnog) softvera koristili su specijalne tehnike kontrole, zasnovane na metodama analize postavljenih zahteva. Ove metode, poznate pod nazivom poluautomatizovane analize funkcionalnih zahteva (SAFRA – Semi-Automated Functional Requirements Analysis), detaljno su opisane u [1]. Ključne karakteristike metode zasnovane su na isticanju (navođenju) kontrolisanih zahteva (CORE – Controlled Requirement Expression), koji specificiraju sve moguće puteve sistemskih informacija. Razvoj celokupnog softvera sistema vodila je i kontrolisala engleska firma British Aerospace (BAe), koja je izvršila izbor i specificiranje potrebnih hardversko-softverskih alata i projektovala hardversku arhitekturu i softversku strukturu sistema. U razvoju su učestvovali i engleska firma Smiths Industries, italijanska Aeritalia i nemačka Kurt Eichweber.

Za potrebe sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima razvijeno je i implementirano oko 400 K reči softvera. Od toga oko 190 K reči predstavlja unikatni softver razvijen za potrebe samo ovog sistema i primenljivog samo na njemu. Ostalih 210 K reči

predstavljaju module standardnih višestruko upotrebljivih sistemskih, aplikativnih i kontrolnih softverskih modula. Realizovani softver u potpunosti je dokumentovan prema zahtevima postojećeg standarda za razvoj softvera. U toku realizacije softvera ostvarena je produktivnost od oko 4500 reči godišnje po čoveku. Na osnovu broja izmena, načinjenih u svakoj fazi izrade projekta i razvoja softvera, konstatovano je da je ostvaren jedan od prioritarnih ciljeva projekta, tj. da je detekcija velikog broja problema ostvarena u najranijoj fazi projekta i proizvodnje, čime je minimizirana cena razvoja sistema kao i mogućnost programskih prekida (bagova).

Testiranje softvera obavljano je u svakoj fazi njegovog životnog ciklusa (projektovanja i razvoja). Početno testiranje obavljano je na centralnoj (host) mašini, a zatim na realnom avionskom hardveru. Tom prilikom najpre su rađeni pojedinačni testovi svakog elektromehaničkog sistema, zatim testovi srodnih grupa sistema i na kraju završni (zajednički) test svih integrisanih sistema. Završni test sistema omogućio je detaljnu proveru integrisanog sistema i svih njegovih pod-sistema na zemlji, radi provere zadovoljenja postavljenih zahteva kvaliteta.

Po završetku ispitivanja na zemlji hardver i softver sistema implementiran je na avion, nakon čega su svi integrisani elektromehanički sistemi funkcionalno provereni u letu.

Detaljan opis softvera, tj. softverskih funkcija i modula, za eksperimentalni avionski program (EAP) prikazan je u [2].

Hardver sistema

Projekat hardvera zasnovan je na određenom broju standardnih elektronskih štampanih ploča (kartica) i modula,

koji su u okviru integrisanog sistema korišćeni na što većem broju mogućih mesta (višestruko upotrebljivi hardverski moduli). Na osnovu takvog projekta sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, realizovan je sa samo 15 štampanih ploča različitog tipa, podeljenih na centralne (procesorske) i U/I štampane ploče. S obzirom na standardizaciju i višestrukom upotrebljivosti ovih ploča, u okviru celokupnog sistema pojavljuju se ukupno 72 štampane ploče (42 centralne i 30 U/I ploča).

Korišćenjem projekta višestrukom upotrebljivih štampanih ploča, i njihovom primenom na različitim mestima u sistemu, u znatnoj meri se pojednostavljaju poslovi projektovanja, razvoja i testiranja sistema i smanjuje sveukupni rizik uspešnosti realizacije programa. Tako, na primer, kod prototipa sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, potpuno identična procesorska ploča korišćena je na 8 lokacija (8 puta), a U/I ploča diskretnih signala na 11 lokacija (11 puta).

Tipični blok pakovanja elektronike je standardni 3/4 ATR modul, koji sadrži dve elektronske kartice dimenzija $2 \times 3/4$ ATR, spojene zajedno u jedinstveni mehanički sklop (modul), sa mogućnošću njegovog postavljanja u linijski zamenljivu jedinicu (LRU) procesora upravljanja elektromehaničkim sistemima (SMP). Bakar nanosen po ivicama i površinama štampanih ploča, zajedno sa mehaničkim sklopom za njihovo pakovanje, obezbeđuje dobro odvođenje toplote ka spoljnim zidovima modula i hlađenje unutrašnjih zidova štampanih ploča.

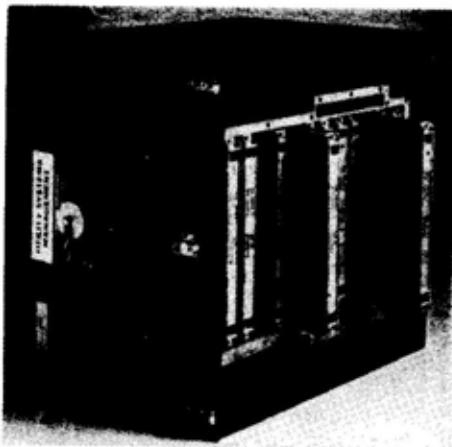
Na slici 11 prikazana je jedna od dve linijski zamenljive jedinice (LRU) SMP A ili B ugrađene u prednjem delu aviona.



Sl. 11 - Izgled prednje strane LRU (SMP A ili B)

Pristup nekom od 10 njihovih elektronskih modula obezbeđen je sa gornje strane jedinice (LRU). Modul napajanja naizmeničnom energijom lociran je na prednjoj strani jedinice, a modul napajanja jednosmernom energijom na zadnjoj strani. Povezivanje sa avionom (avionskim signalima) izvedeno je preko četvorstrukog DPX konektora postavljenog na zadnjoj strani jedinice. Konektori magistrale podataka, test-konektori i mrežni konektor postavljeni su sa prednje strane. Moduli linijski zamenljive jedinice hlade se strujanjem spolja uvedenog vazduha preko spoljašnjih površina modula. Masa jedne od ovih linijski zamenljivih jedinica je 12 kg, a primarna snaga disipacije 140 W.

Na slici 12 prikazana je jedna od dve linijski zamenljive jedinice (LRU) SMP C ili D ugrađene u središnji deo aviona. Pristup nekom od 12 njihovih elektronskih modula obezbeđen je sa donje strane jedinice. Izvori napajanja su locirani u gornji deo jedinice, a izvori naizmenične i jednosmerne energije napajanja sa desne i leve strane respektivno. Kao i za prednje jedinice, veze sa avionom (avion-



Sl. 12 – Izgled zadnje strane LRU (SMP C ili D)

skim signalima) locirane su sa zadnje, a veze sa magistralom podataka, test i mrežnim konektorima sa prednje strane jedinice. Jedinice se hlade strujanjem vazduha, koji se uvodi kroz dva uvodnika sa njihove donje strane, a izbacuje kroz dva otvora sa njihove prednje strane. Masa jedinice je 20 kg, a primarna snaga disipacije 230 W.

Zaključak

Smanjenje broja posebno (linijski) zamenljivih jedinica (LRU), korišćenih za upravljanje elektromehaničkim sistemima, dovelo je do znatnog smanjenja ukupnih dimenzija i mase sistema. Korišćenje savremenih tehnologija mikroelektronskih kola, mikroprocesora, memorija vrlo velike gustine pakovanja i magistrala podataka omogućilo je znatno poboljšanje elektronike i pouzdanosti sistema. Realizovano hardversko-softversko rešenje sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, pruža i značajna poboljšanja u pogledu prevazilaženja (tolerancije) otkaza i pristupa i mani-

pulacije podacima elektromehaničkih sistema. Osim toga, mogućnosti kontinualnog praćenja stanja svih integrisanih pod sistema i daljeg proširenja sistema znatno su povećane.

Osnovna poboljšanja ostvarena realizacijom sistema integrisanog upravljanja elektromehaničkim sistemima, za tipične savremene visokoperformansne borbene avione mogu se sumirati na sledeći način: ukupna masa sistema i operativna cena sistema smanjeni su za preko 50%, dok je raspoloživost sistema povećana preko 8 puta.

Osnovni ključ dobro realizovanog softvera i velike produktivnosti njegove realizacije nalazi se u primeni vrlo strogih metoda softverske kontrole i upravljanja. Kao vrlo moćan alat, ne samo za projektovanje već i za što raniju detekciju grešaka, korišćen je CORE metod, koji je pokazao veliku efikasnost u pogledu pružanja pomoći timovima inženjera u brzom lociranju softverskih problema i njihovom prevazilaženju.

Modularni pristup realizacije hardvera, zasnovan na standardnim višestruko upotrebljivim modulima, doveo je do vrlo velikih poboljšanja sistema. Maksimalna univerzalnost i fleksibilnost korišćenih setova test-opreme omogućili su blagovremenu detekciju hardverskih grešaka radi njihovog prevazilaženja u najranijim fazama projektovanja i razvoja sistema.

Literatura:

- [1] Ward, A. O.: Consistent Approach to the Development of System Requirements and Software Design, AGARD – Technical Airbone Distributed Computing Networks, june 1981.
- [2] Seabridge, A. G.; Smith, R. A. C.: Production of Real Time Software for an Airbone Application in the EAP, maj 1989.
- [3] Mior, I.; Seabridge A. G.; Worton, Management of Utility Systems in the Experimental Aircraft Programme, oktobar 1989.

Tomislav Lukić,
potpukovnik, dipl. inž.
Tehnička uprava GŠ VJ,
Beograd

PRINCIPI PRIMENE LASERA U INDUSTRIJSKOJ OBRADI MATERIJALA

UDC: 621.375.826:621.7.04

Rezime:

Konverzija energije laserskog zračenja u toplotu ozračenog uzorka predstavlja suštinu primene lasera za obradu materijala. Na ishod procesa (režime obrade) bitno utiču energetske i prostorno-vremenske karakteristike snopa laserskog zračenja, kao i svojstva materijala. Uz određena pojednostavljenja, primenom klasičnih metoda, pre svega teorije termoprovodnosti, elektrodinamike i dinamike fluida, na relativno lak način može se doći do jednostavnih formula koje omogućavaju brze inženjerske proračune i procene. Na osnovu tako izvedenih zaključaka, u ovom radu je ukazano na neke karakteristike interakcije laserskog zračenja sa materijalom, koje su tipične za najčešća područja primene, kao što su termička obrada, sečenje, bušenje, zavarivanje, markiranje, itd.

Ključne reči: lasersko zračenje, obrada materijala, temperaturno polje, fazni prelazi, duboko protopljanje, ekraniranje plazmom.

PRINCIPLES OF LASER APPLICATION IN INDUSTRIAL METAL PROCESSING

Summary:

Conversion of laser radiation energy into radiated sample heat is the essence of laser application for metal processing. Energy and space-time characteristics of laser beam as well as material properties affect significantly processing results. Applying certain simplifications as well as classical methods, predominantly theories of thermal conductivity, electrodynamics and fluid dynamics, there is a relatively easy way to acquire simple formulae for fast engineering calculations and estimations. On the basis of thus obtained conclusions, this paper points out some characteristics of laser radiation interaction with materials, typical for most common application areas such as heat treatment, cutting, drilling, welding, marking, etc.

Key words: laser radiation, material processing, temperature field, phase transition, deep melting, plasma spraying.

Uvod

Obrada materijala je područje primene lasera u kojem specifičnosti laserskog zračenja najmanje dolaze do izražaja. Međutim, mogućnosti koje poseduje laserski snop nema nijedan klasični alat, pa čak ni mnogi alati slični laseru koji se primenjuju u najsavremenijim tehnologi-

jama. Zahvaljujući izvanrednim karakteristikama laserskog zračenja (visoka usmerenost, ekstremno visoki intenzitet, beskontaktno delovanje i dr.), moguća je obrada skoro svih vrsta prirodnih i sintetičkih materijala, od mekih nemetala do raznih vrsta kompozitnih materijala vrlo visoke tvrdoće.

U serijskoj fabričkoj proizvodnji laser je prvi put primenjen kao alat za obradu materijala 1968. godine, u Švajcarskoj, za bušenje rubinskih ležajeva koji se ugrađuju u ručne satove [3]. Od tada u razvoju industrijske tehnologije nastupa novi period u kojem se intenzivno radi na razvoju novih, jeftinijih i preciznijih postupaka obrade materijala primenom laserskog zračenja velikog intenziteta (slika 1). Poslednjih tridesetak godina područja primene lasera u fabričkoj proizvodnji intenzivno su se razvijala i proširivala, a realno je očekivati da će se i narednih godina ovaj proces nastaviti nesmanjenim tempom. Period do 1980. godine karakterišu obimna teorijska i eksperimentalna istraživanja procesa interakcije laserskog zračenja sa materijalom, a nakon 1980. godine u serijskoj industrijskoj proizvodnji počinje masovno da se koristi laserska tehnologija. Danas se smatra da je laserska tehnologija dostigla svoj period zrelosti.

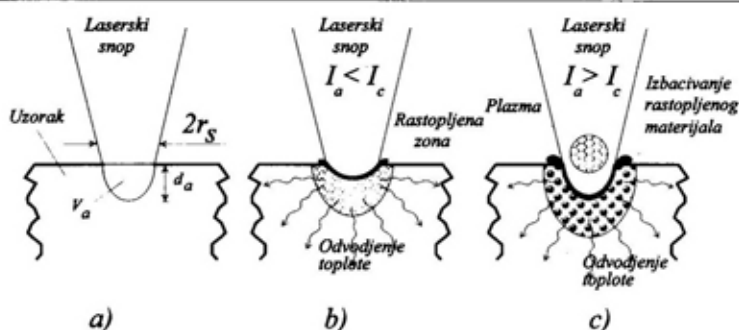
Najrazvijenije zemlje sveta uveliko su ovladale najvažnijim oblastima primene laserskog zračenja u industrijskoj obradi materijala i već skoro dve decenije primenjuju lasersku tehnologiju u serijskoj proizvodnji, naročito u mikroelektronici, avionskoj i automobilskoj indu-

striji, industriji nemetalnih proizvoda, tekstilnoj industriji i dr. U današnje vreme skoro je nemoguće nabrojati sve proizvode koji su izrađeni primenom laserske tehnologije, a svakim danom se pojavljuje sve veći broj novih proizvoda čija se izrada ne može zamisliti bez primene lasera.

Međutim, laserska tehnologija još uvek ne pretenduje da u potpunosti zameni odgovarajuće tradicionalne tehnologije. U mnogim područjima fabričke proizvodnje primena lasera još uvek je opravdana samo ako se time postiže bolji kvalitet proizvoda, veća produktivnost i niža cena. Štedeći vreme i novac, laser se pokazao kao izvanredan alternativni proizvodni alat.

Danas se serijski proizvode industrijski Nd: YAG, CO₂ i eksimerni laseri (tabela 1 [4]) koji obezbeđuju intenzitet zračenja (površinsku gustinu snage) do 10¹⁰ W/cm² u impulsnom i do 10⁷ W/cm² u kontinualnom režimu. Tako visok intenzitet zračenja omogućava rastapanje i isparavanje bilo kojeg poznatog materijala i laku obradu metala, kao i ekstremno tvrdih sintetičkih materijala [4].

Treba napomenuti da se danas u nekim zapadnim zemljama intenzivno radi i na razvoju laserskog oružja u ko-



Sl. 1 - Delovanje laserskog zračenja na materijal:

a) zagrevanje, b) topljenje, c) izbacivanje rastopljenog materijala i obrazovanje plazme

Neki tipični predstavnici lasera za obradu materijala

Tip i model lasera	Talasna dužina λ (μm)	P_{izl} (W), E_{izl} (J)		Frekvencija ν (Hz)	Trajanje impulsa τ (ms)	Srednja energija E_{sr} (W)	Prečnik $2r_s$ (mm)	Divergencija θ_d (mrad)	Primena
		TEM ₀₀	multimodni						
CW CO ₂ , TM 41-45, USA	10,6	-	15000 (W)	-	-	-	50	2	C, W, D, H
P CO ₂ , TCB-50, USA	10,6	150 (J)	50 (J)	1-5000	0,5-1000	50	1,7	9	N
P-excimer, HLX-5, USA	0,248-0,35	-	2-5 (J)	0,5	0,02	2,5	45 × 45	2 × 2	M, N
CW Nd: YAG, BL-5000Y, USA	1,06	6 (W)	50 (W)	-	-	-	4	10	M, S, H
P Nd: YAG, LAY600A, Japan	1,06	-	150 (J)	200	10	600	10	20	W, D
P Nd: staklo, M14E, USA	1,06	40 (J)	-	1	3; 5; 8	-	3 × 9	-	W, D
P Rubinski, 604, USA	0,694	-	10 (J)	10	varijabilni	40	0,2	-	D

CW – kontinualni; P – impulsni; C – sečenje; W – zavarivanje; D – bušenje; H – termička obrada; S – skrajbovanje; M – obrada metala; N – obrada nemetala

jima se intenzitet lasera ekstremno velike snage iskorišćava za uništavanje ili onesposobljavanje sredstava ratne tehnike, kao i za neutralisanje žive sile, pre svega zaslepljivanjem.

Parametri laserskog zračenja

Principi generisanja i pojačanja elektromagnetskog zračenja stimulisanom emisijom, kao i principi njihove praktične realizacije (maser, laser), danas su dobro poznati [1]. Lasersko zračenje odlikuje se ekstremno visokim stepenom koncentracije svetlosne energije u veoma malom prostornom uglu i uskom spektralnom dijapazonu i visokim stepenom prostorne i vremenske koherentnosti. U impulsnom režimu rada sa modulacijom dobrote rezonatora moguće je postići impulse ekstremno kratkog vremena trajanja (10^{-6} – 10^{-12} s), što ima za posledicu veoma veliku snagu zračenja po impulsu (10^6 – 10^{10} W). Posebno je značajno što laserska svetlost, za razliku od obične, poseduje visok stepen prostorne koherentnosti koja je u tesnoj vezi sa usmerenošću laserskog zračenja usled čega je ugao divergencije laserskog snopa veoma mali

– reda mrad. Takav snop se može fokusirati na veoma malu površinu, radijusa reda 10λ (λ – talasna dužina laserskog zračenja od 1 do $10 \mu\text{m}$), usled čega je površinska gustina snage na ozračenju površini veoma velika, reda MW/cm^2 [2].

Usmerenost i fokusiranje laserskog snopa

Laser generiše veoma uzak snop skoro paralelnih zraka. Fokusiranjem laserskog zračenja može se postići ekstremno visoka koncentracija energije na veoma maloj površini (slika 2). Pri tome površinska gustina snage zračenja može biti veća u fokusnoj ravni fokusirajućeg sočiva nego u ravni izlaznog otvora lasera, što predstavlja posebno preimućstvo lasera u odnosu na druge izvore svetlosti [2].

Usmerenost, odnosno divergencija laserskog snopa, određena je konfiguracijom rezonatora i difrakcijom, a definiše se prostornim uglom u kojem se rasprostire najveći deo energije zračenja. Umesto prostornog ugla u praksi se za meru divergencije najčešće upotrebljava ravan-

ski ugao Θ_d koji leži u ravni osnog preseka laserskog snopa.

Iznos divergencije Θ_{dr} prouzrokovane difrakcijom kod ravnog monohromatskog talasa sa ravnomernom raspodelom amplitude po talasnom frontu i iznos divergencije Θ_{dg} fokusiranog talasa sa Gausovom raspodelom amplitude dati su izrazima:

$$\theta_{dr} = 1,22 \frac{\lambda}{D} \quad (1a)$$

$$\theta_{dg} = \frac{\lambda}{\pi r_o} = 0,32 \frac{\lambda}{r_o} \quad (1b)$$

Ako se u formuli (1b) r_o zameni sa $D/2$, može se uočiti da pri istim prečnicima izlaznog otvora D (slika 2), Gausov snop ima oko dva puta manju divergenciju od ravnog monohromatskog talasa [1].

U konfokalnom rezonatoru, koji se najčešće koristi za dobijanje snopa sa Gausovom raspodelom intenziteta po poprečnom preseku, laserski snop u jednoj tački dostiže najmanji poprečni presek – struk snopa, radijusa $r_o = \sqrt{L\lambda/2\pi}$, gde je L – dužina rezonatora. Sa udaljavanjem od struka u pravcu prostiranja zračenja, po osi snopa, laserski snop divergira i

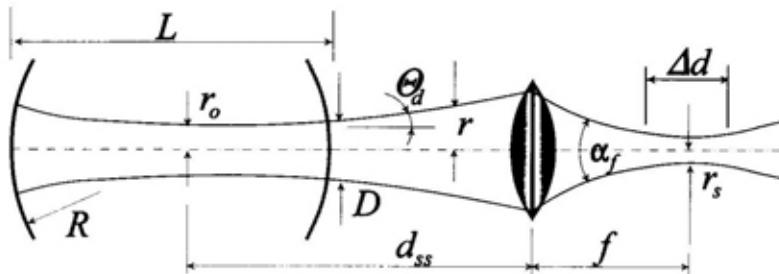
dimenzije poprečnog preseka se uvećavaju. Fokusiranjem laserskog snopa tankim sočivom dobija se novi struk radijusa r_s smešten izvan rezonatora (slika 2). Ako se prednja fokusna ravan sočiva poklapa sa strukom unutar rezonatora, onda se drugi struk nalazi u zadnjoj fokusnoj ravni sočiva [5].

Radijus preseka snopa u zadnjoj fokusnoj ravni može se izračunati po formuli:

$$r_s = \text{tg}(f \cdot \theta_d) \approx f \cdot \theta_d = \frac{f \cdot \lambda}{\pi \cdot r_o} \quad (2)$$

gde je Θ_d – ugao divergencije u rad. Formula (2) predstavlja pogodnu relaciju za brzu procenu dimenzija poprečnog preseka laserskog snopa (spota) fokusiranog sočivom fokusne dužine f . Minimalne dimenzije spota za osnovni mod TEM_{00} (Gausov snop) nisu manje od $50 \mu\text{m}$ za CO_2 lasere ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$) i $5 \mu\text{m}$ za YAG lasere ($\lambda = 1,06 \mu\text{m}$) [5]. Može se pokazati da je za kratkofokusna sočiva $r_s = (f/d_{ss})r_o$, što znači da ova sočiva u svojoj fokalnoj oblasti uvećavaju intenzitet upadnog zračenja za $(d_{ss}/f)^2$ puta.

Za ocenu kvaliteta snopa u praksi se često koristi tzv. parametar snopa $q^* = D \theta_d \approx r_s \alpha_f = \text{const}$ (mm · mrad),



Slika 2 – Fokusiranje laserskog snopa dobijenog u konfokalnom rezonatoru: L – dužina rezonatora, R – radijus zakrivljenosti ogledala, r – radijus snopa, r_o – radijus struka snopa u rezonatoru, r_s – radijus spota (struka snopa u fokusu), f – fokusna dužina sočiva, D – prečnik izlaznog otvora lasera, Δd – dubina fokusiranja, Θ_d – ugao divergencije, d_{ss} – udaljenost sočiva od struka u rezonatoru, α_f – ugao fokusiranja

gde je α_f – ugao fokusiranja (sl. 2). Vrednost q^* kreće se u granicama od 10 do 30 mm · mrad. Kvalitet snopa definisan je kao recipročna vrednost parametra snopa, $1/q^*$ [8].

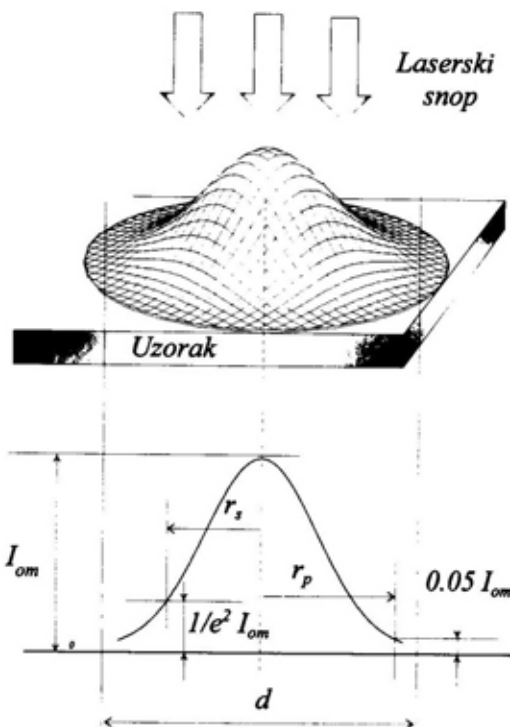
Veoma značajna karakteristika fokusiranog snopa je i dubina fokusa $d = \Delta d/2$ (slika 2). Ona se definiše kao udaljenost od struka fokusiranog snopa do ravni u kojoj intenzitet opadne do vrednosti određene karakterom primene (npr. na 80% maksimalne vrednosti u fokusu) i data je formulom [4, 8]:

$$\Delta d = 2\pi \frac{r_s^2}{\lambda} \sqrt{g^2 - 1} \approx \frac{r_s^2}{q^*} \quad (3)$$

Koeficijentom $g = r/r_s$ određena je širina snopa na udaljenosti $d = \Delta d/2$ od fokusa. Na ovoj udaljenosti intenzitet opadne za $1/g^2$ puta u odnosu na maksimalnu vrednost u fokusu. Na primer, ako karakter obrade zahteva da se intenzitet laserskog snopa na ozračenoj površini po svojoj uzdužnoj osi ne sme menjati više od 10%, onda je $1/g^2 = 0,9$, odnosno $g = 1,054$. Za $r_s = 0,1$ mm i $\lambda = 10,6$ μ m, dobija se $\Delta d = \pm 1,04$ mm, što predstavlja dopušteno variranje rastojanja između sočiva i površine obrađivanog uzorka. U slučajevima kada nije moguće strogo kontrolisati ovo rastojanje, potrebno je izabrati sočivo sa što većom fokusnom dužinom kako bi dubina fokusa bila što veća. Jednačine (2) i (3) pokazuju da se za dvostruko veću fokusnu dužinu dobija četverostruko veća dubina fokusa [4].

Prostorno-vremenske karakteristike

Gausov snop (mod TEM_{00}) od posebnog je značaja u najvećem broju slučajeva obrade materijala laserom, naročito



Sl. 3 – Mogući načini određivanja poprečnog preseka laserskog snopa

pri sečenju, zavarivanju i bušenju. Njime se postiže najveća gustina snage u laserskom snopu i najbolja usmerenost. Ovaj mod ima sinfazni talasni front i Gausovu raspodelu intenziteta $I(r)$ po poprečnom preseku snopa koja se ne menja pri prolasku kroz optički fokusirajući sistem [4, 5, 6].

Kod ravnomerne prostorne raspodele intenzitet $I(r) = \text{const}$ po celoj površini poprečnog preseka radijusa r_s dok se kod Gausovog snopa (mod TEM_{00}) intenzitet menja (slika 3) i određen je Gausovom funkcijom:

$$I(r) = I_{om} e^{-kr^2} \quad (4)$$

gde je:

I_{om} – maksimalni intenzitet (u centru snopa),

r – radijalna udaljenost od centra snopa,

$k = 1/r_s^2$ – koeficijent skoncentrisanosti koji određuje oštrinu krive, pri čemu je r_s – efektivni radijus snopa.

Koeficijent skoncentrisanosti zavisi od načina određivanja efektivnog radijusa preseka snopa. Ako se za r_s uzme rastojanje od ose snopa do tačke u kojoj intenzitet na poprečnom preseku osnovnog moda opadne e^2 puta, odnosno amplituda e puta (Gausov radijus), onda je $k = 2/r_s^2$. Imajući u vidu da je $1/e^2 = 0,135$ sledi da je 86,5% ukupne snage skoncentrisano unutar kruga radijusa jednog r_s . Međutim, u praksi se često za radijus snopa uzima rastojanje r_p od ose snopa do tačke u kojoj intenzitet opadne na $0,05 I_{om}$ (slika 3) i onda je $k \approx 3/r_p^2$ a oko 95% ukupne snage nalazi se unutar kruga radijusa r_p [5].

Integracijom izraza (4) može se izračunati ukupna snaga i maksimalni intenzitet u centru snopa:

$$P_t = \int_0^{\infty} I(r)2\pi r dr = \int_0^{\infty} I_{om} e^{-kr^2} 2\pi r dr = \frac{\pi}{k} I_{om},$$
$$I_{om} = \frac{kP_t}{\pi} \quad (5)$$

gde je:

P_t – ukupna snaga sadržana u modu,
 k – koeficijent skoncentrisanosti.

Trajanje laserskog zračenja određeno je režimom rada lasera. Laseri za obradu materijala najčešće rade u sledećim režimima [5]:

- režim kontinualnog zračenja,
- impulsni režim slobodne generacije (tipična dužina impulsa τ je oko 10^{-3} s

a određena je dužinom trajanja bljeska impulsne lampe pobude),

– režim modulacije faktora dobrote rezonatora (tipične vrednosti τ su 10^{-9} – 10^{-8} s; trajanje impulsa određeno je navedjenjem pobude nad pragom generacije i brzinom Q-prekidača),

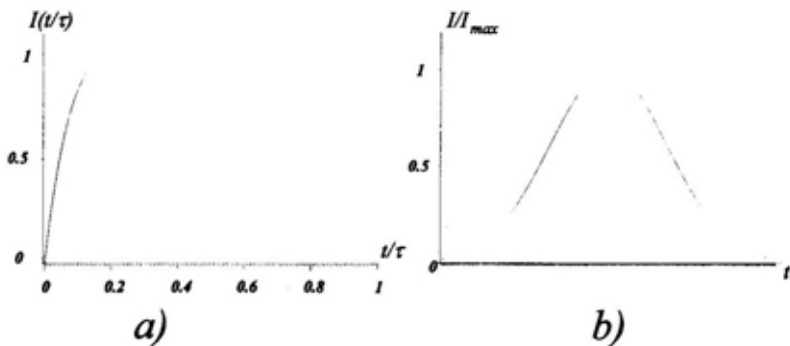
– impulsno-periodični režim ($\tau \approx 10^{-6}$ s; tipičan za CO_2 lasere).

Svako skraćivanje trajanja impulsa nužno vodi smanjenju njegove energije E , ali po pravilu i povećanju srednje snage P_{sr} .

Vremenska forma intenziteta $I(t)$ impulsa takođe zavisi od režima rada lasera. Kada laser CO_2 radi u impulsno-periodičnom režimu ima trouglasti vremenski oblik impulsa (slika 4a). U slučaju kada laser generiše samo jedan, osnovni mod, kriva vremenske raspodele je glatka i ima zvonoliki (Gausov) oblik (slika 4b) [6].

Modovi višeg reda

Transverzalni modovi, odnosno modovi višeg reda [4] imaju izuzetan značaj pri obradi materijala laserskim zračenjem. Red moda direktno utiče na veličinu ugla divergencije, veličinu poprečnog preseka snopa i dubinu fokusa. U pojedinim slučajevima obrade materijala zahteva se veoma visoka gustina snage (sečenje, zavarivanje), radi čega je neophodno koristiti modove najnižeg reda, dok je u nekim slučajevima neophodna ravnomerna raspodela gustine snage po poprečnom preseku snopa (termička obrada površine materijala) pa se koriste i modovi višeg reda (slika 5). Ako modovna struktura laserskog snopa sadrži, osim osnovnog moda TEM_{00} , i modove višeg reda, onda su ukupna snaga moda, divergencija i poprečni presek veći, a dubina fokusa manja, dok su ostale ka-



Sl. 4 – Tipične vremenske forme laserskih impulsa:
a) trouglasti, b) zvonoliki (Gausov) oblik

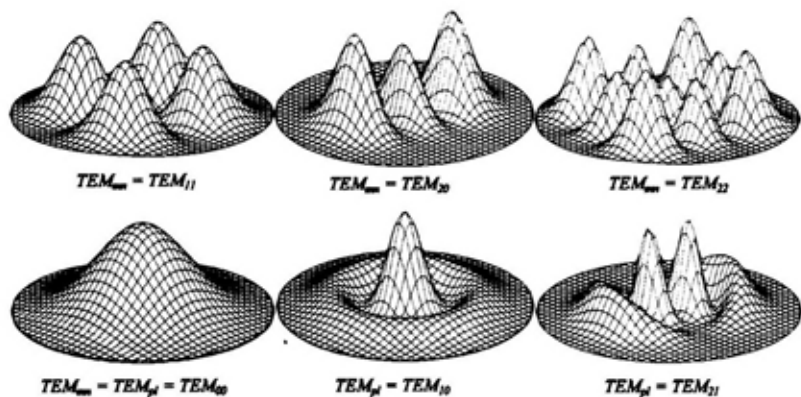
rakteristike približno iste kao kod Gausovog snopa [4].

Nivo snage i modovna struktura izlaznog snopa lasera određuju se u zavisnosti od primene. Gausov snop omogućava duboku penetraciju pri bušenju i velike brzine sečenja, dok pri termičkoj obradi površine nije pogodan zbog varijacija gustine snage po poprečnom preseku snopa. Razvijene su i različite tehnike menjanja oblika poprečnog preseka snopa radi dobijanja željene prostorne raspodele intenziteta [8, 9].

Energetske karakteristike

Za obradu materijala intenzitet I (W/cm^2) predstavlja najvažniju energetsku karakteristiku laserskog zračenja. Saglasno opšteprihvaćenoj definiciji intenziteta u radiometriji, intenzitet laserskog zračenja definisan je energijom koja prođe kroz jedinicu površine poprečnog preseka laserskog snopa u jedinici vremena. U literaturi se često upotrebljava i naziv – površinska gustina snage [3, 6].

Ako je poznat intenzitet, integracijom se lako izračunavaju i druge energet-



Sl. 5 – Oblik transversalnih elektromagnetskih modova u pravougloj (TEM_{mn}) i cilindričnoj (TEM_{pl}) simetriji

ske veličine kao što su ukupna snaga zračenja sadržana u modu P_t , jednačina (5), kao i energija $E = \int P_t dt$.

Intenzitet kontinualnog laserskog zračenja najčešće je konstantan u vremenu. Intenzitet impulsnog laserskog zračenja određen je energijom E i trajanjem impulsa τ , kao i usmerenošću Θ_d , odnosno radijusom spota r_s , jednačina (2). S obzirom na to da je raspodela zračenja u prostoru i vremenu uglavnom neravnomerna (npr. Gausov snop), često se za izvođenje ocena koristi srednja vrednost intenziteta, $I_{sr} = E_{sr}/S\tau$ gde je E_{sr} – srednja snaga moda, S – ozračena površina a τ – trajanje impulsa [2].

Energetska svojstva laserskog zračenja su u najneposrednijoj vezi sa efektima obrade materijala laserom. Kod impulsnih lasera, zahvaljujući veoma kratkom vremenu dejstva i izvanrednoj mogućnosti fokusiranja, mogu se dobiti ogromne gustine snage po jedinici površine, čak i kada je ukupna energija impulsa veoma mala. Iz sledećeg primera može se videti koliko se laser razlikuje od svih drugih izvora svetlosti.

Laserski snop He-Ne lasera sa Gausovom raspodelom intenziteta, izlazne snage $P \approx 10$ mW i divergencije $\Theta_d \approx 0,1$ mrad, može se, u skladu sa jednačinom (2), fokusirati sočivom fokusne dužine $f \approx 1$ cm na površinu reda 10^{-8} cm². Koristeći formule (4) i (5) za Gausov snop i uzimajući da je $P_t = P = 10$ mW – ukupna snaga snopa, dobija se intenzitet u centru snopa reda 10^6 W/cm². Istovremeno mogu se oceniti i dimenzije fokusiranja snopa. Uzimajući da je dubina fokusa reda $10 r_s \approx 10^{-3}$ cm, dobija se da je zapremina fokusiranog snopa $V \approx 10^{11}$ cm³, a prostorna gustina snage reda 10^9 W/cm³.

Ako bi se želelo da se na istoj površini 10^{-8} cm² dobije intenzitet reda 10^6 W/cm² fokusiranjem nekoherentne svetlosti običnog izvora površine $0,1$ cm², takav izvor bi morao imati snagu ≈ 1 MW [2].

Efektivnost interakcije laserskog zračenja sa materijalom

U krajnjem rezultatu, efektivna obrada materijala laserskim zračenjem zasnovana je na optimalnom transferu energije laserskog zračenja u toplotu površinskog sloja ozračenog uzorka.

Matematički opis interakcije laserskog zračenja i materijala nije jednostavan, a mnoge pojave još nisu dovoljno ispitane i objašnjene. Otuda i relativno mali broj upotrebljivih modela koji se sa zadovoljavajućom tačnošću (makar $\geq 50\%$) mogu primeniti za opis procesa obrade materijala laserom.

Interakcija laserskog zračenja sa neprozračnim materijalima podrazumeva nekoliko karakterističnih stadijuma. To su [3]:

- *apsorpcija* laserskog zračenja u površinskom sloju materijala i prenos energije u dubinu materijala putem oscilacija kristalne rešetke;

- *zagrevanje* materijala bez razaranja njegove strukture i pojava termoelastičnih deformacija;

- *promene faznog stanja* materijala (prelazak u tečnu i gasovitu fazu) u zoni dejstva laserskog snopa, izbacivanje i razletanje izbačenog materijala;

- stvaranje *plazmenog oblaka* (*plazmene buktinje*) optičkim probijem pare i okolne atmosfere i transformacija prostorno-vremenske strukture laserskog zračenja pri prostiranju kroz plazmu;

– plastične deformacije materijala zbog pritiska pare i plazme;

– hlađenje i otvrdnjavanje materijala nakon završetka dejstva laserskog zračenja praćeno strukturno-faznim i hemijskim promenama.

Ovi procesi praćeni su difuzionim i hemijskim reakcijama, emisijom čestica, pojavom X-zračenja i drugim pojavama [6].

U praksi se efektivnost interakcije upadne laserske energije i obrađivanog uzorka materijala obično opisuje koeficijentom sprege [4] (apsorpcionom sposobnošću [5]), tj. odnosom apsorbovanog I_a i upadnog I_u intenziteta zračenja:

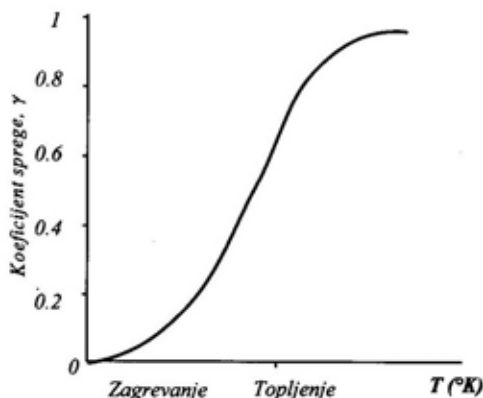
$$\gamma = 1 - R = \frac{I_a}{I_u} \quad (6)$$

gde je R – koeficijent refleksije površine materijala.

Koeficijent sprege određen je ne samo gubicima usled refleksije laserskog zračenja od površine već i gubicima zbog ekraniiranja plazmenim oblakom koji nastaje usled jonizacije atmosfere i isparenog materijala u neposrednoj okolini ozraćene tačke. Osim toga, on zavisi od talasne dužine zračenja, vrste materijala, oblika i hemijskog sastava ozraćene površine, karaktera raspodele i nivoa snage fokusiranog snopa, divergencije laserskog snopa, upadnog ugla laserskog snopa u odnosu na površinu i drugih parametara. Posebno je izražena njegova zavisnost od temperature, odnosno faznog stanja ozraćenog materijala (slika 6). Zbog toga je skoro nemoguće dobiti analitičko rešenje za koeficijent sprege već se on određuje eksperimentalno, najčešće kalorimetrijskom metodom [10].

Toplotno dejstvo laserskog zračenja na materijal nije određeno parametrima

upadnog već parametrima apsorbovanog zračenja, pa je apsorpcija energije laserskog zračenja, njen transfer u toplotu i zagrevanje materijala, odnosno postiza-



Sl. 6 – Promena koeficijenta sprege sa temperaturom

nje temperature neophodne za konkretni vid obrade, od najvećeg značaja za obradu materijala. U pojednostavljenom, linearizovanom modelu, pri apsorpciji zračenja u materijalu intenzitet opada po eksponencijalnom zakonu [2, 5, 6]:

$$I(z) = \gamma I_0 \cdot e^{-\alpha z} \quad (7)$$

gde je:

α – koeficijent apsorpcije (cm^{-1}),

z – dubina prodiranja zračenja u materijal.

Energija apsorbovanog zračenja pretvara se u toplotu u tankom površinskom sloju debljine 10^{-6} do 10^{-7} m. Usled toga apsorpcija ima karakter površinskog efekta. Zagrejani deo površinskog sloja može se posmatrati kao tačkasti toplotni izvor čija je efektivna toplotna snaga (intenzitet) određena koeficijentom sprege ($I_a = \gamma I_u$). Od toplotnog izvora toplota se prenosi u unutrašnjost materijala kondukcijom, a jedan deo ostaje

Termofizičke karakteristike nekih metala

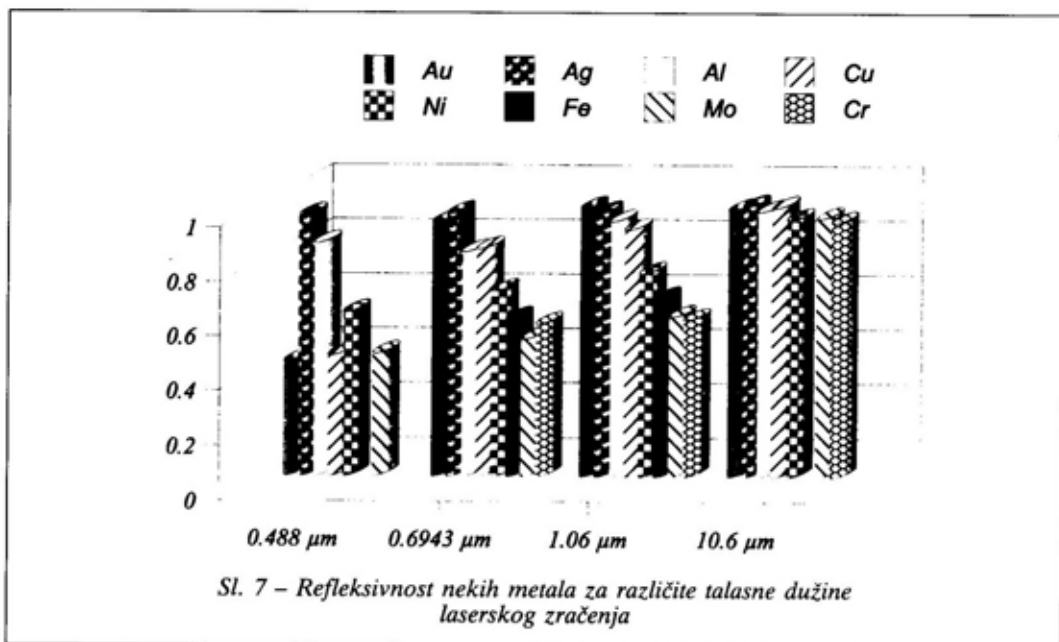
Metal	T_s (°C)	T_v (°C)	ρ (g/cm ³)	K (W/cm°C)	c (J/g°C)	χ (cm ² /s)
Al	661	2,472	2,702	2,37	0,90	0,975
Fe	1,536	2,759	7,86	0,802	0,44	0,232
Si	1,412	2,363	2,33	1,48	0,71	0,895
Cu	1,093	2,573	8,96	4,01	0,38	1,178
Zn	423	913	7,14	1,16	0,39	0,417

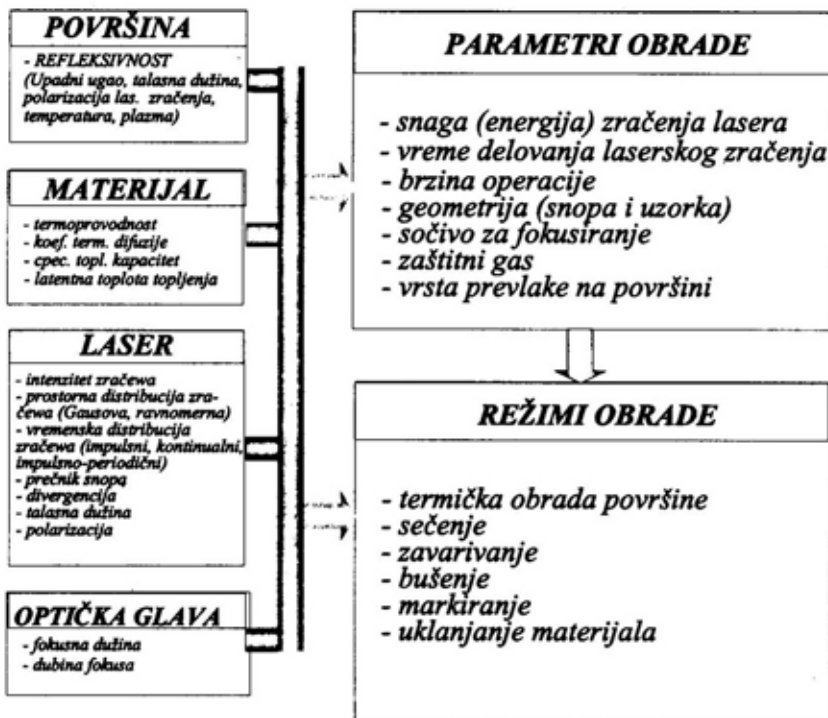
neiskorišćen usled gubitaka koji nastaju zračenjem zagrejane površine i odvođenjem toplote konvekcijom.

Transfer toplote u najvećem stepenu određen je optičkim (sl. 7) i termofizičkim (tabela 2) svojstvima obrađivanog materijala. Neki materijali su veoma reflektivni na sobnoj temperaturi (npr. srebro reflektuje oko 99% upadnog zračenja, zlato 98%, bakar 98%, nerđajući čelik 96% itd., slika 7). S druge strane, reflektivnost znatno zavisi i od talasne dužine laserskog zračenja. Zbog toga se primenjuju različite tehnike smanjenja refleksije: na površinu se nanose odgovarajuće prevlake – apsorberi ili se određenim

postupcima povećava hrapavost površine. Međutim, reflektivnost veoma brzo opada sa povećanjem temperature (koja se praktično dešava trenutno pri dejstvu laserskog zračenja na materijal) pri čemu dolazi i do naglog povećanja koeficijenta sprege (slika 6) i stvaranja uslova za određenu vrstu obrade [3].

Od svih termofizičkih karakteristika, kod metala je za većinu postupaka obrade najvažnija termička difuzivnost χ (cm²/s) koja je definisana kao odnos $K/\rho c$, gde je K (W/cm°C) – termička provodnost, ρ (g/cm³) – gustina i c (J/g°C) – specifična toplota.





Sl. 8 – Faktori koji definišu režime obrade materijala

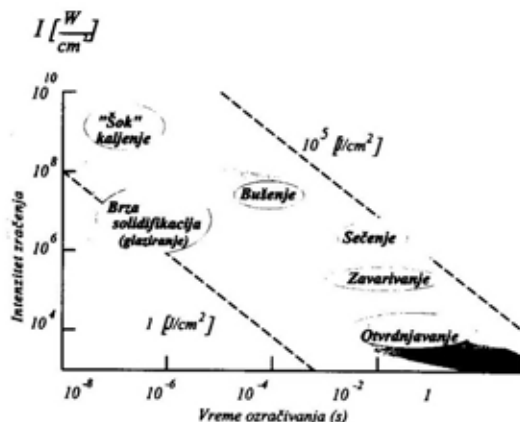
Termička difuzivnost je osnovna mera toplotno-inercionih svojstava materijala. Brzina promene temperature u nekoj tački tela utoliko je veća ukoliko je koeficijent χ veći. Specifična toplotna kapacitivnost c praktično ostaje ista pri promeni temperature od T_{sobno} do temperature isparavanja T_v . Međutim, termoprovodnost K se smanjuje približno 2 do 5 puta pri topljenju metala. Zanemarujući ove promene mogu se izvoditi ocene sa greškom manjom od 20% [3].

Režimi obrade

Laserska tehnološka postrojenja koja se danas koriste u industrijskoj proizvodnji obezbeđuju prekrivanje širokih dijapazona energije, dužine trajanja zra-

čenja i srednje snage neprekidnog ili impulsno-periodičnog zračenja. Svaki tehnološki proces zahteva određene prostorno-vremenske i energetske karakteristike zračenja. Tehnološki procesi, zasnovani na čisto toplotnom dejstvu zračenja na obrađivani materijal najčešće koriste impulse trajanja od 10^{-4} do 10^{-2} s i kontinualno zračenje. Primenjujući određeni nivo snage zračenja i dužinu trajanja zračenja može se postići bilo koji željeni tehnološki efekat: zagrevanje i topljenje materijala (termička obrada, sečenje, zavarivanje, lemljenje), isparavanje materijala (bušenje, napanje tankih slojeva metala i dielektrika), itd. U elektronskoj industriji impulsno zavarivanje zahteva energiju od 10^2 do 10 J; bušenje i skrajbovanje izvodi se pri energiji do 1 J; kaljenje

reznog alata zahteva energiju do 100 J i dužinu impulsa 10^{-3} s; za sečenje različitih materijala, zasnovano na udarnom („šok“) efektu interakcije zračenja sa materijalom (slika 9), potrebni su impulsi trajanja 10^{-7} do 10^{-4} s itd. [3].



Sl. 9 – Režimi obrade materijala laserskim zračenjem

U obradi materijala laserom razvijene su različite metode koje su određene nizom različitih faktora (slika 8). Metode laserske obrade obrazuju grupe zasnovane na zagrevanju, topljenju i udarnom opterećenju materijala u zavisnosti od

površinske gustine snage zračenja lasera i vremena njegovog dejstva. Ove grupe nazivaju se režimi obrade [4, 5].

Slika 9 prikazuje dijagrame režima obrade koji su dobijeni kombinacijom teorijskih i empirijskih saznanja. Na slici se mogu uočiti vrednosti intenziteta laserskog zračenja i vremena trajanja ozračenja koja odgovaraju različitim režimima obrade i procesima koji prate interakciju laserskog zračenja sa materijalom.

Otvrdnjavanje laserskim zračenjem, zasnovano na faznim prelazima u površinskom sloju materijala, zahteva minimalni intenzitet laserskog zračenja 10^3 do 10^4 W/cm² pri maksimalnom vremenu trajanja impulsa 10^{-2} –1 s. Udarno („šok“) otvrdnjavanje zahteva maksimalni intenzitet zračenja 10^8 – 10^{10} W/cm² pri minimalnoj dužini trajanja impulsa 10^{-6} – 10^{-8} s.

Na slici 9 dati su samo opšti podaci o dijapazonima promene intenziteta, energije i trajanja laserskog zračenja u zavisnosti od vrste obrade. Njihove stvarne vrednosti u konkretnim operacijama zavise od svojstava materijala i primene metoda povećanja efektivnosti interakcije zračenja i materijala.

– nastaviće se –

Dr Slavko Pokorni,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija VJ,
Beograd

VAZDUHOPLOVNA SREDSTVA ZA PROTIVELEKTRONSKU BORBU ORUŽANIH SNAGA SAD

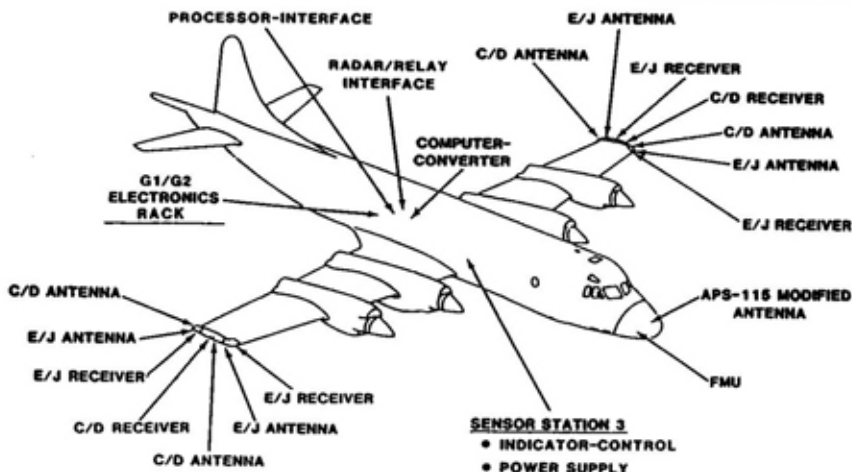
Uvod

Borbene mogućnosti oružanih snaga standardno se ocenjuju na osnovu vatre-
nih i udarnih mogućnosti. Međutim, rato-
vi, pored udara i manevra, imaju i infor-
macionu komponentu, koja je do Drugog
svetskog rata imala relativno mali uticaj
na ishod sukoba. Ali, od tada njen značaj
raste, srazmerno naučno-tehničkom na-
pretku, posebno razvoju elektronike i
informatičke tehnologije. Krajem 20.
veka informaciona komponenta dovela
je do takozvane revolucije u vojnoj delat-
nosti.

Do najveće informatizacije oružane
borbe došlo je, s jedne strane, u intelek-
tualnom i tehničkom usavršavanju izvida-
nja i upravljanja snagama i sredstvima, a
s druge u formiranju i burnom razvoju
protivelektronske borbe (PEB, u oružani-
m snagama zapadnih zemalja naziva se
elektronski rat – Electronic Warfare),
koja je u stvari, antipod procesu upravlja-
nja. Uloga elektronskih sredstava u vođe-
nju ratova postajala je sve veća. Savre-
meni oružni sistemi, posebno u vazduho-
plovstvu, zasnovani su na elektronici,
tako da mnogi smatraju da je vođenje
savremenog rata nemoguće bez široke
primene savremenih elektronskih sred-
stava sa kojima je PEB nerazdvojno po-
vezan.

Vazduhoplovna sredstva za PEB

Razvijene zemlje, prvenstveno SAD,
vazduhoplovnim snagama daju veliku
ulogu u vojnim doktrinama, jer se sma-
traju nezamenljivim sredstvom za izvođe-
nje borbenih dejstava u lokalnim ratovi-
ma. Analiza vojnih sukoba jasno poka-
zuje da agresorove vazduhoplovne snage
imaju odlučujuću ulogu u rešavanju is-
hoda sukoba. Već više od 50 godina, svi
ratovi i vojni sukobi, po pravilu, započi-
njali su iznenadnim napadom velikih va-
zduhoplovnih snaga, čije borbene moguć-
nosti neprekidno rastu. Istovremeno, raz-
vijena su nova, veoma opasna sredstva za
napad iz vazdušnog prostora, kao što su
veoma precizne rakete velikog dometa,
koje se lansiraju iz vazdušnog prostora,
sa zemlje ili mora. Neke od borbenih
karakteristika vazduhoplovnih snaga koje
im omogućavaju da samostalno rešavaju
čitav dijapazon zadataka od taktičkih do
operativnih i strategijskih (pod strategij-
skim se podrazumeva postizanje konač-
nih ciljeva rata) u savremenim ratovima
su: mobilnost; mogućnost da se brzo
formira snažna grupacija snaga u bilo
kom delu sveta; mogućnost da se postigne
najveći stepen iznenađenja u preduzima-
nju vojnih operacija; veliki udarni poten-
cijal koji se višestruko povećao pojavom
oružja visoke preciznosti. Ove karakteri-



Sl. 1 - Raspored elemenata kompleta AN/ALR-66(V)3 na avionu P-3 Orion

stike dovele su do radikalnih promena u vođenju savremenih oružanih sukoba.

Efikasnost borbenih dejstava avijacije bitno zavisi od sposobnosti letelice da savlada sistem protivvazdušne odbrane (PVO), a mogućnost savladavanja PVO bitno zavisi od sposobnosti avijacije da efikasno vodi PEB zajedno sa ostalim dejstvima. Smatra se da se upravo pri savladavanju sistema PVO protivnika sredstvima za napad iz vazdušnog prostora, posebno intenzivno vodi protivelektronska borba.

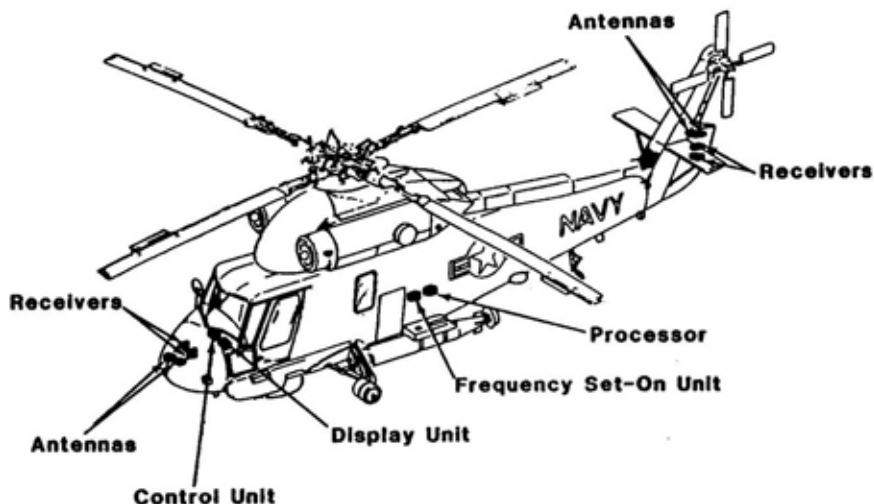
Veliki gubici aviona u lokalnim ratovima posle Drugog svetskog rata prinudili su SAD da razvije nova i usavrši postojeća vazduhoplovna sredstva za zaštitu aviona, pre svega za upozoravanje aviona da se nalazi u snopu zračenja radara, a zatim za aktivno i pasivno ometanje i obmanjivanje protivničkih sredstava za otkrivanje ciljeva u vazdušnom prostoru i za navođenje - samonavodenje raketa na ciljeve u vazdušnom prostoru. Pri tome to mogu biti sredstva za kolektivnu ili individualnu zaštitu.¹ Već u Korejskom

ratu Amerikanci su opremali po jedan avion prijemnikom koji je upozoravao na radarsko ozračenje celu grupu aviona da se nalaze u polju zračenja radara. Kasnije je počeo razvoj uređaja za individualnu zaštitu aviona, prvo bombardera, a zatim i ostalih vojnih aviona.

Iskustva su pokazala da u uslovima efikasnih protivelektronskih dejstava, u odnosu na elektronske sisteme PVO protivnika, avijacija koja izvodi napadne operacije trpi znatno manje gubitke.² Zbog toga su razvijeni raznovrsni i brojni vazduhoplovni uređaji za PEB. U početku su to bila radarska sredstva za izvidanje ili upozoravanje, ometanje i obmanjivanje, a kasnije, sa pojavom IC samonavodenih raketa, javila se potreba za takvim sredstvima i u IC opsegu.

¹ Važan pravac u razvoju PEB su i protivradarske rakete sa pasivnim samonavodenjem po snopu zračenja radara. Razvoj prvih takvih raketa u SAD počeo je još 1958. godine, a prvi put je primenjena raketa „šrajk“ 1966. godine.

² Statistički podaci, prema američkim izvorima, pokazuju da je bez primene PEB, za uništenje jednog lovca bombardera bilo dovoljno 1 do 2 vodene rakete zemlja-vazduh. Ako grupu aviona štiti avion koji primenjuje pasivne i aktivne smetnje, a nalazi se van dometa PVO, potrebno je do 15 raketa, a ako svaki lovac bombarder ima prijemnik za upozoravanje, onda je potrebno do 30 raketa. Ako svaki avion ima i ometač, potrebno je čak 64 rakete.



Sl. 2 – Raspored elemenata kompleta prijemnika za upozorenje o radarskom ozračenju AN/ALR-79 na helikopteru SH-2F

U tabeli su prikazani veoma sadržajni podaci o vazduhoplovnim sredstvima za PEB u oružanim snagama SAD. Sva sredstva, o kojima su dostupni podaci, svrstana su u sledeće kategorije:

- aktivni radarski ometači;
- stanice za radarsko izviđanje i prijemnici za upozoravanje da se letelica nalazi u snopu zračenja radara (signalizatori radarskog ozračenja);
- radarski uređaji (sredstva) za upozoravanje da je letelica napadnuta raketom;
- optoelektronski uređaj za upozoravanje da je letelica napadnuta raketom;
- uređaji za ometanje u infracrvenom (IC) opsegu;
- uređaji za izbacivanje dipolnih reflektora i IC mamaca.

Sva vojna elektronska sredstva (uređaji) u oružanim snagama SAD imaju alfanumerički sistem označavanja, na primer AN/ALQ-172(V)1. Ovaj sistem obično se naziva AN sistem označavanja, iako je njegov zvaničan naziv – jedin-

stveni sistem označavanja vrste elektronskih sredstava (Joint Electronics Type Designation Equipment – JETDE). Slovne oznake AN (u tabeli su izostavljene) imaju nekadašnje značenje KoV/RM (Army/Navy), ali se sada isključivo koriste za označavanje sredstava koja su u nadležnosti Ministarstva odbrane SAD, odnosno vojnih sredstava.

Prva slovna oznaka označava platformu (oružni sistem za koji je sredstvo namenjeno, tj. na kome sredstvo funkcioniše), druga ukazuje na vrstu sredstva, a treća na funkciju odnosno namenu. Numeričke oznake koje slede označavaju model, a slovo V u zagradi znači da je sredstvo raspoloživo u više verzija. Značenja slovnih oznaka su: A – avion, L – protivielektronska dejstva, P – radar, A – nevidljiva svetlost/toplotno zračenje, V – vidljiva svetlost, Q – specijalna namena ili kombinacija funkcija koje obavlja, T – sredstvo koje zrači elektromagnetnu energiju, R – sredstvo koje prima elektromagnetnu energiju, pasivno otkrivanje, E – izbacivanje ili oslobađanje.

Operativno-taktičke i tehničke karakteristike vazduhoplovnih sredstava za protivlektronsku borbu oružanih snaga SAD

Namena, godina početka razvoja (uvod. u naoruž.)	Letelica (vid oružanih snaga)	Cena kompleta (miliona dolara)	Masa (kg), (mesto postavljanja)	Opseg radnih učestanosti (GHZ) (broj podopsega)	Objekti dejstva	Mogućnosti	Broj proizvedenih primeraka	Primedba
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Stanice za ometanje radara aktivnim smetnjama								
ALQ-161A, 1972 (1987)	B-1B (RV)	10	2363 (unutar trupa)	0,2-20 (8)	PAA, RS PVO, LA, RRO, SULA, VURKN	Otkrivanje, identifikacija i određivanje prioriteta i pozicije radara, rad u automatskom režimu, stvaranje imitirajućih i šumnih smetnji, jednovremeno ometanje nekoliko ciljeva, automatsko upravljanje ometanjem, elektronsko upravljanje snopom zračenja (u gornjim opsezima), re-programiranje	-	Planira se modernizacija stanice
ALQ-172(V)1, 1979 (1985)	B-52G i H, C-130, EC-130H i E (RV)	2	286,5 (u kontejneru unutar trupa ili podvesno)	3-cm opseg (?) (-)	PAA, RS PVO, LA, uključujući monotimp. radare	Rad u automatskom režimu, stvaranje imitirajućih i šumnih smetnji (?), jednovremeno ometanje nekoliko ciljeva	oko 1000	Na avionu su dve stanice i 7 antena
ALQ-172(V)2, kraj 80-tih. (poč. 90-tih)	B-52G i H, (RV), MC-130H i E (SSO)			3 i 10-cm opseg (1 ili 2)		Rad u automatskom režimu, stvaranje imitirajućih i šumnih smetnji, jednovremeno ometanje više ciljeva, automatsko upravljanje ometanjem, elektronsko upravljanje snopom zračenja, re-programiranje	-	Razvijena na osnovu ALQ-117
ALQ-172(V)3, ()	AC-130H (SSO)							
ALQ-165ASPI, opitni primerak 1979 (1983)	F-14D, F-18 (RV)	1,7-3,7	101,7 (unutar trupa)	0,7-35 (2)	PAA, RS PVO, LA	Otkriv., raspoz. i odred. lokacije i prioriteta radara, rad u autom. režimu, stvaranje imitir. i šumnih smetnji, jednovr. ometanje nekoliko ciljeva, autom. upravlj. ometanjem, elektron. upravlj. snopom zrac., reprogr.	oko 1000	Stanica ima 5-7 blokova (56 modula), dve predajne antene
ALQ-131(V)1* 1972 (1978)	A-10, F-15, F-16, F-111, C-130, AC-130 (RV)	0,8	175,7; 263,3 ili 299,2	2-10	PAA, RS PVO	Stvaranje imitirajućih i šumnih smetnji, jednovremeno ometanje nekoliko ciljeva (ograničeno)	više od 600	Kontejner sa uređ. jednog opsega dug je 220,8 cm, a sa dve ili tri 279,8 cm
ALQ-131(V)2* 1983 (1990)	(RV) A-7 (RM)	1,2	(u podvesnom kontejneru)	(1, 2 ili 3)		Rad u autom. režimu, stvaranje imitir. i šumnih smetnji (?), jednovr. ometanje više ciljeva, automatsko upravljanje smetnjama, re-programiranje		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALQ-135(V) 1974 (1982)	F-15C i D (RV)		- (unutar trupa)	2-10 (2: „1“ i „2“)	PAA, RS PVO, LA	Rad u autom. režimu, stvaranje imitirajućih i šumnih smetnji (?), jednovr. ometanje više ciljeva, automatsko upravljanje smetnjama, reprogramiranje	više od 100	Stanica ima 7 blokova i 4 antene
ALQ-135C 1983 (1990-91)	F-15E (RV)			2-20 (2: „1,5“ i „3“)			oko 400	Stanica ima 7 blokova i 4 antene, ulazi u sastav TEWS
ALQ-184(V) 1978 (1988)	A-10A, F-15B i D, F-16A i B, F-111A, D i F (RV) A-7D (RM)	0,85	209,5 ili 288,6 (u podvesnom kontejneru)	2-10 (2 ili 3)	PAA, RS PVO	Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta radara, rad u autom. režimu, stvaranje imitir. i šumnih smetnji, jednovr. omet. više ciljeva, autom. upravlj. omet., elektronsko upravljanje snopom zračenja, reprogramiranje	oko 900	Kontejner za 2 opsega ima dužinu 2,9 m, 3-3,96 m. Ima anten. rešetku sa 8 elemenata
ALQ-119(V)15* ALQ-119(V)17* 1970 (kraj 70-tih poč. moder.)	A-10A, F-15B i D, F-16A i B, F-111 (RV) A-7D (RM)	0,5	286 (u podvesnom kontejneru)	2-10 (3: 2-4; 4-8; 8-10) (-)		Svaranje imitirajućih i šumnih smetnji, reprogramiranje (?)	oko 1600, od čega je 800 prerađeno u ALQ-184	Kontejner je dug 394 cm. Radi zajedno sa prijemnikom ALR-46
ALT-28 1975 (-)	B-52G i H, MC-130E (RV)	0,075	87 (unutar trupa)	0,5-30 (-)	PAA, RS PVO, RRO	Upravlja sa ALQ-155(V) zajedno sa ALR-46	više od 1400	-
ALQ-155(V) 1975 (1979)		0,37	296,5 (unutar trupa)	- (-)		Upravlj. predajnikom ALT-28, otkriv., raspoz. i odred. prioriteta radara, autom. stvar. imitirajućih (posle moderniz.) i šumnih smetnji, jednovr. omet. više ciljeva, autom. upravlj. ometanjem, elektr. upravlj. snopom zračenja, reprog.	oko 300, od čega 190 ostaje u naoružanju	Stanica ima 21 blok, 12 antena
ALQ-122 1970 (proizv. prekinuta 1980)	B-52G i H (RV)	0,2	74,9 (unutar trupa)	0,3-1 (-)	RS PVO SA-3, VURKN, RRO, SULA	Otkrivanje, raspoz. i određivanje prioriteta radara, rad u autom. režimu, stvaranje imitir. smetnji, jednovr. omet. više ciljeva (?), autom. upravlj. ometanjem, reprogramiranje	oko 300	Stanica ima 6 blok., 3 antene. Sig. smetnji pojač. predaj. ALT-16
ALQ-136(V) 1/5 1977 (1982)	AH-1S, J, T, W, MK-60K, MH-47E (Kov)	0,25	19 (unutar trupa)	8-16 (-)	ZSU-23-4	Otkriv., raspoz. i odred. prior. radara, rad u autom. režimu, stvaranje odgovarajućih imitir. smetnji, jednovr. omet. više ciljeva, automatsko upravlj. ometanjem (?)	oko 2000	Stanica ima 2-3 bloka u koje ulaze po jedna prijemna i predajna antena
ALQ-136(V)2 1986 (1990)	OV-10, RC-12N i P, AH-64A, EH-60A (Kov)	0,35	36,3 (unutar trupa)		PAA, RS PVO (verovatno)	Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta radara, rad u autom. režimu, stvaranje odgovarajućih imitir. smetnji, jednovr. ometanje više ciljeva, autom. upravlj. ometanjem, reprogramiranje		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALQ-126B 1975 (1984)	F/A-18, A-6E, EA-6B (RM)	0,075	86,3 (unutar trupa)	2-18 (3)	PAA, RS PVO	Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta rada, rad u autom. režimu, stvaranje imitir. smetnji (odgovaračkih, za prekid samonavedenja), jednovremeno ometanje više ciljeva, automatsko upravljanje ometanjem, reprogramiranje. Snaga do 1 kW, vreme reakcije 0,1 μs	više od 1100	Jedan blok 41,1 × 27 × 60,9 cm. Skokov. prom. frekv. Komplet sa ALR-67
ALQ-164 1975 (1984)	AV-8B (RM, PP)	0,12	157,5 (podvesni kontejner)					Kontejnerska varijanta ALQ-126B
ALQ-162(V) Sejdouboks-1 1980 (1988)	RC-12D, EH-60, MH-60, MH-47, (KoV) AV-8B (RM), MH-53J, MH-60G (SSO)	0,075	19,8 (unutar trupa ili u podvesnom kontejneru)	(1)	RS PVO sa radarom sa kontinualnim zračenjem	Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta rada, rad u autom. režimu, stvaranje imitir. smetnji (odgovaračkih kontinualnih), reprog. - varijanta ALQ-162(V)1	više od 600	U jedn. bloku (predajnik, pri- jemnik-processor i dve antene), kompatibilnost sa ALQ-126B
ALQ-162(V) Sejdouboks-2 (-)		0,12	- (unutar trupa ili u podvesnom kontejneru)		RS PVO SA-6 i LA sa kontinual. i impulsnim zračenjem	Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta rada, rad u autom. režimu, stvar. imitir. smetnji (odgovaračkih i koher. impulsnih), jednovr. ometanje više ciljeva, reprogramiranje		
Stanice za radarsko izviđanje i prijemnici za upozoravanje								
ALQ-128 1974 (1978)	F-15A, B, C, D i E (RV)	0,9	- (unutar trupa)	(-)		Podataka nema. Zvanično je predstavljena kao prijemnik za upozoravanje. Možda ima i drugu namenu. Proizvedeno je više od 1012 komada. Ulazi u sistem TEWS.		
ALQ-142(V) kraj 70-tih (1983)	SH-60B Mk3 (RM)	0,245	65 (unutar trupa)	2-25 (-)	PAA, RS PVO, PBR, RRO	Radarsko izviđanje, otkrivanje iza horizonta, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, automatski rad, elektronsko upravljanje snopom zračenja, reprogramiranje	oko 300	Stanica ima 4 bloka, računar AYK-14, 4 ant. rešetke
ALQ-142(I) 1988 (-)	SH-60B i R (RM)					Radarsko izviđanje, otkrivanje iza horizonta, raspoz. i odred. pozicije i prioriteta radara, autom. rad, elektr. upravljanje snopom zračenja, reprog.		ALQ-142(V) obežuje in- terferometr. pe- lengaciju
ALR-56C 1981 (1983)	F-15C, D i E (RV)	0,68	73 (unutar trupa)	2-20 (2)	PAA, RS PVO, LA, RRO (sa kontin. i imp. dopler. radarima)	Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, automatsko upravljanje ometanjem, reprogramiranje	više od 1300	Ima 8 blok. To je usavršena verz. ALR-56A. Deo je TEWS
ALR-56M 1986 (1992)	F-16C i D blok 40 i 50 (RV)	0,62	51 (unutar trupa)			Otkriv., raspoz. i odred. prioriteta rada, rad u autom. režimu, reprogramiranje, brza pelengacija	više od 300	Stanica ima 8 blokova

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALR-73 1980 (1984)	E-2C (RM)	1,8	- (unutar trupa)	0,5-18 (4)	PAA, RS PVO, LA, RRO, PBR	Radarsko izvidanje, otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje, pelengacija sa greškom 2°	oko 200	Ima 4 superhet. prij.-procesora i SKF prijem., 52 antene i rač. AYK-14
ALR-62(V)I 1986 (1989)	F/FB-111 (RV)	0,6		0,5-18 (-)	PAA, RS PVO, LA, RRO	Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprog., pelengacija u opsegu C i D	oko 200	Radi sa ALQ-137 i stanicom za otkriv. nap. raket AAR-44
ALR-62(V)6 - (1989)				prošireni frekventni opseg		Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramir., pelengacija u prednjoj polusteri	-	Prij: superhet. sa BPF, sa dir. pojač. Mreža proc. signala
ALR-66A(V)1 1974 (1978)	A-7, SH-2, SH-3 (RM) F-16 (RV)	0,075	27 (unutar trupa)	2-20 (-)	PAA, RS PVO, LA, PBR sa radar, svih vrsta zrač.	Otkrivanje, raspoznavanje više od 1000 režima rada i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje	više od 1100	-
ALR-66A(V)3 - (1986)	P-3C (RM)	-	- (unutar trupa)	0,5-20 (2)	PAA, RS PVO, LA, RRO, PBR sa radar. svih vrsta zrač.	Radarsko izvidanje, otkrivanje, raspoznavanje više od 1500 režima rada i određivanje prioriteta radara,		Ima 8 antena, 6 dvokanalnih prijemn., blok
ALR-66A(V)4 - (-)	E-6A (RM)					rad u automatskom režimu, reprog., pelengacija sa greškama do 10°, izahori-zontno otkrivanje PBR		za merenje učestanosti računat, displej, blok upravlj.
ALR-66B(V)3 - (-)	P-3, SH-2G (RM)							
ALR-66(V)5 - (-)	P-3C četvrte modernizacije (RM)					Radarsko izvidanje, otkriv., raspozn. više od 1800 režima rada i odred. prior. radara, autom. rad, reprog., pelengacija, izahori-zontno otkrivanje PBR		Dva podsig: radar. izvid. i davanja podataka o ciljevima
ALR-66(V)7 - (-)	C-130 (RV)					Otkriv., raspozn. i odred. prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje		Ima prijemnike: superhet., SKF, i sa dir. poj.
ALR-66(VE) - (-)	lovci, helikopteri		27 (unutar trupa)	0,3-2 i 2-20 (-)		Otkrivanje, raspoznavanje do 1000 režima rada i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje		Zamena za APR-36, -37, -39, ALR-45 i 46

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALR-79 (-)	SH-2F (RM)			2-20 (-)		Otkriv., raspozn. i odred. prioriteta radara, rad u autom. režimu, autom. upravljanje, smetnjama, reprogramir., podešavanje predajnika smetnji		To je savršena verzija ALR-66A(V)1
ALR-80 1985 (-)	lovci			0,3-2 i 2-20 (-)		Otkriv., raspozn. do 1800 režima rada i odred. prioriteta radara, rad u autom. režimu, reprogramiranje		To je savršena verzija ARL-66(V)E
ARL-67(V)2 1975 (-)	A-6E, AV-8, F-14A i D (RM)	0,35	45 (unutar trupa)	0,5-20 (-)	PAA, RS PVO, LA sa kontin., imp. i imp. - dopler. radarima	Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje	više od 1400	Brzopodeš. uskop. superh. priji., 4 SKF priji. za peleng., blok obrade sa 2 proc. ATAC
ALR-67(V)3/4 ASR 1989 (1996)	F/A-18C i D, F-14, AV-8B (RM)	1				Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, automatsko upravljanje smetnjama, reprogramiranje	više od 30	4 integr. anten. detekt., 4 SKF priji., 22-kan. brzopod. priji., i 32-bitni rač.
ALR-69 (savr. verz. ALR-46)	A-10, F-16, AC-130, EC-130, HC-130, MC-130, HH-753, (RV) A-7 (RM)	0,18	38,2 (unutar trupa)	2-20 (-)	PAA, RS PVO	Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje	više od 3500	10 blok., 5 priji. sa dir. pojač., uređaj za otkriv. lansir. rak. z-v, proc. signala CM-479
ALR-76 1981 (1986)	EP-3E, S-3B, ES-3A i 3B (RM)	1,2	60,9 (unutar trupa)		PAA, RS PVO, RRO, radari, podmornice	Radar. izvid., otkriv., raspozn. i odred. prioriteta radara, odred. pozicije radara (?), rad u autom. režimu, reprogramiranje	više od 100	Ima 2 prijem. sa više opsega, 8 antena, računar
APR-39A(V)1 1968 (-)	OV-1, OV-10, AH-1F i S, MH-47E, -60K, OH-58 (KoV) AH-1W (PP)	0,019	7 (unutar trupa)	0,5-2 6-100 (-)	PAA, RS PVO	Otkrivanje, raspoznavanje i određivanje prioriteta radara, rad u automatskom režimu, reprogramiranje	više od 3000	Ima 2 dvokan. poluprovod. vi-deopr., 1 antenu oblika noža i 4 spiral. antene. Komplet sa AVR-2A
APR-39A(V)2 (1980)	V-22, KC-130R i F (PP) RC-12K, EH-60A, AH-64A (KoV)	0,027	13,6 (unutar trupa)	0,5-2 2-40 (-)				
APR-39(V)3 (-)	helikopteri (KoV)	0,039	8 (unutar trupa)	0,5-2 2-20 (2)				

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Radarski uređaji za upozoravanje o raketnom napadu								
ALQ-153(V) 1975 (1980)	B-52G i H (RV)	0,2	84 (unutar trupa)	3-cm opseg (?)	Protivavion- ske vodene rakete svih vrsta	Otkrivanje napada iz zadnje polusfere sa verovatnoćom 0,99. Upravljanje uređa- jima za pasivne smetnje	oko 500	Doplerov radar sa strobir. dalji- ne i antenom bez skanir. Obuhv. priļ., pred., proc. (analog. i dig.) i 2 antene
ALQ-156A 1988 (1993)	A-6E (RM)	0,1	32,7 (unutar trupa)	(-)		Otkriv., raspozn. i odred. prioriteta ra- dara (kružno sa verovatnoćom 0,99), rad u automatskom režimu, reprogramira- nje, prepoznavanje vodenih raketa po ballističkim podacima, upravljanje uređa- jima za pasivne smetnje	oko 900	Ima int. kola, 2,5 puta veći domet od ALQ-156(V)
ALQ-156(V)2 1979 (1988)	OV/RV-1, RC- 12, CH-47, EH-1, EH-60 (KoV)	0,75	22,5 (unutar trupa)					Dig. imp.- dopl. radar., 4 antene, primopredaj. i memorija
Optoelektronski uređaji za upozoravanje o raketnom napadu								
AAR-47 1983 (1988)	C-130, C-141, C-5(RV) OV-10, AH-1W, UH- 1N, RH-53D, CH-53A, D i E (PP) MH-60K, MH- 47E (KoV), SH-2F i G (RM)	0,11	15 (u podvesnom kontejneru)	Opseg ultraļub, zračenja gasova vodene rakete	Protivavion- ske vodene rakete svih vrsta	Kružno otkrivanje rakete po mesnom uglu u sektoru od -30° do +30°, uprav- ljanje uređajima za pasivne smetnje	više od 1600	Ima 4-6 davača (otvor 10, 16 cm) na fotopojac., procesor i poka- zivač
AAR-44 (-)	C-130 (RV)	-	- (u podvesnom kontejneru)	Opseg zračenja ga- sova vodene rakete		Sektor otkrivanja od -120° do +120°.		Kontejner du- žine 32,5 cm. Ima 2 širokoug. davača
AVR-2 1979 (1988)	AH-1F i S, AH-64A, MH- 60K, OH-58D (KoV) HH-1N (RM) AH-1W, UH-1N (PP)	0,125	9 (unutar trupa)	0,45-11 µm	Laserski vodene rakete	Kružno otkrivanje laserskog ozračenja L.A na osnovu prvog impulsa sa verovat- noćom 0,95	više od 900	Ima 4 davača sa otvorom po 90° i filtr. laž. sign. na bazi balans. in- terfer. Fabri-Pe- ro, i proc.-kom- par. Komplet sa APR-39A(V)
AVR-2A 1991 (1993)	V-22 (PP)	0,135				Isto, povećan domet, reprogramiranje		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Uredaji za IC ometanje								
ALQ-144(V)1/3 1979 (1981)	AH-1S, AH-64A, EH-1H, UH-1H, EH-60A, UH-60A, (KoV) HH-	0,03	15 (spolja)	IC opseg zračenja motora lovačkih aviona	Pasivni RS PVO i RS PVO sa toplotnim navod. SA-7, SA-9 itd.	Kružno IC zračenje, modulirani imitir. signali. Na velikim helikopterima postavljaju se nekoliko predajnika	više od 4000	-
ALQ-144A 1986 (1990)	3A (RM) OV-10 AH-1J, T1 W (PP)				Vodne rakete sa savrem. IC navođenj.			
ALQ-147 (-)	OV-1D (KoV)	-	14 (-)		Vodne rakete svih vrsta sa optoelekt. navođenjem	Kružno IC zračenje snage 200 W	-	-
ALQ-157(V)1 1975 (1984)	CH-46E, SH-3 (RM)	0,15	100 (-)			Kružno IC zračenje snage 4 kW sa 5 vrsta imitir. signala i promenljivom frekvencijom, reprogramiranje	oko 450	Ima 2 predaj. sa cezijevim cevima (već rada 300 h) i blok napajanja. Upravlja se mikroproc. Ima 2 nivoa zrač.
ALQ-157(V)2 (-)	P-3, E-2C, CH-53, CH-47 (RM) C-130 (RV)	-	-	-				
Uredaji za izbacivanje dipolnih reflektora i IC mamaca								
ALE-39 (-)	A-6, AV-8, F-14, F/A-18, AH-1, SH-2F, CH-53, HH-60, SH-60 (RM)	0,025	-	2-20 (prekriva paketa dipolnih reflektora tipa: RR-170/AL, 180/AL i 129/AL, kao i ometaćima i ometaćima jednokr. upotrebe GEN-X i POET)	Protivavion-ske rakete sa radarskim i termoviz. GSN	Prikrivanje kombinovanim rafalom paketa dipolnih reflektora (DR) i IC mamaca (ICM). Kapacitet 60-300 DR i ICM. Aktiviranje izbacivanja se obavlja automatski i ručno	više od 3000	Programirano izbac. Ima 2-10 kapsula. Savrem. varij. je ALE-39B
ALE-40(V) 1, 2, 3 1974 (1979)	FB-111, C-141 (RV)	0,035	58 (-)			DR-120; IC M-30	oko 7000	Ima uređaj za programiranje; blok upravljanja; 14 kapsule sa po 30 DR i 15 ICM
ALE-40(V) 4, 5, 6 1974 (1979)	F-16, C-130, AC-130 (RV)		28 (-)			DR-60; ICM-30		
ALE-40(V)10 1974 (1979)	A-10 (RV)		177 (-)			DR-480; ICM-240		

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ALE-40(V)11 1974 (1979)	A-7D (RM)	-	- (-)			DR-120; ICM-120		
M-130 1974 (1979)	avioni i helikopteri (KoV)		28 (-)			DR-30; ICM-30		
ALE-45 1981 (1986)	F-15A, B, C, D i E (RV)	0,06	- (unutar trupa)			Aktiviranje izbacivanja se obavlja ručno ili sa ALR-56C (bira se DR za potreban opseg)	oko 1000	Ured. za progr. 4 prekidača i 8 kaps. Upravlji. se mikrop. U sa- stavu TEWS
ALE-47 - (-)	C-17, C-130, C-141, F-16, F-22 (RV) F-14, F/A-18, P-3, V-22, SH-60 (RM)	0,075 (u serij. proiz. 0,03-0,02)	21 (unutar trupa)			Adaptivnost na vrstu cilja. Lansiranje u nizu jedan, dva, tri i četiri sa periodom do 5 ms. Reprogramiranje	oko 600	Autom. upravlj. izbaciv. Svaka kapsula ima 5 vrsta DR i ICM

Napomena:

* - sredstva za protiv elektronsku borbu (PEB) za koja je u toku skidanje iz naoružanja,
? - radi se o pretpostavci, jer podatak nije potvrđen.

Značenje skraćenica: RRO - radar za rano otkrivanje; SULA - sredstva upravljanja lovačkom avijacijom; VURKN - vazduhoplovni uređaji za radarsku kontrolu i navođenje; SA - NATO oznaka za raketne sisteme PVO ruske proizvodnje; DR - dipolni reflektori; ICM - infracrveni (IC) mameci; GSN - glava za samonavođenje; SKF - skokovito merenje frekvencije; BPF - brzo podeseivi YIG filtri; KoV - kopnena vojska; SSO - snage za specijalne operacije; PP - pomorska pešadija; P - podmornica; TEWS (Tactical Electronic Warfare System) - taktički sistem za PEB; PAA - protivavionska artiljerija; LA - lovačko-presretačka avijacija; PBR - protivbrodska raketa.

Zaključak

Zahvaljujući prvenstveno intenzivnom razvoju elektronike i informacione tehnologije razvoj protivelektronske borbe je sve brži, a uloga joj je sve značajnija, posebno u operacijama vazduhoplovnih i pomorskih snaga. Smatra se da je PEB dostigao nivo kada može biti odlučujući faktor ne samo pobede u pojedinačnoj borbi već i u regionalnim oružanim sukobima. Takođe, procenjuje se da će sredstva za protivelektronsku borbu biti oružje 21. veka, i da će biti nerazdvojni element svih budućih vojnih sukoba. U tome će i dalje prednjačiti vazduhoplovna sredstva za protivelektronsku borbu, imajući u vidu ulogu koju najrazvijenije zemlje, a pre svega SAD, daju vazduhoplovnim snagama u oružanim sukobima.

U agresiji NATO na SR Jugoslaviju težišno su upotrebljene vazduhoplovne snage, a u okviru njih su, bez sumnje, upotrebljena najsavremenija sredstva za protivelektronsku borbu. Njima su se pripadnici Vojske Jugoslavije suprotstavili, po opštoj oceni, sa uspehom iznad očekivanja, mada sa sredstvima naoružanja daleko skromnijih mogućnosti, ali sa izuzetnim entuzijazmom i inventivnošću. U tom uspehu, svakako, veliki značaj ima dobro poznavanje karakteristika i mogućnosti sredstava koje je upotrebio

agresor. Zbog toga podaci o vazduhoplovnim sredstvima za protivelektronsku borbu, prikazani u tabeli, mogu da budu veoma korisni u pripremi za odbranu.

Do sada su sredstva za PEB smatrana oružjem koje se može ustupiti samo najbližim saveznicima. Sve dostupne informacije o tim sistemima u poslednje vreme ukazuju na promenu vojnih odnosa u svetu, i povećanje međusobnog poverenja. Međutim, poslednji događaji ukazuju na to da je pre u pitanju propaganda u bespoštednoj borbi za osvajanje tržišta naoružanja ili se objavljuju podaci o sredstvima koja već imaju svoju savremeniju zamenu, tako da i to treba imati u vidu prilikom korišćenja prezentiranih podataka.

Literatura:

- [1] Evolucija avioničnih sredstava REB i ih primeneni u vooružanih konfliktima, Zarubežnoe voennoe obozrenie, 3/1998.
- [2] Operativno-taktičeskie i tehničeskie karakteristiki avioničnih sredstava REB vooružanih sil SŠA, spravočnie dannie, Zarubežnoe voennoe obozrenie, 4/1998.
- [3] Krasin, V.: Electronic Warfare: 21st Century Weapons, Military parade, juli-avgust 1997.
- [4] Kot, V.: Polje borbi – informacionno prostranstvo, Voennij parad, nov.-dec. 1997.
- [5] Pheasant, V.: Advances in Passive Expandable Countermeasures, Journal of Electronic Defense, maj, 1998.
- [6] Zachary, L.: US Labs Find the Fine Grain for Fighter ESM, Journal of Electronic Defense, septembar 1997. Vol. 20. No. 9.
- [7] Herskovitz, D.: A Sampling of EW Expendables, Journal of Electronic Defense, septembar 1997. Vol. 20, No. 9.
- [8] Deciphering US Electronic Equipment Designators, ICH, 1982.
- [9] Jane's Avionics 1989-90, Edited by David Brankman, Jane's Information Group, 1989.

PONAŠANJE MATERIJALA PRI VELIKIM BRZINAMA DEFORMACIJE

– prikaz monografije –

U izdanju Centra za multidisciplinarnu studiju Univerziteta u Beogradu, Instituta tehničkih nauka SANU i Međunarodnog instituta za nauku o sinterovanju iz Beograda, u ediciji „Monografije nauke o materijalima“ izašla je iz štampe monografija „PONAŠANJE MATERIJALA PRI VELIKIM BRZINAMA DEFORMACIJE“, autora potpukovnika dr Vlade N. Radića, dipl. inž. iz Vojnotehničkog instituta VJ.

Monografija sadrži sledeća poglavlja: 1. Uvod; 2. Brzina deformacije; 3. Teorija udarnih talasa; 4. Promene u materijalima pri dejstvu udarnih talasa; 5. Ponašanje materijala pri velikim brzinama deformacije; 6. Zaključak i literatura.

U ovom naučnom radu, čiji su recenzenti akademik Momčilo M. Ristić i prof. dr Vitomir Đorđević, na sistematičan način prikazano je ponašanje materijala u dinamičkim uslovima, koji se umnogome razlikuju od statičkih. Pored toga što je primena velikih brzina deformacije ograničena na specifične uslove i pojave, obimna istraživanja u ovoj oblasti započeta su neposredno posle Drugog svetskog rata, prvenstveno u bivšem SSSR-u i SAD. Rešavani su problemi određivanja jednačina stanja i udarnih adijabata metala, ispitivana je kompresibilnost na pritiscima reda 100 GPa i višim, utvrđivana je zavisnost svojstava materijala od dina-

mičkih pritisaka, kao i mogućnost primene određenih tehnologija radi poboljšanja postojećih i predviđanja svojstava novih materijala.

Razlozi za proučavanje reakcije materijala na udarne talase i velike brzine deformacije su višestruki, a na osnovu vrlo obimnih istraživanja, kao i interesovanja naučnika i istraživača, mogu se izdvojiti tri osnovna:

– proizvodnja uz pomoć energije velikih gustina, uključujući osnovne tehnologije (zavarivanje, oblikovanje i ojačavanje eksplozijom, obrada laserom, elektromagnetna obrada), te nova „granična“ područja dinamičke konsolidacije (sabijanje, zgušnjavanje), promena svojstava i sinteza novih materijala udarom;

– aplikacije koje se mogu primeniti u vojnoj oblasti (sudari, fragmentacija, eksplozivne interakcije metala, efekti nastali primenom energije snopa čestica);

– fundamentalna istraživanja ponašanja materijala.

U oblasti proizvodnje uz pomoć energije velikih gustina, postoje mnogobrojna područja sa širokim tehnološkim potencijalima, kao što su:

– dinamička konsolidacija materijala koji ne mogu da se sabiju na drugi način ili koji, pri tome, gube neka od osnovnih svojstava. To podrazumeva metalna stakla, brzo očvrstnute legure, keramike i prahove dijamanta i bor-nitrida;

– udarno sabijanje keramika za kasnije sinterovanje. U tom procesu keramičke komponente se sabijaju uz pomoć udarnih talasa, mašinski obrađuju i kasnije sinteruju, kako bi se postigla maksimalna čvrstoća;

– sinteza materijala udarom – industrijska proizvodnja dijamanta i dijamantu sličnog bor-nitrida je realnost, uz konstataciju da je moguće sintetizovati i druge materijale;

– promena svojstava udarom – podrazumeva udarnu aktivaciju praha za kasnije sinterovanje i povećanje katalitičke aktivnosti.

U području vojnih aplikacija to su:

– razvoj pancirnih projektila;

– razvoj novih materijala za oklope – keramički, kompozitni i reaktivni materijali;

– reakcija materijala na udare supervelikim brzinama (reda 10 do 20 km/s), uz generisanje pritisaka reda 100 GPa;

– reakcija materijala na energiju snopa (mlaza) čestica.

Pravilno razumevanje i kvantitativno opisivanje odgovarajućih termofizičkih i mehaničkih pojava ima veliki praktični značaj. Generisanje snažnih impulsa električne energije, tehnologija zavarivanja, oblikovanja i ojačavanja eksplozijom, dobijanje dijamanta i dijamantu sličnog bor-nitrida, modifikacija površine snopovima elektrona i jona zahtevaju odgovoran izbor optimalnih uslova i procenu sigurnosnih režima impulsnih dejstava.

Sudari velikim brzinama, eksplozije, snažno lasersko zračenje, snopovi elektrona i jona velike energije, u čvrstim telima stvaraju ekstremno visoke koncentracije energije, koja znatno prevazilazi energiju veza čvrstih tela. Nastaje složeno prostorno nehomogeno tečenje materijala, čiji se termodinamički parametri me-

njaju u vrlo širokim granicama prouzrokujući različite fizičke pojave koje su teorijski veoma složene za opisivanje – preuređenje strukture, visokotemperaturno topljenje, fazne transformacije, visokobrzinsko deformisanje, destrukciju materijala, itd.

Uporedo sa praktičnim interesom, danas je pojačan i naučni interes prema termofiziци intenzivnih impulsnih dejstava, pošto upravo takav pristup omogućava laboratorijska istraživanja stanja sa ekstremno visokim pritiscima, temperaturama i brzinama deformacije. Kao rezultat naglo naraslog obima teorijskih i eksperimentalnih istraživanja prikupljeno je mnoštvo novih informacija o termofizičkim, kinematičkim i svojstvima čvrstoće materijala pri visokim pritiscima i temperaturama, kao i o nestacionarnim termofizičkim i mehaničkim procesima koji se ostvaruju u čvrstim telima usled impulsnog oslobađanja energije.

Ponašanje metala pri udarnom opterećenju proučava se više od 150 godina. Međutim, praktična primena udarnih talasa započeta je pre samo nekoliko decenija.

Pod dejstvom spoljnih dinamičkih opterećenja, u čvrstom telu se javljaju deformacije koje se mogu odrediti iz jednačina stanja i jednačina ravnoteže. Jednačine stanja daju konkretan model za klasu materijala sa idealnim ponašanjem. Pri opisivanju odnosa između naprežanja i deformacija i njihovih izvoda po vremenu, primećeno je da su i naprežanja i deformacije funkcije koordinata tačaka (tenzora), tako da jednačine stanja povezuju naprežanja i deformacije. U opštem slučaju, jednačine stanja potrebne za potpun i tačan opis ponašanja materijala mogu da budu izuzetno složene, tako da se ne mogu matematički formulisati.

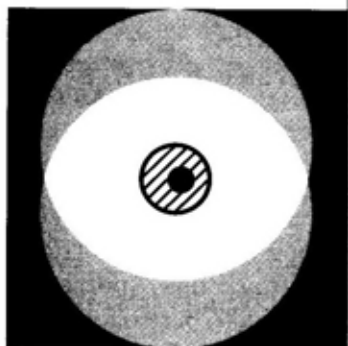
Zbog toga se pri rešavanju inženjerskih zadataka koriste uprošćeni modeli sa matematičkom idealizacijom i ograničenim vrstama funkcija koje opisuju ponašanje materijala. Zadatak sa kojim se suočavaju istraživači sastoji se u tome kako dobiti jednačinu stanja koja na najjednostavniji način opisuje određeni materijal ili klasu materijala. Zbog velikog broja komponenta naprezanja, deformacija i njihovih izvoda po vremenu, koje mogu otežati istraživanje, eksperimenti, modeliranja i simulacije izvode se, u osnovi, za jednoosno naponsko-deformaciono stanje. U dinamičkim ispitivanjima ponašanja materijala, inercioni i talasni efekti usložavaju naponsko-deformaciono stanje, tako da ih je potrebno uzeti u razmatranje u mnogim slučajevima.

Autor je, prema recenzijama uglednih naučnika, na ograničenom prostoru (oko 100 stranica) uspeo da sistematično

obrazloži fenomen ponašanja materijala u dinamičkim uslovima, posebno ističući vojne aplikacije (sudari velikim brzinama, prodor – probijanje oklopa, zavarivanje i oblikovanje eksplozijom).

Znajući da autor višegodišnjim angažovanjem u ovoj oblasti doprinosi ne samo upoznavanju sa novim rezultatima, ispitivanjima i postupcima, nego i afirmaciji istraživanja u VJ, monografija štampana u navedenoj ediciji predstavlja još vrednije delo. Monografija poseduje i vrlo opširnu literaturu, što specijalistima iz oblasti nauke o materijalima predstavlja putokaz za detaljnija i konkretnija istraživanja. Ovo delo dr Vlade Radića, autora koji je objavio preko 100 naučnih i stručnih radova, preporučuje se širokom krugu korisnika – od studenata i inženjera početnika, do specijalista u oblasti ispitivanja i ponašanja materijala.

S. J.



prikazi iz inostranih časopisa

NOVA MUNICIJA 30 mm

Odeljak švajcarske kompanije Oerlikon Contraves Defence – Pyrotec, koji je u procesu preuzimanja od nemačke kompanije Rheinmetall De Tec, razvio je novu familiju municije 30 mm \times 173 mm, kako bi zadovoljio zahteve za 21. vek. Posao je započet kako bi se ispunili zahtevi mnogih zemalja čija borbena vozila pešadije imaju ugrađene topove 30 mm.

Razvijeni su protivoklopni projektil stabilisan krilcima sa traserom APFSDS-T (Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot – Tracer) – fabrička oznaka PMC 287, i protivoklopni projektil sa tankom košuljicom sa traserom FAPDS-T (Frangible Armour Piercing Discarding Sabot – Tracer) – fabrička oznaka PMC 283. Oba projektila koriste čelične čaure, NC barut i imaju identične balističke karakteristike. Projektili APFSDS-T koriste se za gađanje oklopnih ciljeva, dok se projektili FAPDS-T koriste za gađanje lakih oklopnih ciljeva, kamiona i ciljeva u vazдушnom prostoru. U kompletu ovih projektila nalazi se i vežbovna municija TPDS-T (fabrička oznaka PMC 307).

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 8. decembar 1999.

Projektil APFSDS-T je optimiziran tako da može probiti kako monoblok tako i razmaknuti oklop. Penetrator ima odnos dužina : prečnik (L/D) 13,5 : 1 i još uvek je u razvojnoj fazi. Izrađen je od volframa a traser je efikasan na do metu do 2000 m.

Tokom ispitivanja projektil 30 mm APFSDS-T probio je čeličnu ploču debljine 55 mm na rastojanju od 1000 m.

Projektil FAPDS-T je još uvek u fazi razvoja. Penetrator od legure volframa, udarajući u cilj raskida površinski sloj i prodire kroz preostalu strukturu. To oslobađa fragmente sa visokom energijom, koji će prouzrokovati oštećenja duboko u cilju. Projektil je probio homogeni valjani čelik debljine 25 mm na rastojanju od 2000 m.

Projektil FAPDS-T je vrlo efikasan protiv ciljeva na zemlji i u vazдушnom prostoru. Tokom ispitivanja projektil je probio dva čelikom ojačana betonska bloka debljine 20 cm. Tipična oružja koja koriste ovaj projektil su top 30 mm BUSHMASTER II kompanije Boeing i njegov mornarički ekvivalent – Mk44, te topovi MAUSER Mk30–2.

Kompanija Oerlikon Contraves Pyrotec snabdela je sa 900 projektila APFSDS-T mornaricu SAD radi ispitivanja na topovima Mk44, koji su ugrađeni

Vrsta projektila	APFSDS-T	FAPDS-T
Oznaka	PMC 287	PMC 283
Dužina projektila (mm)	290	290
Masa projektila (g)	235	235
Masa metka (g)	725	725
Masa penetratora (g)	168	175
Barutno punjenje	Wimmis EI (NC)	Wimmis (EI) NC
Početna brzina (m/s)	1385	1385*
Vreme leta (s)		
1000 m (s)	0,76	0,77
2000 m (s)	1,58	1,66

* 1405 m/s sa topom 30 mm BUSHMASTER II

na prototipovima poboljšanih amfibijskih ofanzivnih vozila AAV (Advanced Amphibious Assault Vehicle).

Potencijalni kupci ove municije su, pored Švajcarske, švedska kompanija Hagglunds Vehicle, za borbeno vozilo CV9030 CH. Naručeno je da se izradi 186 ovih vozila, od kojih je većina naoružana topom 30 mm BUSHMASTER II, koji se licencno proizvodi u švajcarskoj kompaniji Oerlikon Contraves.

Takođe, planira se ispunjavanje zahteva britanske armije za novim protivoklopnim projektilom povećane penetracije APEP (Armour-Piercing Enhanced Penetration) za top 30 mm L21 RARDEN, koji se ugrađuje u familiju borbenih vozila WARRIOR, SCIMITAR i SABRE.

Kao što se bavi razvojem projektila APFSDS-T i FAPDS-T, kompanija Oerlikon Contraves Pyrotec planira da adaptira municiju 35 mm povećane efikasnosti pogađanja i uništenja AHEAD (Advanced Hit Efficiency And Destruction) po konceptu municije 30 mm (ABM – Air Burst Munition).

V. Radić



PROIZVODNA FAZA PROTIVTENKOVSKJE RAKETE MR TRIGAT*

Kompanija Aerospatiale Matra Missiles priprema proizvodnju protivtenkovske rakete srednjeg dometa MR Trigat, odmah nakon potpisivanja sporazuma Belgije i Holandije, kako bi se obezbedila planirana isporuka Velikoj Britaniji, koja treba da započne 2003. godine.

Francuska kompanija je prvi isporučilac višenamenske protivtenkovske rakete MR Trigat, koja se razvija zajedno sa Euromissile Dynamics Group, kao i sa Matra BAe Dynamics u Velikoj Britaniji i Dasa LFK u Nemačkoj.

Planiranom isporukom MR Trigat u 2003. godini zameniće se postojeći protivtenkovski sistem MILAN 1. Francuska i Nemačka su potpisale sporazum 1998. godine, dok je Velika Britanija to uradila juna 1999. godine. Belgija je kasnila sa potpisivanjem zbog promene Vlade, a Holandija je odugovlačila sa potpisivanjem, jer se zalagala za sistem Javelin firme Lockheed Martin/Raytheon ili izraelski sistem Gill firme Rafael.

Takođe, Aerospatiale Matra Missiles i LFK predložile su prenosnu verziju Mr Trigat za laku pešadiju i specijalne snage. Ona uključuje poboljšanu konfiguraciju kompleta (razvijenu u jednoj austrijskoj kompaniji), koja omogućava da se standardni sistem MR Trigat nosi duži period. U vezi sa tim u Velikoj Britaniji i Holandiji se smatra da je masa sistema od 55 kg velika, što može stvarati poteškoće pri upotrebi u lakim pešadijskim jedinicama.

Kompanija Aerospatiale Matra nastupa ofanzivno, posebno u Holandiji koja ne prihvata MR Trigat. Naglašava

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/1999.

se da je MR Trigat, sa poluautomatskim sistemom vođenja, snažnim termalnim nišanom za dugovremeno osmatranje bojišta i brzinom gađanja od tri rakete u minuti, pogodnija za konfliktne situacije i rastući dijapazon opasnosti u odnosu na američke ili izraelske verzije. Ističe se, takođe, da je MR Trigat, sa dometom od 200 do 2400 m atraktivniji od američkog programa.

Tokom poslednjih procena ispaljeno je 11 raketa MR Trigat na poligonu Meppen u Nemačkoj. Operativci na sistemu bili su iz Belgije, Holandije i Nemačke, koji su isprobavali sistem u različitim situacijama. Takođe, MR Trigat je isprobavan sa lansera integrisanih na nemačkom borbenom vozilu Fuchs. Do sada je ispaljeno 227 raketa, od kojih je 26 isprobavano u uslovima niskih temperatura na poligonima u Kanadi i 49 u tropskim i pustinjanskim uslovima visokih temperatura, na poligonima u Australiji.

V. Radić



TENK T-90S*

Tenk T-90S razvijen je na osnovu analiza i spoznaja o taktičkoj i strategijskoj upotrebi tenkova u savremenim borbenim uslovima, i na osnovu iskustava stečenih u eksploataciji tenkova T-72 u raznim zemljama, kao i specijalnih ispitivanja u ekstremnim uslovima.

Tenk T-90S sačuvao je osnovni projektni koncept, tj. klasični raspored, prema kojem je osnovno naoružanje smešteno u rotirajućoj kupoli, pogon i transmisija u zadnjem delu oklopnog tela, a članovi posade odvojeno – komandir i

nišandžija u borbenom odeljenju, a vozač u upravnom odeljenju.

Glavno naoružanje tenka čini glatkocevnica top 125 mm povećane preciznosti, sa ugrađenim sistemom za podešavanje topa i cevi koja se lako skida. Top je stabilizovan u dve ravni, a puni se automatskim punjačem u kojem je smešteno 22 projektila spremnih za upotrebu. Punjač omogućava brzinu gađanja od 7 do 8 zrna u minuti, što je značajna karakteristika tenka.

Visok nivo vatrene moći ostvaruje se, takođe, i boljim balističkim karakteristikama topa. Postignuto je i povećanje tačnosti gađanja i veći domet topa, uključujući i gađanje raketama, primena snažnije municije, poboljšanje karakteristika sistema za upravljanje vatrom i smanjenje vremena pripreme za otvaranje vatre.

Mogućnosti topa znatno se povećavaju primenom sistema vođenog naoružanja kojim se mogu uništavati oklopni ciljevi na zemlji i niskoleteli ciljevi u vazдушnom prostoru. Sistem vođenog naoružanja koristi laserom vođene projektele kompletirane u automatskom punjaču, a lansiraju se iz topovske cevi. Municijski komplet obuhvata pancirne, kumulativne i trenutno-fugasne, odvojeno punjene granate i vođene raketne projektele.

Pomoćno tenkovsko naoružanje obuhvata spregnuti mitraljez 7,62 mm i PA mitraljez 12,7 mm.

Tenk pogoni turbo-dizel motor čije su glavne prednosti, u odnosu na gasno-turbinske motore (posebno u žarkim klimatskim i peščanim područjima), sledeće:

- neznatan pad snage pri visokim temperaturama;
- vrlo efikasno prečišćavanje vazduha;

* Prema podacima iz Russian Weapons Catalog, januar 2000 (Internet, WWW.weapons-catalog.com).



Tenk T-90S

– manja potrošnja goriva (1,8 do 2 puta).

Ekonomičan motor omogućava maksimalne brzine kretanja preko 60 km/h i realizaciju marševa dugih do 550 km, bez dopune gorivom.

Praktično svaki deo ili sistem tenka T-90S poseduje nov kvalitet.

Najveće poboljšanje ostvareno je kod automatizovanog sistema za upravljanje vatrom, koji omogućava komandiru i nišandžiji da otvaraju efikasnu vatru iz topa velikog dometa, koristeći granate ili vođene raketne projekte, iz pokreta i sa mesta, po pokretnim i stacionarnim ciljevima, danju i noću.

Automatizovani sistem za upravljanje vatrom obezbeđuje:

- povećani efikasni vatreni domet;
- komandiru – stabilizovano osmatranje bojnog polja, povećano vidno polje i veći vatreni domet noću;
- nišandžiji – povećanje sposobnosti

noćnog osmatranja, uključujući i upotrebu IC nišana.

Automatizovani sistem za upravljanje vatrom objedinjava rad:

– sistema za lasersko vođenje raketa do pokretnih ili stacionarnih ciljeva, na udaljenosti od 100 do 5000 m, čime se obezbeđuje uništavanje savremenih tenkova pre nego što dođu na domet efikasnije upotrebe svog naoružanja;

– optroničkih sistema za zaštitu od poluautomatskih vođenih protivtenkovskih raketa;

– automatskog kružnog sistema za osmatranje i otkrivanje, koji se koristi za zaštitu tenka od protivtenkovskih projektila opremljenih laserskim glavama za navođenje. Sistem automatski blokira laserske tragače i pokazivače cilja na sistemu za upravljanje protivtenkovskim naoružanjem;

– daljinskog upravljanja i gađanja PA mitraljezom 12,7 mm, što omogućava komandiru otvaranje vatre i uspešno ga-

danje, pod zaštitom oklopa, ciljeva u vazдушnom prostoru i na zemlji.

Reaktivna oklopna zaštita efikasna je protiv pancirnih i kumulativnih projektila. Kombinacija reaktivnog i višeslojnog oklopa povećava borbene mogućnosti tenka i sposobnost opstanka u ekstremno teškim borbenim uslovima. Turbo-dizel motor, snage 736 kW (1000 KS), obezbeđuje dobru borbenu pokretljivost i manevarske karakteristike.

Sistem za kondicioniranje vazduha omogućava odgovarajući komfor za posadu. Povećanju efikasnosti, pouzdanosti, operativne i manevarske sposobnosti doprinelo je i korišćenje projektnih inovacija i primena savremenih tehnologija. Ukupne borbene i tehničke karakteristike efikasnosti, u odnosu na tenk T-72, bolje su za 1,5 puta. Ugradnja nove

opreme, poboljšanje borbenih mogućnosti, operativnih karakteristika i karakteristika održavanja, nisu uticale na gabarite tenka, koji je ostao približno isti kao kod tenka T-72. Tenk T-90S je lakši za 8,1–8,7 t od tenka LECLERK i LEOPARD-2, 10,7 t od M1A1 ABRAMS, i 16 t od tenka CHALLENGER.

Tenk T-90S obezbeđuje:

- automatsku zaštitu posade od dejstava oružja za masovno uništenje;
- protivminsku zaštitu;
- brzodejstvujući automatski vatreni sistem;
- komunikacijske uređaje nove generacije;
- tehnička rešenja koja smanjuju verovatnoću otkrivanja i uništenja tenka;
- optimalno prilagođavanje teškim borbenim uslovima;

Osnovni podaci tenka T-90S

Masa (t)	46,5
Maksimalna brzina (km/h)	60
Dimenzije (m)	9,53/6,86 × 3,46 × 2,226
Motor	– dizel B84MC, dvoredni, višegorivni, 736 kW (1000 KS)
Posada (članova)	3
Odnos snaga–masa (KS/t)	18,68
Specifični pritisak na tlo (kg/cm ²) (kPa)	0,87 (85,3)
Kapacitet rezervoara (litara)	1600
Akcionni radijus (km)	650/500
Borbena komplet za (kom.):	– top – 43/28, – mitraljez 7,62 – 2000 – mitraljez 12,7 – 300
Sistem za upravljanje vatrom:	
– komandira	– dnevno-noćni, pasivni sa stabilizacijom vidnog polja u vertikalnoj ravni;
– nišandžije	– dnevni stabilizovani nišan u dve ravni, laserski daljinomer, mogućnost vođenja raketa, noćni pasivni nišan sa stabilizovanim vidnim poljem u vertikalnoj ravni;
– balistički računar	– uzima u obzir sve topometeobalističke uslove bitne za tačnost gađanja;
– termovizija	– ugrađena
Zaštita:	
– oklopna	– od projektila APFSDS, HEAT
– dinamička	– postoji

- visoku pouzdanost svih delova, sklopova i sistema;

- izvanrednu pokretljivost i manevarske sposobnosti bez obzira na putne uslove;

- niske troškove za obuku kadra.

Tenkom T-90S se uz manje pripreme savlađuju vodene prepreke dubine do 5 m, a bez priprema:

- vodene prepreke dubine 1,2 m;

- tranšeje i rovovi širine do 2,8 m;

- vertikalne prepreke visine do 0,8 m;

- usponi do 30 stepeni.

Tenk je opremljen uređajima za samoukopavanje i prilagođen za montažu opreme za razminiranje, a može se prevoziti svim vidovima transporta. Na osnovu tenka T-90S razvijena su i oklopna vozila za tehničku podršku, jednake pouzdanosti, pokretljivosti i standardne zaštite. To su:

- BREM-1 višenamensko oklopno vozilo za remont i evakuaciju;

- IMR-2MA oklopno vozilo za čišćenje mina i prepreka;

- MTU-72 oklopno vozilo za transport i polaganje mosta.

M. Krbavac



ČETVRTA GENERACIJA TENKA MERKAVA*

Četvrta generacija izraelskog osnovnog borbenog tenka MERKAVA nalazi se u završnoj fazi i tokom sledeće decenije postaće operativan. Tenk pokreće novi motor snage 1104 kW (1500 KS), koji je već izdržao preko 10 000 km testova opterećenja.

Prvi tenkovi MERKAVA Mk1 isporučeni su izraelskoj armiji 1979. godine.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 8. decembar 1999.

Sledila je verzija Mk2 u 1983. godini, da bi Mk3 bio uveden u upotrebu 1989. godine. Tokom 1998. godine obelodanjeno je da se uveliko radi na verziji MERKAVA Mk3 Baz (Hawk).

Da bi se obezbedila maksimalna balistička zaštita na tenkovima MERKAVA primenjuje se nekonvencionalna konfiguracija sa motorno-transmisionim odeljenjem u prednjem delu, a kupolom i borbenim prostorom u zadnjem delu oklopnog tela. MERKAVA Mk3 bio je prvi borbeni tenk zaštićen modularnom oklopnom garniturom. Oklopni moduli opremljeni su specijalnim dodacima koji se mogu menjati na bojištu. Nagoveštava se da će tenk MERKAVA Mk4 imati inkorporiranu garnituru koja obezbeđuje visok stepen zaštite od dejstva iz horizontalne i vertikalne zone.

Tenk MERKAVA Mk4 neće biti naoružan novim glatkocevnim topom 140 mm, koji je razvijen u vojnoj industriji Izraela, već glatkocevnim topom 120 mm koji je ranije uveden na verziju Mk3. Međutim, njegov trzajući sistem sada je baziran na komprimovanom vazduhu, što omogućava komori topa da podnese visoke spoljašnje pritiske koje generiše nova municija. Koristiće se poboljšani kinetički projektili sa većim penetracionim mogućnostima. Takođe, povećana je efikasnost pogađanja prvim zrnom.

Sistem za upravljanje vatrom tenka MERKAVA Mk3 Baz, opremljen je sklopom za automatsko praćenje, koji uočava cilj na udaljenosti nekoliko kilometara, sa velikom preciznošću. Automatsko praćenje izuzetno je efikasno protiv ciljeva kao što su helikopteri i protivnički tenkovi koji se kreću većom brzinom.

Sistem ogibljenja sa tenka MERKAVA Mk3 optimiziran je tako da omo-

gućava brzo kretanje preko teško prohodnog terena, i ispunjava zahteve o udobnosti posade pri kretanju brzinama od 60 km/h.

Prilikom projektovanja tenkova MERKAVA dat je veliki prioritet obezbeđenju najboljih mogućih uslova posadi. Na primer, sistem kolektivne NHB zaštite u tenku MERKAVA Mk4 obezbeđuje potpunu zaštitu posade kada je vozilo hermetički zatvoreno. Sistem radi na principu natpritiska u komori unutar borbenog odeljenja, a kao opcija može se primeniti filtriranje vazduha u zaštitnim maskama. Takođe, tenk MERKAVA poseduje savremeni ventilacioni sistem koji obezbeđuje cirkulaciju svežeg vazduha unutar tenka.

Očekuje se da verzija Mk4 obuhvati inovacije koje su primenjene u verziji Mk3 radi povećanja mogućnosti preživljavanja posade – u borbenom odeljenju svi uređaji i sistemi za podršku električno su pokretni i lišeni bilo kakve hidraulične tečnosti ili ostalih zapaljivih elemenata. Opasnost od dejstva eksplozivne municije eliminisana je postavljanjem specijalnih kontejnera otpornih na toplotu, ispod prstena kupole.

Sa povećanom vatrenom moći, pokretljivošću i zaštitom, projektanti tenka MERKAVA nadaju se da će Mk4 ispuniti postavljene zahteve armije Izraela za sledeći vek.

V. Radić

<<<◇>>>

BORBENO VOZILO PEŠADIJE BIONIX*

Oklopno borbeno vozilo pešadije BIONIX, projektovano i izrađeno u Singapuru, uskoro dobija potpuni operativni

* Prema podacima iz časopisa MILITARY TECHNOLOGY, 9/1999.

status u oružanim snagama Singapura. Istovremeno, kompanija Singapore Technologies Automotive je, kao proizvođač, preduzela odgovarajuće izvozne aktivnosti i prikazala vozilo na izložbi IDET '99 u Brnu (Češka Republika), što je bila evropska premijera ovog vozila.

Razvoj ovog vozila višestruko je značajan, jer BIONIX predstavlja prvo savremeno borbeno vozilo pešadije koje je projektovano i proizvedeno u jugoistočnoj Aziji. Posle kineske korporacije NORINCO, Technologies Automotive (ST Auto) postala je druga kompanija u Aziji sposobna da na visokokompetitivnom globalnom tržištu borbenih vozila ponudi svoje proizvode.

Kompanija ST Auto počela je 1971. godine reparaciju oklopnih transportera točkaša V-200 COMMANDO, a sledio je remont lakih tenkova AMX-13, remont kamiona, projektovanje i izrada specijalnih vrsta opreme, kao i modernizacija tenkova AMX-13 i oklopnih transportera M113. Godine 1995. postigla je prvi značajan izvozni uspeh kada je ponudila sopstveni komplet za modernizaciju tenkova AMX-13 (novi dizel motor, automatska transmisija, hidropneumatsko ovešjenje).

Ideja za borbeno vozilo pešadije BIONIX začeta je 1989. godine. Formiran je projektantski tim čiji zadatak je bio da ostvari saradnju u donošenju odluka i optimalnom korišćenju resursa. Drugi važan činilac uspešnog razvoja vozila BIONIX bio je korišćenje savremenih kompjuterski zasnovanih i podržanih procedura, uključujući CAD (Computer Aided Design), CAE (Computer Aided Engineering) i CAM (Computer Aided Manufacturing). Samo osam godina nakon formulisanja programa, 1997. godine prva serija borbenih vozila pešadije predata

	BX 25	BX 40/50
Borbena masa (kg)	23000	21500
Specifičan pritisak na tlo (kg/cm ²)	0,76	0,69
Posada (članova)	3 + 7	2 + 9
Dužina (m)	5,9	5,9
Širina (m)	2,7	2,7
Visina (m)	2,6	2,6
Brzina kretanja (km/h):		
- po putu	70	70
- u terenskim uslovima	25-40	25-40
Savlađivanje uspona (%)	60	60
Savlađivanje nagiba (%)	30	30
Savlađivanje vertikalnih prepreka (m)	0,8	0,8
Savlađivanje rovova (m)	2,0	2,0
Odnos snaga/masa (KS/t)	20	22
Ubrzanje (0-32 km/h) (s)	10	10
Naoružana platforma	kupola za dva člana	kupola 40/50
Naoružanje	top 25 mm, mitraljez 7,62 mm, koaksijalni mitraljez 7,62 mm, lanser granata 76 mm	lanser granata 40 mm, mitraljez 12,7 mm, lanser granata 76 mm
Motor	DDC 6V 92TA	DDC 6V 92TA

je na upotrebu oružanim snagama Singapura.

BIONIX se proizvodi u dve varijante: BIONIX 25 i BIONIX 40/50. Obe verzije imaju istovetno oklopno telo, sistem pogona i transmisiju, dok je najveća razlika u osnovnom naoružanju, kao i u različitoj konfiguraciji dela za smeštaj posade.

BIONIX 25, sa borbenom masom od 23 tone, može da prihvati 7 vojnika, pored posade od tri člana, naoružan je kupolom za dva člana, topom 25 mm BUSHMASTER i sa dva mitraljeza 7,62 mm (jedan koaksijalni sa topom i drugi na postolju uz komandira). Kupola je opremljena termalnim nišanom i stabilisana je u dve ravni električnim servou-

đajem, što obezbeđuje visoku verovatnoću pogađanja prvim zrnom i sposobnost gađanja iz pokreta.

BIONIX 40/50, borbene mase 21,5 tona, može prevoziti 9 vojnika pored posade od dva člana. Opremljen je jedinstvenim kupolnim oružnim sistemom 40/50 kompanije CIS, koji podrazumeva automatski lanser granata 40 mm i teški mitraljez 12,7 mm. Kupola predstavlja poboljšanu verziju kupole sa oklopnog transportera M113, i može se pokretati po azimutu i elevaciji.

Obe verzije BIONIX-a pokreću se dizel motorom DETROIT, snage 350 kW (475 KS) koji je povezan sa potpuno automatskom transmisijom. Taj komercijalni motor, prvobitno proizvođen za te-

ške kamione, ispunio je zahteve oružanih snaga Singapura, i ima dve bitne prednosti – vrlo nisku cenu i raspoloživost servisne mreže širom sveta. Modularno rešenje vozila omogućava da se instaliraju i mnogo snažniji motori u skladu sa postavljenim zahtevima.

Pogonski agregat obezbeđuje maksimalnu brzinu od 70 km/h. U terenskim uslovima brzina kretanja iznosi 25 do 40 km/h, a ubrzaava od 0 do 32 km/h za 10 sekundi, što vozilo BIONIX čini vrlo pokretljivim na bojištu. Ono je, takođe, sposobno da se koristi za savlađivanje vodenih prepreka. Hidrostatičko upravljanje, automatska transmisija i hidropneumatsko ovešanje omogućavaju kretanje preko teškog terena. Veoma važna karakteristika je izuzetno lako upravljanje ovim vozilom.

Oklopna zaštita zasnovana je na modularnoj konstrukciji, koja pruža značajan stepen fleksibilnosti za buduće nadogradnje i izbegavanje opasnosti pogađanja protivničkim protivoklopnim sredstvima.

V. Radić



BMP-3: NEKONVENCIONALNO BORBENO VOZILO PEŠADIJE*

U projektovanju borbenih vozila pešadije postoji zajednički model (uzorak) iz kojeg su izvedeni gotovo svi ostali. Međutim, očigledan izuzetak je ruski BMP-3, koji se razlikuje od svih ostalih borbenih vozila pešadije po opštoj kompoziciji i naoružanju.

Uobičajeno je da borbena vozila pešadije imaju motorni deo u prednjem delu oklopnog tela, kupolu za dva člana u središnjem delu i pozadi prostor za

* Prema podacima iz časopisa International Defence Review, 5/1999.

smeštaj vojnika. Nasuprot ovakvoj koncepciji BMP-3 ima motorni prostor u zadnjem delu, a između njega i kupole je odeljenje za smeštaj pet vojnika. U prednjem delu, bočno od vozača, nalazi se nišandžija mitraljeza.

Neobična konfiguracija BMP-3 može se smatrati originalnom, a u osnovi je ista kao i kod vazdušnodesantnog vozila BMD-1, koje se proizvodi već 20 godina.

Borbena vozila pešadije BMP-3 je prvo rusko vozilo čije je oklopno telo izrađeno od aluminijuma. Na prednjem delu oklop je ojačan razmaknutim čeličnim pločama, kako bi bio otporan na pancirnu municiju kalibra 30 mm na udaljenosti od 300 m. Međutim, bočne strane obezbeđuju zaštitu samo od pancirnih projektila 7,62 mm. Taj relativno nizak nivo balističke zaštite povezan je i sa borbenom masom BMP-3 koja iznosi 18,7 tona. Sa druge strane, relativno mala masa BMP-3 u odnosu na njegovu veličinu daje znatnu prednost u savlađivanju vodenih prepreka – može da plovi brzinom od 10 km/h.

Vozilo pogoni dizel motor UTD-29 snage 368 kW (500 KS). To je jedan iz serije motora sa direktnim ubrizgavanjem hlađenih tečnošću, za razliku od motora UTD-20 čija je snaga 300 KS i koji je korišćen u borbenim vozilima pešadije BMP-1 i BMP-2.

Međutim, u odnosu na motore koji imaju konfiguraciju V-6 pod 120°, UTD-29 ima dve grane sa 5 cilindara pod 144°, koji su oblikovani vrlo plitko, utičući tako na visinu motora, koja iznosi 598 mm. Motor je ugrađen transverzalno u odnosu na oklopno telo i integrisan je sa hidromehaničkom transmisijom sa četiri stepena prenosa i hidrostatičkim sistemom upravljanja, što predstavlja znatan napredak u odnosu na transmisije ranijih

sovjetskih vozila. Istovremeno, sklop motora a i transmisije vrlo je kompaktan i može se primeniti na bilo kom ruskom oklopnom vozilu.

Ogibljenje BMP-3 sledi proverenu praksu, a sastoji se od torzionih osovina sa 6 oslonih točkova na svakoj strani, od kojih su prvi, šesti i sedmi opremljeni teleskopskim amortizerom.

Pri projektovanju BMP-3 velika pažnja se poklanjala naoružanju ugrađenom u dvočlanu kupolu izrađenu od čelika. Ono obuhvata top-lanser raketa 100 mm 2A70, automatski top 30 mm 2A72, kao i spregnuti (koaksijalni) mitraljez 7,62 mm PKT. Sistem naoružanja može se okarakterisati kao „revolucionaran“, ali on se, u principu, ne razlikuje mnogo od kombinacije automatskog topa sa protivoklopnim vođenim raketama na kupoli, kao kod američkog vozila M2 BRADLEY, britanskog GKN DESERT WARRIOR, italijanskog IVECO DARDO i japanskog TYPE 89. Baš kao što su navedenim borbenim vozilima pešadije davane protivoklopne mogućnosti, projektanti BMP-3 učinili su napredak u razvoju projektila koji uključuju i laserski vođenu raketu 9M117 BASTION za top 100 mm sa tenka T-55. Projektili koji se ispaljuju iz topa BMP-3 imaju različito pogonsko punjenje. Prednost topa 100 mm 2A70, u odnosu na lanser protivoklopne rakete, jeste njegova višestrukost. On je sposoban da ispaljuje ne samo protivoklopne vođene rakete, nego i konvencionalne projektele mase 15,6 kg, koji su vrlo efikasni protiv raznovrsnih ciljeva. Mada je početna brzina ovih projektila samo 250 m/s, sa topom pri velikoj elevaciji oni mogu da dosegnu ciljeve na udaljenosti većoj od 4000 m.

Top se puni elektromehaničkim sistemom iz rotacionog spremnika koji je

smešten ispod kupole i ima 22 projektila. Još 18 projektila smešteno je u telu BMP-3, kao i 8 raketa 9M117. Pored toga, BMP-3 raspolaže sa 500 metaka za top 30 mm i 600 metaka za mitraljez 7,62 mm. Top 100 mm 2A70 i automatski top 30 mm 2A72 spregnuti su i pokreću se električnim sistemom za upravljanje sa dvoosnom stabilizacijom. Radi još efikasnijeg gađanja ciljeva iz pokreta nišandžija, koji je smešten sa leve strane u kupoli, snabdeven je nišanskom spravom koja ima rotirajuću glavu stabilisanu u dve ravni, kao i pasivne nišanske sprave i dnevni kanal.

Sistem za upravljanje vatrom sadrži digitalni balistički računar i laserski daljinomer – proračunsku jedinicu sa laserskim snopom, koji je montiran spolja na topu 100 mm. Komandir ima binokularni nišan sa dnevnim i pasivnim noćnim kanalima za osmatranje, i poseban nišan koji se može koristiti za gađanje ciljeva u vazдушnom prostoru kao i na zemlji. Takođe, postoji i periskopski nišan sa fiberoptičkim vlaknima za svakog nišandžiju mitraljeza.

Zbog moći njegovog naoružanja BMP-3 se smatra jednim od najboljih u svetu. Međutim, pogodnije ga je smatrati ekstremnim slučajem takve konfiguracije, a ne posebnim primerom da se borbenom vozilu pešadije pridoda više od jedne uloge.

Vozilo BMP-3 prihvaćeno je i izvan granica SSSR-a zbog svoje specifične uloge. Prva takva vozila isporučena su Ujedinjenim Arapskim Emiratima u periodu između 1992. i 1995. godine (ukupno 391 vozilo). Sledeći su bili Kipar i Kuvajt, kojima je 1995. i 1996. godine isporučeno 43, odnosno 118 vozila. Južna Koreja je, takođe, pribavila 22 BMP-3 kao deo izvoznog aranžmana.

Uvođenje vozila BMP-3 u rusku armiju sprečeno je raspadom SSSR-a i zbog ekonomskih problema povezanih sa znatnim smanjenjem proizvodnje oklopnih vozila u Rusiji. Posledica toga je da je manje vozila proizvedeno za rusku armiju nego za inostrano tržište. Međutim, to nije sprečilo pojavu nekoliko verzija ovog vozila, mada samo kao prototipova.

Jedno od njih je BMP-3K, komandno vozilo koje je slično osnovnom modelu BMP-3, ali prevozi samo tri oficira-komandira (komandanta) pored tri člana posade. Opremljeno je sa dva mitraljeza, protivoklopnim vođenim raketama, navigacionom opremom i dva radio-uređaja.

Druga verzija je BMP-3F, razvijen za mornaričku pešadiju, koji ima manju masu od osnovne verzije i ima buldozerski nož ugrađen ispod oklopnog tela. Radikalniju modifikaciju osnovne verzije predstavlja izviđačko vozilo BRM-3K ili RIS (Lynx), čija je masa 19 tona i ima kupolu od čelika umesto od aluminijuma (kao i BMP-3), naoružan topom 30 mm 2A72 i mitraljezom 7,62 mm PKT.

Vozilo BRM-3K snabdeveno je opremom za navigaciju, osmatranje i komunikaciju. To podrazumeva radar za osmatranje bojišta sa platformom-stolom koja se može podizati iznad kupole (gde je inače smeštena) na visinu od 1 m.

Optoelektronska oprema uključuje ne samo termalni nišan, nego i intenzifikatorski nišan koji se može koristiti u pasivnom modu ili zajedno sa laserskim označivačem. Postoji, naravno, i laserski daljinomer. Rad elektronske i optoelektronske opreme, bez upotrebe osnovnog motora, omogućava električni generator snage 4 kW.

Bez kupole, šasija osnovnog BMP-3 ima masu 12,1 t i korisnu unutrašnju zapreminu veću od 9,5 m³. To ga, zajedno

sa dobrim samohodnim karakteristikama, čini pogodnim i za druge namene. Posebno se može koristiti kao pokretna platforma za dva različita protivoklopna raketna sistema. Jedan od njih je KORNET sa poluautomatskim laserskim vođenjem i maksimalnim dometom do 5000 m. Drugi je HRIZANTEMA, sa dvostrukim automatskim modom, automatskim radarom u milimetarskom talasnom području, poluautomatskim laserskim vođenjem i maksimalnim dometom od 6000 m.

Oba raketna sistema opslužuju dva člana posade, a vozilo može da ponese po 16, odnosno 15 raketa. Šasija BMP-3 predstavlja bazu za oklopno vozilo za izvlačenje i popravku BREM-L (koje ima 6-tonsku hidrauličnu dizalicu i čekrk za izvlačenje do 20 tona), kao i samohodnog kupolnog topa – minobacača VENA 120 mm. Ako se navedene verzije osnovnog BMP-3 uvedu u proizvodnju i upotrebu, BMP-3 će predstavljati osnovu za potpuno drugačiju familiju oklopnih vozila.

V. Radić



DOBRO NAORUŽANA BORBENA VOZILA PEŠADIJE POLJSKE*

Do pre nekoliko godina u armiji Poljske bili su zabrinuti zbog nedostataka svojih vozila pešadije BWP-1 (Bojowy Woz Piechoty), koja su, u stvari, ruska vozila BMP-1. Naime, u vreme kada je Poljska bila članica VU uvezeno je oko 1700 ovih vozila. Posle raspada VU Poljska je započela prenaoružavanje BWP-1 oružjima sa Zapada kako bi ga učinila efikasnijim. Godine 1993. iz Boforsa je stiglo prvo takvo oružje – automatski top 40 mm L/70, ugrađen u savremenu ku-

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 12/1999.

polu za dva člana sličnu kupoli za švedsko borbeno vozilo pešadije CV 90. Ta kupola zamenila je postojeću jednočlanu kupolu na BWP-1.

Boforsova kupola prilagođena je šasiji, i izrađeno je eksperimentalno vozilo BWP-40, istovetno švedskom vozilu CV 9040, nedavno uvedenom u naoružanje švedske armije. Međutim, kupola sa topom 40 mm povećala je ukupnu masu vozila sa 13,5 na 15,4 tona. Pojava kupole sa topom 40 mm na šasiji BWP-1 praćena je ugradnjom iste kupole i na višenamenski gusenični oklopni transporter MT-LB. Ovaj oklopni transporter proizveden je u Poljskoj, opremljen je kupolom firme Bofors i transformisan u BWO-40, a zadržane su mu amfibijske sposobnosti. Navedene promene sledili su dalji pokušaji da se za BWP-1 obezbedi efikasnije naoružanje. U toku 1997. godine vozilo je opremljeno kupolom za dva člana Delco LAV-25, naoružanom topom 25 mm M242 Boeing. Takođe, demonstrirana je i američka kupola naoružana

topom 25 mm M242 Boeing, proizvođača United Defence. Međutim, ni ta kupola nije usvojena u naoružanje. Osim toga, OBRUM – istraživački i razvojni centar u Poljskoj, započeo je rad na novom borbenom vozilu pešadije koje će konstituisati osnovne prednosti u odnosu na BWP-1, i koje je označeno kao BWP-2000. Njegove karakteristike detaljno su prezentirane na evropskom simpozijumu o borbenim vozilima pešadije u Royal Military College u Velikoj Britaniji. Vozilo je kao prototip prikazano i na izložbi u poljskom gradu Kielce.

Projekat BWP-2000 zasnovan je na mnogobrojnim vezama sa SUM – oklopnim vozilom minopolagačem, koje je OBRUM ranije proizvodio. Masa minopolagača je 32 t, ima posadu od dva člana i dva spremnika za 125 protivtenkovskih mina TM62M (ili sličnih). Mine se polažu mehaničkim putem pod kontrolom računara, pri brzini kretanja 6 do 10 km/h (kada je vozilo kamuflirano) ili pri brzini većoj od 20 km/h (kada vozilo nije kamuflirano).



BWP-2000 sa kupolom OTO Breda, topom 60 mm i lanserom PT raketa TOW

Šasija BWP-2000 istovetna je šasiji na vozilu SUM. Međutim, visina vozila je smanjena na 1,89 m radi smanjenja siluete. Telo je sastavljeno od čeličnog oklopa dovoljne debljine da štiti od pancirnih zrna 35 mm APFSDS ispaljenih sa udaljenosti od 1000 m. To doprinosi superiornosti oklopne zaštite BWP-2000 ne samo u odnosu na BWP-1, nego i u odnosu na ostala borbena vozila pešadije.

Kao i kod većine borbenih vozila pešadije unutrašnjost oklopnog tela vozila podeljena je u tri sekcije. Frontalna (čeon) sekcija sastoji se od motora, transmisije i mesta za vozača. Dvočlana kupola postavljena je u središnjem delu, a zadnja sekcija formira deo za prevoženje ukrcnog dela posade (8 vojnika). Lak pristup zadnjem delu omogućen je velikim vratima – rampom na zadnjoj oklopnoj ploči. Na krovnoj ploči iznad ukrcnog dela posade nalaze se kružni otvori, a sa svake strane po dva položaja za gađanje.

Motor S-12K na BWP-2000 je sovjetskog porekla. To je dvanaestocilindrični dizel motor V konstrukcije, koji je ranije korišćen na sovjetskim i ruskim tenkovima – a koji su proizvođeni i u Poljskoj za njihovu verziju tenka T-72M1.

Motor ima snagu od 522 kW (709 KS), koja je manja nego kod tenkova, što utiče na povećanje njegovog životnog veka. Veliki broj zajedničkih delova, sklopova i komponenti sa motorima tenkova može pojednostaviti logističku podršku. Takođe, BWP-2000 poseduje dobar odnos snaga/masa od 22 KS/t, a pri maksimalnoj borbenoj masi od 32 tone maksimalna brzina po putu iznosi 65 km/h.

Šasija sa oslonim točkovima slična je kao kod tenkova. Sastoji se od šest oslonih točkova sa svake strane sa torzionim osovinama i gusenicama od čeličnih članaka sa gumenim umecima. Gusenice su

relativno široke i ostvaruju specifični pritisak na tlo od 84 kPa, što je prednost u odnosu na ostala oklopna vozila i doprinosi dobroj pokretljivosti van puteva.

Prvobitno je BWP-2000 bio opremljen kupolom OTO Breda TC 25 sa ugrađenim topom 25 mm Oerlikon KBA i lanserima protivtenkovskih vođenih raketa TOW. To je doprinosilo mnogo većoj vatrenoj moći u odnosu na početni model sa topom kalibra 57 mm.

Kupola OTO T60/70A, kojom je sada opremljeno BWP-2000, podrazumeva top kalibra 60 mm, koaksijalni mitraljez 7,62 mm i sa suprotne strane lanser protivtenkovskih raketa TOW. Takođe, obuhvata sofisticirani sistem za upravljanje vatrom sa nezavisno stabilisanim nišanom nišandžije i panoramskim periskopom komandira, kao i električno stabilisanim azimutom i elevacijom. OTO Breda 70-kalibarski top 60 mm ispaljuje APFSDS projektele početnom brzinom od 1680 m/s. Oni mogu da probijaju čelični oklop debljine 240 mm na daljini oko 2000 m. To im omogućava ne samo da unište čeonu oklop na svim borbenim vozilima pešadije, nego i na starijim verzijama tenkova T-55 ili T-62, kao i bočni oklop savremenih tenkova. Pored toga, top 60 mm može da gađa i razornim projektilima, što mu povećava efikasnost protiv „mekih“ ciljeva. Oružje ugrađeno na BWP-2000 čini ga, zajedno sa eksperimentalnom verzijom italijanskog borbenog vozila pešadije DARDO (sa istom kupolom), najteže naoružanim borbenim vozilom pešadije (top 60 mm je mnogo snažniji od topa 30 mm na BMP-1, a mogućnost gađanja topom 100 mm nadoknađena je mogućnošću gađanja protivtenkovskim raketama TOW). Istovremeno, top 60 mm je izvan brojnih restrikcija sadržanih u pravilima upotrebe kon-

vencionalnih snaga u Evropi na oklopnim vozilima.

BWP-2000 ostaje u stadijumu prototipa dok se ne obezbedi finansiranje njegovog daljeg razvoja. Osim toga, šasija vozila SUM, na kojoj je zasnovano i borbeno vozilo pešadije, biće prihvaćena za novu samohodnu haubicu 155 mm Chrobry. To će biti šasija pod imenom Kalina sa britanskom kupolom AS90 Braveheart i 52-kalibarskom haubicom, derivativom britanske haubice AS90 proizvedene u kompaniji Marconi Land and Naval Systems. Sistem je nedavno izabran za modernizaciju artiljerijskih jedinica poljske armije, a planira se proizvodnja 78 takvih sistema.

V. Radić



BORBENA VOZILA PEŠADIJE IZ JUŽNE KOREJE*

Niz godina je najveći deo naoružanja i vojne opreme armije Republike Koreje bio američkog porekla, konstrukcije i proizvodnje, mada su u nekim slučajevima licencno proizvedeni pojedini sistemi.

U poslednjih 20 godina armija Republike Koreje ulaže napore u mnogim oblastima vojne tehnologije, posebno u razvoju kopnenih sistema. To je rezultiralo razvojem i uvođenjem u naoružanje novih sistema, kao što su osnovni borbeni tenk Hyundai K1, borbeno vozilo pešadije Daewoo i, u poslednje vreme, samohodni artiljerijski sistem 155 mm/52-kalibra Samsung K9 Thunder.

Borbeno vozilo pešadije razvijeno je 1981. godine pod rukovodstvom Daewoo Heavy Industries Ltd. Sledili su eksperimen-

ti sa prototipom vozila i uvođenje u naoružanje 1985. godine. Procenjuje se da je izrađeno preko 2000 primeraka ovih vozila, kako za domaće tako i za inostrano tržište.

Borbena vozila pešadije koja su prva proizvedena označena su serijom K200, a pokretao ih je motor MAN D 2848T V-8, koji razvija snagu od 206 kW (280 KS) pri 2300 o/min. Povezan je sa sedmostepenom transmisijom T-300, proizvedenom u kompaniji Self Changing Gears. Model K200 zamenjen je poboljšanim modelom K200A1, sa novim pogonskim agregatom sa turbo-dizel motorom MAN D 2848-T V-8 snage 257 kW (350 KS) pri 2300 o/min. Povezan je automatskom transmisijom Allison X200-5K sa četiri stepena prenosa za hod napred i jednim za hod unazad.

Donedavno je jedini inostrani kupac korejskih borbenih vozila pešadije bila Malezija, koja je 1993. godine naručila prvu seriju od 42 vozila, a dodatne isporuke 1994. i 1995. godine obuhvatale su još 111 vozila. Prva vozila dobijena su direktno sa proizvodnih linija, jer su bila hitno potrebna za kontingent snaga Malezije pri UN na prostorima prethodne Jugoslavije.

Pored borbenih vozila pešadije Malezija je poručila nosače minobacača, tegljače, komandna i ambulatna vozila. Oni su prvobitno korišćeni u snagama armije Malezije u Bosni. Mada su identična sa vozilima armije Republike Koreje, neka vozila su imala ugrađene lansere granata 40 mm kako bi se povećala vatrema moć.

Koncepcija borbenog vozila pešadije je takva da je vozač smešten sa leve strane, pogonska grupa sa desne strane, a preostali prostor predviđen je za smeštaj ukrcnog dela posade. Nišandžija se nalazi

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/1999.

iza motorno-transmissionog prostora na desnoj strani. Kupola je naoružana standardnim mitraljezom 12,7 mm M2 koji se po azimutu i elevaciji pokreće ručno. Iza vozača nalazi se još jedan položaj za mitraljez 7,62 mm koji poseduje štitnik. Na prednjem delu vozila montirano je šest lansera dimnih granata koje se ispaljuju ispred vozila, a aktiviraju se električnim putem.

Deo prostora za ukrčni deo posade ima velika vrata i rampu za ulaz – izlaz, šest otvora za gađanje iz vozila i pridodata sredstva za osmatranje – dva sa svake strane i dva pozadi.

Ovešanje je sa torzionim osovinama, a sa svake strane nalazi se po pet oslonih točkova.

Borbeno vozilo ima amfibijske mogućnosti i po vodi se kreće brzinom od 6 km/h. Pre ulaska u vodu izbacuje se elisa na prednjem kraju vozila i aktivira ejektor (pumpa za ispumpavanje). Poseduje i opremu za noćno osmatranje za vozača i nišandžiju mitraljeza, a moguće ga je opremiti i uređajem za NHB zaštitu. Oklopno telo vozila sastoji se od zavarenih aluminijumskih ploča sa slojevima applique čeličnog oklopa koji obezbeđuju dopunsku zaštitu.

Šasija je koncipirana tako da vozilo može izvršavati širok dijapazon specijalnih zadataka koje zahteva armija Republike Koreje. Komandno vozilo je slično američkom vozilu M577.

Izvidačka verzija vozila označena je kao M216A1, i ima vertikalne bočne ploče oklopnog tela, kao američki transporter M113, kako bi se obezbedila veća unutrašnja zapremina. Opremljena je specijalnom opremom za detekciju NHB agensa.

Razvijene su i dve minobacačke verzije borbenog vozila pešadije – K242A1,

sa minobacačem kalibra 107 mm, i K281A1, sa minobacačem kalibra 81 mm. Obe verzije poseduju okretno postolje minobacača. Borbeno vozilo K281A1 može da nosi 114 minobacačkih mina, dok verzija K242A1 ima 88 minobacačkih mina. Obe verzije opremljene su mitraljezima 12,7 mm.

Verzija borbenog vozila za PVO K263A1, ima kupolu naoružanu 6-cevnim topom 20 mm Vulcan i radarski sistem.

Komandno vozilo K277A1, ima podignutu krovnu ploču vozila na nešto viši nivo, kako bi se ostvarila veća unutrašnja zapremina, a opremljeno je i dodatnom komunikacionom opremom.

Specijalna tegljačka verzija vozila K288A1 opremljena je ugrađenim čekrkom za izvlačenje oštećenih ili onespobljenih borbenih vozila pešadije. Čekrk se pokreće hidrauličkim putem, kao i kran (dizalica) nosivosti 6 t, montirana na krovu vozila.

Ambulantna verzija vozila K200A1, može da transportuje četiri pacijenta u ležećem položaju.

Za izvozno tržište borbeno vozilo pešadije može se opremiti različitim naoružanjem, kao što je top 30 mm M230 i koaksijalni mitraljez 7,62 mm M240. Moguća je ugradnja nemačke kupole Mauser MT30L, naoružane topom 30 mm Mauser MK i mitraljezom 7,62 mm MG3A1. Takođe, postoje i dvočlane kupole Cadillac Gage, naoružane topom 90 mm Cockerill MkIII i koaksijalnim PA mitraljezom 7,62 mm.

Protivtenkovska verzija borbenog vozila pešadije je, takođe, opremljena kupolom sa dva ili četiri protivtenkovska sistema vođenih raketa TOW u poziciji za lansiranje.

Drugi podaci o borbenim vozilima pešadije nisu dostupni, ali se zna da

Osnovne karakteristike vozila K200A1

Posada (članova)	3 + 9
Borbena masa (kg)	12900
Odnos snaga/masa (KS/t)	26,5
Specifični pritisak na tlo (kg/cm ²)	0,64
Dužina (m)	5,486
Širina, ukupna (m)	2,846
Širina preko gusenica (m)	2,454
Visina sa naoružanjem (m)	2,518
Maksimalna visina krova (m)	1,93
Klirens (m)	0,41
Širina gusenica (mm)	381
Maksimalna brzina (km/h)	70
Maksimalna brzina na vodi (km/h)	6
Akcioni radijus (km)	480
Zapremina rezervoara (l)	400
Savlađivanje uspona (%)	60
Savlađivanje nagiba (%)	30
Savlađivanje vertikalnih prepreka (m)	0,64
Savlađivanje rova (m)	1,68
Pogon	Turbo – dizel motor MAN D 2848T V-8 od 257 kW (350 KS) pri 2300 o/min sa automatskom transmisijom Allison X200-5K sa 4 + 1 stepena prenosa
Ovešenje	torziono
Naoružanje	mitraljez 12,7 mm, mitraljez 7,62 mm i 2 lansera dim-nih granata (sa 6 granata)

imaju znatna poboljšanja snage i vatrene moći.

Kompanija Daewoo Heavy Industries razvila je i proizvela težu šasiju za novu familiju oklopnih borbenih vozila, koja će se koristiti za nove serije specijalnih vozila, razvijenih kako bi se ispunili zahtevi koje je postavila armija Republike Koreje. Tu spadaju samohodni dvocevni top 30 mm Flying Tiger sa pobolj-

šanim elektrooptičkim nišanskim sistemom i radarom, samohodni raketni sistem zemlja-vazduh Pegasus (sa 8 raketa u poziciji za lansiranje) i vozilo za artiljerijsku podršku. Vozilo za artiljerijsku podršku ima police (stalaže) za smeštaj projektila i punjenja za haubicu 155 mm M109A2 ili za samohodni artiljerijski sistem 155 mm/52-kalibra Thunder.

V. Radić





tehničke novosti i zanimljivosti

RAZVOJ MUNICIJE DIREKTOG DEJSTVA*

Ratno vazduhoplovstvo SAD odlučilo je da razvije manju (mini) verziju municije direktnog dejstva JDAM (Joint Direct Attack Munition), kako bi se povećale prednosti koje bombe pretvaraju u „pametna“ oružja. Iniciran je formalni program razvoja radi:

- opremanja aviona brojnim JDAM,
- proširenja spektra ciljeva koje je moguće gađati,
- ograničenja moguće kolateralne štete,
- omogućavanja, što je možda i najvažnije, visoke pouzdanosti oružja vazduh-zemlja koje se može nositi na najnovijim avionima F-22 RAPTOR.

Prisutna je težnja da se provere višenamenske mogućnosti aviona F-22, posebno kada lovac nosi oružje unutar konstrukcije kako bi zadržao što je moguće manji radarski odraz, zbog čega se ograničava količina municije koju avion može da nosi. Lovac F-22 može da nosi četiri oružja mase 500 kg, tako da će novo oružje, JDAM od 227 kg, znatno povećati njegove borbene sposobnosti.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 15. decembar 1999.

Verovatno je da će se program miniaturizacije oružja JDAM odraziti na dalji razvoj manje ali „pametne“ municije. Ova odluka može značiti i kraj razmatranja o gabaritno velikoj i skupoj municiji. Municija JDAM može da se uvede i u veliki arsenal bombi Mk82. Takođe, sledeći logičan korak bio bi razvoj još manje municije JDAM (113 kg).

V. R.

<<<◇>>>

VOĐENA TENKOVSKA MUNICIJA*

Nemačke kompanije Krauss-Maffei-Wegmann i Diehl, zajedno sa ruskim konstrukcionim biroom iz Tule, nude SPEAR verziju već poznate rakete 9M117 Bastion (NATO oznaka AT-10 Stabber), adaptiranom tako da može da se koristi iz NATO tenkovskih topova kalibra 105 mm.

Raketa 9M117, koja ima masu od 17,2 kg, uvedena je u upotrebu 1980. godine za gađanje iz oruđa kalibra 100 mm (tenk T-55, protivtenkovski top MT-12, borbena vozila pešadije BMP-3, top 115 mm na tenku T-62).

Raketa SPEAR, koja može da se opremi modularnom višenamenskom

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 12/1999.

fragmentacionom bojnomo glavom umesto tandem bojne glave (navodi se da probija homogeni valjani čelični oklop debljine 750 mm, sa reaktivnom zaštitom), ima ukupnu masu od 25,4 kg i dužinu od 1015 mm.

Raketa SPEAR predstavlja podržani poluautomatski laserski vođeni sistem, sa verovatnoćom pogađanja od 90% na rastojanjima od 100 m do 5500 m, kada se gađaju sa mesta (statički položaj) ciljevi koji se kreću.

Na izložbi AUSA izraelska vojna industrija (IMI) prikazala je model sličnog projektila nazvan EXCALIBUR (ne treba ga mešati sa američkim artiljerijskim projektilom velikog dometa XM982 Excalibur). Izraelski Excalibur nalazi se u početnoj fazi razvoja i ispitani su samo pojedini podsistemi. Izraelske oružane snage podržaće Excalibur uporedo sa razvojem laserski vođene protivtenkovske rakete LAHAT. Projektil Excalibur ispitivaće se gađanjem iz topova 105 mm (izolučениh) i 120 mm (glatkocevних). Njegova glava za navođenje može da koristi IC senzor ili senzor koji radi u milimetarskom talasnom području, a do met rakete biće veći od 4000 m.

V. R.

<<<◇>>>

NOVA BOJNA GLAVA ZA TOMAHAWK*

Kompanija Team Lancer izvršila je uspešno gađanje na poligonu Pending (Južni Vels), sa svojim višestepenim sistemom bojne glave koji se predlaže za američku mornaričku varijantu krstareće rakete Tomahawk. Bojnu glavu karakteriše prednje kumulativno punjenje prečnika 515 mm – najveće punjenje izrađeno

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 12/1999.

posle Drugog svetskog rata – koje je probilo betonski blok debljine veće od 4 m i čeličnu ploču velike debljine sa rastojanja od 16 m.

Team Lancer čine kompanije Raytheon Systems i Atlantic Research Corp. iz SAD, Societa Esplosivi Industrial iz Italije i britanska kompanija Impact Sciences.

Sistem višestruke bojne glave zasnovan je na poboljšanom taktičkom napadačkom penetratoru ATAP (Advanced Tactical Attack Penetrator) firme Raytheon. Dalja poligonska ispitivanja u sledećih nekoliko meseci završiće dinamičkim ispitivanjima namenjenim za demonstraciju sposobnosti bojne glave da uništi osnovni cilj – betonski blok deblji od 6 m.

Kompanija Raytheon, koja je prvi isporučilac rakete Tomahawk, integrisaće u bojnu glavu „pametni“ upaljač u četiri rakete, kao deo koncepta demonstracije poboljšane tehnologije. Finansiranje je u nadležnosti komande američke mornaričke avijacije, sa fondom od 25,8 miliona dolara, što pokriva planirane aktivnosti do marta 2003. godine. Mornarica SAD planira nabavku novih 1353 primeraka taktičkih raketa Tomahawk, čija proizvodnja treba da počne 2002. godine, a prva oružja biće operativna 2003. godine.

V. R.

<<<◇>>>

RAKETA BLOCK 1 – SPREMNA ZA UVODENJE U NAORUŽANJE*

Operativni i ocenski testovi američko-nemačke rakete Block 1 RAM (Rolling Airframe Missile) završeni su i ona je spremna za uvođenje u upotrebu,

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 8. decembar 1999.

obezbeđujući američkoj i nemačkoj mornarici laki protivbrodski raketni odbrambeni sistem.

Raketu Block 1 proizvode su kompanije Raytheon iz SAD i konzorcijum iz Nemačke – RAM System GmbH. Prvo-bitna raketa Block 0, u upotrebi u mornaricama SAD i Nemačke, koristi pasivno IC vođenje sa dvostrukim modom. Njena IC samonavodena glava sposobna je samo za konačnu akviziciju cilja, koja zahteva da cilj zrači kako bi se ostvarila pasivna radio-frekventna akvizicija za inicijalno vođenje.

Raketa Block 1 ima IC tragače koji omogućavaju širi ugao IC pretaživanja za vođenje u svim vremenskim uslovima u odnosu na ciljeve koji ne emituju (ne zrače). Nova glava za samonavođenje, takođe, ima povećane mogućnosti dejstva na planirane ciljeve i sposobnost pogađanja aviona i helikoptera.

Raketa Block 1 RAM predstavlja unutrašnji raketni sistem za presretanje protivbrodskih raketa, kao što je EXOCET, na dometima većim od 5 km. Od 24 rakete RAM testirano je ukupno 23 u realnim uslovima protiv ispitnog mornaričkog broda, koje su presretale svoje ciljeve. RAM je izdržala mnogobrojne rigorozne testove na brodskim odbrambenim sistemima.

V. R.

<<<◇>>>

ISPITIVANJE PROTIVTENKOVSKKE RAKETE BRIMSTONE*

Autonomna protivoklopna raketa BRIMSTONE pogodila je svoj prvi cilj u poslednjoj seriji ispitivanja performansi podsistema.

* Prema podacima iz Defence Data, 24. februar 2000 (Internet: WWW.defence-data.com).



Probno lansiranje PT rakete BRIMSTONE

Gađanje je obavljeno početkom februara, a bilo je peto u seriji gađanja na kopnu i prvi test upotrebe i vođenja rakete radi sagledavanja učinka na cilju. Primarni ciljevi lansiranja bili su testovi upravljanja letom rakete u uslovima graničnih brzina i visina, demonstracija sposobnosti inercijalnog navigacionog sistema, verifikacija veze sa raketom, veština traženja cilja i ocena karakteristika telemetrijskog sistema. Definisani ciljevi uspešno su ostvareni.

Raketa je poletela od lansera ka zoni cilja, popela se do krstareće visine i počela prodor ka procenjenom cilju. Kada se raketa približila zoni cilja tragač je uspešno identifikovao i odredio osnovni borbeni tenk i poveo raketu u tom pravcu. Tenk je pogoden na prednjem delu, ispod topovske cevi, pored položaja vozača. To je bio uspešan završetak prve faze programa vatrenih ispitivanja na kopnu. Za razliku od nekih drugih oružja, protivtenkovsko oružje, da bi bilo efikasno i probilo oklop, mora neposredno pogoditi tenk. Ovo ispitivanje je pokazalo da raketa BRIMSTONE upravo tako dejstvuje. Uspešno je ostvarena integracija rakete i tragača, mada se ispitivanja i dalje nastavljaju.

Sklop rakete obuhvata raketu BRIMSTONE, firme Alenia Marconi Systems, sa usavršenim milimetarskotalasnim tragačem, i Boingov autopilot. Raketa je lansirana sa lansera BRIMSTONE. Za ovo ispitivanje telemetrijska aparatura je ugrađena na mestu bojne glave, sa isključenim uređajem za optimizaciju tačke cilja na tragaču.

Raketa BRIMSTONE razvijena je kao autonomno oružje za potrebe vazduhoplovnih snaga Velike Britanije i lansiranja sa borbenih aviona. Raketa će moći da uništava savremene i buduće oklopne ciljeve širokog spektra, a pri tome će minimizirati opasnosti za avion sa kojeg se lansira. BRIMSTONE spada u red „pametnih“ raketa sa autonomnim talasnim tragačem. Po spoljašnjem izgledu raketa je slična borbenoj raketi HELFIRE i kompatibilna je za instalacije te rakete. Raketni sistem BRIMSTONE sastoji se od tri rakete montirane na lanseru sa tri vodice, a moći će da se lansira sa aviona HARRIER, TORNADO i EUROFIGHTER.

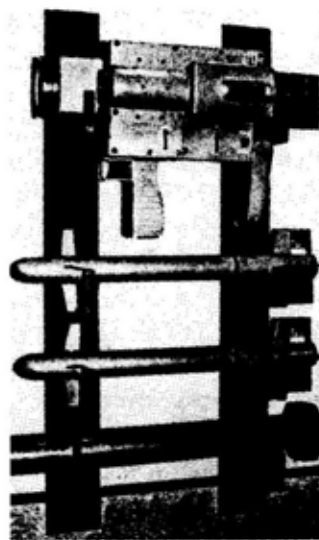
M. K.

<<<◇>>>

RAKETNI SISTEM SPIKE*

Odeljak mornaričkog vazduhoplovnog centra u Kaliforniji razvio je jeftini raketni sistem male mase „ispali i zaboravi“ (fire-and-forget), SPIKE (Spajk) sa dometom od 3200 m, koji može da lansira raketu sa ramena ili sa taktičke bespilotne letelice.

Kompletno oružje, uključujući njegov lanser i integrisani tragač, ima masu oko 4 kg, a projektovano je tako da mu je cena manja od 10 000 dolara. Može se



Elementi raketnog sistema SPIKE: lansirno-nišanski sklop (gore), dve rakete (u sredini), lansirna cev (dole)

koristiti za gađanje lakih oklopnih vozila, kamiona, helikoptera, ljudstva i zaklona.

Prva uspešna ispitivanja izvršena su u septembru 1999. godine u opitnom centru u China Lake.

Kalibar rakete je 40 mm, dužina 510 mm, a masa oko 1,8 kg. Postavlja se u lansirnu cev koja je izrađena od ugljeničnih vlakana. Sistem ima elektrooptički nišan sa uvećanjem od devet puta, a sistem za upravljanje vatrom sadrži elektroniku sličnu onoj u kamkorderu, koja eliminiše efekat podrhtavanja (potresa).

Raketa se ubrzava do brzine od 340 m/s pomoću raketnog motora na čvrsto gorivo sa minimalnom emisijom dima i svetlosti, koji radi 6 do 8 sekundi.

Raketa SPIKE može da nosi različite bojne glave, uključujući i glave za uništavanje bilo kog manje zaštićenog vozila. Penetratori i fragmentacione bojne glave, uz precizno vođenje mogu učiniti da oružje bude pogodno za dejstvo u urbanim sredinama.

V. R.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/1999.

POVEĆANJE VATRENE MOĆI SAMOHODNOG PA TOPA GEPARD 35 mm*

Radi povećanja operativne efikasnosti samohodnog dvocevog protivavionskog topa 35 mm GEPARD pridodata mu je i nova raketa zemlja-vazduh ispali i zaboravi (fire-and-forget), koja je razvijena u nemačkoj kompaniji Krauss-Maffei Wegmann.

GEPARD je naoružan dvocevnim topom Oerlikon Contraves 35 mm KDA, koji ispaljuje 550 metaka u minuti po cevi i ima efikasan domet od 3500 m.

Poboljšani i unapređeni GEPARD imaće standardni lansirni sistem kompanije LFK za raketu STINGER, koji se ugrađuje spolja sa jedne strane postolja za top. Lansirni sistem ima dve rakete zemlja-vazduh STINGER kompanije Raytheon u poziciji za lansiranje, zajedno sa zamenljivom posudom za hlađenje, koja obezbeđuje 40 operacija opaljenja.

Adapter obezbeđuje mehaničku vezu između lansera i platforme. Takođe, postoji i veza elektronske jedinice koja obezbeđuje interfejs između lansera i lansirne platforme sistema za upravljanje vatrom.

Posada PA topa može da koristi postojeće radare za osmatranje i navođenje radi praćenja i identifikacije ciljeva.

Raketa zemlja-vazduh STINGER može da se koristi za gađanje ciljeva na većim daljinama nego sa topom 35 mm, koji se koristi za gađanje ciljeva koji se približavaju. Mada je predložena upotreba rakete STINGER, kompanija Krauss-Maffei Wegmann ukazala je na to da se mogu koristiti i ostale rakete zemlja-vazduh. To podrazumeva upotrebu ru-

skih raketa IGLA (NATO oznaka Sa-18 Grouse), koje se koriste naročito u istočnoj Evropi i na srednjem Istoku.

Kompanija Krauss-Maffei Wegmann trenutno je angažovana na ostvarenju programa modernizacije 147 nemačkih i 60 holandskih sistema GEPARD. Prvo modernizovano vozilo kompletirano je 1998. godine, a konačna isporuka planirana je za 2002. godinu.

Poboljšanja sistema GEPARD uključuju novi digitalni kompjuter, novu municiju FAPDS (Frangible APDS), vezu komande PVO i sistema upravljanja, novi sistem za hlađenje i opšti remont čitavog sistema.

V. R.

<<<◇>>>

MODERNIZACIJA PVO RUMUNJE*

Rumunska protivvazдушna odbrana biće ojačana isporukom opreme sa Zapada, kojom će se zameniti stariji oružni sistemi istočnog porekla, koji više ne mogu da zadovolje zahteve Rumunije za učlanjenje u NATO.

Međudržavnim sporazumom na nivou vlada Nemačke i Rumunije definisana je isporuka 43 modifikovana samohodna PA dvocevna topa 35 mm Gepard, koje proizvodi firma Krauss-Maffei Wegmann. Planirano je da 32 topa budu u operativnoj upotrebi, a ostali će služiti za rezervne delove.

Armija Nemačke ima zahteve za isporukom 420 samohodnih PA topova Gepard, od kojih će 142 biti modernizovano. Planiran je program daljeg povećanja sposobnosti topa Gepard dodavanjem raketa zemlja-vazduh „ispali i zaboravi“

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 1. decembar 1999.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 22. decembar 1999.

(fire-and-forget), kao što su Stinger (SAD) ili Igla (NATO oznaka SA-18, Rusija).

Švajcarska kompanija Oerlikon Contraves isporučuje Rumuniji određeni broj dvocevni vučnih topova GDF-003, pasivni sistem za upravljanje vatrom Gunstar na prikolici i radar kratkog dometa za komandno mesto. Oružje GDF-003 naoružano je topom 35 mm KDC Oerlikon Contraves, dok je Gepard naoružan topom 35 mm KDA. Međutim, oba topa koriste istu municiju.

Rumunija je prvi kupac sistema za upravljanje vatrom Gunstar, a on će se koristiti na prikolici razvijenoj u domaćoj industriji. Gunstar sadrži optičku jedinicu sa noćnim i dnevnim optičkim uređajem FLIR (forward looking infrared), laserskim daljinomerom, optičkim indikatorom cilja i digitalnim računarom za tačno određivanje podataka za upravljanje vatrom. Jedan sistem Gunstar može kontrolisati šest protivavionskih topova.

Sistem za upravljanje vatrom Gunstar ima posadu od dva člana, a može se koristiti i za ostala oružja, kao što su ruski dvocevni top 23 mm ZU-23-2, Bofors oružni sistem 40 mm (jednocevni ili dvocevni) i jednocevni ili dvocevni top 37 mm kineskog ili ruskog porekla.

V. R.

<<<◇>>>

PRVA VATRENA PROBA SAMOHODNE HAUBICE CRUSADER*

Samohodna haubica CRUSADER (SPH1) imala je prvo vatreno ispitivanje na poligonu u Arizoni, SAD. Uspešnim gađanjem samohodne haubice 155 mm započeta je prva faza sistemskog ispitiva-

* Prema podacima iz Defence Data Ltd. 24. februar 2000 (Internet: defence-data-com).

nja haubice i uređaja, koja će trajati 15 do 18 meseci. Za to vreme biće ispaljeno više od 1800 zrna. Za ocenu validnosti sistema koristiće se razne kombinacije projektila. Nakon završetka faze ispitivanja započeće faza preliminarnog tabličnog gađanja, što će omogućiti izradu tablica gađanja neophodnih za proračune u programskom testiranju. Ove dve faze obezbediće da prototip SPH1 bude spreman da demonstrira vatreni domet do 40 km i režim vatre od 10 do 12 zrna u minuti, što su dva ključna parametra performansi za haubicu CRUSADER.

Druge mogućnosti, koje će se demonstrirati ovim prototipom, jesu višestruki istovremeni udari, primenljivost vatre na pravovremeni način i demonstracija preciznosti u uništavanju cilja.

Naredna sistemsko ispitivanja utvrdiće šest mogućih rešenja za različite projektele za ovu haubicu.

CRUSADER je samohodna haubica 155 mm na guseničnoj ili točkaškoj šasiji, a moći će da se transportuje avionima C-15 i C-17. U razvoju ove haubice korišćene su ključne tehnologije primenjene u razvoju novih generacija vozila KoV. To je jedan od prioritarnih zadataka Armije SAD, koja planira da ovim sredstvima opremi svoje jedinice do 2008. godine.

M. K.

<<<◇>>>

KINESKI SAMOHODNI PROTIVTENKOVSKI TOP 120 mm*

Kineska armija prikazala je prvi put svoj samohodni protivtenkovski top 120 mm Type 89. Poznat i kao PTZ89, veruje se da je uveden u upotrebu pre deset godina, a baziran je na šasiji samohodnog

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 1. decembar 1999.

artiljerijskog sistema 152 mm Type 83. Šasija je opremljena novom potpuno zavarenom čeličnom kupolom, a pretpostavlja se da poseduje i automatski punjač za glatkocevni top 120 mm.

Top je proizvela korporacija NORINCO (North China Industries Corporation), a koristi četiri različite vrste municije sa polusagorljivom čaurom, koja se proizvodi u Kini. Prema navodima korporacije NORINCO, najnoviji projektil 120 mm APFSDS-T 120-II ima veću početnu brzinu i bolje karakteristike probojnosti nego raniji projektili. Kompletan granata 120-II ima masu od 22,5 kg i dužinu od 1150 mm: projektil je dugačak 655 mm i ima masu od 7,4 kg, a početna brzina je 1725 m/s. Može da probije oklop od homogenog valjanog čelika debljine 600 mm na daljini od 2000 m.

Top 120 mm može da koristi i zapadnu municiju 120 mm, a ponudiće se za ugradnju na ruske tenkove T-54/T-55 i kineske Type 59, koji imaju topove 120 mm. Osnovna prednost ugradnje topa 120 mm u odnosu na top kalibra 125 mm jeste što je zadržana kupola za tri člana posade, a nije rentabilno opremiti automatskim punjačem municije 125 mm tenkove starije generacije.

V. R.

<<<◇>>>

POVEĆANJE MOGUĆNOSTI RADARA FARAON*

Mada je ruski radar FARAON prvi put prikazan na moskovskoj vazduhoplovnoj izložbi MAKS, avgusta 1999. godine, novi detalji biće otkriveni na izložbi u Dubajju (IDEX) sredinom 2000. godine.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 1. decembar 1999.

FARAON je novi višefunkcionalni radar X-opsega na lovcima, konstruisan da obezbedi široke mogućnosti borbenih dejstava vazduh-vazduh i vazduh-zemlja.

Sa masom od 75 kg radar je relativno lak i pogodan za ugradnju u nosni deo lakih lovačkih aviona ili kao zadnji (konusni) radar za teške lovce. Domen detekcije iznosi 75 km u odnosu na protivničke ciljeve u vazдушnom prostoru, sa ugaonim pokrivanjem u dijapazonu $\pm 70^\circ$ po azimutu i elevaciji.

FARAON ima novi metod implementacije fazno kontrolisane antene sa radikalnim smanjenjem vremena uključivanja snopa (vremenski prekidač) i povećanjem mogućnosti praćenja ciljeva. Mada se radi o novom radaru, potpuno je nova jedino antenska tehnologija, koja se može koristiti i za druge radare. Navodi se da je radar ŽUK-M, za lovac MiG-29, unapređen i da može da se koristi za veći dijapazon ciljeva. Antena podrazumeva novi koncept sa prorezima koji nisu konvencionalno razdvojeni u horizontalnom talasovodu, nego su nepravilno raspoređeni. Rezultat toga je redukovanje vremenskog uključivanja za faktor 10 u odnosu na konvencionalnu metodu talasovoda, i znatno povećanje broja istovremeno praćenih ciljeva sa 12 na 30.

V. R.

<<<◇>>>

MODERNIZACIJA AVIONA AWACS*

Kao deo ugovora vrednog 450 miliona dolara po srednjoročnom planu modernizacije NATO, kompanija Boeing otpočela je modernizaciju NATO aviona AWACS (Airborne Warning and Control System).

* Prema podacima EC Monitor, januar 2000 (Internet).

U okviru planiranih usavršavanja predviđa se modernizovanje glavnog kompjuterskog sistema, displeja, sredstava veze, navigacije i identifikacije cilja, a namenski računarski sistem zamenice se sistemom otvorene arhitekture, radi kasnijih lakših i jeftinijih modernizacija. Biće ugrađeni panel-displeji koji rade u operativnom sistemu poput Windows TM, i omogućavaju uzajamni rad avionskih senzorskih sistema i posade aviona.

Multisenzorski integralni softver će, takođe, biti modernizovan, tako da će objedinjavati sve informacije o cilju u jedinstveni računarski blok, sa prikazom podataka na novim displejima, poboljšavajući tako tačnost i pouzdanost identifikacije cilja i procesa praćenja.

Digitalni sistem veze poboljšaće pristup posade raspoloživim vezama i obezbediti automatski zapis i ponavljanje veze i informacija na displeju. Mogućnosti satelitskih komunikacija biće realizovane na namenskom sistemu koji će obezbediti poboljšane veze putem zaštićenih satelitskih komunikacija.

Navigacioni sistem se modernizuje sa ciljem korišćenja globalnog sistema pozicioniranja (GPS), a pridodaće se i širok spektar VHF uređaja.

Zbog svoje sposobnosti osmatranja od 360° po horizontu i mogućnosti da prati ciljeve u vazдушnom prostoru i na moru istovremeno, AWACS služi vazduhoplovnim i mornaričkim snagama kao obaveštajna platforma u vazдушnom prostoru.

Završetak modernizacije prvog AWACS-a predviđen je za proleće 2001. godine, a na osnovu stečenog iskustva sačinice se ugovor i za preostalih 17 aviona AWACS.

M. K.

<<<◇>>>

NOVA ELEKTROOPREMA ZA HELIKOPTERE TIGAR AH*

Novi helikopteri nemačkih i francuskih oružanih snaga uskoro će biti opremani savremenom ratnom elektronikom EWS (Electronic Warfare Suite).

Oprema EWS, koju je godinu dana testirao vodeći proizvođač helikoptera Eurocopter, sastoji se od pasivnog senzorskog uređaja i aktivnog sistema za protivdejstva.

Senzorski uređaj sadrži:

- radarski upozoravajući senzor za analizu opasnosti od svih spoljnih radara;
- laserski senzor za otkrivanje opasnosti od sistema oružja na bazi lasera;
- detektor za otkrivanje približavajućih raketa;
- sistem za ocenu i analizu podataka senzora i prenos podataka do posade u vidu optičkog i akustičkog upozorenja.

Kompletan sistem povezan je sa opremom za protivmere. Ako jedan od senzora izveštava o opasnostima od približavajuće rakete, aktivira se uređaj u aktivnom sistemu za protivdejstva i



Helikopter TIGAR AH

* Prema podacima iz Defence Data, 23. februar 2000 (Internet: defence-data.com).

otpočinje postupak ometanja i slanja lažnih signala.

Svetlosni signali emituju se protiv IC samonavodjenih glava tragača.

Trenutni zahtevi Nemačke i Francuske za ovu opremu iznose 427 sistema, a prvi ugovor odnosi se na 160 kompleta EWS. Ugovor za sledeće količine planiran je za 2007. godinu.

Identičan sistem predviđen je i za novi taktički transportni helikopter NH90. Prototip tog helikoptera na upotrebi je od 1995. godine, a prvi serijski proizvodni ugovor očekuje se u 2000. godini.

M. K.



MODERNIZACIJA AVIONA C-130*

Ratno vazduhoplovstvo SAD provodi ambiciozan generalni remont avionike i odbrambenih sistema za većinu svoje flote C-130 pod nazivom C-130X AMP (Avionics Modernization Program). Projekat je procenjen na preko 10 miliona dolara.

Prema predlogu ugovora, modifikacijom će se obuhvatiti oko 525 aviona iz svih struktura vazduhoplovnih snaga u SAD, na Pacifiku, u Evropi i dr., uključujući približno 13 varijanti ovog borbenog aviona i aviona za specijalne namene.

U osnovnu modernizaciju avionike, vazduhoplovstvo SAD pokušava da integriše odbrambeni sistem sastavljen od upozoravajućeg sistema protiv raketa AN/AAR-47, sistema za održavanje protivmera AN/ALE-47, upozoravajućeg radarskog prijemnika AN/ALR-69 i IC ometača AN/ALQ-157. Uz to, do sada ugrađivani ometački sistemi AN/ALQ-

172 i AN/ALQ-196, upozoravajući radar-ski prijemnici AN/ALR-69, protivraketni upozoravajući sistemi AAR-44 i sistemi usmerenih IC protivmera AN/ALE-47 i AN/AAQ-24, biće integrisani kao AN/APR-46 radio-frekventni prijemni podsistem.

Pored tih modifikacija na celoj floti, program modernizacije avionike obuhvata i specijalna poboljšanja za avione specijalne namene u operativnoj komandi (AFSOC). Avioni ove grupe, AC-130H, AC-130U, MC-130E, MC-130H i EC-130E, dobiće poboljšani sistem, koji će posadi obezbeđivati informacije o opasnosti u gotovo realnom vremenu (za emitovane i neemitovane opasnosti). Sistem će omogućavati korelaciju i spajanje podataka o opasnostima koje šalju senzori, na avionu ili izvan njega, i integralnu kartu na displeju o situaciji u kojoj se avion nalazi. Osim toga, sistem će omogućiti izbegavanje opasnosti, u vidu preplaniranja kursa i integrisanih protivmera, uključujući brzo i efikasno suprotstavljanje svakoj opasnosti na kursu leta.

Avioni MC-130E, MC-130H i MC-130P biće sposobni za praćenja – izbegavanja terena, što će omogućiti ugrađeni senzori kao i prisutna baza podataka o terenu sa algoritmima za praćenje i izbegavanje terena, čime se postiže mala verovatnoća presretanja – otkrivanja.

Iako je strategija programa modernizacije još u razvoju, predviđa se dinamika realizacije od 65 do 85 aviona godišnje do 2010. godine. Modernizaciju bi zajednički realizovali Vazduhoplovni logistički Centar (Warner-Robins AFB, GA) i Centar za aeronautičke sisteme (Wright Paterson AFB, OH).

M. K.

* Prema podacima iz EC Monitor, januar 2000 (Internet).



BORBENO VOZILO PEŠADIJE PIRANHA IV*

Kompanija Vickers Defence Systems predstavila je novi model borbenog vozila pešadije PIRANHA IV koji se, u poređenju sa verzijom PIRANHA III, razlikuje po tome što umesto ukupne mase od 18,5 tona i nosivosti 6 tona, ima nosivost 10 tona i ukupnu masu 23,5 tona.

Novi model dobijen je na osnovu zahteva koje je postavila armija Francuske, a predstavlja racionalnu soluciju i za višenamensko oklopno vozilo MRAV (Multi-Role Armoured Vehicle), koje se trenutno razvija prema englesko-nemačkom konceptu.

Ukupna unutrašnja zapremina vozila je 12 m³, što obezbeđuje smeštaj najviše 10 vojnika. Ugrađena je kupola za jednog člana sa topom 25 mm GIAT Drager. U vozilu postoji prostor za vozača, komandira i 8 vojnika. Alternativno, može se opremiti i DELCO kupolom za dva člana i topovima 30 mm i 25 mm sa mogućnošću smeštaja 7 vojnika i vozača.

Osnovne elektrootporno zavarene čelične ploče velike tvrdoće pružaju balištičku zaštitu od dejstva zrna 14,5 mm i detonacije mine sa 9,5 kg eksploziva ispod nekog od točkova.

Očekuje se da će donja oklopna ploča pružiti zaštitu posadi ukoliko je izložena energiji kinetičkog penetratora u minama. Motor vozila je zaštićen, a redukovanjem broja površina vozila, kao i odraza, njegova radarska signatura takođe je smanjena.

Pogonski agregat čini motor snage 352 do 400 kW (480 do 544 KS) Scania/MTU/Caterpillar sa ZF ili Allison transmisijom. Maksimalna brzina kretanja po



*Kompjuterski generisani izgled vozila
PIRANHA IV*

putevima iznosi 100 km/h, akcioni radijus 750 km, dubina gaza 1,5 m, a može da savladava vertikalne prepreke 0,7 m i dubine 2 m.

V. R.

<<<◇>>>

BRZO NAPADAČKO VOZILO - FAV*

Brzo napadačko vozilo (FAV - Fast Attack Vehicle) DESERT RAIDER („puštinski napadač“), 6 × 6 uvedeno je u serijsku proizvodnju u Izraelu.

Većina vozila FAV je konfiguracije 4 × 2 ili 4 × 4, ali je kompanija Automotive Equipment odabrala konfiguraciju 6 × 6 radi ostvarenja poboljšane mobilnosti i mogućnosti prenošenja većih tereta.

Vozač se nalazi u središtu vozila sa jednim članom posade koji je smešten sa strane, dok je prostor za municiju iza njega. Vozilo može biti opremljeno različitim vrstama naoružanja, kao npr. mitraljezi 5,56 mm i 7,62 mm i protivtenkovska oružja.

Maksimalna brzina kretanja iznosi 110 km/h, a dva rezervoara sa po 50 litara

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/1999.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 1. decembar 1999.

goriva, omogućavaju autonomiju kretanja od 600 km.

Ogibljenje je standardno, a vozač ima mogućnost izbora konfiguracije – 6×6 ili 6×4 , zavisno od uslova na terenu. Maksimalna masa vozila je 1450 kg sa maksimalnim opterećenjem od 1200 kg.

Pored toga što se koristi kao brzo napadačko vozilo, DESERT RAIDER može da se koristi za čitav niz ostalih borbenih zadataka, uključujući osmatranje i izviđanje. Takođe, vozilo se može prenositi helikopterom SIKORSKY CH-53, koji se u velikom broju koristi u oružanim snagama Izraela.

V. R.

<<<◇>>>

SAVREMENI OPTRONIČKI JARBOL*

Firma Pilkington Optronics odabrana je za isporuku vizuelnih sistema za tri podmornice u klasi „oštroumnih“, koje se grade u objektima BEASY-STEMA u Barrow-in-Furness.

Optronički jarbol predstavlja značajan domet u projektovanju podmorničkih senzora koji se koriste iznad površine vode. Za razliku od klasičnih periskopa, koji imaju direktan vizuelni put do spoljnog sveta, optronički jarbol je bez cevi i koristi elektronsku vezu za predstavljanje slike o površini na ekranima monitora i deo je integralnog borbenog sistema za potrebe komande podmornice.

Pored visoke rezolucije boje i niskosvetlosnih kamera, optronički jarbol obuhvata i termalne senzore koji omogućavaju dnevno-noćno osmatranje. Pored mnogih „stelt“ karakteristika važna je i sposobnost brzog kružnog osmatranja –

* Prema podacima iz Defence Data Ltd, 31. januar 2000 (Internet <http://defence-data.com>).

moguće je da se ceo horizont pokrije za nekoliko sekundi, za koje se može pregledati i analizirati površina, čime se ostvaruje minimalno izlaganje, što je ključni zahtev za savremene podmornice.

Optronički jarboli predstavljaju budućnost u tehnologiji podmorničkih periskopa, koji pružaju znatne prednosti u fleksibilnosti izrade podmornica i integraciji „stelt“ i borbenih sistema. Uskoro se položaj i izgled upravnog odeljenja podmornice neće određivati potrebom ugradnje čelične cevi za isturene periskope. Prvi ovakvi sistemi trebalo bi da se isporuču u 2002. godini.

M. K.

<<<◇>>>

NOVA RUSKA „DŽEPNA“ PODMORNICA*

Podmorničari Baltičke flote započeli su ispitivanja dubokoroneće „džepne“ podmornice „RUS“. Posle ispitivanja i analiza dobijenih rezultata planira se nastavak ispitivanja u vodama Atlantika. Ova podmornica može da roni do dubine od 6000 metara.

U oktobru 1986. godine nuklearna raketna podmornica tipa K-219 Severne flote zahvaćena je požarom. Podmornica se nalazila na borbenom dežurstvu u Atlantiku na oko 1000 km severoistočno od Bermudskih ostrva. Nakon požara uspela je da izroni a po cenu života četiri mornara uspela su da zatvore nuklearni reaktor. Međutim, podmornica nije spašena. Posadu su evakuisali ruski ratni brodovi, a podmornica je potonula zajedno sa 15 neoštećenih balističkih raketa RSM-25 na dubinu od 6000 metara.

Odmah posle ovog događaja formulisana je zadatak da se projektuje duboko-

* Prema podacima iz časopisa NEZAVISIMOE VOENNOE OBOZRENIE 4/1999.

Osnovne karakteristike podmornice

Dužina	8 m
Širina	3,7 m
Visina	3,7 m
Deplasman	24 t
Maks. dubina ronjenja	6000 m
Vreme boravka na max. dubini	2,5 h
Maks. brzina	3 čvora
Autonomija	80 časova
Posada	2-3 člana

roneća podmornica, koji je poveren lenjingradskom CKB-16 „Malahit“. Trebalo je projektovati podmornicu za dubinu ronjenja od 6000 metara, radi ispitivanje mesta katastrofe podmornice K-219.

Nakon šest godina projekat je bio gotov, tako da je 1. juna 1992. godine u

brodogradilištu u Lenjingradu započeta gradnja prve podmornice „RUS“ za Severnu flotu (druga podmornica „KONZUL“ projektovana je za Tihookeansku flotu i započeta je 1997. godine).

Trup podmornice izrađen je od titanovih legura. Posada je smeštena unutar sferičnog čvrstog trupa prečnika 2,1 metar. Pogon i manevrisanje obavlja se pomoću šest motora. Podmornica može dostaviti s mesta na mesto teret čija je masa do 400 kg. Osim toga, podmornica poseduje i uređaj za bušenje pomoću kojeg može stvarati otvore dubine do tri metra, kao i moćnu hidroakustičku stanicu.

Uvođenjem ove podmornice u operativni sastav omogućiće se izvođenje spasilackih radova na velikim dubinama, kao i kompleksna naučna ispitivanja.

B. A.



Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem integralnog tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, tehnologiju, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, kao i teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: prpratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U prpratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi u pogodnoj računarskoj grafici. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike – crteža i nazive pozicija.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopise slati na adresu: Redakcija „Vojnotehničkog glasnika“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Branko Marković

Lektor
Dobriła Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 35,00 dinara
Tiraž 1200 primeraka

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis „Vojnotehnički glasnik“ je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)