

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

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 NOVIČA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

General-major

dr SLOBODAN BURSAČ, 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.

Pukovnik

MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.

(sekretar Odbora)

Pukovnik

MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

* * *

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik

Miroslav Čojbašić, dipl. inž.

(tel. 646-277)

Urednik

Potpukovnik

Stevan Josifović, dipl. inž.

(tel. 646-277)

Sekretar redakcije

Zora Pavličević

(tel. 642-653)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI

GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.

Pretpлата: 645-020, žiro-račun: 40818-637-9-

6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054. Godi-

šnja pretpлата 210,00 dinara. Rukopisi se ne

vraćaju. Štampa: Vojna štamparija – Beograd,

Generala Ždanova 40b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
G L A S N I K

2

GODINA XLVIII • MART-APRIL 2000.

S A D R Ź A J

Dr Miladin Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Čedo Smiljanić,
pukovnik, dipl. inž.

PRIMENA LOGISTIČKOG PRISTUPA U ORGANIZACIJI SNABDEVANJA POGONSKIM SREDSTVIMA I ODRŽAVANJA POGONSKE OPREME 125

Profesor dr Momčilo Milinović,
dipl. inž.
Dr Nenad Dodić,
dipl. inž.

RAZMATRANJE STRUKTURE AUTOMATSKIH NIŠANSKIH UREĐAJA U PVO I PROBLEMA NIŠANJE-NJA 134

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.
Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.

OSNOVI METODOLOGIJE PROJEKTOVANJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA 144

Profesor dr Miroslav Demić,
dipl. inž.
Mr Jovanka Lukić,
dipl. inž.

Profesor dr
Constantinos Spentzas

FORMALIZOVANO MODELIRANJE UPRAVLJIVOSTI MOTORNJIH VOZILA 157

Mr Dragan Simić,
pukovnik, dipl. inž.

ARHITEKTURE ELEKTRONSKIH SISTEMA SAVREMENIH AVIONA 167

Dejan Živković,
dipl. inž.

Doc. dr sc. med. Miroslav Hrnjak,
pukovnik

Gradimir Basarić,
dipl. inž.

Nebojša Pešić,
el. tehničar

IZLOŽENOST AVIOMEHANIČARA BUCI, INFRAZVUKU I ULTRAZVUKU OKO MLAZNOG AVIONA . 180

Dr Dragan M. Knežević,
potpukovnik, dipl. inž.

UPOREDNA ANALIZA DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA VENTILA ZA ZAŠTITU OD PRODORA VAZDUŠNOUDARNOG TALASA U UNUTRAŠNJOST OBJEKTA 190

Dr Vladimir Vujičić,
pukovnik, dipl. inž.

ZNAČAJ POZNAVANJA KONTAKTNE KOROZIJE .. 201

Krsta Brčić,
dipl. inž.

MOGUĆNOSTI PROJEKTOVANJA TRENAŽERA SA-
STAVLJENOG OD ELEMENATA PERSONALNOG RA-
ČUNARA 209

Dr Vlado Radić,
potpukovnik, dipl. inž.

JUPITER 2000 – prikaz stručnog skupa – 224

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Lovac Su-27SK – M.K.	226
Borbeni helikopter Ka-50 HOCUM – M.K.	230
Savremeni radari za raketne sisteme PVO – M.K.	232
Naoružanje iz tuskog mašinskog zavoda – M.K.	235
SCARAB – novo oklopno izviđačko vozilo – V.R.	236
Pasivni ultravioletni signalni sistemi – M.K.	237
Brodovi promenljivog deplasmana – M.K.	239
Raketni čamac MANGUST-V – M.K.	241
Protivpožarni spasilački brod MARS – M.K.	242
Savremena koncepcija izgradnje radio-elektronskog naoružanja brodova – M.K.	244

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Borbeno vozilo pešadije za armiju Švajcarske – V.R.	247
Savremena vozila inženjerije – M.K.	248
Probni letovi helikoptera CH-60S – M.K.	248
Ruske eksportne korvete i fregate – M.K.	249
Jurišna podmornica AGOSTA 90B – M.K.	250
Novi radio-uređaj za nemačku vojsku – M.S.	251
Modernizacija sistema veza zemalja istočne Evrope – M.S. .	252
Novi radio-uređaj firme HARIS – M.S.	252
Trenažeri za obuku u vožnji borbenih vozila – M.K.	253

Dr Miladin Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Čedo Smiljanić,
pukovnik, dipl. inž.
VP 1089-1, Beograd

PRIMENA LOGISTIČKOG PRISTUPA U ORGANIZACIJI SNABDEVANJA POGONSKIM SREDSTVIMA I ODRŽAVANJA POGONSKE OPREME

UDC: 355.415:662.75

Rezime:

U radu su prikazane osnovne postavke logističke podrške Vojske Jugoslavije sa posebnim osvrtom na organizaciju snabdevanja pogonskim sredstvima i održavanja pogonske opreme. U skladu sa iskustvima savremenih oružanih snaga ukazano je na pravce razvoja logističke podrške Vojske Jugoslavije i, s tim u vezi, na razvoj sistema snabdevanja pogonskim sredstvima i održavanja pogonske opreme. Posebno je ukazano na ulogu i značaj informatičke podrške.

Ključne reči: pozadinsko obezbeđenje, logistička podrška, snabdevanje pogonskim sredstvima, održavanje pogonske opreme.

APPLICATION OF THE LOGISTIC APPROACH IN ORGANIZING SUPPLY OF FUELS, OILS AND LUBRICANTS AND IN MAINTAINING THEIR EQUIPMENT

Summary:

The article presents basic characteristics of the Yugoslav Army logistic support with the special emphasis on the organization of fuel, oil and lubricant supply and fuel, oil and lubricant equipment maintenance. In accordance with the experiences of modern fighting forces, the article points out tendencies in the development of YA logistic support, especially in the system of supplying fuels, oils and lubricants and in their equipment maintenance. The role and the importance of information support are stressed in particular.

Key words: logistic support, supply of fuels, oils and lubricants, maintenance of fuel, oil and lubricant equipment.

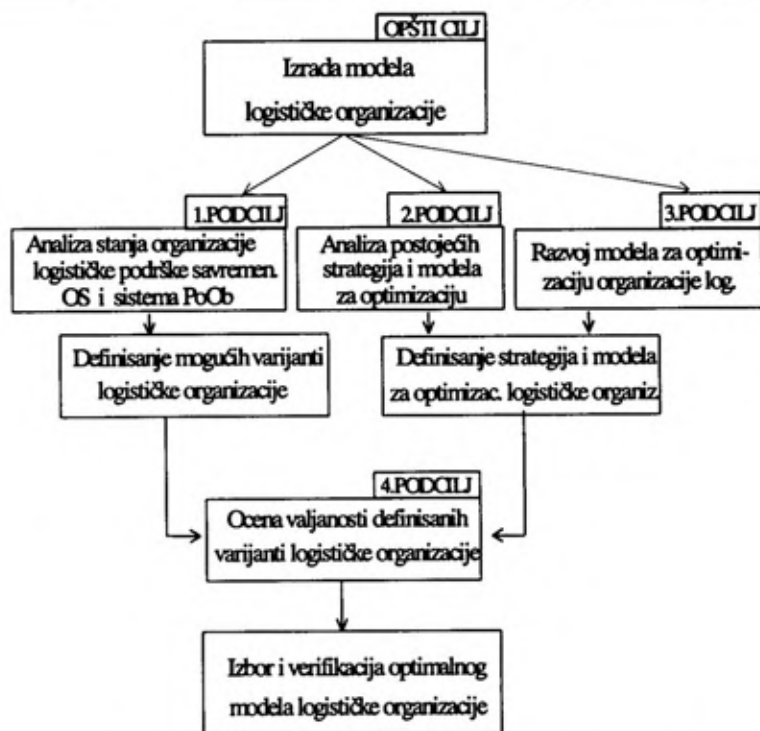
Uvod

Novija istorija ratovanja pokazuje da su napadi agresora iz vazdušnog prostora najčešće ključni činioci strateških i taktičkih borbenih dejstava, što je potvrdila i agresija NATO na Jugoslaviju.

Nova koncepcija podrške savremenih ratova zasniva se na logističkom pristupu u organizaciji vojske, što nalaže

potrebu za što brži prelazak na logistički princip organizacije i u Vojski Jugoslavije. Na ovaj princip organizacije prelaze, ili su prešle, sve zemlje u našem okruženju, koristeći njegove prednosti u odnosu na postojeći sistem pozadinskog obezbeđenja.

Komparacija pozadinskog obezbeđenja (PoOb) Vojske Jugoslavije i logističke podrške (LP) izvršena je prema sledećim elementima:



Sl. 1 – Struktura ciljeva za optimizaciju logističke podrške

- pojmovnom određenju,
- ciljevima,
- kriterijumima za ocenu funkcionisanja,
- principima za izgradnju organizacije,
- podsystemima i funkcijama,
- systemima komandovanja,
- karakteristikama organizacije i funkcionisanja.

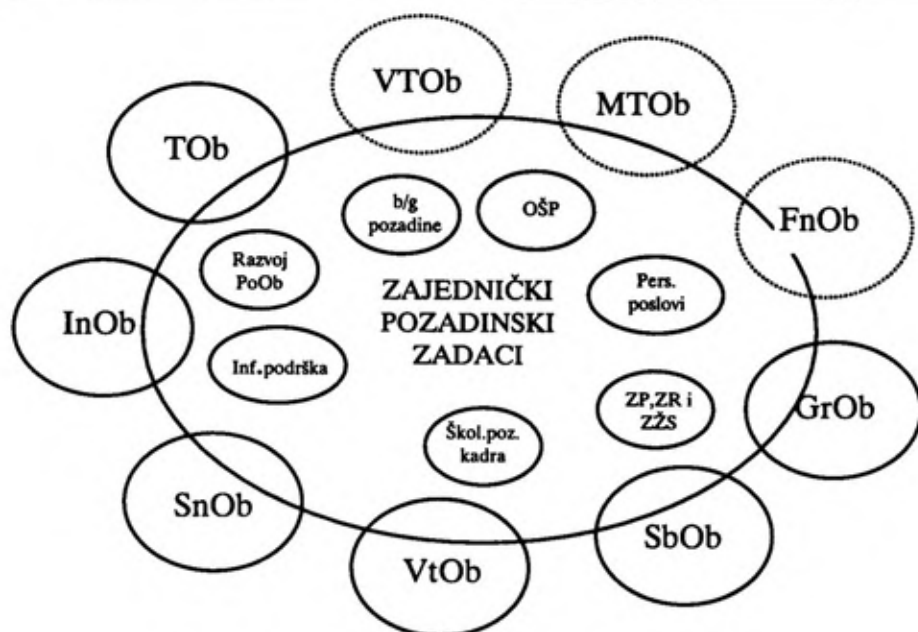
Rezultat izvršene komparacije su zaključci i predlozi koji predstavljaju smernice za dalji rad na ovoj problematici.

Analizom i obradom sličnosti i razlika, odnosno prednosti i nedostataka ova dva sistema, preko kojih se realizuje materijalna i zdravstvena zaštita, može se doći do zaključka o nužnosti prelaska na logistički pristup podrške oružanih snaga.

Iako su sistem PoOb i sistem LP (u širem smislu logistike) namenjeni za materijalnu i zdravstvenu podršku OS, bitno se razlikuju ne samo po nazivu (pojmu) već i po sveobuhvatnosti (širini), obimnosti (dubini) i načinu organizovanja i funkcionisanja.

Sistem PoOb rešava zadatke materijalne i zdravstvene podrške samo unutar Vojske Jugoslavije. Organizovan je po odgovarajućim podsystemima (slika 2), (TOB, InOb, SnOb, VtOb, SbOb, GrOb i OPP) na štabno-sektorskom principu (koji su sve savremene oružane snage napustile), a u osnovi ima ulogu servisa za zadovoljenje potreba vidova i rodova, što ga u sistemu komandovanja stavlja u ulogu objekta komandovanja.

U ovakvoj organizaciji PoOb i sistema komandovanja Vojske Jugoslavije,

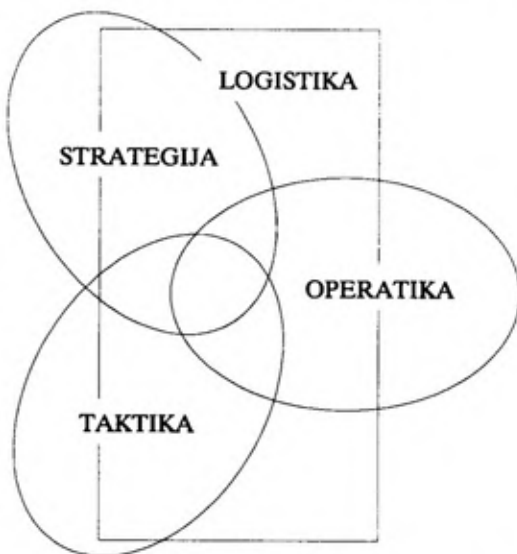


Sl. 2 – Podsystemi sistema pozadinskog obezbeđenja VJ

poslovima materijalne i zdravstvene podrške izvan pozadine bave se neki drugi organi u okviru GŠ VJ i SMO.

Za razliku od sistema PoOb, sistem logističke podrške (koji u mnogim oružanim snagama obuhvata samo materijalnu podršku, dok je zdravstvena podrška direktno vezana za komandovanje, kao funkcija od posebnog značaja) ravnopravan je sa strategijom, operativom i taktikom kao jedan od osnovnih elemenata ratne veštine i ima ulogu subjekta u sistemu komandovanja oružanim snagama (slika 3). U skladu s tim izgrađuje se relativno autonomna logistička organizacija u oružanim snagama, ministarstvu odbrane, pa i u društvu. Ona na sveobuhvatan način rešava probleme materijalne podrške oružanih snaga, pri čemu se još u procesu razvoja-nabavke, primenom procedure tzv. integralne logističke podrške, sagledavaju ukupne obaveze za čitav

životni vek sredstava naoružanja i vojne opreme (razvoj, proizvodnja-nabavka, eksploatacija, održavanje i otuđivanje).



Sl. 3 – Veza logistike sa strategijom, operativom i taktikom

U vezi sa tim ostvaruje se veza vojne logistike sa nacionalnom i međunarodnom logistikom (slika 4).

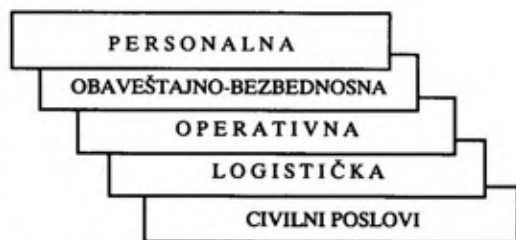
Komandovanje i upravljanje savremenim oružanim snagama zasniva se na funkcionalnom principu, pri čemu se zadovoljava pet osnovnih funkcija: personalna, obaveštajno-bezbednosna, operativna, logistička i civilni poslovi (slika 5). U skladu sa tim organizuje se i logistička podrška, u okviru pet logističkih funkcija: snabdevanje, održavanje, transport, opšte logističke delatnosti i logistička infrastruktura (slika 6).

Konkretna organizacija logističkih struktura u pojedinim oružanim snagama, pored primene osnovnih načela, zasniva se na karakteristikama koje nameću oružane snage i šire društveno okruženje.

Osnovu logističke organizacije svih oružanih snaga čine: logistički organi (komandni, upravni i izvršni), logistička sredstva (osnovna i potrošna-lična i energetska: UbS, PgS i obroci hrane) i logistički nivoi (zaokružene logističke organi-



Sl. 4 – Veza vojne logistike sa nacionalnom i međunarodnom logistikom



Sl. 5 – Osnovne funkcije (sfere delatnosti) komandi

OSNOVNI CILJ LOGISTIČKE PODRŠKE:

obezbeđenje materijalno-tehničkih i zdravstvenih uslova za ostvarivanje udarne moći vojske

FUNKCIJE LOGISTIKE:



OSNOVNI LOGISTIČKI ZADACI:

- snabdevanje osnovnim MS
- snabdevanje UbS
- snabdevanje PgS
- održavanje

Sl. 6 – Cilj, funkcije i osnovni zadaci logističke podrške

zacione strukture koje obezbeđuju podršku za odgovarajući komandni nivo). U osnovi, logistička podrška se organizuje na tri nivoa: strategijskom, operativnom i taktičkom (nivo puka-brigade i bataljona-divizion). U mirnodopsko vreme logistička podrška se zasniva na strategijskom i taktičkom nivou (nivo brigade), a u ratu se potpuno razvijaju operativni i bataljonski-divizijski nivo.

Konkretna organizacija logističke podrške analizirana je na uzorku od petnaest oružanih snaga, na osnovu čega je sačinjen sažeti prikaz razlika POB i LP. Na osnovu toga zaključeno je da primena logističkog pristupa ima niz prednosti u odnosu na sistem PoOb.

Primena logističkog pristupa u razradi logističke organizacije Vojske Jugoslavije, koja treba da se realizuje, zahteva da se zadrže sva organizaciona rešenja u sistemu PoOb koja na racionalan način obezbeđuju materijalnu i zdravstvenu podršku.

Pogonska sredstva

Pogonska sredstva, kao energenti čijim se utroškom ostvaruje pokretljivost sredstava ratne tehnike, imaju poseban značaj u sistemu podrške oružanih snaga u ratu. Snabdevanje pogonskim sredstvima jedan je od najznačajnijih logističkih zadataka.

Od ukupno 10 klasa (grupa) materijalnih sredstava za snabdevanje, pogonska sredstva su svrstana u treću klasu.

Klase (grupe) materijalnih sredstava za snabdevanje

- Klasa I: životne namirnice (artikli ishrane), uključujući i vodu.
 Klasa II: odeća i obuća, lična oprema, logorska oprema, kompleti i pribori alata, ručni alati i sl.

Klasa III: pogonska goriva; sve vrste ulja, maziva, sredstava za zaštitu (konzervaciju) i sredstava protiv zamrzavanja; tečni gasovi i gasovi pod pritiskom; hemijski proizvodi; komponente proizvoda ove klase i ugalj.

Klasa IV: građevinsko-inženjerski materijal za gradnju objekata za smeštaj i materijali za gradnju fortifikacijskih objekata (objekti utvrđivanja i prepreke), podrazumevajući i svu neophodnu opremu za instalacije.

Klasa V: ubojna sredstva svih vrsta za klasično i raketno naoružanje (uključujući hemijska, radiološka i druga specijalna sredstva); bombe, eksplozivi i mine i pojedini elementi ubojnih sredstava, uključujući raketno gorivo i pirotehnička sredstva.

Klasa VI: artikli za ličnu upotrebu (civilna prodaja).

Klasa VII: osnovna formacijska sredstva: složeni sistemi naoružanja i vojne opreme, naoružanje, borbena i neborbena vozila, inženjerska sredstva, ABH sredstva, sredstva veze, pokretne radionice i druga osnovna sredstva iz taktičke nadležnosti rodova i službi.

Klasa VIII: Sanitetski materijal, uključujući i delove za popravku medicinskih instrumenata.

Klasa IX: rezervni delovi, podsklopovi i sklopovi za remont celokupnog naoružanja i vojne opreme.

Klasa X: materijalna sredstva za obezbeđenje civilnih programa (npr. poljoprivreda i ekonomski razvoj), koja nisu obuhvaćena klasama I do IX.

Slično kao i u sistemu PoOb, zadaci u vezi sa obezbeđenjem pogonskih sredstava (PgS) za potrebe oružanih snaga, u logističkoj podršci rešavaju se u okviru četiri od pet logističkih funkcija, i to: snabdevanja PgS, održavanja pogonske opreme, transporta PgS i izgradnji skladišnog prostora i druge infrastrukture.

Snabdevanje PgS obuhvata: planiranje potreba, proizvodnju-nabavku, skladištenje, raspodelu po normama utroška i dotur do potrošača.

Za PgS u celini, kao i za pojedine grupe, podgrupe i vrste, propisuju se norme sledovanja i procedure snabdevanja. Posebne procedure propisuju se za specijalne vrste PgS i pogonske opreme.

Planiranje potreba PgS zasniva se na primeni dve osnovne operativno-proračunske jedinice, a to su:

- *snabdevački dan*, koji predstavlja kompleksnu količinu potrošnih sredstava (sem UbS), potrebnih za čoveka, životinju ili osnovno sredstvo za jedan prosečni (standardni) dan, na osnovu čega se dimenzionišu potrebne rezerve za određenu jedinicu ili komandni nivo, odnosno za oružane snage u celini. Količine potrošnih sredstava za snabdevački dan izražavaju se u standardnim mernim jedinicama (kg, l, m, komad i sl.);

- *borbeni dan*, koji predstavlja kompleksnu količinu potrošnih sredstava, potrebnih za snabdevanje jedinica u određenom danu ili konkretnom danu izvođenja borbenih dejstava. Proračunava se primenom koeficijenata intenziteta naprezanja, ljudi, životinja i osnovnih sredstava (potrošača pogonskih sredstava) na snabdevački dan (standardni dan).

Na osnovu navedenog, primenom normi sledovanja potrošnih sredstava za snabdevački dan (standardni dan) i kriterijuma sledovanja po komandnim nivoi-

ma, odnosno koeficijenata naprezanja u toku borbenih dejstava, i korišćenjem savremenih sredstava informatičke tehnologije, vrlo brzo se mogu utvrditi potrebne količine potrošnih sredstava, koje se ešeloniraju u sistemu komandovanja ili koje su neophodne za izvršenje konkretnih borbenih zadataka.

Radi ilustracije navode se kriterijumi sledovanja, PgS, UbS i obroka hrane, koji u KoV većine oružanih snaga zapadnih zemalja iznose ukupno za:

- nivo bataljona-divizionu 2–3 dana,
- nivo brigade 5 dana,
- nivo korpusa 15 dana,
- nivo vojišta 20 dana,
- nivo vrhovne komande 30–35 dana.

Sve količine koje su veće od navedenih, a neophodne su za vođenje oružane borbe, u nadležnosti su državnih organa izvan oružanih snaga, čuvaju se u obliku gotovih proizvoda ili sirovina za proizvodnju, a dimenzioniraju se, načelno, za još oko tri meseca, a za pojedine sirovine i za duži period.

Uskladištene rezerve PgS vantrupnog nivoa najčešće su u nadležnosti strategijskog nivoa komandovanja i upravljanja u miru i ratu, dok su taktičke rezerve u nadležnosti odgovarajućih taktičkih komandi. U toku rata, u skladu sa planovima upotrebe oružanih snaga i definisanim utrošcima, obavlja se postepeno, a u nuždi interventno „spuštanje“ rezervi PgS do potrošača, pri čemu se, u zavisnosti od usvojene organizacije snabdevanja pojedini komandni nivoi „preskaču“ sve dok rezerve ne stignu do potrošača, nadoknađujući im utrošak. Pri tome se obim rezervi za dotur i periodika dotura usklađuju sa dinamikom potrošnje i „intervalom strpljivosti“ (periodom autonomije).

Tokovi rezervi PgS u sistemu snabdevanja u neposrednoj su vezi sa odgova-

rajućim transportnim aktivnostima. One podrazumevaju upotrebu odgovarajućih transportnih i manipulativnih sredstava za ubrzanje utovara, istovara, pretovara i obavljanja drugih radova.

Tokovi PgS se u mirnodopsko vreme realizuju prvenstveno primenom principa „integralnog transporta“ (proizvođač – krajnja lokacija), a u ratu pretežno primenom „etapnog transporta“.

Na stratezijskom i operativnom nivou funkcije snabdevanja i transporta PgS realizuju se putem autonomnih organizacionih struktura. Međutim, na taktičkom nivou snabdevanje i transport čine jedinstvenu snabdevačko-transportnu funkciju (koja obuhvata sve grupe materijalnih sredstava), za čiju realizaciju se formiraju snabdevačko-transportne jedinice u jedinicama ranga brigade-puka i bataljona-divizionu.

Održavanje naoružanja i vojne opreme spada u osnovnu funkciju logističke podrške čijom se efikasnom realizacijom ostvaruju bitne pretpostavke borbene gotovosti oružanih snaga. Ono, u osnovi, obuhvata:

- održanje naoružanja i vojne opreme u što dužem periodu u operativnoj raspoloživosti, kroz realizaciju programa preventivnog održavanja;
- dovođenje neispravnog – oštećenog sredstva u stanje operativne raspoloživosti za što kraće vreme, realizacijom korektivnog održavanja;
- modernizaciju i poboljšanje funkcionalnosti i podobnosti naoružanja i vojne opreme, realizacijom programa modifikacije i adaptacije.

Kod pogonske opreme, kao i kod osnovnih sredstava namenjenih za višekratnu upotrebu, pored preventivnog održavanja, vrlo značajnu ulogu ima i korek-

tivno održavanje. Kod PgS, koja spadaju u grupu energetske sredstava i namenjena su za jednokratnu upotrebu (goriva, maziva, sredstva za hlađenje i zaštitu), dominantnu ulogu ima laboratorijska kontrola i zadržavanje.

Konkretna organizacija snabdevanja PgS i održavanje pogonske opreme u pojedinim oružanim snagama prilagođava se realnim potrebama i mogućnostima, uz uvažavanje određenih specifičnosti.

Efikasnost i efektivnost organizacije snabdevanja PgS i održavanja pogonske opreme u uskoj je vezi sa dostignutim nivoom informatičke podrške u praćenju kvalitativnog i kvantitativnog stanja PgS. Kvalitetna informatička podrška o stanju i tokovima PgS omogućava sistemu komandovanja efikasno organizovanje snabdevanja, uz centralizaciju snabdevačke službe, manje rezerve u sistemu ešloniranja, smanjenje broja etapa u realizaciji snabdevanja od proizvođača (dobavljača) ili centralnog skladišta do krajnjeg korisnika.

Nakon upoznavanja osnovnih principa logistike, koji se ugrađuju u organizaciju snabdevanja PgS i održavanja pogonske opreme, može se postaviti pitanje da li su oni zastupljeni u organizaciji snabdevanja i održavanja u postojećem sistemu PoOb? Polazeći od toga da sistem PoOb nije izgrađen na funkcionalnom principu, kao osnovnom postulatu logističkog pristupa, moglo bi se odgovoriti negativno na postavljeno pitanje. Međutim, takav odgovor bio bi pojednostavljen i prilično grub, jer ne bi realno odražavao postojeće stanje. U stvari, postojeći sistem PoOb, iako je u osnovi izgrađen na štabno-linijskom principu, sadrži dosta elemenata funkcionalnog organizovanja koji se jednostavno ne smeju zanemariti.

To se, pre svega, odnosi na izvršne elemente logističke organizacije. Sva nova organizaciona rešenja koja su nakon 1992. godine uvedena u TSI KoV, a posebno u oblasti snabdevanja PgS i održavanju pogonske opreme, odgovaraju funkcionalnom organizovanju, odnosno stvaranju racionalne organizacije. Međutim, pošto sistem u celini nije funkcionalno organizovan, parcijalna rešenja teže dolaze do izražaja i ne daju prave efekte. Zbog svega toga u daljem radu na projektu Logistika, a pre svega u razradi mogućih varijanti organizovanja logističke podrške Vojske Jugoslavije, moraju se uzeti u obzir sva pozitivna rešenja iz sistema PoOb i ugraditi ih u organizaciju logističke podrške.

Kada su u pitanju PgS i pogonska oprema, moraju se tražiti rešenja:

- kako na najvišem nivou Vojske Jugoslavije izvršiti centralizaciju u planiranju potreba, obezbeđenju rezervi i praćenju stanja PgS;

- da li funkcije snabdevanja PgS i održavanja pogonske opreme treba razdvajati ili ih razmatrati preko jedinstvene organizacione strukture?

U sistemu logističke podrške Vojske Jugoslavije, treba razmotriti i mogućnost centralizacije u rukovođenju i komandovanju skladištima PgS. Pored toga, u sklopu istraživanja nove organizacije Vojske Jugoslavije, neophodno je razrešiti i organizaciju snabdevanja PgS na operativnom nivou.

Na taktičkom nivou ima najmanje problema s obzirom na to da je izvršna struktura PoOb, u osnovi, funkcionalno organizovana. Postavlja se i pitanje da li je potrebno usavršavati organizaciju laboratorijske kontrole PgS.

Bez obzira na to koja će organizaciona rešenja, u odnosu na PgS, biti

prihvaćena u budućoj organizaciji logističke podrške Vojske Jugoslavije (čija će izgradnja i uhodavanje potrajati desetak godina), sigurno je da će informatička podrška sve više dobijati na značaju, a sve češće će se postavljati zahtevi za podacima u realnom vremenu. Zbog toga, i pored svih objektivnih i subjektivnih poteškoća koje postoje, rad na realizaciji projekta Praćenje kvalitativnog i kvantitativnog stanja PgS, koji je ranije započet, mora se intenzivirati i što pre završiti. Isto tako, projekat vođenja operativne evidencije materijalnih sredstava, u okviru kojeg se prate i PgS, mora što pre potpuno da zaživi i da isključi „ručno“ vođenje. Stavljanje u operativnu funkciju ova dva projekta bitno će unaprediti komandovanje i upravljanje u oblasti snabdevanja PgS.

Zaključak

Snabdevanje PgS predstavlja jedan od osnovnih elemenata PoOb-LP oružanih snaga, i bitan je činilac za ostvarivanje udarne moći. Zbog toga planiranju potreba, obezbeđenju rezervi, njihovom održavanju u operativnoj raspoloživosti u što dužem periodu i racionalnoj potrošnji izuzetan značaj pridaju ne samo pozadinski – logistički organi već i organi opštevojnog komandovanja.

U sprovođenju informacionih procesa povezanih sa utvrđivanjem potreba, praćenjem stanja uskladištenih PgS, planiranjem i praćenjem utroška, kao i sprovođenjem drugih procesa vezanih za snabdevanje PgS, sve veću primenu ima informatička podrška u realnom vremenu. U skladu s tim u svim savremenim oružanim snagama postoje posebno razrađeni informacioni sistemi, koji su na

odgovarajući način uvezani u posebne komandno-informacione sisteme.

Zahvaljujući primeni dostignuća savremene informatičke tehnologije omogućeno je da se tokovi kretanja PgS u sistemu snabdevanja sve više ubrzavaju, rezerve PgS u sistemu snabdevanja smanjuju, a integralni transport nađe sve veću primenu. Sve to nameće potrebu za izgradnjom racionalnije organizacije snabdevanja PgS. U skladu sa tim i u Vojsi Jugoslavije treba intenzivirati rad na informatičkoj podršci u ovoj oblasti, a paralelno sa tim istražiti i uspostaviti racionalniju organizaciju snabdevanja PgS.

Literatura:

- [1] Studija Analiza stanja PoOb Vojske Jugoslavije, SP GŠ VJ, 1997.
- [2] Studija Logistička podrška savremenih oružanih snaga, SP GŠ VJ, 1997.
- [3] Eklz. Logistika u nacionalnoj odbrani, Beograd, VIZ, 1964.
- [4] Blanchard, S. B.: Logistics engineering and management. Prentice-hall, New Jersey, 1986.
- [5] Logistika (Logistics, FM 54-10, prevod s engleskog), Beograd, TU SSNO, 1981.
- [6] Nikolić, M.: Efikasnost funkcionisanja sistema tehničkog obezbeđenja združenih taktičkih jedinica u oružanoj borbi, doktorska disertacija, Zagreb, VVTS KoV, 1989.
- [7] Logistika oružanih snaga Italije (prevod s italijanskog), Beograd, SSNO, 1987.
- [8] The Bundeswehr Logistics sistem (Principles, Procedures, Organization), Bon, 1995.
- [9] Kunjaiti army Logistics sistem: Organizacion and Funkcion, KLF-supcom maintenance department, 1995.
- [10] Lukić, Ž.: Pozadinsko obezbeđenje u strategiji projekcije snaga, Beograd, Vojno delo, 3/1996.
- [11] Fokusirana logistika (prevod smernica fokusirane logistike) OPU SP GŠ VJ, 1998.

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

RAZMATRANJE STRUKTURE AUTOMATSKIH NIŠANSKIH UREĐAJA U PVO I PROBLEMA NIŠANJENJA

UDC: 623.4.054.93

Rezime:

Ubrzani razvoj vazduhoplovne tehnike i osavremenjavanje taktike napada iz vazdušnog prostora nametnuli su potrebu za sve većom automatizacijom postupaka nišanjenja u PVO. U ovom radu razmatrani su zadatak, struktura i način rada automatskih nišanskih uređaja, problemi detekcije i merenja položaja cilja, a naročito uticaj prirode elektromagnetnog zračenja na mogućnost detekcije cilja. Date su i glavne karakteristike savremenih nišanskih senzora.

Ključne reči: automatski nišanski uređaji, protivvazдушna odbrana, senzori, TV kamera, termovizija, nišanski radar, laserski daljinomer.

ANALYSIS OF THE DEVICE STRUCTURE AUTOMATIC SIGHTING DEVICES IN AIR DEFENSE AND SIGHTING PROBLEM

Summary:

Growing development of airborne techniques and modernization of ground attack tactics imposed the necessity of higher automating of aiming procedures in air defense. In this paper the task, structure and working principle of automatic sighting devices are discussed. The problems of target detection and measuring of its position are also discussed, especially the impact of the nature of the electromagnetic radiation on the ability of target detection. Major properties of contemporary sighting sensors are given too.

Key words: automatic sighting devices, air defense, sensors, TV camera, thermovision, tracking radar, lasers rangefinder.

Uvod

Nišanjenje predstavlja jednu od najodgovornijih i najdelikatnijih aktivnosti u lancu aktivnosti koje prethode otvaranju vatre na cilj. Nišanjenje obezbeđuje da se oruđe pravilno usmerava ka cilju i da se, u slučaju oruđa sa vođenim projektilima, projektil pravilno vodi ka cilju. Savremeni razvoj vazduhoplovne tehnike

se kreće i ka povećanju brzine i manevarskih sposobnosti borbenih letelica, što nameće potrebu da se uređaji i postupci za nišanjenje stalno usavršavaju.

Jedan od najvećih problema u vojnoj tehnici predstavlja nišanjenje niskoletućih brzomanevrišućih ciljeva. Manuelno nišanjenje ovakvih ciljeva, pri kojem čovek ima stalnu i aktivnu ulogu, vremenom je postalo neadekvatno, pretežno zbog tri

razloga: prvo, od operatora zahteva veliku uvežbanost i psihofizičku spremnost, drugo, teško obezbeđuje kontinualan priliv objektivnih informacija o kretanju cilja i, treće, kvalitet i tačnost informacija o cilju koje se dobijaju manuelnim nišanjem ne obezbeđuje dovoljno tačno predviđanje budućeg položaja cilja i veliku verovatnoću pogađanja cilja malim brojem projektila, što je presudno u savremenim uslovima ratovanja, jer se brzi ciljevi kratko zadržavaju u zoni dejstva protivvazdušne odbrane (PVO).

Automatsko nišanje je proces koji se odvija bez neposrednog učešća čoveka. Uređaj koji integriše sve komponente potrebne za realizaciju automatskog nišanja naziva se automatski nišanski uređaj. Obilje različitih novih i modernizovanih nišanskih uređaja, koji se nude za osavremenjavanje postojećih sistema PVO, pokazuje da su konvencionalna sredstva za nišanje i upravljanje vatrom, u celini, postala neprimerena savremenoj tehnici i taktici vazduhoplovnih napada velikih sila, i da značajnu pažnju treba posvetiti proučavanju i daljem razvoju nišanske tehnike.

Da bi nišanski uređaji odgovorili potrebama savremene PVO, oni treba da:

- poseduju senzore za detekciju (uočavanje, registrovanje) cilja na daljinama znatno većim od efikasnog dometa oruđa kojima su namenjeni;
- svojim senzorima detektuju cilj danju i noću, po mogućnosti i u nepovoljnim atmosferskim uslovima;
- svojim kretanjem omoguće praćenje brzih niskoletjećih ciljeva,
- funkciju nišanja obavljaju automatski.

Nišanski uređaji koji ispunjavaju postavljene uslove obrađeni su u ovom radu.

Mogućnost da se njihovom primenom osavremene postojeći sistemi PVO, prilagode tehnici i taktici vazduhoplovnih napada savremenih armija i time postanu višestruko efikasniji, daje im izuzetan značaj.

Zadatak automatskog nišanskog uređaja

Automatski nišanski uređaj je sredstvo koje bez neposrednog učešća čoveka obezbeđuje informacije o cilju, neophodne za njegovo gađanje korišćenjem određenog oruđa. Kada je reč o PVO, to oruđe može biti protivavionski (PA) top ili sistem raketa zemlja-vazduh. Za efikasno dejstvo PA topom potrebno je oceniti (izračunati) parametre kretanja cilja i odrediti tačku susreta projektila i cilja [1, 2]. Ocene parametara kretanja cilja potrebne su i za sofisticirano vođenje raketa zemlja-vazduh.

Automatski nišanski uređaj je deo sistema za upravljanje vatrom (SUV) oruđa i omogućuje automatsko postavljanje oruđa u pravac gađanja (lansiranja), odnosno u pravac koji obezbeđuje susret projektila i cilja sa zadovoljavajućom verovatnoćom. Zadatak automatskog nišanskog uređaja jeste:

- detekcija cilja,
- merenje položaja cilja,
- praćenje cilja rotacijom nišanske linije ka cilju,
- ocenjivanje svih parametara kretanja cilja neophodnih za uspešno dejstvo.

Navedene aktivnosti, koje se obavljaju bez neposrednog učešća čoveka, čine integralni zadatak automatskog nišanja i međusobno su tesno povezane. Položaj cilja se ne može meriti ako se cilj ne detektuje. Nišanska linija se ne može automatski usmeravati ka cilju ako nije

izmeren relativni položaj nišanske linije u odnosu na cilj. Parametri kretanja cilja određuju se na osnovu uzastopnih merenja njegovog položaja. Cilj se ne može detektovati ako nišanska linija nije dovoljno tačno usmerena ka cilju i cilj nije u vidnom polju senzora. Ocene parametara kretanja cilja mogu da se koriste radi poboljšanja procesa usmeravanja nišanske linije [3].

Kada se automatski nišanski uređaj koristi u sistemu za vođenje rakete, može mu se postaviti zadatak da, umesto cilja, meri i prati projektil lansiran ka cilju ili još složeniji zadatak da istovremeno meri i prati i cilj i projektil. Iako se ovi zadaci po obimu i karakteristikama razlikuju od zadatka nišanja na cilj, procesi njihovog izvršavanja su principijelno slični, pa će biti razmatrano samo nišanje na cilj.

Struktura i način rada automatskog nišanskog uređaja

Da bi nišanski uređaj, kao sistem, mogao da ostvari svoj zadatak, mora da poseduje određene podsisteme i komponente, koji su međusobno povezani u jedinstvenu strukturu. Struktura automatskog nišanskog uređaja može se podeliti na sledeće podsisteme:

- podsistem senzora sa nosačem (kućištem) i pogonom,
- elektronski podsistemi,
- računarski podsistem,
- komandno-upravljački podsistem.

Ova podela je uslovna. Jasno je da se komponente nišanskog uređaja mogu podeliti i na druge načine. Tako se pogoni (motori s reduktorima) i njihove elektronske jedinice mogu svrstati u zasebne podsisteme – servomehanizme (servosisteme).

Senzori za detekciju cilja su ključni senzori nišanskog uređaja. Pored toga što daju informaciju o postojanju cilja, oni omogućavaju određivanje relativnog uglovnog položaja cilja u odnosu na nišansku (senzorsku) osu. Dodatni senzori mere uglovni položaj nišanske ose u odnosu na referentni koordinatni sistem. Pored uglovnog položaja senzori mere i daljinu do cilja. Ako se oslonac (osnova) nišanskog uređaja u toku njegovog rada kreće, potrebno je meriti i to kretanje. Zato se koriste posebni senzori ili navigacioni sistem vozila na kojem se uređaj nalazi.

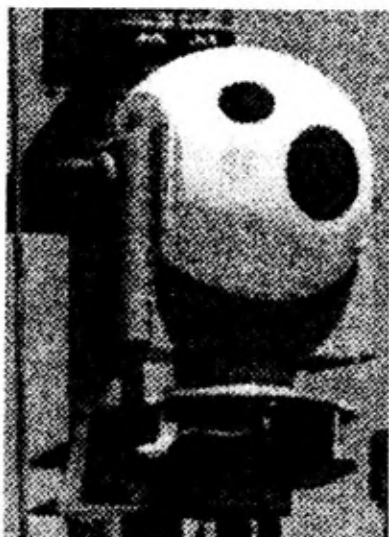
Senzori za detekciju cilja imaju ograničena vidna polja – raspone uglova pod kojima senzori „vide“ cilj, odnosno u stanju su da ga detektuju. S obzirom na to da se nišanje obavlja automatski, zadatak servomehanizama je da korišćenjem motora, preko prenosnih mehanizama ili direktno, rotiraju senzore ili samu nišansku osu (skretanjem zraka pomoću ogledala ili prizmi). Senzori sa pogonom mogu biti smešteni u posebno kućište koje štiti komponente od spoljnih uticaja.

O preciznosti rotacije nišanske ose i napajanju motora energijom brinu posebni elektronski podsistemi – servoelektronika. Tu su i podsistemi za napajanje senzora energijom, kontrolu njihovog rada, filtriranje senzorskih signala i povezivanje senzora i servomehanizama sa računarnom.

Računar je „mozak“ nišanskog uređaja i obavlja mnoštvo funkcija. On obrađuje filtrirane signale senzora, detektuje cilj i meri njegov položaj. Na osnovu toga upravlja servomehanizmima, kako bi što tačnije usmerili nišansku liniju ka cilju, ocenjuje parametre kretanja cilja i prosleđuje ih podsistemu SUV zaduženom za

proračun tačke susreta projektila i cilja i upravljanje oruđem i projektilom. Pored toga, računar rukovodi radom senzora i komunicira sa drugim sistemima i podsistemima. To su: uređaji za navođenje, pretpostavljena komanda, a pre svega komandno-upravljački podsistem.

Komandno-upravljački podsistem predstavlja terminal računarskog podsistema. On sadrži jedan ili više monitora za prikaz informacija relevantnih za rad nišanskog uređaja i praćenje cilja, uključujući i vizuelan prikaz cilja, ako korišćeni senzori to omogućuju. Takođe, sadrži komandnu tablu preko koje operator (nišandžija) ostvaruje različite funkcije vezane za nišanje, odnosno praćenje cilja: uključivanje i isključivanje pojedinih podsistema, izbor režima rada senzora, praćenje podataka koji se prikazuju, itd. Preko komandne table nišandžija može da otvara vatru topovima ili da lansira rakete. Na slikama 1 i 2 prikazani su podsistem senzora sa pogonima smeštenim u kuglasto kućište i komandno-



Sl. 1 – Senzorski podsistem automatskog nišanskog uređaja MSIS izraelske firme ELOP



Sl. 2 – Komandna tabla sa upravljačkom palicom i monitorom nišanskog uređaja MSIS

-upravljačka tabla jednog savremenog automatskog nišanskog uređaja.

Da bi automatsko nišanje otpočelo, nišanska linija mora da bude tako usmerena ka cilju da se on nalazi u vidnom polju senzora. Zbog toga se nišanski uređaj, preko odgovarajućih komunikacionih modula računarskog podsistema, povezuje sa uređajima za navođenje. To mogu biti osmatrački (akvizicioni) radar i optički indikator cilja. Oni nišanskom uređaju daju informaciju o pravcu na kojem se cilj nalazi. Zahvat cilja operator može da obavi i ručno, korišćenjem komandne palice.

Sekvenca događaja koji čine proces nišanja nakon zahvata cilja, po pravilu je sledeća:

- obradom signala osnovnih senzora detektuje se (uočava) cilj i mere uglovna odstupanja nišanske ose od cilja – po azimutu i elevaciji;

- uglovi nišanske ose mere se obradom signala senzora uglova, koji se sabiraju sa uglovnim odstupanjima nišanske

linije i dobijaju uglovi azimuta i elevacije cilja. Pri merenju uglova nišanske ose koriste se i uglovi rotacije vozila, ukoliko se uređaj nalazi na vozilu;

- obradom signala senzora meri se daljina do cilja;

- po potrebi se računaju pravougle koordinate cilja, na osnovu izmerenih sfernih koordinata (uglova i daljine) cilja. Ako se vozilo sa nišanskim uređajem kreće, onda se izračunate koordinate dodaju koordinatama vozila u inercijalnom koordinatnom sistemu, i tako dobijaju (mere) konačne koordinate cilja;

- na osnovu izmerenih koordinata ocenjuju se ostali parametri kretanja cilja (npr. vektori brzine i ubrzanja) i prosleđuju sistemu za upravljanje vatrom;

- na osnovu izmerenih odstupanja nišanske ose od cilja i ocenjenih parametara kretanja cilja, generišu se upravljački signali za servomehanizme, koji rotiraju nišansku liniju tako da što manje odstupa od cilja.

Data sekvenca događaja ponavlja se u kratkim vremenskim razmacima, čije je trajanje određeno brzinom kojom primarni senzori mogu da detektuju cilj. Navedeni postupak obezbeđuje u realnom vremenu kompletnu informaciju o cilju za potrebe gađanja PA topom ili vođenja raketnih projektila. Pojedina rešenja vođenja rakete mogu zahtevati manje podataka o cilju. Minimalna informacija o cilju može da sadrži samo uglove cilja ili uglovna odstupanja linije nišanski uređaj – cilj od linije nišanski uređaj – projektil, što pojednostavljuje opisani proces nišanja.

Problemi detekcije i merenja položaja cilja

Fizički nosilac informacije o cilju je elektromagnetsko zračenje koje dolazi

od cilja. Izvor zračenja može biti sam cilj ili da cilj reflektuje zračenje koje potiče od nekog nebeskog tela (Sunce, Mesec, zvezde) ili senzorskog predajnika. Sve talasne dužine elektromagnetskog zračenja nisu podjednako pogodne za prikupljanje informacija o cilju. Razlozi su:

- spektar talasnih dužina sopstvenog zračenja svakog tela je ograničen;

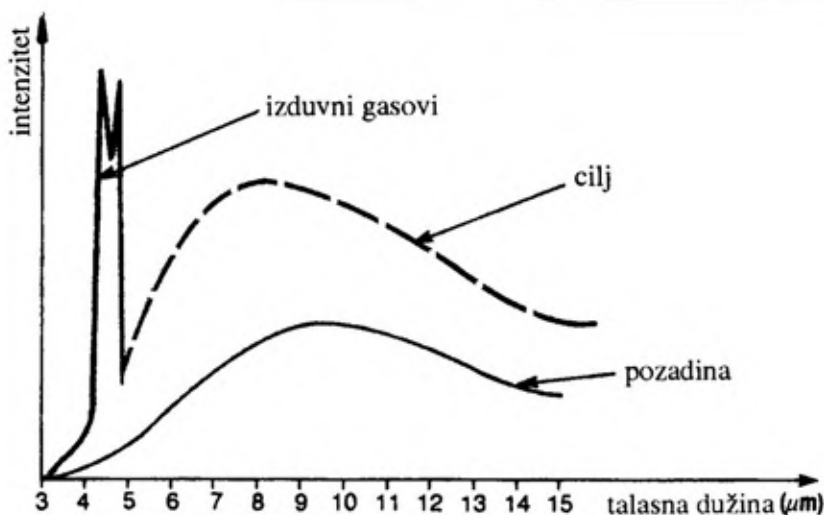
- deo energije elektromagnetskog zračenja koja dolazi od cilja gubi se kroz atmosferu – ovi gubici su različiti za različite talasne dužine zračenja;

- da li će se elektromagnetsko zračenje koje emituje nebesko telo ili veštački predajnik odbiti od cilja i u kojoj meri, zavisi od odnosa talasne dužine zračenja i veličine cilja, kao i od fizičkih karakteristika cilja;

- cena senzora za detekciju zračenja u velikoj meri zavisi od talasne dužine zračenja.

Od izbora talasnog opsega elektromagnetskih talasa bitno zavisi efikasnost detekcije cilja i merenje njegovog položaja, pa će ovaj problem detaljnije biti razmotren.

Potencijalni ciljevi najviše zrače u infracrvenom području (talasne dužine od 0,76 do 760 μm). Slika 3 prikazuje spektre zračenja niskeleće rakete i pozadine (neba). Najveći intenzitet zračenja imaju izduvni gasovi motora (raketnog, mlaznog) i to u opsegu talasnih dužina od 4 do 5 μm [4]. Telo letelice najviše zrači u opsegu od 6 do 13 μm . U navedenim delovima spektra postoji značajan toplotni kontrast između cilja i pozadine. Jedino izduvni gasovi zrače u vidljivom delu spektra (od 0,36 do 0,76 μm) i to u maloj oblasti na samom izlazu iz motora, tako da je ovo zračenje uočljivo uglavnom kada se cilj udaljava od nišanskog uređaja. Zračenje ciljeva u radio-opsegu (od



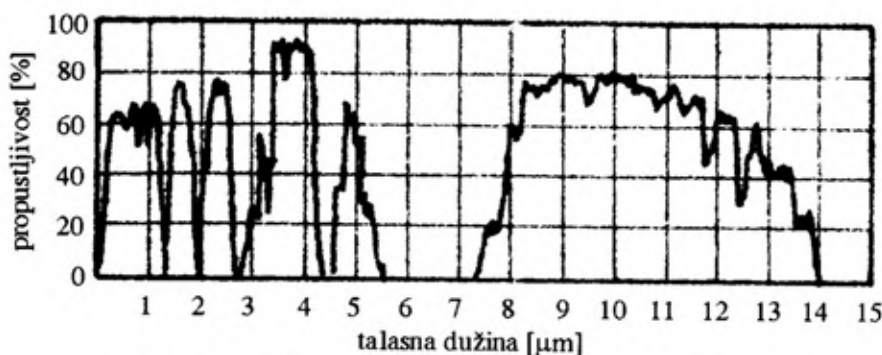
Sl. 3 – Spektar zračenja rakete i pozadine

0,1 m do 100 km) zanemarljivo je, osim u kratkim periodima kada šalju radio-poruke ili radarom ozračuju nišanski uređaj. Što se prirodnih izvora zračenja tiče, senzori nišanskih uređaja koriste jedino vidljivu svetlost nebeskih tela koju reflektuje cilj.

Gubici zračenja kroz atmosferu potiču od čestica u vazduhu koje upijaju, skreću i odbijaju elektromagnetne zrake. Veličina gubitaka zavisi od talasne dužine zračenja, kao i veličine i prirode čestica prisutnih u atmosferi. Suva i čista atmos-

fera odlično propušta sve radio-talase i dobro propušta vidljivu svetlost, kao i pojedine delove infracrvenog spektra zračenja (slika 4) [5]. To su delovi spektra od 0,76 do 1,1 μm , oko 1,5 μm i od 8 do 13 μm .

Situacija se znatno menja kad u vazduhu ima vlage, jer sa povećanjem vlažnosti smanjuje se vidljivost, ali i propustljivost toplotnog (infracrvenog) zračenja. Pri pojavi magle praćenje u vidljivom delu spektra potpuno je onemogućeno, dok je domet praćenja u infracrvenom



Sl. 4 – Propustljivost atmosfere u zavisnosti od talasne dužine

spektru drastično smanjen. Pri gušćoj magli i kiši i takvo praćenje potpuno je onemogućeno. Vлага u vazduhu smanjuje i propuštanje radio-talasa, naročito u milimetarskom i centrimetarskom području, ali u manjoj meri, tako da tek pojava kiše dovodi u pitanje mogućnost praćenja ciljeva u radio-području i to kada se koriste talasne dužine manje od 5 cm. Činjenica da povećanje talasne dužine zračenja smanjuje uticaj atmosferskih prilika na nišanje, može navesti na pomisao da treba koristiti radio-zračenje velikih talasnih dužina. Međutim, sa povećanjem talasne dužine opada tačnost određivanja položaja cilja, a pri talasnim dužinama preko pola metra gubi se mogućnost detekcije jako malih ciljeva (projektila), a smanjuje refleksija zračenja od malih i srednjih ciljeva. Zbog toga nišanski radari uglavnom koriste talasne dužine od 6 mm do 2 cm, odnosno frekvencije zračenja od 15 do 49 GHz.

Pri izboru talasnih opsega za detekciju cilja treba imati u vidu i taktički aspekt problema nišanja – najpogodnije je cilj detektovati pasivno, tj. korišćenjem njegovog sopstvenog zračenja ili prirodnog zračenja reflektovanog od cilja.

Cena senzora, takođe, uslovljava izbor talasnog opsega. Najjeftiniji senzor za detekciju cilja je televizijska (TV) kamera. Ona omogućava detekciju cilja u vidljivom delu elektromagnetnog spektra i obezbeđuje operatoru dobru vizuelnu kontrolu nišanja. Zbog toga se danas nalazi na gotovo svim automatskim nišanskim uređajima, iako ne omogućava da se cilj prati po magli, oblačnom vremenu, kiši i noću.

Nedostatke klasičnih TV kamera ublažuju tzv. kamere za nizak nivo osvetljenosti (LLTV kamere), koje detektuju mnogo niži intenzitet svetlosti, kako u

vidljivom delu spektra, tako i u infracrvenom delu spektra koji je blizak vidljivom (spektar ovih kamera je od 0,36 do 1,1 μm), što omogućava praćenje ciljeva noću, po mesečini i svetlosti zvezda. Ni one ne omogućuju detekciju cilja danju pri oblačnosti i dimu, kao i u noćima bez svetlosti zvezda. U tim uslovima mnogo su bolje termovizijske kamere. One daju toplotnu sliku cilja u opsezima od 3 do 5 μm ili od 8 do 13 μm , u kojima ciljevi intenzivno zrače toplotu i koje čista atmosfera dobro provodi. S obzirom na to da je zapremina onog dela izduvnih gasova, koji zrači na 3 do 5 μm , mala u odnosu na zapreminu cilja, a većim delom je zaklonjena kada se cilj približava, kao i da se savremeni pogonski motori konstruišu tako da se ovo zračenje maksimalno smanji, termovizijske kamere pretežno funkcionišu u opsegu od 8 do 12 μm .

Termovizijske kamere visoke osetljivosti i visoke rezolucije su vrlo skupi senzori. Bez obzira na cenu, kao i to što ne mogu da detektuju ciljeve po gustoj magli i kiši, one se sve češće koriste zbog toga što svojim pasivnim radom ne otkrivaju položaj sistema PVO, i što danju i noću mogu efikasno da prate letelice na vrlo malim visinama (krstareće projektili, protivbrodske rakete).

Nišanski radar je, svakako, najefikasniji senzor za detekciju cilja, jer je uspešan skoro u svim vremenskim uslovima, danju i noću. Radar zrači radio-energiju i prima zračenje reflektovano od cilja. Kao aktivni senzor, čije se zračenje lako otkriva, on je izložen dejstvu protivradarskih raketa. Osim toga, nije pogodan za praćenje niskeletećih ciljeva zbog pojave dvostruke refleksije zračenja – od cilja i podloge, što maskira cilj i dovodi do pogrešnih merenja. Uprkos primeni naprednih mera, kao što su: uzak snop

zračenja, frekventna agilnost (česta promena talasne dužine zračenja), korišćenje Doplerovog efekta i naprednih tehnika obrade radarskih signala, ovi nedostaci nisu potpuno otklonjeni ni kod najsavremenijih radara. Zbog toga se teži da se nišanski radar, kad god je moguće, zameni kombinacijom termovizijske kamere i laserskog daljinomera, a da se radar koristi samo kada je cilj na većim daljinama (izvan dometa kamere) ili kada zbog magle i padavina termovizija ne može da se koristi. Danas su nišanski radari još uvek dominantni senzori automatskih nišanskih uređaja zapadnih armija i gotovo isključivi automatski nišanski senzori ruske PVO.

Detekcija i merenje položaja cilja televizijskom i termovizijskom kamerom obavlja se digitalnom obradom svetlosne, odnosno toplotne slike i segmentacijom (izdvajanjem) cilja iz pozadine, korišćenjem razlika u kontrastu (svetlosnom ili toplotnom) pojedinih tačaka slike. Nakon što se odredi deo površine slike koji predstavlja cilj, pronalazi se centar te površine i računa njegovo horizontalno i vertikalno rastojanje od centra slike. Ova rastojanja proporcionalna su uglovima između nišanske linije i centra cilja.

Nišanski radar detektuje cilj tako što pošalje kratak impuls radio-zračenja ka cilju i registruje zračenje odbijeno od cilja. Savremeni nišanski radari imaju i mogućnost da detektuju pokretni cilj na osnovu pomeranja frekvencije reflektovanog zračenja u odnosu na emitovano zračenje (tzv. Doplerov efekat), što omogućuje da se niskeleći cilj lakše uoči od okoline. Radar meri vreme proteklo od emitovanja impulsa do detekcije impulsa reflektovanog od cilja. To vreme je srazmerno daljini cilja. Merenje uglova cilja u odnosu na radarsku osu znatno je složenije, a za to se koristi osobina da

amplituda radarskog zračenja opada idući od centra ka ivici radarskog snopa. Savremeni nišanski radar šalje četiri zraka ka cilju, tako da su oni pod izvesnim uglom u odnosu na osu radara ravnomerno i simetrično raspoređeni oko ose. Upoređenjem amplituda sva četiri reflektovana zraka računaju se relativni uglovi azimuta i elevacije cilja.

Laserski daljinomer meri daljinu do cilja principijelno isto kao i nišanski radar, s tim što umesto radio-impulsa ka cilju šalje koherentni infracrveni impuls. To je senzor za merenje daljine čija je cena umerena, a koristi se kao dopuna televizijskim i termovizijskim kamerama. U odnosu na nišanski radar ima manji domet, znatno manju brzinu ponavljanja merenja i teorijski veću tačnost merenja daljine. Zbog izuzetno uskog i strogo usmerenog snopa zračenja može ga otkriti samo cilj koji je ozračen, što ga čini bezbednijim za upotrebu od nišanskog radara. Laserski daljinomeri zrače u infracrvenom području, najčešće na talasnoj dužini $1,06\text{ }\mu\text{m}$, koja je opasna za ljudsko oko. Zbog toga se sve više koriste laseri koji zrače na $1,54\text{ }\mu\text{m}$, jer ovo zračenje ne oštećuje vid, kao ni zračenje na $10,64\text{ }\mu\text{m}$ koje, takođe, koriste neki laserski daljinomeri, ali su oni znatno skuplji, pa se ređe koriste. Sve laserske talasne dužine čista atmosfera dobro provodi, ali magla, oblaci i dim predstavljaju prepreke za lasersko zračenje.

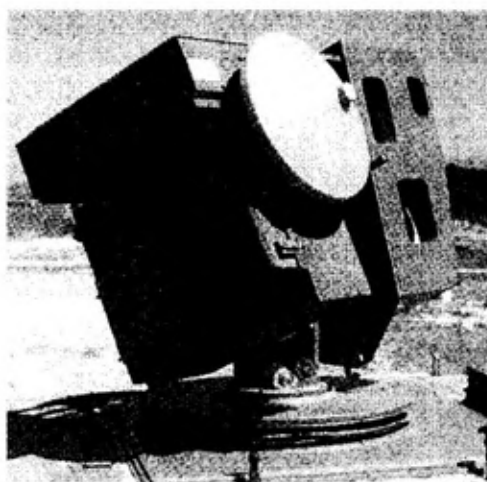
Značajan problem u procesu detekcije i merenja položaja cilja predstavlja lažna detekcija cilja, kada se signal koji dolazi od nekog susednog objekta (oblak, objekt na zemlji, susedni cilj) tumači kao signal koji dolazi od cilja, odnosno kada se pri obradi digitalne slike pogrešno zaključi da silueta nekog drugog objekta predstavlja cilj. Problem lažne detekcije rešava se upoređenjem poslednjeg izme-

renog položaja cilja sa prethodno izračunatom trajektorijom cilja i formiranjem „prozora“ za izmerene uglove i daljinu cilja, kao oblasti dopuštenih vrednosti ovih veličina. Prozori se dinamički menjaju: smanjuju se kada raste poverenje u izmerene vrednosti, a povećavaju u obrnutom slučaju (npr. ako izvesno vreme cilj ne može da se uoči u vidnom polju senzora). Izmerene vrednosti koje su izvan tih „prozora“ odbacuju se kao netačne.

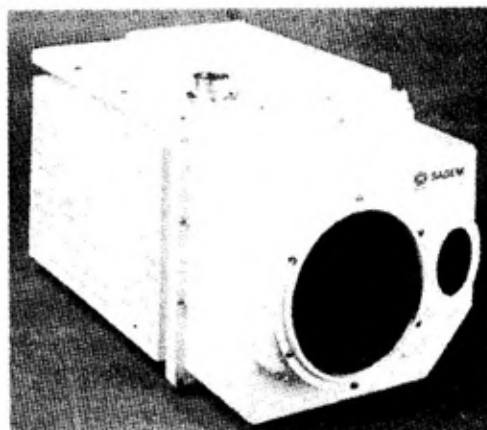
Karakteristike savremenih senzora

Savremeni nišanski radari su monoimpulsni, sa mogućnošću korišćenja Doplerovog efekta. Vršna snaga radar-skog zračenja obično se kreće od 15 kW do 100 kW, prečnik antene do 1 m, domet merenja 10 do 20 km, a frekvencija zračenja od 15 do 49 GHz. Nišanski radari su, po pravilu, frekventno agilni – menjaju frekvenciju zračenja, što otežava ometanje. Tačnost merenja uglova je, po pravilu, bolja od 1 mrad, a tačnost merenja daljine 5 m ili bolja. Primer savremenog radara je nišanski radar južnoafričkog sistema za praćenje REUNERT DEFENCE ETS 2400, malih dimenzija, visoke tačnosti (tačnost daljine 1 m, a tačnost uglova 0,15 mrad) i dometa 20 km (slika 5). Radi u opsegu od 26,5 do 40 GHz, na tri kanala a koristi Doplerov efekat i automatsku detekciju ometanja.

Masa savremene termovizijske kamere iznosi od 11 do 30 kg. Optika omogućuje jedno, dva ili tri vidna polja, u opsegu od 0,85° do 21° ili kontinualnu promenu vidnog polja (zum-objektiv). Temperaturna rezolucija iznosi 0,02 do 0,35°C. Većina termovizijskih kamera radi u opsegu od 8 do 12 μm , najviše 13 μm . Vertikalna rezolucija toplotne slike obično je 625 linija ili veća. Primer savre-



Sl. 5 – Nišanski radar sistema ETS 2400



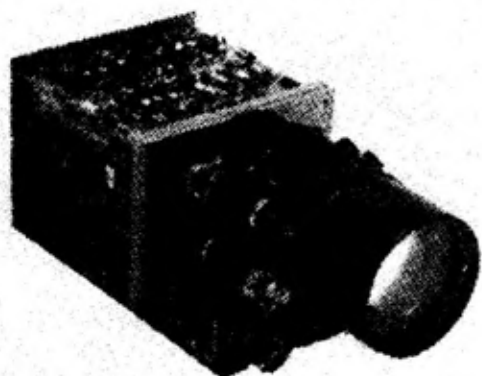
Sl. 6 – Termovizijska kamera SAGEM IRIS

mene termovizijske kamere je francuska kamera SAGEM IRIS sa 288 × 4 detektorskih elemenata, temperaturnom rezolucijom 0,02°C i rezolucijom slike 576 × 768 piksela (slika 6). Njena masa iznosi 10 kg, a masa zasebne elektronske jedinice je 5 kg.

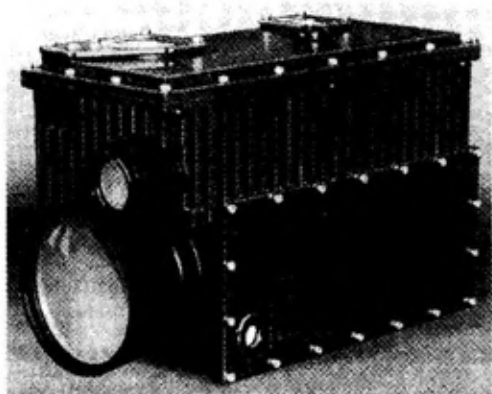
Savremene televizijske kamere opremljene su optikom sa kontinualnom promenom vidnog ugla (zum-objektiv), čiji se opseg uglavnom kreće od 2,5 do 30°. Mogućnost fokusiranja ide od par

metara do beskonačnosti. Masa kamere obično iznosi 0,5 kg, ali je masa objektiva 3 do 4 kg. Vertikalna rezolucija slike je 625 linija ili veća. Svetlosna osetljivost normalnih kamera iznosi 0,3 do 0,5 luksa, a kamera za nizak nivo osvetljenosti 10^{-5} luksa i više. Tako je, na primer, televizijska kamera firme DAGE CORPORATION posebno pogodna za praćenje ciljeva, jer ima rezoluciju od 1200 televizijskih linija i svetlosnu osetljivost od 10^{-7} luksa (slika 7).

Najveći broj danas korišćenih laserskih daljinomera je tipa Nd-YAG, koji se u novije vreme modernizuju dodavanjem Ramanove ćelije, čime postaju be-



Sl. 7 – TV kamera firme DAGE CORPORATION



Sl. 8 – Laserski daljinomer ERICSSON UAL 11636

zopasni za oko. Masa laserskih daljinomera iznosi od 6 do 30 kg, divergencija laserskog snopa od 0,5 do 2 (najviše 4) miliradijana, tačnost merenja od 1 do 6 m (najčešće 5 m), učestalost merenja od 10 do 20 Hz (retko do 30 Hz), a efikasan domet merenja od 10 do 20 km. Primer savremenog laserskog daljinomera predstavlja švedski ERICSSON UAL 11636, mase 10 kg, učestalosti merenja 25 Hz, dometa do 20 475 metara (slika 8).

Zaključak

Analizom strukture i funkcije automatskih nišanskih uređaja uočene su funkcionalne celine koje su zajedničke svim varijantama ovih uređaja, nezavisno od njihove taktičke namene, kao i one koje imaju specifičnu namenu. To navodi na zaključak da modularna realizacija nišanskog uređaja može da obezbedi njegovu višestruku namenu, uz smanjenje troškova proizvodnje. Analizom problema detekcije cilja i prirode elektromagnetnog zračenja može se zaključiti da kombinacija elektrooptičkih senzora (termovizijska kamera – laserski daljinomer) ima bitne prednosti u odnosu na nišanski radar pri nišanjenju na manjim daljinama, ali da ne može u potpunosti da potisne radare u PVO na malim i srednjim daljinama.

Literatura:

- [1] Milinović, M., Dodić, N.: Automatsko upravljanje vatrom protivavionskog topa, Naučnotehnički pregled, vol. 47, br. 1, str. 10–13, 1997.
- [2] Dodić, N., Milinović, M.: Nova koncepcija upravljanja vatrom protivavionskog topa, Vojnotehnički glasnik, br. 6, str. 5–14, 1999.
- [3] Dodić, N.: Upravljanje nišanskom spravom u funkciji praćenja cilja u vazduhu, Naučnotehnički pregled, vol. 48, br. 6, str. 33–38, 1998.
- [4] Gaspar, J.: Infra-Red Panoramic Systems for Naval Surveillance, Military Technology, Vol. 9. Issue 6, 1985, June 78–82.
- [5] Razingar A.: Protivelektronsko obezbeđenje, TŠC Zagreb, 1979.

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.

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

OSNOVI METODOLOGIJE PROJEKTOVANJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA

UDC: 65.01

Rezime:

U radu su, na osnovama rezultata poznatih istraživanja, date osnove kreirane metodologije projektovanja organizaciono-tehnoloških (poslovnih) sistema. Metodologija je koncipirana tako da bude primenljiva za široki spektar mogućih organizaciono-tehnoloških sistema, a posebno za one kod kojih je ubrzavanje informacionih i materijalnih tokova osnovni pokazatelj poboljšanja uspešnosti. Metodologija obuhvata celinu projektovanih sistema, s tim što se naglašavaju specifične metodologije projektovanja tehnološkog i organizacionog podsistema. U okvir metodologije uključene su specifične procedure permanentne ocene varijantnih rešenja i osiguranja kvaliteta projektovanja. Metodologija je primenjena u praksi kod reprojekovanja specifičnog sistema održavanja, gde je dala odgovarajuće rezultate.

Ključne reči: metodologija, projektovanje, organizaciono-tehnološki sistemi, organizacija, tehnologija.

BASICS OF METHODOLOGY OF DESIGN OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Summary:

The fundamental principles of the created methodology for designing organizational and technological (business) systems are given on the basis of results of well-known researches. The methodology is conceived in such a way to be applicable to the wide spectrum of possible organizational-technological systems, in particular to those systems where quickening of information and material flows represents the increase of successfulness. The methodology concerns designed systems as a whole with the special emphasis on the specific methodologies of design of technological and organizational subsystem. Particular procedures for permanent estimations of variate solutions and for assuring design quality are included in the methodology as well. The application of the methodology in practice, in redesigning a specific maintenance system, has given appropriate results.

Key words: methodology, design, organizational and technological systems, organization, technology.

Uvod

Usavršavanje organizaciono-tehnoloških sistema (OTS) neophodno je za njihov opstanak, jer u protivnom poprimaju karakteristike zatvorenih sistema u

kojima raste entropija, pa sistem kreće ka dezorganizaciji i gašenju. Dinamiku i osnovne pravce usavršavanja diktiraju OTS koji se nalaze na višem nivou unutrašnje organizovanosti, poremećaji u tražnji za robama i uslugama i izmenjeni

zahtevi kupaca-korisnika usluga. Usavršavanje i razvoj OTS može biti u sferama tehnologije, organizacije i organizacione kulture (načina ponašanja – attitude), u jednoj od njih ili u njihovoj kombinaciji.

Egzistencija i razvoj OTS zavisi od toga kako će se oni adaptirati na promene koje imaju generatore u sistemu i van sistema. Zbog toga se ovi sistemi diferenciraju na delove koji imaju zadatak da upravljaju pojedinim segmentima okoline i sopstvene delatnosti. Svi elementi OTS-a su među sobom povezani organizacionom strukturom a kvalitet i usklađenost njihovih veza ima svoj direktan iskaz u uspešnosti funkcionisanja OTS-a. Dinamička stabilnost efektivnosti organizacije ostvaruje se i organizacionim promenama. Radi toga projektovanje organizacije, kroz planirane i kontrolisane organizacione promene, odnosno kroz primene naučnih metoda za rešavanje personalnih, socijalnih, organizacionih i tehničko-tehnoloških problema, donosi stabilnost organizaciji, grupama i pojedincu.

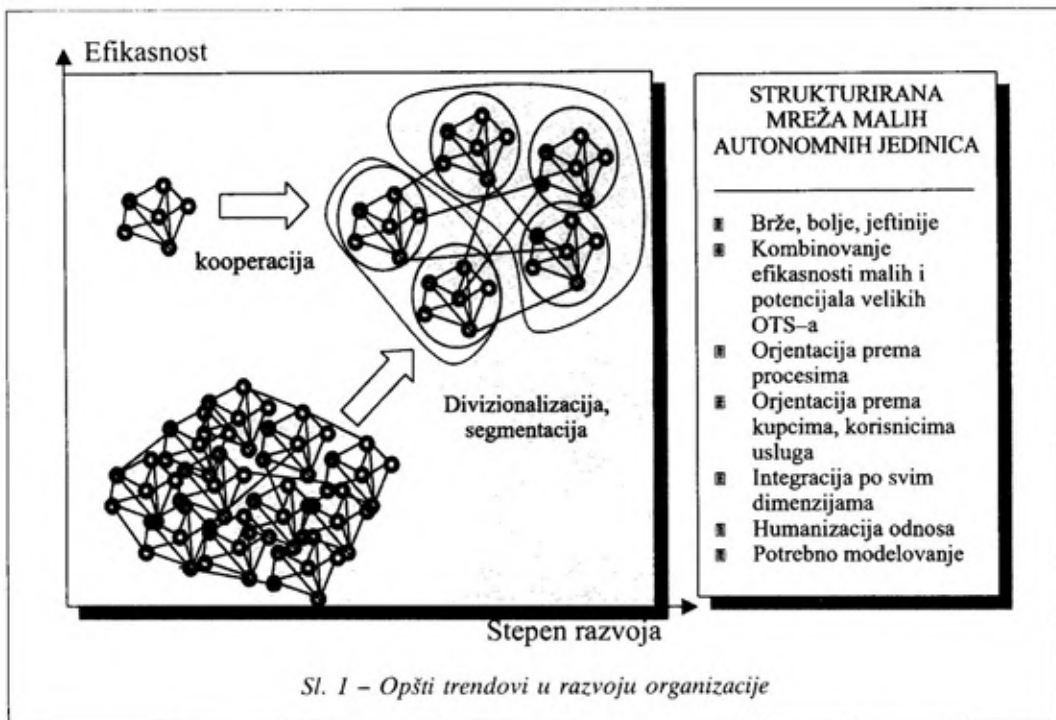
Savremeni pristupi projektovanju organizacije

Svi moderni pristupi organizaciji u suštini su zasnovani na sistemskom i situacionom pristupu i na kontingentnoj teoriji, počev od rada Džemsa G. Milera, „Živi sistemi“ (1978), preko koncepta Reinženjeringa poslovnih procesa (Business proces reengineering – BPR) [1], do koncepta Proaktivnih organizacija [2] ili Inženjerstva procesnih mreža (Process Networks engineering) [3] i imaju više zajedničkih osobina. To su opšta težnja ka stvaranju manjih, fleksibilnijih i time uspešnijih potcelina i njihovo povezivanje u vidu mreže u celinu da bi se koncentra-

cijom resursa (internih i eksternih) postigao brži napredak i uspešnije reagovalo na veće poremećaje. Prisutna je stalna tendencija promena organizacionih struktura od visoko hijerarhijski i funkcionalno strukturiranih ka horizontalnim mrežama, procesno i tržišno orijentisanim. Primeni strategija Just in Time i Total Quality Management poklanja se sve veća pažnja. Sve je izraženiji i trend humanizacije odnosa. Ovi trendovi nameću integraciju u organizaciji istovremeno po više dimenzija (među potcelinama prema procesu ili izlazu, finansijsku, informacionu, prema tržištu-kupcima, itd., koje su po karakteru spoljne – sa delovima okruženja i unutrašnje). Grafička ilustracija ovog zaključka prikazana je na slici 1.

Koncept stvaranja budućih uspešnih organizacija zasnivaće se na principima: decentralizovanog upravljanja, upravljanju prema predviđanju i naučenom i dinamičkoj adaptaciji. Insistira se na fleksibilnosti organizacije, i to kroz tri oblika: potencijalna fleksibilnost (lako prelaženje na drugi proizvod – uslugu), organizaciona fleksibilnost (uvek imati višak kapaciteta), operativna fleksibilnost (lako i brzo donošenje odluka). U odnosu na dosadašnje modele „faktorskih“ OTS insistira se na „takmičarskim“ OTS.

U vezi sa ovakvim trendovima usavršavanja organizacije jasno je da će ključni element uspeha biti adekvatan mehanizam koordinacije, odnosno adekvatna organizaciona struktura, pravila i procedure, jer će ključni problemi biti posledica decentralizacije. Drugi element uspeha je usmerenost na korisnike usluga – kupce. Jedan od ključnih mehanizama prevazilaženja problema nastalih decentralizacijom i potrebom da se zadovolje specifični zahtevi tržišta, sastojaće se u integraciji delova sistema prema procesi-



ma, uz eliminaciju gubitaka u njima, i stvaranju adekvatne funkcionalne organizacione strukture (matrična, projektna ili višelinijiska funkcionalna struktura). Ključni faktor bilo kakve integracije predstavlja adekvatan informacioni sistem. Sama primena savremene informacione tehnologije, bez odgovarajuće reorganizacije, neće omogućiti postizanje većih efekata na ukupnu uspešnost OTS [1, 4]. To znači da će uspešnija biti ona organizaciona rešenja koja, uz integraciju prema procesima, omogućavaju povećanje kvaliteta, pojednostavljenje i ubrzanje materijalnih i informacionih tokova u sistemu i između OTS i okoline. Takva rešenja posebno će uticati na izmenu informacionih tokova u OTS, a one će uticati na izmene tokova materijala, radne snage, novca i drugih.

Na polju strategije (metodologije) usavršavanja-projektovanja OTS javlja se

više koncepata koji se po svojoj prirodi međusobno ne isključuju već se dopunjavaju [4], kao što su na primer: koncept BPR, inovacija-usavršavanje procesa (process innovation – PI) [5], unapređenje poslovnih procesa (business process improvement – BPI) [6], ili su specifična kombinacija prethodnih [7]. Ciljevi su im istovetni: omogućiti da se radi brže, bolje i jeftinije, uz zadovoljenje tražnje sve izbirljivijeg tržišta-korisnika, što ima za posledicu postizanje prednosti nad konkurencijom i povećanje profita. Postizanje tih ciljeva zahteva korišćenje svih danas poznatih istraživačkih alata s tim što danas većina naglašava hibridnu simulaciju koja uključuje povezivanje svih tokova u modelima, fuzzy pristup i višekriterijumsko odlučivanje. Bitne razlike javljaju se u: pravcu primene, obuhvatu problema, rezultatima koji se njihovom primenom mogu postići i rizicima koje njihova primena nosi.

Koncept BPR zahteva pristup promenama odozgo nadole, jer se usavršavanjem sistema kao celine teži iskorišćenju svih prednosti sinergetskog efekta. PI je jedan od koncepata koji u osnovi ima pristup odozdo nagore, odnosno preferira se prethodno usavršavanje delova ili pojedinih funkcija sistema, pa tek onda sistema kao celine, slično kao i JIT ili TQM strategije. Ostali koncepti predstavljaju njihovu kombinaciju. Radikalnim reprojektovanjem OTS koje se postiže primenom BPR mogu se očekivati efekti od 50% i više na pokazatelje uspešnosti OTS, ali je rizik donošenja pogrešnih odluka veliki. Primena koncepata sličnih PI sigurno donosi poboljšanja, koja ne mogu biti istog nivoa kao kod BPR, jer su vezana za delove sistema (odsustvo sinergetskog efekta), ali je rizik donošenja pogrešnih odluka mali.

Primena koncepata koji predstavljaju kombinaciju prethodnih može, u ekstremnom slučaju, dovesti i do efekata sličnih primenom BPR [4], s tim što se izbegava opasnost (smanjuje se nivo rizika) koju nosi primena radikalnih rešenja koja često mogu imati i nepredvidljiv suprotan efekat na sistem, posebno kada ih kreiraju menadžeri koji nemaju dovoljno iskustva ili znanja o procesima specifičnim za OTS koji su predmet reprojektovanja.

Problem i cilj istraživanja

Problem koji se postavlja pred inicijatore organizacionih promena u OTS je dvojak. Jedan se sastoji u tome koju od ponuđenih strategija usavršavanja treba izabrati, a drugi je u tome kako doći do kvantitativnih pokazatelja na osnovu kojih će se odabrati najbolja varijanta usavršavanja organizacije OTS gledano

prema specifičnom sistemu kriterijuma, bez eksperimenata na samom sistemu i bez većih troškova istraživanja. Bojazan od nepreduzimanja koraka ka usavršavanju OTS slična je bojazni izazvanoj potencijalnim rizicima koje nose pogrešne odluke. Dodatni problem sastoji se u tome da su jasno definisani samo koncepti koje predstavljaju specifične krajnosti, odnosno BPR i PI. U svim drugim slučajevima potrebno je razvijati specifičnu metodologiju, kao što je to učinjeno na primeru logističkih lanaca (Supply chain managementa) [7]. Problem specifičnih metodologija je u tome što njihov razvoj i primena zahteva, verovatno, najviše uložnog rada.

Sigurno je da se metodologija projektovanja – reprojektovanja OTS mora zasnivati na: „mišljenju unazad“, stavljanjem u prvi plan rezultata (Benchmarking) [8], odnosno mogućih posledica u funkciji od preduzetih ili nepreduzetih mera, što znači stvaranje specifičnog sistema kriterijuma uspešnosti za svaki OTS koji se zasniva i na željama i htenjima korisnika usluga – kupaca; prednosti sinergetskog efekta usavršavanja celine sistema nad usavršavanjem delova u sklopu projektovanja promena u OTS; orijentaciji prvenstveno na ključne procese u smislu eliminacije svega što ne povećava vrednost izlaza (racionalizacija); uzimanju u obzir prednosti intra i interorganizacione sinergije među sličnim i zavisnim grupama poslova ili procesa u sistemu i izvan sistema; ostvarenosti za primenu svih danas poznatih istraživačkih alata, a posebno onih koji omogućavaju kvantifikaciju efekata organizacionih promena i razlika među generisanim organizacionim varijantama; otvorenosti za primenu danas poznatih postupaka za poboljšanje uspešnosti, moguće optimizacije

i racionalizaciju (kao na primer u [6]); sagledavanju potrebnih promena, prvenstveno u organizacionoj, ali i u tehnološkoj sferi i sferi ponašanja zaposlenih koje mogu biti isto toliko značajne i potrebne, a po suštini procesa međusobno su nerazdvojne; proceduri koja omogućava da se prema realnim potrebama i mogućnostima obavlja reprojekovanje sistema koje, svojim zahvatom, može da obuhvati delove sistema (slično PI) do celine sistema (slično BPR); pristupu odozgo nadole koji nudi veću širinu zahvata-sagledavanja problema, međusobnih veza i međuzavisnosti među procesima i odozdo nagore kojim se izbegava neuzimanje u obzir svih uticajnih faktora i karakteristika procesa i podstiče inovativnost pri kreiranju procesa – produkata ljudi koji učestvuju u usavršavanju OTS.

Prednost imaju metodologije koje se zasnivaju na seriji tačno preciziranih faznih koraka, jer se logičnim redosledom postupaka istraživačko-razvojni napor minimiziraju, obezbeđuje sveobuhvatnost, kao i potpuno razumevanje dešavanja u OTS, izbegavaju mogućnosti previda pojedinih uticajnih faktora i veza i time smanjuje mogućnost greške. Da bi se izbegla mogućnost loših rešenja, OTS se mora pristupiti na osnovama sistemskog pristupa i analize. Osnova ovakve metodologije mora biti situacioni pristup (Case study approach), jer se moraju uvažiti specifičnosti svakog projektovanog OTS. Prednost će, naravno, imati one metodologije koje omogućavaju lakšu primenu i time kontinuitet u primeni, odnosno cikličan proces usavršavanja OTS, svaki put kada se ukaže potreba za njihovim poboljšanjima.

Izneta zapažanja praktično čine specifičan sistem kriterijuma valjanosti metodologija za usavršavanje OTS, u opštem slučaju, gledano iz današnje perspektive.

Može se reći da organizacionu strukturu čine tri ključna elementa: makrostruktura organizacije, mikrostruktura organizacije i infrastruktura. Makrostrukturu čine organizacione jedinice, u najširem smislu (uključuje i funkcije), i njihovi međusobni odnosi. Mikrostrukturu predstavlja broj, raspored i odnos radnih mesta unutar svake organizacione jedinice, a infrastrukturu čini sve ono što međusobno povezuje elemente makro i mikrostrukture, stvara mrežu odnosa i pokreće ih zajedno sa psihosocijalnim podsistemom ka ostvarenju cilja. Tu spadaju sledeći podsistemi: informacioni, regulacioni i menadžment.

Iz navedene klasifikacije proističe suština postupka projektovanja organizacione strukture koji se sastoji u [10] sledećem:

- raščlanjavanju ukupnog zadatka OTS (projekat makrostrukture);
- oblikovanju organizacionih jedinica (projekat mikrostrukture);
- uspostavljanju mehanizma koordinacije (projekat infrastrukture).

Svaka organizacija može se prikazati korišćenjem uobičajenog Minitzbergovog opšteg prikaza na kojem dominiraju veliki strukturni blokovi, kao što je učinjeno na slici 2.

Presek A-A organizacije predstavlja njegova organizaciona struktura, koja može biti po tipu i sadržaju vrlo raznolika. Tokovi informacija i novca karakteristični su za ovaj presek. Presek V-V, u stvari, predstavlja prikaz operativnog nivoa sistema koji ima za cilj stvaranje korisnog izlaza na osnovu zadatih ulaza, i na kome se nalaze izvršne organizacione celine sistema. Ovim nivoom dominiraju tokovi materijala, radne snage, sredstava za rad i informacija koje ih prate. Između ovih jasno odvojenih zona postoje i pre-

Sl. 2 – Pristup posmatranju organizacije



lazne zone u kojima se pojavljuju sve moguće kombinacije tokova. Pored ovog u sistemu se odvijaju i specifični procesi odlučivanja. To znači da se istovremeno mora uzeti u obzir postojanje:

- tokova različitog karaktera u sistemu (novca, informacija, materijala, resursa, radne snage);
- prirodnih i upravljačkih kola povratnog dejstva;
- inernosti sistema – kašnjenja u sistemu;
- gubitaka – odliva iz sistema;
- različitog kvaliteta relacija između elemenata sistema (jednosmerne i povratne, pozitivne i negativne, redne, paralelne i kombinovane);
- kriterijuma odlučivanja.

To navodi na sledeće zaključke: da se pri projektovanju-reprojektovanju OTS gotovo istovremeno moraju rešavati problemi tehnoloških dizajna i dizajna organizacione strukture, jer oni predstavljaju nerazdvojivu i međusobno zavisnu celinu; da metodologije tehnološkog i organizacionog projektovanja moraju biti prilagođene karakteru procesa koji su za njih vezani, dakle različite, i da mora

postojati odgovarajući način povezivanja ovih dveju metodologija u jednu celinu zajedno sa ostalim istraživačkim postupcima, danas uobičajenim u aktivnostima oko projektovanja organizacije i tehnologije.

Danas postoji malo modela i postupaka za sveobuhvatno projektovanje karakterističnih OTS koji bi zadovoljili sve navedene zahteve (ako se postojeći uopšte mogu tako okarakterisati). Taj nedostatak posebno se oseća u domenu logističkih OTS. Specifičnosti okruženja, ciljeva, parametara uspešnosti, karaktera poslova i kupaca ili korisnika usluga utiču da se mora kreirati specifična metodologija za projektovanje-reprojektovanje ovakvih sistema.

Koncipiranje i prikaz jedne takve metodologije predstavlja cilj ovog rada. Na taj način doprineće se povećanju mogućnosti uspešnog projektovanja tehnološkog podsistema i organizacione strukture u različitim situacijama i poboljšanju uspešnosti OTS. To je celovita metodologija projektovanja OTS kao celine i, u okviru toga, metodologija projektovanja adekvatnih organizacionih struktura. Pri

njenom stvaranju uzeta su u obzir sva do sada stečena saznanja kroz istraživanja ili u praktičnom radu. Takođe, omogućeno je da se korišćenjem takve metodologije odredi najbolja varijanta organizacione strukture iz skupa mogućih, i omogući eksperimentisanje sa mogućim organizacionim, tehnološkim i drugim rešenjima i promenom veličina ulaznih parametara. To znači i da je izvršena sistematizacija i optimizacija potrebnih postupaka projektovanja i njihovo uklapanje u odgovarajuću proceduru projektovanja.

Metodologija je prikazana na primeru sistema održavanja (SOD), kao karakterističnog logističkog sistema. U ovoj oblasti su, do sada, postojale razvijene metodologije za optimizacije delova sistema i sistema održavanja pojedinačnih tehničkih sredstava, prvenstveno zasnovane na teoriji pouzdanosti, pogodnosti održavanja i optimizaciji zasnovanoj na srednjim vrednostima statističkih pokazatelja i modelima održavanja.

Sistem održavanja

Sistem održavanja može biti samostalan sistem ili je podsistem šireg sistema i kao takav mora biti usklađen sa drugim podsistemima i podređen cilju funkcionisanja šireg sistema. Svoje funkcionisanje ostvaruje kroz pojedinačni i maloserijski tip proizvodnje. Sistem je prema nadležnostima hijerarhijski ustrojen s jedne strane, a sa druge je, načelno, prostorno razdužen, gde je svaka organizaciono-tehnološka celina zaokružena i za date uslove univerzalna. Logistički sistemi u koje spada i SOD pripadaju klasi sistema kod kojih je ključni faktor uspeha ubrzavanje informacionih tokova i procesa donošenja odluke [9]. Po svojim karakteristikama

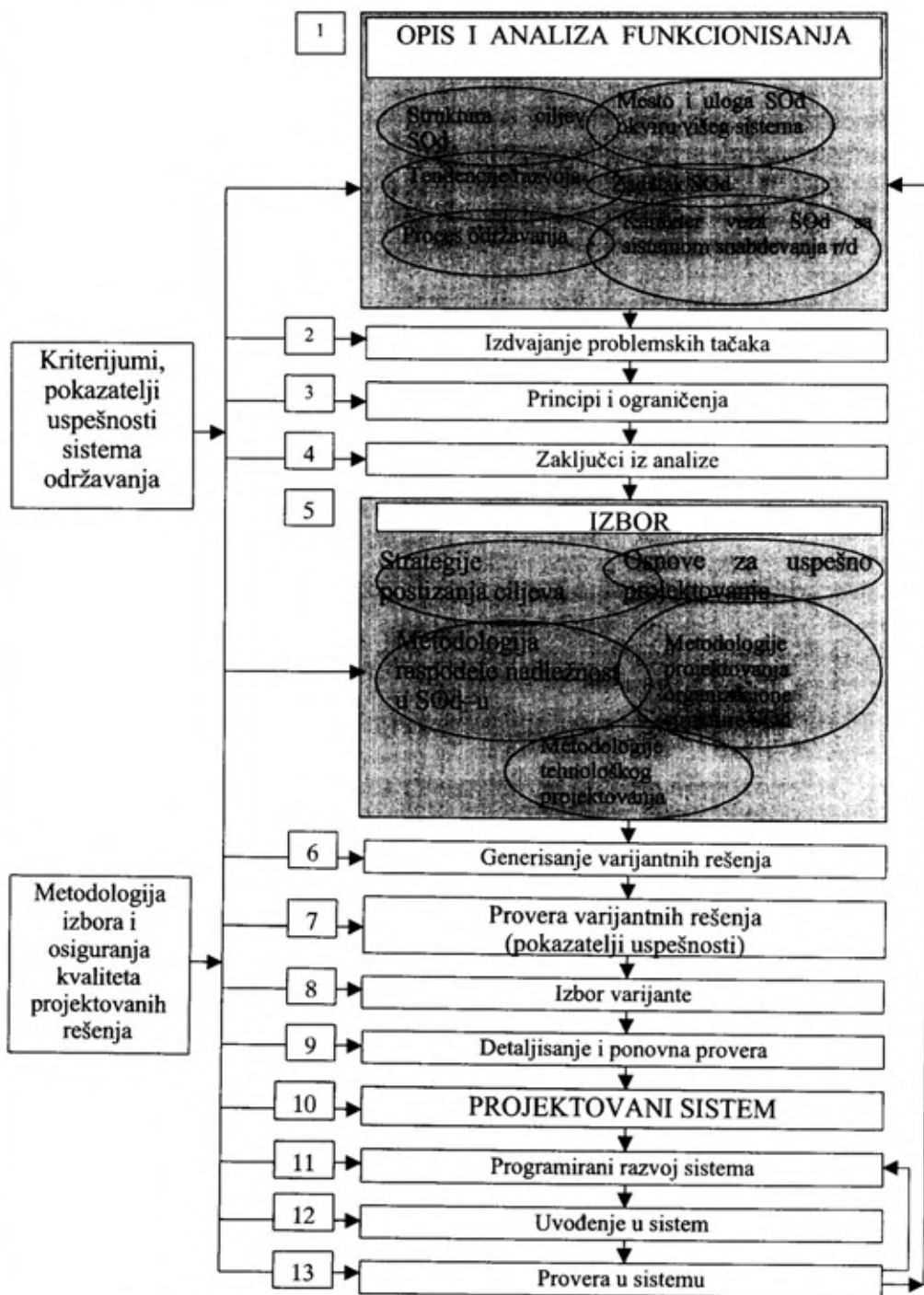
SOD predstavlja poslovni sistem u punom značenju tog termina.

Danas su aktuelni koncepti integralne logističke podrške (ILS), serije američkih vojnih i IEC standarda, kao i standarda o kvalitetu ISO 9000, 10000, 14000, pouzdanosti ljudskog faktora i drugi, čija se filozofija zasniva na integralnom i sveobuhvatnom posmatranju događaja vezanih za proizvod u toku čitavog životnog veka. Na osnovu iznetog od izuzetne je važnosti uključivanje SOD-a u procese nabavke, projektovanja, proizvodnje i modifikacije TS, obuke korisnika za pravilnu eksploataciju, kao i regeneracije i snabdevanja rezervnim delovima, odnosno pružanja podrške – obezbeđenja kvaliteta TS u toku projektovanog „životnog veka“. Sve to nameće problem efikasnog i efektivnog integrisanja SOD, kako sa sistemima koji razvijaju i proizvode TS, tako i sa korisnicima i njihovim organizacijama radi poboljšanja uspešnosti svakog od njih.

Osnovni algoritam projektovanja – reprojektovanja OTS

Osnovni algoritam projektovanja – reprojektovanja OTS kao celine, prikazan je na slici 3.

Suština sadržaja pojedinih koraka procedure prikazana je na slici. Kreirani pristup zasnovan je na filozofiji cikličnih ili spiralnih, ali i klasičnih modela organizacionog projektovanja. U sebi ima ugrađenu proceduru postupaka sistemskog pristupa. Posmatranom sistemu pristupa se kao celini, ali se posmatraju i njegovi karakteristični delovi. Time je postignuta mogućnost da se u postupku projektovanja ostvari susretni pristup (odozgo na dole i obratno), ali i da se provedu postupci analize i sinteze. Ciklični ili



Sl. 3 – Osnovni algoritam postupka projektovanja SOd

spiralni pristup znači permanentnu verifikaciju i validaciju rezultata i povratak na prethodne korake procedure ako je potrebno postići odgovarajuća poboljšanja, u bilo kom koraku, odnosno ostvaruje se kontinuirana povratna veza. Postupak podrazumeva i testiranje dobijenih rešenja u praksi i permanentno usavršavanje sistema zbog poboljšanja vrednosti izlaznih pokazatelja uspešnosti, ili zbog promena koje mogu nastati u sferi okruženja ili tehnologije.

Projektovanje jedne po jedne jedinice i njihovo uklapanje u celinu čini postupak projektovanja odozdo nagore. Ovaj pristup omogućava zadržavanje projekta u granicama upravljivosti i razumevanje problema i funkcionisanja pojedinih potcelina (uz povezivanje prema procesima). Na taj način reprojektovanje OTS ne znači nužno revolucionarne promene, nego se omogućava i evolutivni razvoj.

Dve osnovne celine ili faze postupka predstavljaju *opis i analiza funkcionisanja i izbor*.

U toku postupka opisa i analize funkcionisanja treba izvršiti analizu tokova materijala (ATM), analizu informacionih tokova (AIF) i analizu postupaka odlučivanja (APO).

ATM omogućava da se uoče uzroci raznih zastoja u procesima pretvaranja materijalnog ulaza u korisni izlaz, ograničenja, nelogičnosti i mesta na kojima se pojavljuje diskontinuitet međusobno zavisnih radnji ili postupaka, nedostaci u logističkoj podršci, itd., i da se tačno odrede aktivnosti koje ne povećavaju vrednost izlaznih rezultata (generatori gubitaka).

AIF omogućava da se determinišu sve karakteristike i tokovi informacija unutar posmatranog sistema i između

sistema i njegovog okruženja. Takođe, ovim postupkom se određuje način procesiranja informacija u sistemu i određuju oni elementi organizacione-upravljačke strukture koji su uključeni u pojedine procese odlučivanja. Na taj način određuje se i postojeća struktura nadležnosti i odnosa zavisnosti u upravljačkom podsystemu OTS.

APO je namenjen da se odrede primenjeni postupci i algoritmi u procesu donošenja odluka u procesu upravljanja posmatranim procesima u OTS.

Na osnovu opisa i analize funkcionisanja konkretnog SOD-a dolazi se do preciznog determinisanja: strukture ciljeva SOD, šema organizacione strukture i postojeće raspodele nadležnosti, mesta i uloge SOD u okviru višeg i logističkog sistema i okvirnih zahteva za karakter njegovog funkcionisanja (principa i ograničenja), celine zadatka koje SOD treba da realizuje, strukture i karakteristika tehnoloških zahteva¹ (TZ), karaktera procesa održavanja i tehnoloških elemenata (TE) koji se koriste za održavanje, pravila i procedura po kojima se izvršavaju postupci održavanja, karaktera veza SOD-a sa sistemom snabdevanja rezerva-

¹ TEHNOLOŠKI ZAHTEV može se definisati kao elementarna aktivnost koja nastaje raščlanjivanjem zadatka (u ovom slučaju sistema održavanja) na nivo koji obezbeđuje da se ostvare veze između njih i elemenata koji ih realizuju [11]. TZ su po prirodi višedimenzionalni i nijedan od njih se, pri tehnološkom projektovanju, ne može zaboraviti ili isključiti, jer će time nastati i neuključivanje TEHNOLOŠKOG ELEMENATA, odnosno resursa koji ga izvršava. Konkretno opisivanje TZ moguće je samo ukoliko se sagledaju njihove značajne karakteristike i one na pravi način opisu. Kao najčešće karakteristike TZ sreću se: mesto nastanka TZ u prostoru, mesto završetka TZ u prostoru, vreme nastanka, odnosno zakon nastanka TZ u vremenu, pojavni oblik (količina) TZ, intenzitet TZ, poznate tehnologije koje mogu realizovati TZ, trajanje realizacije TZ za različite poznate tehnologije, interval strpljivosti TZ (vreme u kojem se mora otpočeti sa realizacijom, ili u kojem se realizacija TZ mora obaviti, a da pri tome nema nikakvih posledica izazvanih kašnjenjem realizacije TZ). U praksi se i ove karakteristike mogu bitno razlikovati čak i kod istih TZ, pa je nastala potreba za novim pojmom, kao što je obeležje karakteristike tehnološkog zahteva. Kao obeležja karakteristika TZ pojavljuju se: determinističnost ili stohastičnost, stacionarnost ili nestacionarnost, kontinuitet ili diskontinuitet, homogenost ili nehomogenost.

vnim delovima, tendencija razvoja na područjima koja imaju uticaj na SOD.

Izdvajanjem problemskih tačaka identifikuju se njihovi mogući generatori i skup intervencija za njihovo otklanjanje koji mogu biti organizacione, tehnološke ili konceptijske prirode, što uključuje primenu poznatih i novih principa, pravila, procedura i promene u načinu ponašanja ljudi.

Međutim, ne mogu se sva potencijalna rešenja primeniti na sve delove SOD-a, za realizaciju svih TZ i na sve oblike funkcionisanja. Zbog toga je potrebno izvršiti klasifikaciju delova podržavanog sistema i – ili delova SOD-a prema: generatorima tehnoloških zahteva (TZ) odnosno specifičnostima TS, karakteru TZ, specifičnim postupcima i zahtevima upravljanja, TE potrebnim za realizaciju specifičnih TZ, karakteru radne snage, prostoru na kojem se izvode aktivnosti, postavljenim ciljevima, karakteru delatnosti, pripadnosti delovima OTS i šireg okruženja, tendencijama razvoja i slično.

Na osnovu ovakve klasifikacije moguće je specifičnim celinama SOD-a pridružiti skup mogućih rešenja funkcionisanja koja sadrže skup mogućih akcija upravljačke, organizacione, tehnološke ili konceptijske prirode. Time se stvara okvir za projektovanje varijantnih rešenja strukture i procesa u okviru SOD-a. Samo na osnovu analize sistema stiče se dovoljno informacija potrebnih za kreiranje odgovarajućeg modela sistema.

Tokom faze izbora moraju se odrediti koje će se od mogućih strategija usavršavanja OTS uzeti u razmatranje. To predstavlja osnovu za konkretan odabir osnova za uspešno reprojekovanje – projektovanje OTS i metodologija raspo-

deljivanja nadležnosti, kao i tehnološkog projektovanja.

Sistemi koji su „u krizi“, odnosno oni kod kojih postoji potreba za reprojekovanjem, imaju mogućnost da izaberu neku od sledećih opštih strategija izlaska iz nepovoljnog stanja: smanjenje troškova standardizacijom, modifikacijom i ekonomijom obima zadatka: koncentracijom programa i resursa na manji broj usluga i prostornih lokacija – opšta racionalizacija i poboljšanje efikasnosti; izgradnja posebne reputacije kvalitetnim usluživanjem – održavanjem; povećani obim pružanja usluge održavanja; novi proizvodi – usluge.

Osnovu za projektovanje načelno čini skup principa i ograničenja na kojima bi trebalo da se zasniva funkcionisanje SOD-a, a koje treba pažljivo izabrati iz skupa mogućih. Rešenje će biti uspešno ako se prioritet daje procesima (celina je važnija od dela) da bi se zatim išlo na usavršavanje metoda rada (operacija).

Algoritmovana metodologija projektovanja OTS, u celini, ima kvalitativnu i kvantitativnu fazu. Kako se više ide prema kraju procedure modelovanje postaje sve više kvantitativno orijentisano, što zahteva i angažman stručnjaka odgovarajućih profila u zavisnosti od faze istraživanja.

Proces projektovanja je iterativan. Permanentna primena sistema kriterijuma i postupaka za obezbeđenje kvaliteta projekta omogućavaju postojanje stalne (kontinuirane) povratne veze između svih koraka u algoritmu.

Sistem kriterijuma uspešnosti

Sistem kriterijuma uspešnosti može se formirati kao specifični sistem koji odražava specifičnosti tog OTS, na

osnovu pokazatelja kojima se može izvršiti poređenje sa direktnom konkurencijom, na osnovu pokazatelja kojima se može izvršiti poređenje sa sličnim delatnostima i na osnovu pokazatelja kojima se može izvršiti poređenje sa najboljim OTS, bez obzira na to kojoj oblasti ljudskog delovanja pripadaju.

Svi autori se slažu da ne postoji jedna i osnovna mera za uspešnost logističkih sistema, već da uspešnost ovakvih sistema treba da se odredi skupom kriterijuma od kojih su osnovni [8]: kvalitet usluge (pouzdanost kvaliteta usluge i efikasnost njenog izvršenja), raspoloživost proizvoda koji su potrebni korisniku – kupcu, odgovornost prema zahtevima korisnika – kupca (brzo i efektivno procesiranje zahteva), brzina i pouzdanost kojom se usluga izvršava.

Bez obzira na sve, sistem kriterijuma mora se formirati kao specifičan, s tim da danas najbolje rezultate daju sistemi izgrađeni kao kombinacija na osnovama specifičnog sistema kriterijuma OTS i na osnovu pokazatelja sa kojima se može izvršiti poređenje sa najboljim OTS bez obzira na to kojoj oblasti pripadaju.

Prednosti primene ovog metoda (u suštini, metod Benchmarking) u fazi projektovanja SOd su u tome da se može [8]: izvršiti poređenje sa konkurencijom; poboljšati zadovoljstvo (ispuniti zahtevi) korisnika – kupaca proizvoda – usluge; steći i održati reputacija na tržištu; povećati profit; smanjiti troškovi; dostići vodeći status u oblasti i osiguranje od konkurencije; steći kredibilitet, stalno poznavati stanje i mere koje za njegovo poboljšanje treba preduzeti; izvršiti identifikaciju problemskih tačaka; definisati preciznije skup ciljeva OTS u budućnosti; omogućiti konstantan napredak OTS;

poboljšati motivacija zaposlenih i komparativne prednosti.

Postupak za obezbeđenje kvaliteta projekta

Mogućnost ugrađivanja podsistema, metoda, pravila i procedura, koji mogu postužiti za otklanjanje neželjenih događaja u funkcionisanju (shvaćeno u najširem smislu) još u fazi projektovanja OTS, predstavlja značajan projektantski problem. Rešenje problema otežavaju zahtevi za stvaranjem konzistentne celine sa postupcima projektovanja kroz njihovo povezivanje prema mestu i vremenu. Važno je, takođe, naći i način da se obezbedi povoljan odnos između ulaganja u preventivu i ostvarivanja koristi od smanjenja rizika nastanka neželjenih događaja.

Postupci sprečavanja nastanka gubitaka – troškova većih od nužno neophodnih, po suštini preventivni, predstavljaju, za sada, najlakši, najbrži i najjeftiniji put za postizanje uspeha OTS-a. Pažnja se fokusira na fazu projektovanja OTS-a, jer se logičkim putem lako može doći do zaključka da je najlakše otklanjati probleme pre njihovog nastanka. Rešenje se zato sastoji u kreiranju algoritma kojim bi se preventiva ugradila u postupke još u fazi projektovanja i time osigurao kvalitet projektnih rešenja. Primena algoritma mora omogućiti projektantima OTS-a sagledavanje mogućnosti, kriterijuma i trenutka ugradnje pojedinih rešenja preventivnog karaktera kroz projekat. Rešenja moraju biti zasnovana na pozitivnim iskustvima dosadašnje teorije i prakse projektovanja, da bi se ostvarili pozitivni efekti, kako na vreme i napore projekatnata, tako i na funkcionisanje i ekonomičnost projektovanih sistema. Po-

sledice otkaza – gubitaka (njihove manifestacije) po OTS mogu biti raznovrsne po karakteru.²

Proces ugradnje preventive u fazi projektovanja OTS-a zahteva prethodnu analizu objekata i izvorišta (uzroka) gubitaka-otkaza u njima i njihovog karaktera. Objekti otkaza-gubitaka u sistemu mogu biti: sistem kao celina, čovek-kadrovi, tehnološki elementi, materijal i energija, postrojenja i instalacije, informacije, organizaciona struktura, upravljački postupci, pravila i procedure i okolina.

Gotovo sva ishodišta mogućih grešaka-otkaza u OTS mogu se svrstati u tri glavne grupe: nedostaci u postupcima projektovanja – predviđanja, greške ljudskog faktora, viša sila.

Dosadašnja praksa je pokazala da se, u načelu, za kategorije otkaza od I–VI nužno i neophodno sprovodi preventiva, za kategorije otkaza VII i VIII preventiva sprovodi samo ukoliko se isplati finansijski, kategorija IX ne zahteva primenu preventive, odnosno ne isplati se primenjivati je.

Prema tome, postoje samo dva kriterijuma nužnosti ugradnje konkretne preventivne akcije u fazi projektovanja OTS-a, a to su: stepen smanjenja rizika i troškovi.

² Krajnje posledice otkaza prema težini se mogu kategorisati u jednu od sledećih devet kategorija (iskorišćena je delom analogija sa tehničkim sistemima):

- kategorija I – katastrofalni otkaz (čije posledice mogu da budu smrt ili povrede ljudi);
- kategorija II – katastrofalni ekološki otkaz;
- kategorija III – kritičan otkaz materijalnih sredstava (uništenje ili veće oštećenje samog sredstva);
- kategorija IV – kritičan otkaz šireg OTS (zastoj ili veće oštećenje šireg sistema);
- kategorija V – incident – događaj kritičan po psihološki osećaj sigurnosti;
- kategorija VI – kritičan otkaz po veličini materijalne štete izazvane zastojem sistema;
- kategorija VII – težak otkaz; otkaz – incident koji može da rezultira neizvršenjem zadatka;
- kategorija VIII – manji otkaz; otkaz – incident koji može da prouzrokuje degradiranje određenih karakteristika i/ili nemogućnost potpunog izvršenja zadatka;
- kategorija IX – neznatan otkaz (ne sprečava izvršenje zadatka, ali zahteva određenu korektivnu akciju).

Opšti algoritam ugradnje preventive u postupke projektovanja OTS prikazan je u referenci [16]. Sam algoritam namenjen je da se kroz njega artikulišu odgovori na pitanja *ZAŠTO*, *KAKO*, *KADA*, *KAKVA* i *KOLIKO PREVENTIVE* ugraditi u projektovani OTS i *KOJA SREDSTVA* treba koristiti.

U srži algoritma je odbacivanje rešenja za koja se u teoriji i praksi projektovanja, na mnogo primera, pokazalo da su sigurno neisplativa. Uključivanje raznolikosti mogućih konkretnih rešenja ostvareno je insistiranjem na generisanju specifičnih varijantnih rešenja.

Algoritam je prilagođen primeni, bez obzira na količinu informacija kojima projektanti raspolažu u procesu projektovanja. Što se više zna o prirodi funkcionisanja OTS-a, analiza može biti dublja.

Iz ukupnog skupa krajnjih posledica otkaza – incidenata za karakteristični OTS izdvaja se podskup onih koji se realno mogu pojaviti i koji su interesantni za analizu sa stanovišta uticaja na OTS. Postupak kategorizacije sprovodi se na već objašnjen način.

Pod projektom preventivnih akcija podrazumeva se smanjenje rizika od nastanka neželjenih događaja ugradnjom redundantnih elemenata, ugradnjom sredstava za dijagnostiku, kontrolu i alarmiranje, alternativnih vrsta rada, metoda povećanja otpornosti na preopterećenja, što uključuje i predimenzioniranje, rešenja za smanjenje greške ljudskog faktora, a posebno rukovodilaca, rešenja koja sprečavaju ili smanjuju mogućnost katastrofalnih otkaza usled ishodišta iz okoline, modularnost građe radi brze izmene i prilagođavanja, itd. Cilj ovih akcija je dejstvo usmereno na umanjenje ili eliminaciju delovanja uzročnika – ishodišta otkaza. Kod organizacionih struktura do-

datni elementi su, na primer, posebne funkcije (npr. kvaliteta), službe (protivpožarna, zaštite, itd.) ili radna mesta (kontrolori...).

Mogućnosti dejstva na uzročnike otkaza često su ograničene, neuobičajene ili nedovoljne sa stanovišta smanjenja rizika otkaza (naročito pri reprojekovanju postojećih OTS-a). Zbog toga je u postupku projektovanja potrebno u način funkcionisanja OTS-a unapred ugraditi operativne postupke – pravila i procedure za funkcionisanje. To je, inače, veoma uobičajen način smanjenja rizika nastanka otkaza – gubitaka.

Sprovođenje opšteg algoritma ugradnje preventive u fazi projektovanja OTS-a nastavlja se postupkom ocene. Ukoliko se radi o projektu preventive otkaza iz kategorija VII i VIII, osnovni kriterijum za odlučivanje su troškovi, odnosno ukoliko je preventiva skuplja od korektive ide se samo na projektovanje postupaka sanacije – korektive. Za otkaze kategorija

I–VI kriterijum za odlučivanje predstavlja minimalni rizik.

Pre završetka algoritmovanog postupka potrebno je proveriti da li varijantna rešenja zadovoljavaju postavljene kriterijume i ograničenja. To je naročito problematično kod otkaza iz kategorija I–VI kada troškovi predstavljaju projektno ograničenje, jer može doći do toga da se mora prihvatiti nužno rešenje koje nosi veći rizik pojave otkaza od poželjnog. Zatim se prelazi na ugradnju preventivnih akcija i postupaka u projekat OTS-a.

Primena ovog postupka moguća je posle svakog koraka osnovnog algoritma projektovanja, ali će prave rezultate dati primena procedura tehnološkog projektovanja i projektovanja organizacione strukture, kao i na kraju celokupnog postupka projektovanja.

– nastaviće se –

Profesor dr Miroslav Demić,*
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Kragujevac
Mr Jovanka Lukić,
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Kragujevac
Profesor
dr Constantinos Spentzas,
National Technical University
of Athens, Greece

FORMALIZOVANO MODELIRANJE UPRAVLJIVOSTI MOTORNIH VOZILA

UDC: 629.1.075:519.711

Rezime:

U ovom radu prikazana je primena simboličke matematike i programa za automatsko generisanje diferencijalnih jednačina pri modeliranju upravljivosti vozila. Pri tome je metoda najpre verifikovana na poznatom Rokardovom modelu vozila, a zatim je razvijen formalizovani postupak za modeliranje upravljivosti vozila. Analize su pokazale da se korišćeni postupak može uspešno primeniti u ovakvim slučajevima, pri čemu se javljaju teškoće pri uključivanju elasto-prigušnih elemenata u razmatranje, a što je u vezi sa performansama računara.

Ključne reči: vozilo, dinamika, upravljivost, automatsko modeliranje.

FORMALIZED MODELLING OF VEHICLE HANDLING

Summary:

In this paper an application of symbolic mathematics and procedure for automated setting of differential equations of vehicle handling were shown. The method was verified on the Rocard's model and the formalizam for vehicle handling modelling was developed. The analysis showed that the used procedure can be applied in these cases, but there are some difficulties when elasto-damping elements are included and they are caused by PC performances.

Key words: vehicle, dynamics, handling, automated modelling.

Uvod

Upravlјivost spada u grupu veoma značajnih parametara za sveobuhvatniju ocenu karakteristika motornih vozila. Zbog toga se analizi parametara upravljivosti poklanja velika pažnja, još u fazi projektovanja vozila. Pri tome značajnu ulogu imaju metode dinamičke simulacije koje se zasnivaju na modeliranju vozila.

Opisivanje dinamičkog ponašanja vozila, zbog njegove složenosti i postojanja velikog broja podsistema, predstavlja veliki problem. Da bi se pomenuta aktivnost olakšala, poslednjih desetak godina veoma se intenzivno radi na definisanju postupaka i izradi programa za automatsko generisanje diferencijalnih jednačina za opisivanje kretanja dinamičkih sistema. U tome posebno mesto zauzimaju manipulatori, ali postoje pokušaji i kod vozila. Ovi postupci naročito su popularni kod stručnjaka u razvijenim zemljama

* Autor je redovni član Inženjerske akademije Jugoslavije, akademik Akademije transporta i Akademije kvaliteta Ruske Federacije.

sveta [11, 13, 17–20, 26]. U našoj zemlji, takođe, postoje rezultati u ovoj oblasti [13, 26], ali se oni odnose prvenstveno na opisivanje dinamike manipulatora. Kako kod nas postoji potreba za analizom dinamike vozila, ovde je razvijen postupak za formalizovano modeliranje upravljivosti vozila, na bazi dograđenog programa iz [13]. Treba naglasiti da se diferencijalne jednačine dobijaju u analitičkom kovarijantnom obliku, i da se mogu koristiti za različite simulacije ponašanja vozila.

U radu su, kao primer, posmatrana dva slučaja kretanja vozila: ravansko i prostorno.

Modeliranje vozila

U literaturi [1, 3, 4, 6, 9, 15, 21, 22] postoji veći broj modela za analizu upravljivosti vozila. Njihova struktura kreće se od jednostavnih (model bicikla) [3, 21, 22], do veoma složenih prostornih modela [1, 9]. Opisivanje složenog prostornog kretanja vozila, kao i sistema većeg broja masa, međusobno povezanih elasto-prigušnim elementima, predstavlja veliki problem. Pri tome se, svakako, mogu učiniti i određene greške, tako da su dobijeni rezultati praktično neupotrebljivi. Zbog toga se poslednjih godina čine pokušaji da se proces generisanja diferencijalnih jednačina automatizuje. U tom smislu razvijen je veći broj programskih paketa, kao na primer: NUBEM, SYM, CAMS, AUTOLEV, NEWEUL, AUTODYN, MEDINA, SIMPACK, DYMAC, DYSAM, MESA VERDE, ADAMS, PLEXUS, AUTOSIM i dr.

Većina nabrojanih programa automatski postavlja diferencijalne jednačine kretanja dinamičkih sistema i numerički ih rešava. Neki od njih uzimaju u obzir i

probleme elastodinamike. Vredi napomenuti da su cene pomenutih paketa izuzetno visoke (do 20 000 USA \$), te su vrlo nedostupni.

Dati programi prvenstveno su namenjeni za analizu manipulatora, a samo neki od njih za simulaciju dinamike vozila [17–19]. Imajući u vidu ove činjenice naporu su usmereni na dogradnju programa iz [13], koji je namenjen prvenstveno modeliranju manipulatora, u analitičkom obliku. Ovaj programski paket dobijen je korišćenjem Lagranževih diferencijalnih jednačina druge vrste [13] i simboličke matematike [27], a dogradnja se sastojala u proširenju mogućnosti definisanja generalisanih sila, radi stvaranja mogućnosti za rešavanje problema neholonomnih sistema. Time je na drugačiji način obuhvaćen uticaj težine na parametre kretanja dinamičkih sistema. Uz to je uvedena i mogućnost modeliranja nelinearnih opruga i amortizera, što u [13] nije bio slučaj.

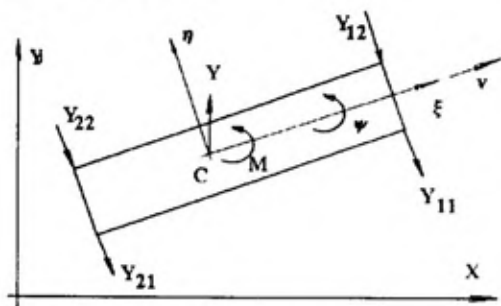
Za analizu upravljivosti vozila, u ovom radu je učinjen pokušaj da se zahvaljujući izmenama, kao i primeni određenih formalizama, program primeni za generisanje diferencijalnih jednačina kretanja vozila (upravljivost). Pri tome treba imati u vidu da je program postavljen tako da sva kretanja krutog tela opisuje u odnosu na nepokretni koordinatni sistem. To dovodi do određenih problema, jer se većina modela koji se koriste pri analizi upravljivosti vozila definišu u odnosu na pokretni koordinatni sistem [6, 21, 22]. Problem se može prevazići daljom dogradnjom programa iz [13], što nije ocenjeno celishodnim. Naime, u ovom radu prvenstveno se želelo pokazati da se program razvijen za opisivanje dinamike manipulatora može koristiti za analitičko opisivanje modela za analizu

upravljivosti vozila. Zbog toga će se modeli vozila definisati u odnosu na nepokretni koordinatni sistem, što nije tako često u praksi [4].

Radi verifikacije korišćenog formalizma posmatran je model vozila koji je razvio Rokard, jer je on definisan u odnosu na nepokretni koordinatni sistem.

Rokardov model vozila

Jedan od najstarijih modela za analizu upravljivosti vozila je Rokardov model [4] koji je ovde prikazan u najužem obliku. Radi dalje analize posmatran je model na slici 1.



Sl. 1 – Rokardov model

Rokard je pretpostavio da se vozilo bez zaokretanja kreće konstantnom brzinom v . Radi opisivanja kretanja vozila uvedena su dva koordinatna sistema: nepokretni XOY i pokretni (vezan za vozilo) ξCη. Neka su koordinate težišta vozila C, u odnosu na nepokretni koordinatni sistem x i y . Prema slici 1 koordinate prednjih točkova su:

$$x_{1,2} = x + a \cos(\psi) \pm d \sin \psi, \quad (1)$$

$$y_{1,2} = y + a \sin(\psi) \pm d \cos \psi. \quad (2)$$

Za male uglove može se napisati da je [4]:

$$x_{1,2} = x + a \pm d \psi, \quad (3)$$

$$y_{1,2} = y + a \psi \pm d. \quad (4)$$

Ugao povodenja prednjih točkova može se izračunati iz izraza [4]:

$$\delta_{1,2} = \frac{dy/dt}{dx/dt} - \psi. \quad (5)$$

Pošto je $dx/dt \approx v$, znači da je:

$$\delta_{1,2} = \frac{\dot{y} + a\dot{\psi}}{v} - \psi. \quad (6)$$

Oдавде se može zaključiti da su za mala pomeranja uglovi povodenja prednjih točkova međusobno jednaki. Koordinate zadnjih točkova date su relacijama:

$$x_{3,4} = x - b \cos \psi \pm d \sin \psi, \quad (7)$$

$$y_{3,4} = y - b \sin \psi \pm d \cos \psi. \quad (8)$$

Za mala pomeranja imamo, [4]:

$$x_{3,4} = x - b \pm d \psi, \quad (9)$$

$$y_{3,4} = y - b \psi \pm d. \quad (10)$$

Uglovi povodenja zadnjih točkova su:

$$\delta_{3,4} = \frac{dy/dt}{dx/dt} - \psi, \quad (11)$$

na osnovu čega sledi da je:

$$\delta_{3,4} = \frac{\dot{y} - b\dot{\psi}}{v} - \psi. \quad (12)$$

Rokard je pretpostavio da su uglovi povodenja mali, tako da su bočne sile pneumatika njima proporcionalne. Tada

se dobijaju diferencijalne jednačine kretanja vozila u obliku [4]:

$$m\ddot{y} = c_1\delta_1 + c_2\delta_2 + Y, \quad (13)$$

$$I_z\ddot{\psi} = ac_1\delta_1 - bc_2\delta_2 + N, \quad (14)$$

gde su Y i N odgovarajuće rezultujuće bočne sile i momenti u odnosu na težište vozila. U slučaju da su one jednake nuli, diferencijalne jednačine dobijaju oblik:

$$m\ddot{y} = c_1\delta_1 + c_2\delta_2, \quad (15)$$

$$I_z\ddot{\psi} = ac_1\delta_1 - bc_2\delta_2. \quad (16)$$

Pri analizama ovih jednačina treba imati u vidu da su one definisane za male uglove i da veličine $c_1\delta_1$ i $c_2\delta_2$ predstavljaju rezultujuće bočne sile pneumatika za prednju i zadnju osovinu. Dobijeni modeli mogu se i dalje proširivati, što nije bio cilj ovog rada, a detaljnije informacije mogu se naći u [4].

Formalizovani model vozila sa tri stepena slobode kretanja

Pri simboličkom modeliranju dinamičkih sistema oni se prikazuju strukturom drveta ili grafovima [11, 13, 17–20, 26]. U [13] dinamički sistem je predstavljen pomoću strukture drveta.

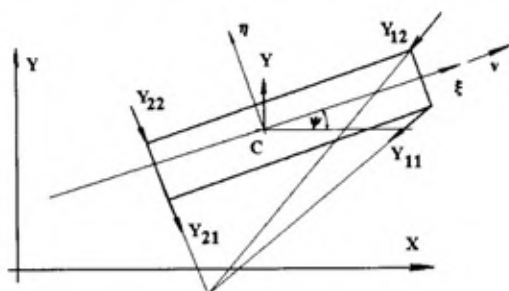
Posmatraće se nešto širi model (u osnovi sličan Rokardovom) sa slike 2, koji ima tri stepena slobode kretanja. Imajući u vidu da svaki segment u strukturi drveta dopušta jedan stepen slobode kretanja [8], vozilo u formalizovanom obliku ima tri segmenta, kao što je prikazano na slici 3.

Generalisane koordinate x, y ($q[1]$ i $q[2]$) opisuju segmente 1 i 2 sa translatornim zglobovima a i b , a koordinatu ψ

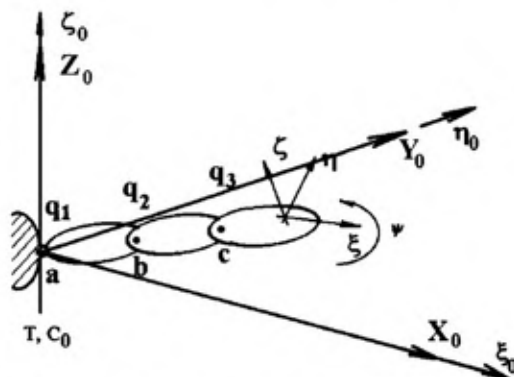
($q[3]$) segment 3 sa rotacionim zglobovom c . Masa vozila M i moment inercije J_z pridodati su segmentu 3. Ovom segmentu pridodate su i sve bočne sile (Y_{11}, Y_{12}, Y_{21} i Y_{22}), kao i težina G , čije su projekcije i koordinate napadnih tačaka fiksirane u lokalnom koordinatnom sistemu $\xi\eta$. Radi ilustracije pripremljena je datoteka za unos podataka u skladu sa [13], a koja je prikazana u tabeli 1.

Aktiviranjem dograđenog programa iz [13] u simboličkoj matematici [27], posle nekoliko minuta rada računara Pentium 90 MHz, dobijene su diferencijalne jednačine u kovarijantnom obliku, prikazane u tabeli 2.

Analizom dobijenih jednačina može se utvrditi da su one, po svom karakteru, slične onima iz modela Rokarda. Razlike su se javile zbog toga što u ovom radu



Sl. 2 – Prošireni Rokardov model



Sl. 3 – Struktura drveta za Rokardov model

Tabela 1

brojčela = 3	m[2] = 0
l = {0, 1, 2}	m[3] = M
ksl = {1, 1, 0}	J[1] = {(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)}
e[1] = {1, 0, 0}	J[2] = {(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)}
e[2] = {0, 1, 0}	J[3] = {(0,x,0,0), (0,0,y,0), (0,0,0,z)}
e[3] = {0, 0, 1}	brojsila = 5
ro[0, 1] = {0, 0, 0}	sila[1] = {3, {a,d,0}, {-Y11 Sin[q], Y11 Cos[q], 0}}
ro[1, 2] = {0, 0, 0}	sila[2] = {3, {a,-d,0}, {-Y12 Sin[q], Y12 Cos[q], 0}}
ro[2, 3] = {0, 0, 0}	sila[3] = {3, {-b,d,0}, {0, Y21, 0}}
ro[1] = {0, 0, 0}	sila[4] = {3, {-b,-d,0}, {0, Y22, 0}}
ro[2] = {0, 0, 0}	sila[5] = {3, {0,0,0}, {0,0,-G}}
ro[3] = {0, 0, 0}	brojopr = 0
m[1] = 0	Null;

Tabela 2

$$\begin{aligned}
 Out(101) = & (-50.0 + M qdd[1] + (Y11 + Y12) Sin[q] == 0, \\
 & -Y21 - Y22 - (Y11 + Y12) Cos[q] - 50.0 + M qdd[2] == 0, \\
 & -1.0 - 1.(-b Y21) - 1.(-b Y22) - \\
 & 1.(a Y11 Cos[q] + d Y11 Sin[q]) - 1.(a Y12 Cos[q] - d Y12 Sin[q]) + Jz qdd[3] == \\
 & 0)
 \end{aligned}$$

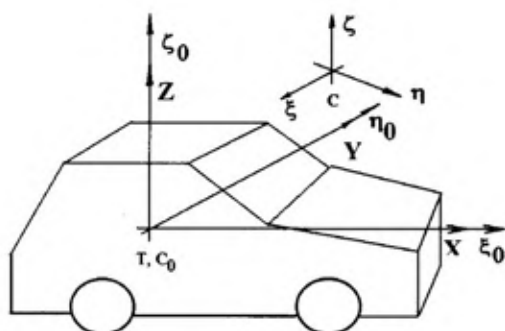
nisu pretpostavljena mala pomeranja. Na osnovu toga može se zaključiti da se program iz [13] može koristiti za generisanje diferencijalnih jednačina za analizu upravljalivosti vozila.

Model vozila sa šest stepeni slobode kretanja

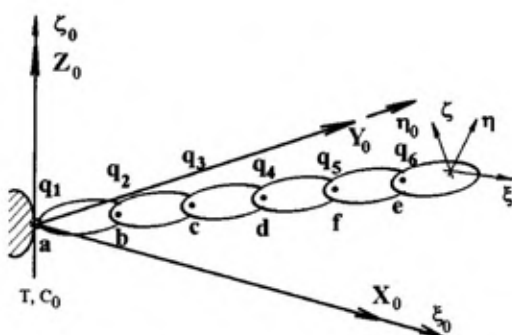
Posmatran je složeniji slučaj prostornog kretanja vozila. Da bi se definisao prostorni položaj vozila, neophodno je uvesti odgovarajuće koordinatne sisteme.

Uvođenje koordinatnih sistema

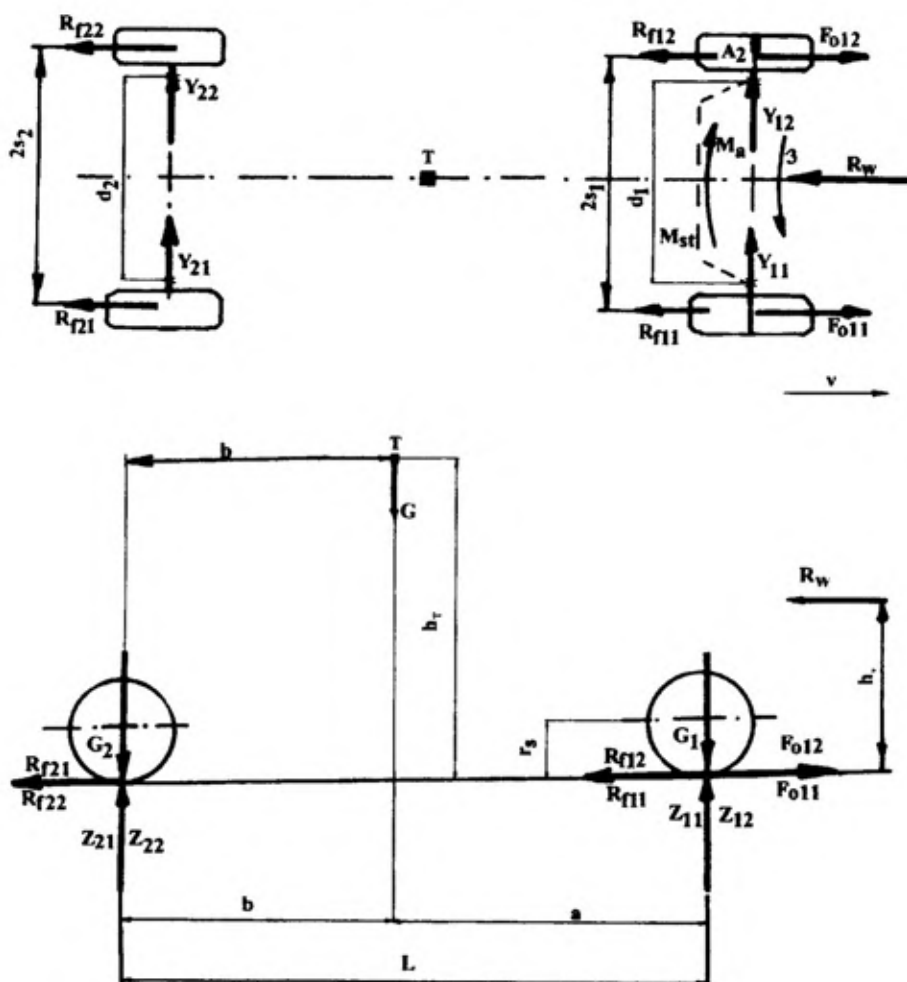
Posmatran je opšti slučaj prostornog kretanja vozila koje će se aproksimirati krutim telom konačnih dimenzija. Pri tome važi pretpostavka da se ono kreće po putu sa makroreljefom koji je karakterisan krivinama, uzdužnim i poprečnim nagibima kolovoza. Pošto ovde nije cilj proučavanje vibracija vozila, uticaj mikroreljefa puta na kretanje vozila biće zanemareno. Za opisivanje kretanja vozila u datim uslovima, potrebno je uvesti



Sl. 4 – Medusobni položaj nepokretnog (globalnog) i pokretnog (lokalnog) koordinatnog sistema



Sl. 5 – Simboličko predstavljanje vozila strukturom drveta



Sl. 6 – Sile koje deluju na vozilo

6 nezavisnih generalisanih koordinata. Radi toga usvaja se nepokretni koordinatni sistem Txyz (globalni koordinatni sistem), čiji se koordinatni početak u početnom trenutku poklapa sa težištem vozila, a ravan Txy je horizontalna. Uvodi se i pokretni (lokalni) koordinatni sistem $C_{0\xi_0\eta_0\zeta_0}$ koji se u početnom trenutku poklapa sa globalnim koordinatnim sistemom.

Zbog kretanja vozila, težište T će se naći posle vremena t u položaju C definisanom nezavisnim generalisanim koordinatama $q[1]$, $q[2]$ i $q[3]$ u odnosu na globalni koordinatni sistem. Usled prostornog kretanja vozila, a i zbog bočnog nagiba $q[4]$, podužnog nagiba puta $q[5]$ i zaokretanja vozila $q[6]$ lokalni koordinatni sistem zauzeće položaj $C\xi\eta\zeta$. Očigledno je da je sada prostorni položaj vozila potpuno definisan. Radi ilustracije, međusobni položaj uvedenih koordinatnih sistema prikazan je na slici 4.

Generalisane koordinate $q[1]$, $q[2]$ i $q[3]$ opisuju segmente 1, 2 i 3 sa translacionim zglobovima a, b i c, a koordinate $q[4]$, $q[5]$ i $q[6]$ segmente 4, 5 i 6 sa rotacionim zglobovima d, e i f. Masa vozila M biće pridodata segmentu 6, dok će segmenti 1 do 5 formalno imati nulte mase i nulte dimenzije.

Na isti način definisani su i tenzori momenata inercije, pri čemu se pretpostavlja da ose ξ , η i ζ predstavljaju glavne ose inercije vozila, pa su centrifugalni momenti inercije jednaki nuli.

Treba napomenuti da su momenti inercije, sile i njihove napadne tačke definisani u lokalnom koordinatnom sistemu (slika 6). Radi ilustracije, pripremljena je datoteka za unos podataka, koja je prikazana u tabeli 3.

Aktiviranjem dograđenog programa iz [13] u simboličkoj matematici [27],

```
brojKula = 6
l = {0, 1, 2, 3, 4, 5}
ksi = {1, 1, 1, 0, 0, 0}
e[1] = {1, 0, 0}
e[2] = {0, 1, 0}
e[3] = {0, 0, 1}
e[4] = {1, 0, 0}
e[5] = {0, 1, 0}
e[6] = {0, 0, 1}
ro[0, 1] = {0, 0, 0}
ro[1, 2] = {0, 0, 0}
ro[2, 3] = {0, 0, 0}
ro[3, 4] = {0, 0, 0}
ro[4, 5] = {0, 0, 0}
ro[5, 6] = {0, 0, 0}
ro[1] = {0, 0, 0}
ro[2] = {0, 0, 0}
ro[3] = {0, 0, 0}
ro[4] = {0, 0, 0}
ro[5] = {0, 0, 0}
ro[6] = {0, 0, 0}
m[1] = 0
m[2] = 0
m[3] = 0
m[4] = 0
m[5] = 0
m[6] = M
J[1] = {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
J[2] = {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
J[3] = {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
J[4] = {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
J[5] = {{0, 0, 0}, {0, 0, 0}, {0, 0, 0}}
J[6] = {{J1, 0, 0}, {0, J2, 0}, {0, 0, J3}}
brojSila = 12
sila[1] = {6, {a, s1, -ht}, {-Rf11, 0, 0}}
sila[2] = {6, {a, -s1, -ht}, {-Rf12, 0, 0}}
sila[3] = {6, {-b, s2, -ht}, {-Rf21, 0, 0}}
sila[4] = {6, {-b, -s2, -ht}, {-Rf22, 0, 0}}
sila[5] = {6, {a, 0, hv-hc}, {-Rv, 0, 0}}
sila[6] = {6, {a, s1, -ht}, {Fo11, 0, 0}}
sila[7] = {6, {a, -s1, -ht}, {Fo12, 0, 0}}
sila[8] = {6, {a, s1, -ht}, {0, -Y11, 0}}
sila[9] = {6, {a, -s1, -ht}, {0, -Y12, 0}}
sila[10] = {6, {-b, s2, -ht}, {0, -Y21, 0}}
sila[11] = {6, {-b, -s2, -ht}, {0, -Y22, 0}}
sila[12] = {6, {0, 0, 0}, {G Cos[q[4]] Cos[q[6]] Sin[q[5]]
-G Sin[q[4]] Sin[q[6]] -G Cos[q[4]] Sin[q[4]]
-G Cos[q[4]] Sin[q[5]] Sin[q[6]] -G Cos[q[4]] Cos[q[5]]}}
brojPruga = 0
Null
```

dobijene su diferencijalne jednačine u kovarijantnom obliku prikazanom u tabeli 4.

Analizom dobijenih jednačina utvrđeno je da su one međusobno spregnute i da u njima figurišu neholonomne veze. Radi njihovog rešavanja moraju biti tran-

$$\begin{aligned}
Out(247) = & \{-Fo11 - Fo12 + Rf11 + Rf12 + Rf21 + Rf22 + Rv - \\
& 8 \cdot 0 \cdot 0 - 0 \cdot (-ht \ Y11) - 0 \cdot (-ht \ Y12) - 0 \cdot (-ht \ Y21) - 0 \cdot (-ht \ Y22) + \\
& Mqdd[1] - G \cos[q[4]] \cos[q[6]] \sin[q[5]] + G \sin[q[4]] \sin[q[6]] = 0, \\
Y11 + Y12 + Y21 + Y22 - 5 \cdot 0 \cdot 0 - 0 \cdot (-Fo11 \ ht) - 0 \cdot (-Fo12 \ ht) - \\
& 0 \cdot (ht \ Rf11) - 0 \cdot (ht \ Rf12) - 0 \cdot (ht \ Rf21) - 0 \cdot (ht \ Rf22) - 0 \cdot ((ht - hv) \ Rv) + \\
& Mqdd[2] + G \cos[q[6]] \sin[q[4]] + G \cos[q[4]] \sin[q[5]] \sin[q[6]] = 0, \\
G \cos[q[4]] \cos[q[5]] - 2 \cdot 0 \cdot 0 - 0 \cdot (-Fo11 \ s1) - \\
& 0 \cdot (Fo12 \ s1) - 0 \cdot (Rf11 \ s1) - 0 \cdot (-Rf12 \ s1) - 0 \cdot (Rf21 \ s2) - 0 \cdot (-Rf22 \ s2) - \\
& 0 \cdot (-a \ Y11) - 0 \cdot (-a \ Y12) - 0 \cdot (b \ Y21) - 0 \cdot (b \ Y22) + Mqdd[3] = 0, \\
-8 \cdot 1 \cdot 0 - 1 \cdot (-ht \ Y11) - 1 \cdot (-ht \ Y12) - 1 \cdot (-ht \ Y21) - \\
& 1 \cdot (-ht \ Y22) + J3 \ qdd[4] + J2 \cos[q[5]]^2 \ qdd[4] - J3 \cos[q[5]]^2 \ qdd[4] + \\
& J1 \cos[q[5]]^2 \cos[q[6]]^2 \ qdd[4] - J2 \cos[q[5]]^2 \cos[q[6]]^2 \ qdd[4] + \\
& J3 \ qdd[6] \sin[q[5]] + (J1 - J2) \cos[q[5]] \cos[q[6]] \ qdd[5] \sin[q[6]] = 0, \\
-1 \cdot 0 - 1 \cdot ((ht - hv) \ Rv \cos[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (-a \ Y11 \sin[q[4]]) - 1 \cdot (-a \ Y12 \sin[q[4]]) - 1 \cdot (b \ Y21 \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (b \ Y22 \sin[q[4]]) - 1 \cdot (-Fo11 \ (ht \cos[q[4]] + s1 \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (-Fo12 \ ht \cos[q[4]] + Fo12 \ s1 \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (ht \ Rf11 \cos[q[4]] + Rf11 \ s1 \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (ht \ Rf12 \cos[q[4]] - Rf12 \ s1 \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (ht \ Rf21 \cos[q[4]] + Rf21 \ s2 \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (ht \ Rf22 \cos[q[4]] - Rf22 \ s2 \sin[q[4]]) + \\
& J1 \ qdd[5] + (-J1 + J2) \cos[q[6]]^2 \ qdd[5] + \\
& \cos[q[5]] \ qd[4] (J3 \ qd[6] + (-J2 + J3 + (-J1 + J2) \cos[q[6]]^2) \ qd[4] \sin[q[5]]) + \\
& (J1 - J2) \cos[q[6]] (\cos[q[5]] \ qdd[4] - qd[4] \ qd[5] \sin[q[5]]) \sin[q[6]] = 0, \\
-1 \cdot 0 - 1 \cdot ((-ht + hv) \ Rv \cos[q[5]] \sin[q[4]]) - \\
& 1 \cdot (Rf11 \cos[q[5]] (s1 \cos[q[4]] - ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (Rf21 \cos[q[5]] (s2 \cos[q[4]] - ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (Fo11 \cos[q[5]] (-s1 \cos[q[4]] + ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (Fo12 \cos[q[5]] (s1 \cos[q[4]] + ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (-Rf12 \cos[q[5]] (s1 \cos[q[4]] + ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (-Rf22 \cos[q[5]] (s2 \cos[q[4]] + ht \sin[q[4]])) - \\
& 1 \cdot (Y21 (b \cos[q[4]] \cos[q[5]] - ht \sin[q[5]])) - \\
& 1 \cdot (Y22 (b \cos[q[4]] \cos[q[5]] - ht \sin[q[5]])) - \\
& 1 \cdot (-Y11 (a \cos[q[4]] \cos[q[5]] + ht \sin[q[5]])) - \\
& 1 \cdot (-Y12 (a \cos[q[4]] \cos[q[5]] + ht \sin[q[5]])) + J3 \ qdd[6] + \\
& J3 \ qdd[4] \sin[q[5]] + (J1 - J2) (\cos[q[5]] \cos[2 \ q[6]] \ qd[4] \ qd[5] - \\
& \cos[q[6]] (\cos[q[5]]^2 \ qd[4]^2 - qd[5]^2) \sin[q[6]]) = 0
\end{aligned}$$

o)

sformisane i uvedena u razmatranje i dodatna ograničenja neholonomnih veza (npr. bočne sile, sila otpora kotrljanja i sl.). Kako je cilj rada bio da se ukaže na mogućnost generisanja diferencijalnih jednačina kretanja vozila (upravljivost), imajući u vidu da su postupci definisanja neholonomnih veza poznati iz [1, 4, 6, 14], ocenjuje se da je njihovo uvođenje u ovaj model necelishodno. Diferencijalne jednačine pokazuju da se dograđeni program iz [13] može koristiti za generisanje diferencijalnih jednačina za opisivanje upravljivosti vozila. Treba naglasiti da se u modeliranje može uključiti i upravljanje vozilom. Postupak bi se sastojao u tome da se u izraze za bočne sile Y_{ij} ($i = 1, 2; j = 1, 2$) uključi ugao zaokretanja točka upravljača δ . Pošto cilj ovog rada nije bila dalja analiza upravljivosti uz pomoć razvijenog modela, već samo definisanje postupka za automatizovano formalizovano modeliranje, to ovde neće biti učinjeno, tim pre što su ovi postupci poznati iz literature [4, 6, 9, 17, 20, 21, 22].

Treba naglasiti da neki modeli [22, 24] u obzir uzimaju tzv. „plivanje“ koje je definisano pravcem trenutne brzine težišta u odnosu na podužnu osu simetrije vozila (zbog bočne elastičnosti pneumatika tokom zaokretanja). Ovaj slučaj nije analiziran zbog činjenice da se pomenuti fenomen može uključiti u analizu dodatnim kinematskim vezama ili uvođenjem jednog stepena slobode kretanja (novog segmenta nultih parametara inercije), čija bi se kinematika detaljnije definisala iz uslova zaokretanja vozila [8].

Analize su pokazale da se program može koristiti i u slučaju da se uvedu elasto-prigušni elementi, ali u tom slučaju vreme realizacije je mnogo duže. Pri

tome stečeno iskustvo pokazuje da se javlja i ograničenje vezano za performanse računara.

Zaključak

Na osnovu prethodnih analiza može se zaključiti da se program iz [13], uz odgovarajuće izmene, može koristiti za automatsko generisanje diferencijalnih jednačina kretanja vozila. Pored toga, razvijeni formalizovani postupak i mogućnost uvođenja neholonomnih veza omogućavaju analizu upravljivosti vozila.

Formalizovano modeliranje i simbolička matematika pokazuju slabosti u slučajevima uvođenja većeg broja elasto-prigušnih elemenata u model.

Literatura:

- [1] Čučuz, N., Rusov, L.: *Dinamika motornih vozila*, Privredni pregled, Beograd, 1973.
- [2] Čudakov, E. A.: *Izabranie Trudi 1-2*, AN SSSR, 1961.
- [3] Dmić, M.: *Teorija kretanja motornih vozila*, Tehnički fakultet u Čačku, 1999.
- [4] Ellis, J. R.: *Vehicle Dynamics*, Bussines Books, London, 1973.
- [5] Ghazizadeh, A., Fahim, A., El Gindy, M.: Neural network representation of a vehicle model, *Neuro-Vehicle (NV)*, Int. Journal of Vehicle Design, vol. 17, No 1., 1996.
- [6] Gillespie, T.: *Fundamentals of Vehicle Dynamics*, SAE, 1990.
- [7] Golubović, D.: Development methodology of nonlinear models for qualitative estimate vehicle stability control, *MVM*, No3, 1992.
- [8] Golubović, D.: *Dinamika sistema – stabilnost upravljanja automobila*, monografija, TF Čačak, 1990.
- [9] Hačaturov, A. A. et al: *Dinamika sistemi: daroga-avtomobil – sina-voditelj*, Mašinstrojenje, Moskva, 1970.
- [10] Long, R. R.: *Engineering Science Mechanics*, Prentice – Hall, 1963.
- [11] Keeskemety, A. i dr.: Symbolic Processing of Multiloop Mechanism Dynamics Using closed Form Kinematics Solutions, *Multibody System Dynamics*, No. 1, 1997.
- [12] Min, S. K. et al.: Multibody Dynamics Response Optimization with ALM and Approximate Line Search, *Multibody System Dynamics*, No. 1, 1997.
- [13] Marković, S.: *Automatsko formiranje diferencijalnih jednačina kretanja sistema krutih tela u analitičkom obliku*, Magistrski rad, Mašinski fakultet Beograd, 1992.
- [14] Mitschke, M.: *Dynamik der Kraftfahrzeuge*, Springer, 1973.
- [15] Milliken, W., Milliken D.: *Race Car Dynamics*, SAE, 1995.

- [16] Pacejka, H. B. (editor): Tyre models for vehicle dynamics model analysis, Proceedings of 1st International Colloquium on Tyre model of Vehicle Dynamics analysis, Delft, 1991.
- [17] Sayers, M. W.: Symbolic Computer Method to Automatically Formulate Vehicle Simulation Codes, Ph. D., The University of Michigan, 1990.
- [18] Sayers, M. W.: A Symbolic Vector-Dyadic Multibody Formalism For Tree Topology Systems, Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 14, No 6, 1991.
- [19] Sayers, M. W.: A Symbolic Computer Language for Multibody systems, Journal of Guidance, Control and Dynamics, vol. 14., No 6, 1991.
- [20] Shah, M. et al.: Symbolic Method for Modelling Rail Vehicle Systems, Int. Journal of Vehicle Design, No 5/1997.
- [21] Simić, D.: Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [22] Simić, D.: Dinamika motornih vozila – stabilnost upravljanja, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1975.
- [23] Simić, D., Golubović, D.: Optimal Safety of Vehicle Control, SAE Technical Paper Series 901733, 1990.
- [24] Simić, D., Golubović, D.: Stabilnost upravljanja automobila sa konstantnim ubrzanjem, NMV'79, Bled, 1979.
- [25] Stavickij, A. I.: Matematičeskaja modeli issledovanija dinamiki i toplivnog ekonomičnosti avtomobilja na evm, Avtomobilnaja promišljenost, No8, 1968.
- [26] Schiehlen, W.: Multibody Systems, Handbook, Springer, 1990.
- [27] Wolfram, S.: Mathematica, A System for Doing Mathematics by Computer, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company Inc., Advanced Book Programm, 1991.

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

ARHITEKTURE ELEKTRONSKIH SISTEMA SAVREMENIH AVIONA

UDC: 621.38:623.746

Rezime:

Sve složeniji zahtevi postavljani pred nove generacije aviona usmereni su na znatno poboljšanje performansi, raspoloživosti i pogodnosti za održavanje elektronskih sistema aviona (avionike). Zahtevana poboljšanja mogla su se ostvariti samo napuštanjem podsistemski orijentisane arhitekture integrisanih elektronskih sistema aviona, i prelaskom na funkcijski orijentisanu arhitekturu. Veliki napredak u razvoju hardvera i softvera i njihova standardizacija omogućili su prelazak na funkcijski orijentisanu arhitekturu integrisanih elektronskih sistema aviona, uz znatno smanjenje cene. U ovom radu izložen je savremeni pristup projektovanju budućih elektronskih sistema aviona sa stanovišta fizičke i funkcionalne arhitekture, arhitekture prenosa informacija i kontrole.

Ključne reči: avionika (elektronski sistemi aviona), borbeni zadatak (misija), integracija, standardni modul, funkcija, veštačka inteligencija, samotestiranje, rekonfigurabilnost, raspoloživost.

ARCHITECTURES OF ELECTRONIC SYSTEMS IN MODERN AIRCRAFT

Summary:

New aircraft generations face increasingly complex requirements aiming at significant improvement of performances, availability and suitability for maintenance of aviation electronics (avionics). Requested improvements were possible to be realized only by abandoning the sub-system-oriented architecture of integrated avionics and by accepting the function-oriented architecture. Significant improvement in hardware and software development as well as their standardization enabled switching to function-oriented architecture of integrated avionics, together with lower costs. This paper gives a modern approach to future avionics design from the standpoint of physical and functional architecture, information transmission architecture and control.

Key words: avionics (aviation electronics), combat mission, integration, standard modul, function, artificial intelligence, selftesting, reconfigurability, availability.

Uvod

Od završetka Drugog svetskog rata do danas znatno su se povećavale mogućnosti avionskih elektronskih sistema (avionike), dok su se načini projektovanja

vazduhoplova, kao i podrška tom projektovanju, vrlo sporo menjali. Kod svih aviona prve, druge i treće generacije i velikog broja aviona četvrte generacije, za dobijanje nekih složenih informacija (generisanih na osnovu podataka prikup-

ljenih od više senzora i podsistema) posada aviona bila je primorana da koristi podatke od više međusobno odvojenih i manje ili više nezavisnih senzora i podsistema, a zatim da, na osnovu tih podataka generiše potrebne informacije.

Zbog kontinualnog tehnološkog razvoja elektronskih komponenata, razvoj aviona pratila je stalna modernizacija postojećih i razvoj novih, sve složenijih avionskih elektronskih sistema, uz sve veći broj informacija koje je trebalo prikazati posadi aviona i sve složenije upravljanje sensorima, podsistemima i sistemima. Sa razvojem velikog broja novih, sve moćnijih i složenijih elektronskih sistema pojavili su se problemi u pogledu mogućnosti njihove ugradnje, integracije, uvođenja u operativnu upotrebu i održavanja, kao i problemi u pogledu ostvarenja zahtevane raspoloživosti avionskih elektronskih sistema i aviona u celini. Ovakav dugogodišnji trend projektovanja i razvoja aviona prekinut je, prvi put, pri projektovanju i razvoju aviona F-16, kod kojeg je arhitektura elektronskih sistema aviona orijentisana, pre svega, prema funkcijama, tj. za avion predviđenim borbеним задацима. Takvim pristupom projektovanju elektronskih sistema napušteni su svi dotadašnji principi projektovanja, podrške i operativne upotrebljivosti. Osim toga, veliki stepen integracije i velike brzine obrade savremenih integrisanih elektronskih komponenata doveli su do značajnih promena i u načinu projektovanja elektronskih sistema aviona. Pojavili su se sistemi potpuno nove arhitekture, znatno manjih dimenzija, a znatno boljih performansi. Promene su se ogledale, pre svega, u realizaciji standardnih (višestruko upotrebljivih) hardverskih i softverskih modula, koji u suštini predstavljaju standardne delove

(blokove) od kojih se vrlo lako mogu stvarati arhitekture novih tipova avionskih elektronskih sistema.

Savremene tehnike integracije (povezivanja) senzora, podsistema i sistema, posredstvom brzih serijskih magistrala podataka, omogućile su veliki stepen automatizacije upravljanja i prikazivanja u pilotskoj kabini, čime je postignuto znatno rasterećenje pilota i smanjenje njihovog psihofizičkog naprezanja. Savremeni algoritmi veštačke inteligencije omogućili su vrlo složenu obradu podataka radi prevazilaženja eventualnih otказа. Velika primena signal-procesora obezbedila je realizaciju svih za avion planiranih funkcija. „On line“ testovi, realizovani na nivou čipa, i specijalni čipovi za samotestiranje omogućili su kontinualno i potpuno testiranje elektronskih sistema aviona. Takav nivo samotestiranja pružio je mogućnost brzog lociranja neispravnosti do nivoa zamenljivih modula i nekih vitalnih komponenata, a projektovani visoki stepen pogodnosti za održavanje elektronskih sistema aviona pružio je mogućnost brze i jednostavne zamene neispravnih modula. Implementirani savremeni algoritmi veštačke inteligencije obezbedili su mogućnost rekonfiguracije sistema u toku leta, čime je ostvarena velika raspoloživost vazduhoplova uz minimalno vreme korektivnog održavanja i veliku verovatnoću izvršenja postavljenih zadataka.

Trendovi razvoja elektronskih sistema aviona

Radi zadovoljenja sve složenijih zahteva koji se postavljaju pred nove generacije aviona, posebno u uslovima sve većih elektronskih pretnji, od avionskih elektronskih sistema uvek je zahtevano

znatno poboljšanje performansi, raspoloživosti i pogodnosti za održavanje. U vezi sa postavljenim zahtevima ostvaren je veliki napredak, pre svega u razvoju hardvera i softvera savremenih vazduhoplovnih računara koji su omogućili zahtevana poboljšanja. U pogledu hardvera, razvoj avionskih elektronskih sistema u toku poslednjih 40 godina kontinualno je pratio napredak u razvoju elektronskih komponenata, počevši od analognih komponenata, preko tranzistora i integrisanih kola do integrisanih kola vrlo velikog stepena integracije (VLSI – Very Large Scale Integrated). Osim toga, kod svih senzora, podсистema i sistema razvoj hardvera pratila su i softverska poboljšanja implementirana u okviru njihovih funkcija. Međutim, i pored toga što je kontinualni razvoj hardvera (elektronskih komponenti) i softvera dovodio do neprekidnog poboljšanja performansi avionskih senzora, podсистema i sistema, način njihovog projektovanja, kao i podrška projektovanju, menjali su se vrlo sporo. Takođe, nekoliko decenija avionski elektronski sistemi karakterisali su se vrlo malim stepenom integracije funkcija. U tom periodu njihove funkcije bile su distribuirane, tako da su pojedine funkcije ili manje grupe funkcija izvršavane u okviru posebnih podсистema (blokova), pri čemu je pilot morao da obavlja njihovu integraciju, kako na nivou sistema, tako i aviona u celini. Ovakav dugogodišnji koncept razvoja avionskih elektronskih sistema, koji nije pratio odgovarajuće tehnološke napretke, usložjavao je njihov razvoj i dovodio do neoptimizirane funkcionalnosti, uz male uštede u pogledu cene proizvodnje i visoke cene održavanja.

Sve složeniji borbeni zadaci, postavljeni pred savremene avione, zahtevali su

potpunu integraciju avionskih funkcija implementiranih u okviru senzora, podсистema i sistema, uz maksimalnu automatizaciju interfejsa avion-pilot i maksimalnu toleranciju (prevazilaženje) otkaza avionskih senzora, podсистema i sistema. Integracija svih avionskih funkcija izmenila je ulogu pilota, tako da je on od operatora i integratora sistema sve više postajao „menadžer sistema“ („sistem-menadžer“), tj. osoba koja prati rad automatizovanih avionskih senzora, podсистema i sistema i samo povremeno, po svojoj želji ili ukazanoj potrebi, preuzima određene aktivnosti. Prema tome, integracija svih avionskih senzora, podсистema i sistema napadno-navigacijskog sistema izvršena je tako da što više raste reti pilota u svim fazama leta i omogućujući mu da se maksimalno koncentriše na kritične faze (npr. da izvrši brzo i precizno nišanje i gađanje bilo kog zemaljskog cilja, ili cilja u vazдушnom prostoru). Na taj način, visokointegrisani napadno-navigacijski sistem pružio je mogućnost da se i u uslovima povećanih pretnji realizuju sve složeniji borbeni zadaci. Visokointegrisani napadno-navigacijski sistem, pored pilota, uključuje i sve avionske senzore, podсистeme i sisteme kao i proračune koji se odvijaju u njima i na nivou aviona u celini. Međutim, uloga pilota u svojstvu „sistem-menadžera“ nameće potrebu za ugradnjom algoritama veštačke inteligencije i to ne samo u pojedine senzore, podсистeme i sisteme aviona već, pre svega, u integracioni softver realizovan na nivou aviona u celini. Promena uloge pilota nametnula je i izmenu zahteva u pogledu njihove obuke, pošto se njihova prethodna potreba za memorisanjem velikog broja tehničko-operativnih podataka menja u potrebu obučavanja iz domena vojne strategije,

operatike i taktike, implementiranih kroz moguće kombinacije rada elektronskih sistema aviona.

Savremene arhitekture elektronskih sistema aviona nametnule su potrebu i za što većom komplementarnošću (međusobnom dopunjavanju) senzora, jer njihova pojedinačna poboljšanja nisu omogućila ostvarivanje zahtevanih performansi u pogledu daljine detekcije ili prenosa, tačnosti pozicioniranja, rezolucije i sl. Integracijom međusobno komplementarnih avionskih senzora, uz primenu savremenih algoritama obrade i prikupljenih podataka, postignute su maksimalno moguće performanse pojedinih sistema.

Na osnovu izloženih tokova razvoja i zahteva postavljenih pred najsavremenije, kao i buduće borbene avione, može se zaključiti da se postavljeni zahtevi mogu ostvariti samo uz značajnije izmene arhitektura njihovih elektronskih sistema. Istraživanja su pokazala da se u slučaju zadržavanja dosadašnje podsistemski orijentisane koncepcije projektovanja arhitektura elektronskih sistema aviona, ostvarenje postavljenih zahteva može postići samo uz sve veće usložavanje već postojećih podsistema, a samim tim i njihovu sve manju raspoloživost i sve složenije i skuplje održavanje. Međutim, prioritetni cilj projektanata novih elektronskih sistema aviona jeste da se sva zahtevana poboljšanja ostvare uz povećanje raspoloživosti i smanjenje cene njihovog razvoja i održavanja, a što je moguće realizovati prihvatanjem funkcij-ski orijentisane koncepcije projektovanja arhitektura elektronskih sistema aviona.

Savremene i buduće arhitekture avionskih sistema

Istraživanja su pokazala da se zahtevi postavljeni pred buduće elektronske si-

steme aviona mogu ostvariti postojećim i novorazvijanim tehnologijama (hardverom), ali uz znatna proširenja mogućnosti raspoloživog softvera i uz promenu dosadašnjeg podsistemski orijentisanog pristupa njihovog projektovanja.

Kao ključna tehnološka poboljšanja mogu se izdvojiti:

- vrlo moćni, a relativno jeftini digitalni procesori, smešteni u jednom čipu;
- vrlo moćni i brzi digitalni multipleksni udaljeni terminali smešteni u jednom čipu;
- računarske memorije, standardni čipovi testiranja interfejsa i standardne funkcije, realizovani u okviru pojedinih čipova sa velikim gustinama pakovanja i velikim brzinama rada;
- vrlo složeni algoritmi veštačke inteligencije i njihova implementacija u avioniku;
- računarsko projektovanje elektronskih sistema aviona.

U razvoju hardverskih i softverskih modula avionike prioritetno je postavljen zahtev da moduli budu standardizovani kako bi se sa što manjim brojem različitih tipova modula postigla što niža cena njihovog razvoja, proizvodnje i održavanja. Osim toga, postavljen je i zahtev da hardverski moduli budu što manjih dimenzija, jer to dovodi i do smanjenja zahteva u pogledu njihovog napajanja i hlađenja. Na primer, dimenzije digitalnog multipleksnog udaljenog terminala, za magistralu 1553B, smanjene su sa tri elektronske kartice dimenzija 127 mm × 178 mm u 1976. godini, na jednu karticu istih dimenzija u 1980. godini, zatim na jednu karticu dimenzija 101 mm × 127 mm u 1988. godini, a danas na nekoliko integrisanih kola (čipova), uz neprekidno istraživanje mogućnosti njegovog daljeg smanjivanja. Pri tome je izvršena i unifi-

kacija terminala, tako da se može koristiti kao univerzalni (standardni) interfejs za sve elektronske senzore, podsisteme i sisteme aviona.

Promene u domenu razvoja hardvera pratile su još veće promene u domenu razvoja softvera. Zahvaljujući tome vrlo moćan i relativno jeftini hardver, uz primenu savremenih algoritama i metoda programiranja, omogućio je razvoj moćnih i „inteligentnih“ računara, sposobnih za brze procene različitih alternativa i donošenje optimalnih odluka. Razvoj vrlo složenih algoritama veštačke inteligencije i njihova implementacija u elektronske sisteme aviona pružili su jedan potpuno novi kvalitet, i najviše doprineli izmeni uloge pilota savremenih aviona.

Kombinacije postignutih i planiranih hardverskih i softverskih poboljšanja omogućiće realizaciju savremenih arhitektura elektronskih sistema aviona sa mogućnošću ostvarenja skoro svih postavljenih zahteva. Radi sagledavanja prednosti, tj. ostvarenih i planiranih poboljšanja, arhitekture savremenih elektronskih sistema aviona treba posmatrati i analizirati kroz sledeća četiri segmenta (oblasti):

- fizičku arhitekturu,
- funkcionalnu arhitekturu,
- arhitekturu prenosa informacija,
- kontrolnu (upravljačku) arhitekturu.

Fizička arhitektura

Analize velikog broja različitih tipova postojećih elektronskih sistema aviona pokazale su da su mnoge potpuno identične funkcije, kod različitih proizvođača i različitih tipova sistema, različito realizovane, kako u okviru pojedinih sistema, tako i u okviru pojedinih delova

Tabela 1

Avionski sistemi (podsistemi)	Zajedničke funkcije								
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	A ₇	A ₈	A ₉
Sistem upravljanja borbenim zadatkom (računar misije)	da	da	ne	da	ne	ne	da	da	da
Sistem upravljanja motorom	da	da	da	da	da	da	da	da	da
Sistem upravljanja klimomehničkim uslovima u kabini pilota	da	da	da	da	da	ne	da	da	da
Sistem upravljanja podvesnim sredstvima	da	da	da	da	da	ne	da	da	da
Sistem registrovanja parametara leta	da	da	da	ne	da	da	da	da	da
Sistem upravljanja komandama leta	da	da	ne	da	ne	da	ne	da	da
Sistem elektronske zaštite	da	da	da	da	da	ne	da	da	da
Sistem vazдушnih podataka	da	da	ne	ne	ne	ne	da	da	da

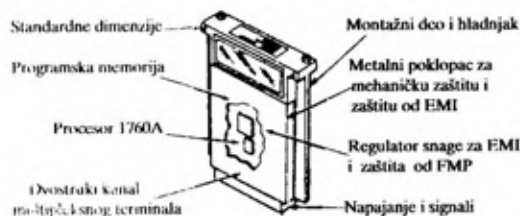
- A₁ – funkcija proračuna (procesiranja),
A₂ – funkcija A/D konverzije (interfejsa),
A₃ – funkcija D/A konverzije (interfejsa),
A₄ – funkcija D/A upravljanja (kontrola),
A₅ – funkcija diskretnog konvertora (interfejsa),
A₆ – funkcija frekventno-digitalnog konvertora (interfejsa),
A₇ – funkcija memorisanja podataka (masovna memorija),
A₈ – funkcija napajanja
A₉ – funkcija povezivanja posredstvom serijske multipleksne magistralne podataka.

istih sistema (podsistema). Kao ilustracija velikog stepena ponavljanja avionskih funkcija, tj. velikog broja zajedničkih funkcija kod potpuno različitih avionskih sistema, u tabeli 1 prikazano je devet različitih funkcija koje se pojavljuju gotovo kod svih navedenih avionskih sistema. Ukoliko bi na prikazanu listu sistema dodali i sve ostale elektronske sisteme i podsisteme aviona, uočili bi još veći stepen ponavljanja zajedničkih funkcija. Kod današnje generacije elektronskih sistema i podsistema aviona, svaka od navedenih zajedničkih funkcija realizovana je na drugačiji način, tj. na unikatno projektovanom hardveru i softveru (za iste funkcije različiti proizvođači koriste

različita hardverska i softverska rešenja). Ovakva situacija nastala je, pre svega, zbog toga što su svi dosadašnji projekti elektronskih sistema aviona bili zasnovani na podsistemski orijentisanoj arhitekturi i linijski zamenljivim modulima (Line Replacement Unit – LRU), a ne na funkcijski orijentisanoj arhitekturi i funkcijskim zamenljivim modulima. Međutim, dugogodišnji naponi za realizaciju potpuno standardizovanih hardverskih, interfejsnih, proračunskih, upravljačkih i memorijskih modula, kao i modula napajanja, doveli su do pojave višestruko upotrebljivih, funkcijski orijentisanih hardverskih modula, od kojih se vrlo brzo i lako mogu kreirati novi avionski sistemi i podsistemi. Zahvaljujući tome, bilo koja zajednička funkcija može se vrlo brzo i jednostavno realizovati implementacijom odgovarajućih standardnih softverskih modula u već postojeći standardizovani hardver. Važno je istaći i to da će mogućnost primene funkcijskih modula u velikom broju različitih aplikacija doprineti znatnom smanjenju cene elektronskih sistema aviona.

Na slici 1 prikazana je struktura jednog standardnog procesnog (proračunskog) funkcijskog modula, realizovanog na osnovu MIL-STD-1750A, a razvijenog u okviru programa razvoja aviona F-16.

Na ovakav način realizovane fizičke arhitekture elektronskih sistema i podsi-



Sl. 1 – Struktura standardnog procesnog funkcijskog modula

stema aviona omogućiće i znatno jednostavnije i jeftinije održavanje budućih aviona. Standardni moduli ugrađivaće se u, specijalno za njih projektovane, rekovе avionike, a preko interfejsnih ploča, ugrađenih takođe u rekovе, i serijskih magistrala podataka biće povezani sa svim ostalim elektronskim modulima. Dobro projektovana pogodnost za održavanje, tj. povoljan raspored rekovа i njihova dobra pristupačnost omogućiće brz i lak pristup svim standardnim modulima radi njihove provere i/ili zamene. Na avionu će se koristiti veći broj rekovа, pri čemu će u svakom od njih biti ugrađen jedan do dva tipa standardnih funkcijskih modula. Stvarni broj rekovа i modula zavisice, pre svega, od konkretnog aviona i postavljenih operativnih zahteva. Rekovі će u znatnoj meri smanjiti opterećenja i oštećenja konektora i minimizirati međusobne veze između modula, pošto će svi rekovі i moduli biti povezani preko serijske, vremenski multipleksirane magistrale podataka. Svi moduli biće ugrađeni u zatvorena i zaštićena metalna kućišta, čime će se postići potpuna mehanička zaštita, kao i zaštita od elektromagnetnih smetnji. Radi ostvarenja optimalnih temperaturnih uslova rada modula, svi rekovі biće klimatizovani, tj. hlađeni ili grejani (vazduhom ili pomoću tečnosti). Izgled jednog avionskog reka i prednosti koje pružaju savremene fizičke arhitekture aviona prikazani su na slici 2.

Sva osnovna poboljšanja, koja omogućavaju savremene fizičke arhitekture elektronskih sistema aviona mogu se sumirati kroz znatno povećanje performansi, raspoloživosti i pouzdanosti aviona i znatno pogodnije i jeftinije održavanje, što je ostvareno kroz:

– maksimalno prilagođenje arhitekture elektronskih sistema aviona postav-



Sl. 2 – Izgled avionskog reka i prednosti savremenih fizičkih arhitektura aviona

ljenim zahtevima, uz ostavljanje mogućnosti i za njihovo dodatno proširenje;

- široku primenu standardnih višestruko upotrebljivih hardverskih i softverskih modula;

- smanjeni broj integrisanih kola, vrlo velikog stepena integracije (VLSI) i vrlo velike brzine rada (VHSIC – Very High Speed Integrated Circuits), na nivou modula;

- mogućnost brze detekcije greške i jednostavne zamene modula;

- znatno povećanje pouzdanosti prenosa i stabilnosti veza, zbog smanjenja broja veza i konektora;

- veliku širinu propusnog opsega optičke serijske multipleksne magistrale podataka;

- mogućnost rekonfiguracije (promene) borbenog zadatka u toku leta;

- znatno smanjenje prostora potrebnog za ugradnju avionike;

- jednostavnije održavanje i nižu kvalifikaciju ljudstva za održavanje avionike.

Funkcionalna arhitektura

Analiza fizičke arhitekture elektronskih sistema aviona ukazuje na to da će

budući avioni sve više biti zasnovani na funkcionalno, a sve manje na podsistemski orijentisanoj arhitekturi. Zbog toga, pri projektovanju i razvoju elektronskih sistema budućih aviona posebna pažnja mora biti usmerena na funkcije koje će se izvršavati u okviru zahtevanih borbenih zadataka. Međutim, kod funkcionalno orijentisane arhitekture pojedini fizički delovi aviona, kao što su senzori i izvršni organi neophodni za izvršenje određenih funkcija, neće ispoljavati bitniji uticaj na projekat i arhitekturu funkcijski realizovanih sistema. Funkcije sistema će se, u najvećem broju slučajeva, ostvarivati na osnovu ulaza dobijenih od senzora, algoritama korišćenih u okviru funkcijski realizovanih modula i izvršnih (upravljačkih) mehanizama aviona. Pri tome, prikupljanje podataka od senzora i njihova obrada izvodice se tamo gde je to za konkretnu arhitekturu aviona najpovoljnije, a ne kao do sada u okviru unapred određenih i definisanih podsistema. Osim toga, pri realizaciji pojedinih funkcija senzori će se međusobno dopunjavati i time povećavati njihove ukupne mogućnosti. Na primer, kombinacijom podataka dobijenih od senzora za detekciju cilja, kao što su avionski radar, senzori elektronskog ratovanja (razni detektori cilja i signalizatori ozračenja), IC sistem osmatranja prostora ispred aviona (FLIR – Forward Looking Infra Red), laserski daljinomer i tragač označenog (markiranog) cilja (LRMTS – Laser Ranger Marked Target Seeker) i njihovom zajedničkom obradom, postići će se znatno bolje performanse detekcije ciljeva nego sa bilo kojim pojedinačnim senzorom. Osim toga, ovakva kombinacija senzora podataka pruža mogućnost da se neki senzor u pojedinim, za njega optimalnim situacijama i uslovima, koristi

znatno intenzivnije u odnosu na druge senzore. Kombinacija senzora u znatnoj meri će doprineti povećanju pouzdanosti izvršenja borbenih zadataka, jer otkaz nekog od senzora neće ugroziti izvršenje zadatka već samo smanjiti tačnost i pouzdanost izvršenja neke funkcije.

Funkcionalna arhitektura elektronskih sistema aviona u znatnoj meri će smanjiti i psihofizičko opterećenje pilota, pošto će visokointegrisana pilotska kabina, sa maksimalnom automatizacijom funkcije upravljanja i prikazivanja, omogućiti pilotu da se maksimalno koncentriše na izvršenje borbenog zadatka i operativne i taktičke procene mogućnosti aviona, zasnovane na mogućnostima elektronskih sistema aviona.

Funkcionalno orijentisana arhitektura avionike, u odnosu na podsistemski orijentisanu arhitekturu, omogućiće i znatna poboljšanja u pogledu raspoloživosti sistema. To se ogleda u tome što će se obezbediti takvo izvršenje svih, a posebno po bezbednost leta kritičnih funkcija, da u slučaju otkaza jednog od standardnih modula, neki drugi (rezervni) modul automatski („on-line“) preuzme njegovu funkciju. Pri tome se, optimalnim redondovanjem modula može postići velika raspoloživost avionike, odnosno aviona u celini.

Funkcionalno orijentisana arhitektura pospešiće i razvoj opštih (zajedničkih) algoritama koji će u potpunosti biti podržani opštim (zajedničkim) hardverskim modulima. Standardizacijom i unifikacijom softvera realizovaće se standardni softverski višestruko upotrebljivi moduli, koji će u znatnoj meri smanjiti cenu razvoja i održavanja softvera.

Funkcionalno orijentisana arhitektura avionike eliminišaće i dosadašnju tendenciju, prisutnu kod svih podsistem-

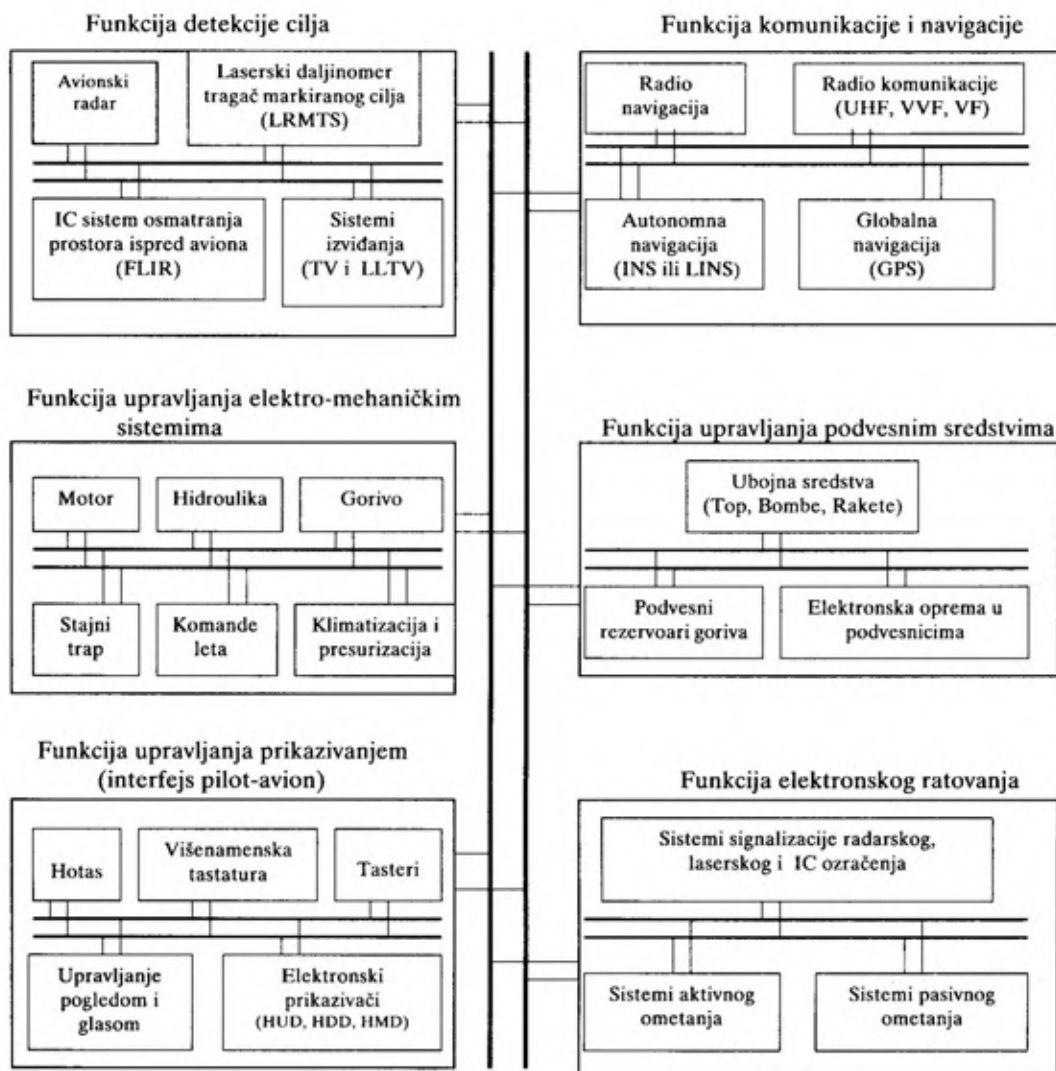
ski orijentisanih arhitektura, da pojedini podsistemi i uređaji nekog sistema budu međusobno fizički što bliže ugrađeni. Osim toga, nova arhitektura avionike sa standardnim (višestruko upotrebljivim) hardverskim i softverskim modulima pruža mogućnost da otkaz nekog od modula vrlo lako bude softverski prevaziđen prebacivanjem njegove funkcije na neki drugi sličan ili potpuno identični (rezervni) modul. Pri tome, distribucija i relokacija obrade, radi izvršenja određene funkcije, može ići od jednostavnih proračunskih modula do vrlo složenih opštih (zajedničkih) modula i paketa obrade signala.

Funkcionalnim pristupom projektovanju arhitektura elektronskih sistema aviona u znatnoj meri će se povećati i pouzdanost svih, a posebno, po bezbednost leta, kritičnih funkcija aviona. Ugrađeni testovi (BIT – Built In Test) na nivou svakog modula pružiće mogućnost lake i brze detekcije greške, a upravljački (kontrolni) softver sistema omogućiće lako i brzo prebacivanje neke funkcije sa neispravnog na ispravan modul, vrlo sličan ili identičan prethodnom.

Primer funkcijski organizovane arhitekture elektronskih sistema aviona prikazan je na slici 3.

Arhitektura prenosa informacija

Za razmenu podataka između pojedinih globalnih funkcija koristiće se isključivo digitalne multipleksne magistrale podataka (upredene parice bakarne žice ili optički kablovi), sa radom po protokolu 1553B. Razmena podataka između modula pojedinih funkcija i potfunkcija sve više će se obavljati posredstvom prekidačkih komunikacijskih mreža, a sve manje posredstvom serijskih multiplek-

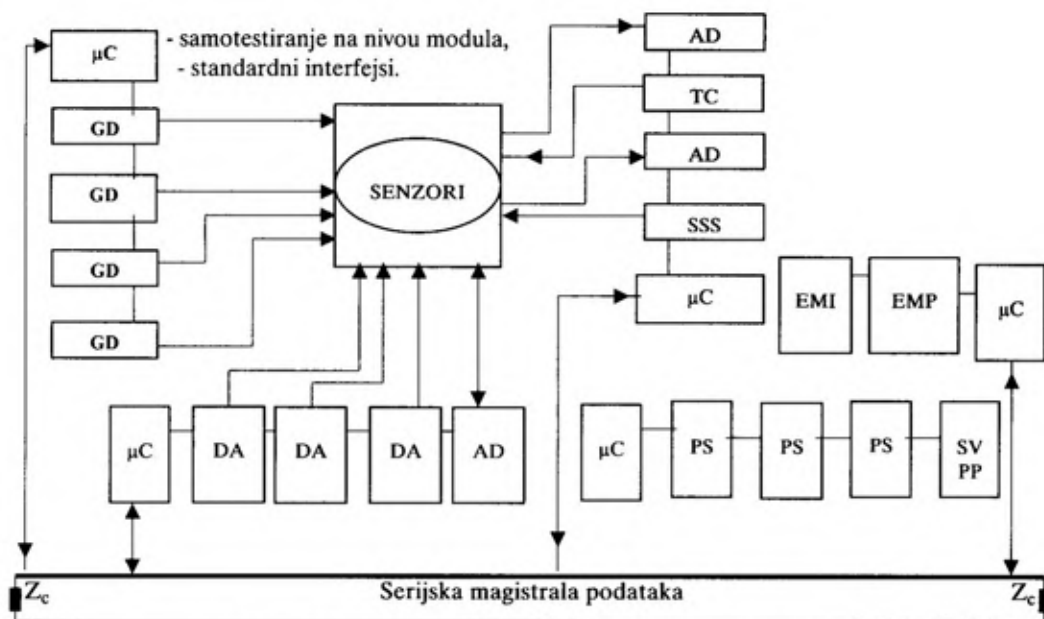


Sl. 3 – Funkcijski organizovana arhitektura elektronskih sistema aviona

snih magistrala podataka. Na taj način potpuno će se izbaciti iz upotrebe snopovi provodnika i klasični konektori, i eliminisati hiljade mehaničkih spojeva korišćenih kod ranijih i današnjih podsistemski orijentisanih elektronskih sistema aviona. I ako su kod ranijih generacija aviona postojeći snopovi provodnika sa klasičnim konektorima omogućavali relativno laku i brzu demontažu i zamenu modula

(blokova) koji su otkazali, zbog izuzetno velikog broja postojećih spojeva kod njih je postojala velika verovatnoća otkaza, tj. bila je smanjena pouzdanost i povećana složenost održavanja.

Na slici 4 prikazan je primer arhitekture jednog elektronskog sistema aviona sa multipleksnom serijskom magistralom podataka, koja, u stvari, predstavlja savremeni inercijalni navigacijski sistem



Sl. 4 – Primer arhitekture elektronskog sistema aviona:

C – mikroprocesorski modul, AD – modul analognog-digitalne konverzije, DA – modul digitalno-analogne konverzije, CD – modul žiro-davača, TC – modul temperaturne kompenzacije, SSS – modul sinhronizacije sinhr signala, PS – modul brzine, EMI – modul elektromagnetne interferencije, EMP – modul elektromagnetnih smetnji, Z_c – karakteristična impedansa magistrale podataka

realizovan od standardnih hardverskih i softverskih modula i povezanih posredstvom multipleksne serijske magistrale podataka. Prikazani standardni moduli su višestruko upotrebljivi, a njihovom kombinacijom vrlo lako se mogu kreirati različiti sistemi avionike. Radi što većeg pojednostavljenja projekta i omogućavanja potrebne razmene podataka u okviru sistema, neophodno je da se u svim modulima koristi isti standard digitalnog multipleksnog komunikacijskog interfejsa.

Od dve moguće arhitekture prenosa informacija, između modula unutar neke funkcije (sistema) i između funkcija (sistema), koje čine prekidačke komunikacijske mreže i magistrale podataka, kod budućih elektronskih sistema aviona prednost se daje prekidačkim komunikacijskim mrežama. Ove mreže omogućuje

dinamičko preključenje komunikacija po principu od tačke-do-tačke, tj. između bilo koja dva modula unutar neke funkcije ili bilo koje dve funkcije u okviru integrisanih elektronskih funkcija (sistema) aviona. Osim toga, prekidačke mreže omogućuje i uspostavljanje višestrukih linkova, uz brzu detekciju i izolaciju grešaka u prenosu i rekonfiguraciju prenosnih puteva između bilo koje dve komunikacijske tačke, čime će se u znatnoj meri povećati pouzdanost prenosa. Buduće arhitekture prenosa informacija ostvariće se posredstvom strogo definisanih komunikacijskih mreža i samo jednog multipleksnog terminala po računaru. Osim toga, arhitekture prenosa informacija sa prekidačkim mrežama mogu se potpuno proširiti, tako da se preko njih mogu prenositi i nedigitalne (analogne) informacije, kao što su video signali, RF signali i signali napajanja.

Kod potpuno funkcionalne arhitekture avionike distribucija svih informacija (signala) mora biti u potpunosti koordinirana sa razmenom digitalnih informacija. Osim toga, kod prekidačke mreže mora postojati i jedan opšti (zajednički) kontrolni mehanizam, zadužen za kontrolu i koordinaciju prenosa, kao i kontrolu regularnosti dizajna funkcija (sistema) i mreže.

Savremene multipleksne mreže ovog tipa projektovane su za razmenu digitalnih i video informacija. Pri realizaciji ovih mreža korišćene su savremene prekidačke tehnike prevazilaženja otkaza, kako bi se obezbedio pouzdani prenos podataka neophodnih za upravljanje brzim digitalnim podacima, kao i video signalom širokog propusnog opsega. Kod današnjih, za to projektovanih mreža koriste se udaljeni terminali snage od 1 do 4 W, realizovani od čipova izrađenih u tehnologiji VLSI.

Kontrolna (upravljачka) arhitektura

Radi obezbeđenja zahtevane pouzdanosti i efikasnosti rada, budući sve složeniji avionski elektronski sistemi zahtevaće i sve složenije kontrolne (upravljачke) mehanizme. U opštem slučaju kontrolni mehanizmi arhitektura avionskih elektronskih sistema, kao i njihove integrisane arhitekture, mogu biti centralizovani, decentralizovani (distribuirani) i kombinovani (delom centralizovani a delom distribuirani). Arhitekture prenosa informacija sa prekidačkim mrežama, razvijane za buduće elektronske sisteme aviona, pružaju vrlo povoljne uslove za implementaciju distribuirane kontrole (upravljanja), kao i bilo koje kombinacije centralizovane i distribuirane (lokalne) kontrole. Međutim, postizanje što

boljih performansi i što veće efikasnosti budućih elektronskih sistema aviona zahtevaće veliki stepen njihove lokalne autonomije, kako bi se što veći broj funkcija izvršavao istovremeno (paralelno). U takvoj situaciji, kontrolne arhitekture tih sistema, kao i njihove integrisane arhitekture, biće realizovane kroz nekoliko nivoa kontrole.

Na najvišem nivou („top-level“) naćće se kontrola izvršenja borbenog zadatka koja ćće, uz veliku primenu algoritama veštaćke inteligencije, biti dodeljena pilotu aviona.

Na sledećem nivou kontrolisaćće se izvršenje pojedinaćnih funkcija, pri ćemu svaka od njih moće obuhvatiti jedan ili viće senzora i izvršnih mehanizama. Na ovom nivou, autonomnost rada i kontrole bićće dopušćtena onoliko dugo koliko su aktivnosti koje se izvode na ovom nivou u skladu sa ostvarenjem tekuććeg borbenog zadatka, tj. u skladu sa najvišim („top-level“) nivoom kontrole. Međutim, u slućaju promene tekuććeg borbenog zadatka došćlo bi do automatske promene funkcija koje se izvršavaju, a samim tim i programa kontrole borbenog zadatka i funkcija. Ovakva podela kontrolne arhitekture na viće nivoa, omoguććće mnogo bolju i brću reakciju na promene tekuććeg borbenog zadatka, pošto ćće distribuirani kontrolni mehanizmi omoguććiti paralelnu kontrolu svih tekuććih funkcija i potfunkcija, dok ćće se samo mali deo te kontrole obavljati centralizovano. Međutim, i na ovom nićem stepenu kontrole neophodna je opsećzna primena algoritama veštaćke inteligencije kako bi se, za potrebe višćeg nivoa kontrole, napravile što bolje procene prispelih informacija i donele što bolje (optimalne) odluke.

Imajućći u vidu da se pojedine funkcije mogu deliti na potfunkcije, pa i

dalje (na pot-potfunkcije), jasno je da se pri ovom načinu kontrole može uspostaviti više nivoa, pri čemu bi svaki nivo funkcionisao pod kontrolom hijerarhijski višeg nivoa.

Za obezbeđenje (podršku) svih realizovanih nivoa kontrole koristiće se skupovi opštih (višestruko upotrebljivih) kontrolnih softverskih modula, kao i softverski moduli izvršne kontrole, realizovani u skladu sa zahtevima konkretne potfunkcije, funkcije ili borbenog zadatka. Međutim, radi postizanja zahtevane pouzdanosti izvršenja neke potfunkcije, funkcije ili borbenog zadatka, svi korišćeni opšti i izvršni softverski moduli moraju biti dobro istestirani. Zbog toga će kod budućih funkcijski realizovanih elektronskih sistema aviona, arhitektura njihove kontrole biti zasnivana na što većem stepenu samokontrole (samotestiranja) hardvera i softvera, na nivou modula (štampane ploče), čime će se, uz dinamičku rekonfiguraciju sistema (prouzrokovanu otkazom nekog od modula) obezbediti zahtevana pouzdanost rada svakog sistema, kao i zahtevana raspoloživost aviona u celini. Pri tome će neki standardni hardverski modul, kao što je interfejs serijske vremenski multipleksirane magistrale podataka, biti pogodan za centralizovano testiranje modula u okviru nekog sistema, dok će tehnologije integrisanih kola velikog stepena integracije i visoke gustine pakovanja omogućiti realizaciju specijalnih čipova za samotestiranje koji će biti implementirani u svaki standardni modul sistema.

Pošto će se gotovo sva testiranja izvoditi u toku leta aviona, svi otkazi koji se pojave moraće biti odmah detektovani, registrovani i na što brži način prevaziđeni. Osim toga, korišćenje ugrađenih testova (BIT) u okviru modula, kao i „on-li-

ne“ kontrole rada (kontrole u toku rada) modula i sistema, omogućiće znatnu uštedu vremena, tj. smanjenje ukupnog vremena kontrole, što je vrlo bitno za vremenski kritične funkcije. Ovakve uštede vremena procesiranja pružiće mogućnost prevazilaženja otkaza (tj. dinamičke rekonfiguracije hardverskih i softverskih modula radi realizacije tekućeg borbenog zadatka i njegovih funkcija), koja uz registrovanje nastalih otkaza pruža mogućnost za realizaciju ideje „odloženog održavanja“. To znači da, ukoliko sistem bude imao hardverskih i softverskih mogućnosti za prevazilaženje jednog ili više otkaza iste ili različite vrste, neće biti potrebno korektivno održavanje (zamenja neispravnog modula) odmah nakon leta, tj. između dva borbenog zadatka, već se taj posao može uraditi i na prvom narednom periodičnom (nedeljnom) pregledu. Osim toga, ugrađeni algoritmi veštačke inteligencije obezbediće izuzetno visoku verovatnoću detekcije neispravnih modula. To će omogućiti automatsku identifikaciju i lokaciju otkaza i jednostavnu i brzu zamenu neispravnih modula. Ovakva koncepcija održavanja budućih aviona znatno će povećati njihovu raspoloživost, a smanjiti broj ljudstva angažovanog u I, II i III stepenu njihovog održavanja.

Zaključak

Izloženi pristup projektovanja budućih avionskih elektronskih sistema, sa stanovišta fizičke i funkcionalne arhitekture, kao i arhitekture prenosa informacija i kontrole, predstavlja preduslov u obezbeđenju performansi zahtevanih od budućih elektronskih sistema aviona. Osim toga, ove arhitekture omogućiće i znatno poboljšanje performansi, raspo-

loživosti i pogodnosti za održavanje budućih elektronskih sistema aviona, odnosno aviona u celini. Tehnološka (hardverska i softverska) poboljšanja, neophodna za ostvarenje prethodno navedenih poboljšanja, praktično su gotovo postignuta i treba ih samo dobro iskoristiti, tj. na najbolji mogući način implementirati i integrisati.

Nove arhitekture elektronskih sistema aviona ispoljiće veliki uticaj na mesto i ulogu pilota i ljudstva za njihovo opsluživanje i održavanje, kao i na neophodnu akvizicijsku opremu. Promene će nastati, pre svega, u načinu obučavanja pilota i u načinu izvođenja borbenih zadataka, pošto će novorazvijeni interfejs pilot-avion sve više stavljati pilota u ulogu sistem-menadžera, a sve manje u dosadašnju ulogu neposrednog koordinatora i integratora funkcija pojedinih sistema i podсистема. Velike promene nastaću i u pogledu opsluživanja i održavanja aviona, pošto će veštačka inteligencija, implementirana u sve sisteme, u znatnoj meri pojednostaviti i skratiti njihovo preventivno i korektivno održavanje, a samim tim smanjiti i broj potrebnog ljudstva za opsluživanje i održavanje, pojednostaviti njihovu obuku i smanjiti potrebnu ispitno-mernu opremu i alat.

Savremeni način projektovanja arhitektura elektronskih sistema aviona dovešće i do zaustavljanja dugogodišnjeg porasta i znatnog smanjenja cene elektronskih sistema aviona. To će se postići standardizacijom hardvera i softvera, tj. realizacijom višestruko upotrebljivih hardverskih i softverskih modula, koji će zbog smanjenja asortimana i povećanja

količine u znatnoj meri smanjiti cenu današnjih elektronskih sistema aviona. Razvoj specifičnih modula senzora i izvršnih organa i funkcijskog softvera, uz korišćenje opštih (višestruko upotrebljivih) hardverskih i softverskih modula, omogućiću uspešnu realizaciju bilo koje funkcije, a samim tim i borbenog zadatka.

Smanjenje asortimana opštih i specifičnih hardverskih i softverskih modula dovešće do drastičnog smanjenja broja sadašnjih velikih proizvođača avionike, kao i posrednika u njenoj nabavi i isporuci, što će, takođe, uticati na dodatno smanjenje cene modula.

Očigledno je da je ideja o realizaciji savremenih funkcijski realizovanih elektronskih sistema aviona tehnički izvodljiva, i da već predstavlja veliki izazov za sve projektante avionike i aviona u celini. Za razliku od dugogodišnjih vrlo malih i sporih promena kod sistemski i podsystemski orijentisanog pristupa u projektovanju elektronskih sistema aviona, prelazak na funkcijsku realizaciju avionike predstavlja revolucionarnu tehnološku promenu, koja će omogućiti znatna poboljšanja performansi, raspoloživosti i pogodnosti za održavanje uz znatno smanjenje cene.

Literatura:

- [1] Morgan, D. R.: Air force wright aeronautical laboratories, Avionics laboratory, Wright-Patterson air force base, Pave pace: System avionics for the 21st century, Ohio 1988.
- [2] Simić, D.: Prikazivanje parametara i stanja kod distribuiranih procesorskih sistema aviona, Univerzitet u Beogradu – ETF, 1991.
- [3] Advisor Group for Aerospace Research and Development (AGARD), Conference proceedings No. 343, Advanced concepts for avionics/weapon system design, development and integration, april 1983.

Dejan Živković,
dipl. inž.
Doc. dr sc. med.
Miroslav Hrnjak,
pukovnik
Gradimir Basarić,
dipl. inž.
Nebojša Pešić,
el. tehničar
Institut za medicinu rada ZPM VMA,
Beograd

IZLOŽENOST AVIOMEHANIČARA BUCI, INFRAZVUKU I ULTRAZVUKU OKO MLAZNOG AVIONA

UDC: 534.6:[621.45:623.746]

Rezime:

Ljudstvo koje radi na održavanju mlaznih aviona izloženo je buci, infrazvuku i ultrazvuku. Cilj rada bio je da se izmere ukupni nivoi buke i izvrši njena oktavna analiza, kao i da se izmere nivoi infra i ultrazvuka oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona. Rezultati merenja pokazali su da ukupni nivoi buke i oktavni nivoi zvučnog pritiska u posmatranim režimima rada motora prelaze dopuštene nivoe. Izmereni oktavni nivoi infrazvuka, samo za režim forsaza, prelaze dopuštenu vrednost. Spektralnom analizom ultrazvuka utvrđeno je da prelazi dopušteni nivo u trećinskooktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 20 kHz.

Ključne reči: buka, infrazvuk, ultrazvuk, aviomehaničari, mlazni avioni, zaštita od buke.

EXPOSURE TO NOISE, INFRASOUND AND ULTRASOUND OF JET AIRPLANE

Summary:

The personnel working on the maintenance of jet airplane is exposed to: noise, ultrasound and infrasound. The aim of the work was to measure the entire noise level, accomplish its octave analysis and measure ultrasound and infrasound levels around the jet airplane. The results of measurement showed that the entire noise levels and octave sound level pressures in the observed work regimes of airplane motors exceed permissible levels. The measured octave infrasound levels exceed the permissible level in any octave band only for the after-burning regime. The ultrasound spectrum analysis showed that the ultrasound exceeds the permissible level in the third octave band with the mid frequency of 20 kHz.

Key words: Noise, infrasound, ultrasound, aviomechanics, jet airplanes, protection against noise.

Uvod

Savremeni avioni izuzetno su složeni, pa je neophodno obezbediti njihovo efikasno održavanje. Ovu aktivnost obavlja vazduhoplovnotehnička služba održavanja, koja obavlja niz postupaka i radova, radi kontrole stanja, pravilnog korišćenja i održavanja vazduhoplova. Tu spa-

daju: pregledi pre upotrebe vazduhoplova, pregledi u toku i posle upotrebe, povremeni pregledi, opšti pregledi, vanredni pregledi i smotre vazduhoplova, opšte i druge opravke, itd. Ova služba obuhvata niz profila: aviomehaničare, avioelektričare, aviooružare, avioinstrumentariste i dr.

Sa problemom buke vazduhoplovstvo se suočilo još na početku svog razvoja, a u novije vreme sa razvojem motora velike propulzivne moći problem buke dobio je još više na značaju. Naime, buka koju generišu vazduhoplovi štetno deluje na posadu vazduhoplova, zatim na ljudstvo koje opslužuje vazduhoplove, kao i na stanovništvo koje živi i radi u blizini aerodroma.

U ovom radu razmatrani su buka, ultrazvuk i infrazvuk koji se javljaju oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona, a deluju na pripadnike službe održavanja aviona, koji rade na betonskim stajankama. Stajanka je otvoreni prostor različitih dimenzija, a može biti travnat ili popločan betonskim pločama. Nalazi se u neposrednoj blizini poletno-sletne staze (piste), sa kojom je povezana rulnom stazom, a na njoj se postavljaju avioni neposredno pred poletanje ili nakon izvršenog leta. Na stajanci se obavlja: vuča aviona, popuna aviona, odgovarajući prepoletni, međuletni i posleletni pregledi prema postojećim propisima, a na njoj je i „probni sto“ (prostor na kome se obavlja provera ispravnosti motora i sistema aviona nakon otklanjanja većih neispravnosti).

Pregledima se utvrđuje ispravnost aviona i njihova sposobnost za neposredno izvršavanje letачkih zadataka. Na svim pregledima obavlja se provera rada motora vazduhoplova, a motori upravo i predstavljaju osnovne izvore buke kojoj je izloženo ljudstvo na stajankama. Motori, tj. pogonske grupe, mogu biti elisomotori ili mlazni.

U prvu grupaciju spadaju klipni motori i turboprop motori (turboelisni motori). Avioni sa klipnim motorima mogu imati 1 do 8 motora, počev od jednog koji je montiran u trupu aviona sa vuč-

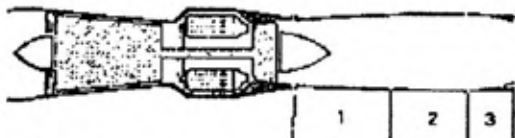
nom ili potisnom elisom, pa sve do 4 do 8 motora postavljenih u gondolama duž krila. Turboprop motori ili turboelisna pogonska grupa izvedena je kao gasna turbina, ali je dopunjena mehaničkim prenosom (reduktorom) koji pokreće elisu. Elisa proizvodi izražajniju buku (sa aspekta dejstva buke na čoveka) u odnosu na buku motora, što je posebno izraženo ako se čovek nalazi u ravni ose elise.

Razvoj mlaznih motora omogućio je letenje nadzvučnim brzinama. Mlazni motori su gasne turbine koje svoj rad zasnivaju na principu reakcije. Uobičajenu konstrukciju mlaznih motora sačinjava: kompresor, komora za sagorevanje, turбина i mlaznice za isticanje sagorelih gasova velikom brzinom, čime se stvara jak potisak. Kompresor proizvodi visokofrekventnu buku koja se lako priгуšuje, a znatno opada sa povećanjem rastojanja od njenog izvora. Mlaz izduvnih gasova proizvodi niskofrekventnu buku velikog intenziteta, koja se bitno povećava sa povećanjem broja obrtaja motora, odnosno sa povećanjem brzine isticanja mlaza, a ova buka se širi daleko u prostor.

Za pogon borbenih aviona koriste se turbomlazni motori (TMM), pri čijem su konstruisanju primenjena vrhunska tehnička i tehnološka dostignuća. TMM (jednorotorni, dvorotorni i dvostrujni turboventilatorski motori) obično se klasifikuju na osnovu konstruktivnih koncepcija, i to na TMM bez naknadnog sagorevanja i TMM sa naknadnim sagorevanjem – forsazem (ovi motori su razvijeni za pogon nadzvučnih aviona). Razlika je u ugradnji komore naknadnog sagorevanja iza turbine, čime izduvni gasovi iz motora dobijaju veću energiju, povećava se brzina isticanja, a time i potisak.

Osnovni izvor buke kod posmatranog tipa nadzvučnog mlaznog aviona

predstavlja njegov jednorotorni turbomlazni motor sa naknadnim sagorevanjem (slika 1) [1-3].



Sl. 1 – Šematski prikaz jednorotornog turbomlaznog motora sa naknadnim sagorevanjem:
1 – difuzor, 2 – komora za naknadno sagorevanje, 3 – mlaznik
promenljivog preseka

Pored rada motora aviona u različitim režimima, buku stvaraju i agregati za zapuštanje motora aviona, cisterne sa gorivom i vučna vozila. Lica koja rade na radnim mestima koja su u ovom radu analizirana podležu periodičnim pregledima zdravstvenog stanja, s tim da je poseban naglasak na audiometriji. Za ova radna mesta, od zaštitnih mera predviđeno je korišćenje ušnih štitnika protiv buke (JUS Z.B1.350).

Cilj ovog rada bio je da se izmere ukupni nivoi buke i izvrši njena oktavna analiza, kao i da se izmere nivoi infrazvuka i ultrazvuka oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona.

Oprema i metode istraživanja

Merenje buke, infrazvuka i ultrazvuka obavljeno je oko jednog tipa nadzvučnog mlaznog aviona u toku pregleda na stajanci (sa betonskom podlogom) i na probnom stolu. Buka je merena na sedam aviona ovog tipa, prilikom proba motora u različitim režimima rada.

Za merenje ukupnog nivoa buke korišćen je modularni precizni merač nivoa zvuka tipa 2231 sa oktavnim filterom tipa 1625. Ukupni nivo buke meren je na radnim mestima aviomehaničara pri raz-

ličitim režimima rada motora, i to: pored agregata za zapuštanje motora aviona, pored uvodnika, na rastojanju 3 m ispred aviona, iza krila aviona na udaljenosti 0,5 m od repnog dela, na rastojanju 10 m i 15 m ispred aviona, kod rukovodioca odeljenja i mehaničara ispod aviona, kod rukovodioca odeljenja (kod instrumenata za podešavanje) na udaljenosti 5 m desno od aviona, u kabini pilota aviona, pored cisterne sa gorivom i boca sa vazduhom. Za merna mesta uzimane su tačke gde se najčešće nalaze ili kreću pripadnici službe održavanja. Gde je bilo moguće urađena je oktavna analiza nivoa zvučnog pritiska.

Za određivanje ekvivalentnog nivoa buke (Leq) korišćene su metode lične dozimetrije i statističke analize. Ekvivalentni nivo buke određen je na dva načina: korišćenjem ličnih dozimetara za buku tipa 4434 sa mikrofonom tipa 4130, i korišćenjem mernog lanca koji se sastojao od mikrofona tipa 4165, pretpojačavača tipa 2619 i statističkog analizatora nivoa zvuka tipa 4426. Za vreme redovne aktivnosti dozimetre su nosili članovi merne ekipe, rukovodilac grupe i aviomehaničari, tako da su mikrofoni iz kompleta postavljeni na štitnicima za zaštitu od buke. Dozimetar je radio u režimu „on“ (u slučaju kada su ih nosili članovi merne ekipe) i „call“ (kada su ih nosili aviomehaničari).

Statistička analiza nivoa zvuka izvršena je na stajanci i na probnom stolu.

Merenja su obavljana na način koji propisuje Pravilnik o opštim merama i normativima zaštite od buke u radnim prostorijama (Sl. list SFRJ br. 21/2 iz 1992. god.) [4]. Prema njemu je vršeno i normiranje, a korišćen je kriterijum – dopušteni nivo s obzirom na vrstu delatnosti (tabela 1 Pravilnika), dok su za oktavnu analizu korišćene vrednosti ni-

voa zvučnog pritiska u oktavnim pojasevima (tabela 4 Pravilnika).

Snimanje infra i ultrazvuka obavljano je na udaljenosti 5 m bočno od kabine pilota aviona. Za snimanje infrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4165, precizni impulsni merači nivoa zvuka tipa 2209 i magnetofon tipa 7003. Za snimanje ultrazvuka korišćeni su: mikrofoni tipa 4135, precizni impulsni merači nivoa zvuka tipa 2209 i magnetofon tipa 7006. Za analizu snimljenih uzoraka u oba slučaja korišćen je digitalni frekventni analizator nivoa zvuka tipa 2131. Za normiranje dobijenih rezultata spektralne analize infrazvuka korišćene su, pošto nema drugih standarda za infrazvuk, sovjetske norme za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku iz 1980. godine [5]. Za normiranje dobijenih rezultata spektralne analize ultrazvuka korišćene su norme iz Privremenog uputstva o granicama ekspozicije ljudi ultrazvuku iz vazduha, koji je propisao Međunarodni komitet za nejonizujuće zračenje Međunarodnog udruženja za zaštitu od zračenja, 1984. godine [6].

Svi navedeni uređaji proizvodi su firme Briel & Kjaer (Danska).

Rezultati istraživanja

Merenja na stajanci

Izmereni ukupni nivoi buke u toku zapuštanja i različitih režima rada motora aviona na stajanci prikazani su u tabeli 1. Može se uočiti da izmereni nivoi buke prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A), koji je određen s obzirom na vrstu delatnosti i odnos aviomehaničara prema izvoru buke. Spektralnom analizom utvrđeno je da oktavni nivoi zvučnog pritiska u nave-

denim režimima rada motora uglavnom znatno prelaze dopuštene vrednosti određene normativnom krivom N-70, posebno u oblasti visokih frekvencija.

U tabeli 2 prikazani su ekvivalentni nivoi buke za posmatrani interval od 120 minuta, očitani na ličnim dozimetrima za buku, koje su nosili članovi merne ekipe.

Pošto su se članovi merne ekipe u toku posmatranog perioda nalazili uz mehaničare, može se reći da ekvivalentni nivoi buke prelaze dopušteni nivo buke od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti kojom se bave mehaničari.

Statističkom analizom buke na stajanci obuhvaćene su sledeće aktivnosti: popuna gorivom, rad agregata za zapuštanje motora aviona, polazak aviona sa stajanke, poletanje aviona sa piste (200 m od odmorišta – mesto gde se obavljaju dogovori, odgovarajuće pripreme i boravi u toku dana), višestruki preleti aviona (300 do 400 m nad stajankom), sletanje aviona i parkiranje aviona. Iz statističke analize merenja obavljenog između aviona na stajanci može se uočiti:

$S = 23954$ – broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 107,3$ dB(A), $L_{10} = 93,5$ dB(A), $L_{50} = 71,3$ dB(A),

$L_{90} = 60,8$ dB(A), $L_{95} = 56,3$ dB(A), $L_{99} = 66,3$ dB(A) i

$L_{eq} = 94,0$ dB(A) što prelazi dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Ekvivalentni nivo buke prelazi dopušteni nivo buke od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7003, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 3.

Merenja i analiza buke pored aviona na betonskoj stajanci

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB(A)	Dopušte- ni nivo buke u dB(A)	Oktavni nivoi zvučnog pritiska u dB								
					31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1.	Pored agregata	rad motora agregata	96–100	75	83	85	93	92	86	83	80	79	72
2.	Pored uvodnika	motor na malom gasu	105–108	75									
3.	Kod mehaničara na stepenicama	motor na malom gasu	105	75									
4.	Na 3 m levo od aviona	motor na malom gasu	103–105	75	86	90	88	86	83	82	82	89	93
5.	Na 3 m levo od aviona	motor u SPS režimu	108–110	75	90	108	100	99	87	89	88	96	107
6.	Kod mehaničara na 1 m iza krila	motor na malom gasu	105–107	75									
7.	Kod mehaničara na 1 m iza krila	motor u SPS režimu	115–117	75									
8.	Na 15 m ispred me- sta za parkiranje	motori četiri aviona na malom gasu	do 109	75									
9.	Na 15 m ispred me- sta za parkiranje	motori šest aviona na malom gasu	112	75									
10.	Na 10 m ispred me- sta za parkiranje	parkiranje dva aviona	99–105	75									
11.	Pored komandne table cisterne sa gorivom	rad motora i kompresora cisterne	94	80	86	93	96	95	92	92	97	92	90
12.	Pored boca sa vaz- duhom, na vozilu	punjenje aviona vazduhom	84	80									

Osenčena polja označavaju opsege u kojima je došlo do premašenja dopuštenih nivoa zvučnog pritiska

Tabela 2

Ekvivalentni nivoi buke

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost u %	Leq dB(A)
1.	Prvi član ekipe	37*	93
2.	Drugi član ekipe	42*	94
3.	Treći član ekipe	38*	93

* upozorenje da je nosilac dozimetra izložen buci čiji nivo povremeno premašuje 115 dB(A)

Na osnovu rezultata spektralne analize infrazvuka, prikazanih u tabeli 3, može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka ni u jednom oktavnom opsegu, pri navedenim režimima rada

motora aviona, ne prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB (određena radi zaštite od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5]).

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7006, na digitalnom

Tabela 3

Spektralna analiza infrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Oktavni nivoi infrazvuka u dB		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
1.	Mali gas	77	79	80
2.	SPS režim - 60% snage motora	87	89	90
3.	Režim grejanja (90%)	91	95	97

frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 4.

Na osnovu rezultata spektralne analize ultrazvuka utvrđeno je da on u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB, koja je određena za neprekidno izlaganje radnika za 8 sati, dok u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period [6].

Merenja na „probnom stolu“

Izmereni ukupni nivoi buke u toku zapuštanja i različitih režima rada motora

Tabela 4

Spektralna analiza ultrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka u dB					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
1.	Zapuštanje motora – mali gas	84,6	81,2	79,7	76,8	73,0	70,2
2.	SPS režim	87,4	84,4	85,6	77,3	75,5	70,9

aviona na probnom stolu, prikazani su u tabeli 5. Može se uočiti da izmereni nivoi buke prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A) koji je određen s obzirom na vrstu delatnosti i odnos aviomehaničara prema izvoru buke. Spektralnom analizom utvrđeno je da oktavni nivoi zvučnog pritiska

Tabela 5

Merenja i analiza buke pri proveru motora aviona na „probnom stolu“

Red. br.	Mesto merenja	Izvor buke	Nivo buke u dB(A)	Dopušte- ni nivo buke u dB(A)	Oktavni nivoi zvučnog pritiska u dB								
					31,5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz	8 kHz
1.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor aviona na malom gasu	110–112	75	109	102	102	103	91	92	96	104	108
2.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor u SPS režimu	115	75									
3.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor aviona na 90% snage	123	75									
4.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor aviona na 100% snage	119–120	75	99	106	104	112	111	112	111	108	109
5.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor na max. forsažu	do 126	75									
6.	Kod rukovodioca odeljenja ispod aviona	motor na max. forsažu	do 130	75									
7.	Kod rukovodioca odeljenja, na 5 m desno od aviona	motor na min. forsažu	121–123	75									
8.	Kod mehaničara u otvorenoj kabini	motor na malom gasu	95–98	75									
9.	Kod mehaničara iza levog krila	motor aviona na 90% snage	118–122	75									
10.	Kod mehaničara na 2 m levo od kabine	motor aviona na 100% snage	118–120	75									

Osnena polja označavaju opsege u kojima je došlo do premašanja dopuštenih nivoa zvučnog pritiska

u navedenim režimima rada motora uglavnom znatno prelaze dopuštene vrednosti određene normativnom krivom N-70, posebno u oblasti visokih frekvencija.

U tabeli 6 prikazani su ekvivalentni nivoi buke, za posmatrani interval od 40 minuta, očitani na ličnim dozimetrima za buku.

Tabela 6

Ekvivalentni nivoi buke

Red. br.	Nosilac	Očitana vrednost na instrumentu	Leq dB(A)
1.	Rukovodilac odeljenja	9998 p*	104
2.	Mehaničar 1	9903 p*	103
3.	Mehaničar 2	9854 p*	103

* upozorenje da je nosilac dozimetra izložen buci čiji nivo povremeno premašuje 115 dB(A)

p – nivo buke povremeno prelazi 140 dB

Ekvivalentni nivoi buke prelaze dopušteni nivo buke od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Iz statističke analize buke koja se javlja na probnom stolu, pri navedenim režimima rada motora aviona na 5 m bočno od aviona može se uočiti:

$S = 28511$ – broj uzoraka (vreme uzorkovanja 0,1 s),

$L_1 = 123,8$ dB(A), $L_{10} = 119,3$ dB(A), $L_{50} = 104,3$ dB(A),

$L_{90} = 101,8$ dB(A), $L_{95} = 101,3$ dB(A), $L_{99} = 86,8$ dB(A), i

$Leq = 114,1$ dB(A), što prelazi dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti.

Tabela 7

Spektralna analiza infrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Oktavni nivoi infrazvuka u dB		
		4 Hz	8 Hz	16 Hz
1.	Zapuštanje motora – mali gas	775	78	81
2.	SPS režim	84	86	90
3.	100% snage	89	95	95
4.	Min. forsaz	106	111	111

Analizom snimljenog materijala sa magnetofona tipa 7003, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 7.

Na osnovu rezultata spektralne analize infrazvuka može se zaključiti da izmereni oktavni nivoi infrazvuka za režim forsaza prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena za zaštitu od profesionalnog izlaganja infrazvuku [5].

Analizom snimljenog materijala, sa magnetofona tipa 7006, na digitalnom frekventnom analizatoru tipa 2131 dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 8.

Na osnovu rezultata spektralne analize ultrazvuka utvrđeno je da on u trećinskooktavnom opsegu sa središnjom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje radnika za 8 sati, a u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period [6].

Tabela 8

Spektralna analiza ultrazvuka

Red. br.	Režim rada motora aviona	Trećinskooktavni nivoi ultrazvuka u dB					
		20 kHz	25 kHz	31,5 kHz	40 kHz	50 kHz	63 kHz
1.	Zapuštanje motora – mali gas	88,7	83,3	83,7	76,2	71,0	66,1
2.	Motor aviona na 90% snage	95,2	90,0	88,3	83,4	81,0	75,0

Osnovni pravci zaštite

Buka koju stvaraju savremeni vazduhoplovi može se smanjiti na više načina, u zavisnosti od toga da li se teži smanjenju buke na samom izvoru ili se želi smanjiti buka putem zaštitnih mera na mestu njenog prijema. Pošto najveći udeo u analiziranoj buci imaju motori vazduhoplova, tj. njihovi pojedini sklopovi, glavni pravci za smanjenje buke morali bi se

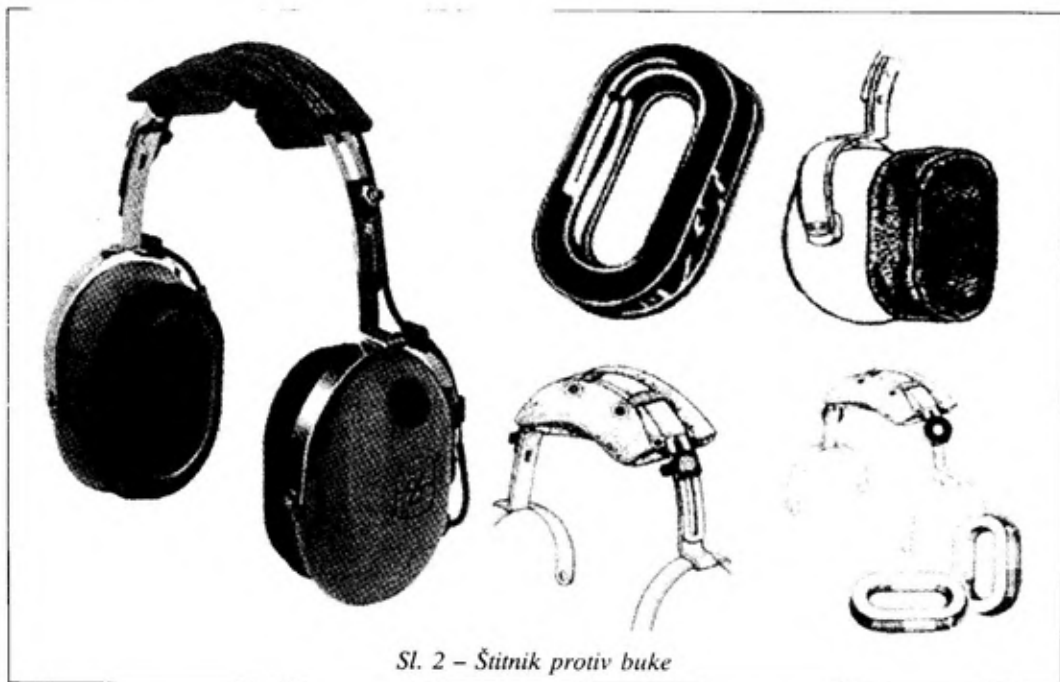
usmeriti na motore, i bili bi aktivni i pasivni.

Aktivnim postupcima za smanjenje buke nazivaju se oni koji se preduzimaju pri projektovanju pojedinih sklopova motora (izbor optimalnog broja loptica statorskog i rotorskog sklopa, izbor odgovarajućeg mlaznika, itd.), kao i smanjenju brzine isticanja mlaza (ostvaruje se smanjenjem radne temperature ciklusa ili smanjenjem stepena širenja mlaznika, povećanjem obima otvora mlaznika – pri nepromenjenom preseku), a najveći napredak ostvaren je konstrukcijom i korišćenjem dvostrujnih turbomlaznih motora.

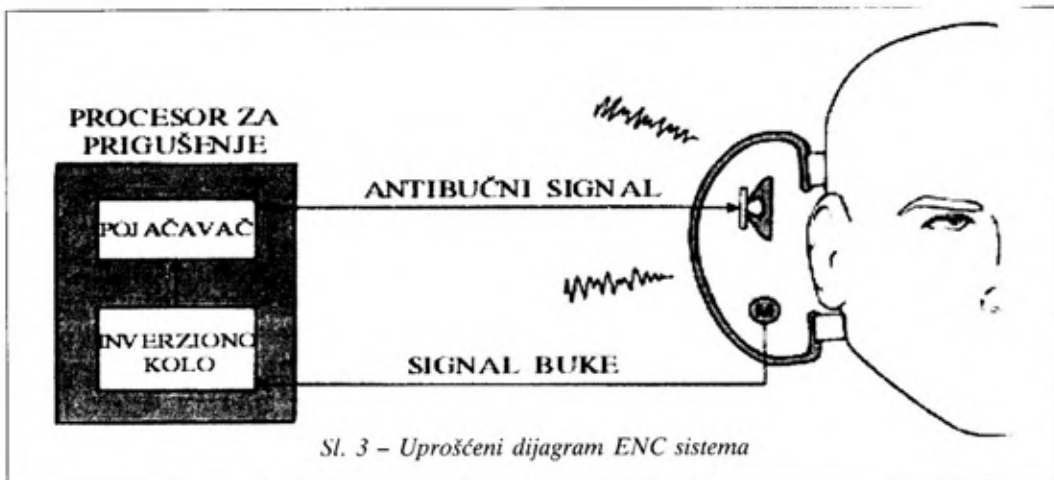
Pasivni postupci za smanjenje buke ogledaju se u postavljanju zvučne izolacije oko delova motora (uvodnika vazduha, mlaznika, pojedinih strujnih kanala, gondole motora, kućišta agregata, itd.), kao i naknadnim rešenjima i prilagođavanjima. Zvučna izolacija mora da udovolji sledećim zahtevima: masa i debljina ma-

terijala mora da bude što je moguće manja, a materijal otporan na visoke temperature i pritiske i da je visokih antizvučnih karakteristika.

Navedeni pravci zaštite od buke uvek predstavljaju veliku investiciju, pa se često kao jeftina i efikasna mogućnost preduzima poboljšavanje sredstava lične zaštite ljudstva, pre svega štitnika protiv buke, koji na pasivan način smanjuju buku u širokom čujnom opsegu, a predstavljaju i dobru zaštitu od dejstva ultrazvuka. Uz svaki od štitnika daje se odgovarajuća deklaracija sa prikazom atenuacija u pojedinim opsezima. Štitnik protiv buke (slika 2) uglavnom ne ostvaruje zadovoljavajuće smanjenje buke na nižim frekvencijama (ispod 200 Hz), a to je opseg koji je posebno interesantan, jer neki vazduhoplovi, među kojima posebno mesto zauzimaju helikopteri, generišu vrlo visoke nivoe buke upravo na ovim frekvencijama. Posao aviomehaničara na



Sl. 2 – Štitnik protiv buke



Sl. 3 – Uprošćeni dijagram ENC sistema

stajanci zahteva i neprekidno osluškivanje okoline, a postoji i potreba komunikacije sa drugim aviomehaničarima i sa pilotom, pa se javlja i potreba za ugradnjom odgovarajućeg mikrofona u štitnik [2, 6].

Aktivna redukcija neželjene buke ostvaruje se generisanjem signala koji ima isti nivo zvučnog pritiska – Sound Pressure Level (SPL), ali suprotne faze od neželjene buke i na taj način se ostvaruje efekat prigušivanja. Zbog toga je razvijen sistem za prigušenje buke ili ENC sistem (Electronic Noise Cancellation System), prikazan na slici 3.

Štitnik protiv buke sastoji se od: ušnih zaptivača ispunjenih gelom, mekanih dvostrukotkanih pamučnih ušnih pokrivača (idealni za toplo i vlažno vreme, jer mogu apsorbovati znoj i mogu se prati), stremena, tj. poveza za glavu i mekanog (penom ispunjenog) jastuka koji obezbeđuje komforno nošenje štitnika.

Pored već navedenih štitnika i ENC sistema, zbog izuzetno visokih nivoa buke (iznad 100 dB) potrebno je koristiti i zaštitnu kacigu protiv buke. Praktična je zaštitna kombinacija sastavljena od štit-

nika protiv buke sa mikrofonom, sistema za prigušenje buke i odgovarajuće kacige (slika 4).

Zaštitna kaciga izrađuje se od kompozitnih materijala što je čini veoma lakom. Kaciga se obično sastoji od tri dela: štitnika za potiljak, podšlemnika i ljuštore kacige. Korišćenjem prikazane zaštitne kombinacije efikasno bi se smanjio prenos buke do unutrašnjeg uha, kako vazдушnim tako i koštanim putem, a izbegle



Sl. 4 – Zaštitna kaciga u kombinaciji sa štitnikom sa ENC sistemom

bi se i eventualne povrede glave do kojih može doći pri radu ispod trupa vazduhoplova.

Valja istaći da nije dovoljno samo nabaviti zaštitna sredstva, jer nepravilno nošenje i rukovanje umanjuje njihov zaštitni efekat, već je potrebno sprovesti i obuku u korišćenju ovih sredstava [2, 3]. Takođe, neophodno je planirati i organizovati rad na stajankama i „probnim stolovima“ (zadržavanje samo neophodnog ljudstva), regulisati način kretanja i zadržavanja u zoni izvora buke i sl.

Udeo u smanjenju buke ima i letačko osoblje. Brže penjanje vazduhoplova (na većim napadnim uglovima) sužava oblast ugroženu bukom, kao i izvlačenje zakrilaca i stajnih organa pre sletanja. Naravno, navedene mere imaju ograničeni domet, jer se teško mogu primeniti u već ranije definisanim uslovima sletanja i uzletanja na aerodromima.

Projektanti aerodroma i pratećih objekata treba da vode računa o merama za smanjenje buke. Pogodnim izborom pravca piste, lokacijom „probnih stolova“, uzimanjem u obzir meteoroloških i terenskih karakteristika okoline može se znatno smanjiti buka koja dopire do aerodromskog osoblja, pa i do stanovništva koje živi u blizini aerodroma [3].

Zaključak

Izmereni ukupni nivoi buke, oktavni nivoi zvučnog pritiska i dobijene vredno-

sti za Leq prelaze propisane dopuštene nivoje. Spektralnom analizom infrazvuka utvrđeno je da izmereni oktavni nivoi infrazvuka, samo za režim forsaja, prelaze dopuštenu vrednost od 105 dB, koja je određena radi zaštite od profesionalnog izlaganja infrazvuku. Nivo ultrazvuka u trećinskooktavnom opsegu sa centralnom frekvencijom od 20 kHz prelazi dopuštenu vrednost od 75 dB koja je određena za neprekidno izlaganje za 8 sati, a u ostalim opsezima ne prelazi dopuštenu vrednost od 110 dB za isti period.

Ljudstvo koje opslužuje vazduhoplove na stajankama izloženo je intenzivnoj „aerodromskoj buci“ koju izaziva istovremeni rad, poletanje ili sletanje više vazduhoplova. Najveći zaštitni efekat ima pravilno nošenje zaštitne opreme, tj. ušnih štitičnika i kaciga za zaštitu od buke, dok tvrdnje o adaptaciji na buku predstavljaju zabluđu.

Literatura:

- [1] Živković, S.: Mlazni motori borbenih aviona – stanje i razvoj. Novi glasnik 1994; 5-6; 67-78.
- [2] Owen, M. J. P.: Noise induced hearing loss in military helicopter aircrew- a review of the evidence. J. R. Army Med Corps 1995; 141:98-101.
- [3] Bojanović, M.: Problemi buke u vazduhoplovstvu. Glasnik RV i PVO 1985; 1-2; 12-8.
- [4] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u prostorijama. Službeni list SFRJ 1992; 21: 310-6.
- [5] Higijeničke norme infrazvuka na radnim mestima. Minzdrav SSSR.- M.1980; 2274-80.
- [6] IRPA/INIRC Guidelines. Guidelines on human exposure to airborne ultrasound Health Phys 1984; 46: 972-4.

UPOREDNA ANALIZA DINAMIČKIH KARAKTERISTIKA VENTILA ZA ZAŠTITU OD PRODORA VAZDUŠNOUDARNOG TALASA U UNUTRAŠNOST OBJEKTA

UDC: 621.646.5:623.454.833

Rezime:

U više stotina izvršenih opita na ventilima različitih otpornosti, dimenzija i konstrukcija, dobijeni rezultati podudaraju se sa teorijskim rezultatima, što pokazuje da su teorijski opisi procesa zatvaranja ventila pouzdan put za dalji rad na ovoj problematici. Za proračun vremena zatvaranja ventila korišćene su teorijske vrednosti pritiska u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa, a pošto teorijski proračunata vremena zatvaranja ne odstupaju od eksperimentalno izmerenih, to znači da su indirektnim putem verifikovani simulirani – proizvedeni parametri vazdušnoudarnog talasa, odnosno uređaja za simuliranje njegovih parametara. Dat je opis i proračun uređaja za proizvođenje vazdušnoudarnog talasa. Izložen je metod eksperimentalnog određivanja vremena zatvaranja protivudarnih ventila.

Ključne reči: nuklearna eksplozija, vazdušnoudarni talas, parametri talasa, zaštita, mehanički sistemi, protivudarni ventili, uređaj za proizvođenje vazdušnoudarnih talasa, proračun karakteristika uređaja, dinamičke karakteristike, vreme zatvaranja, eksperiment, eksperimentalne metode, rezultati eksperimenta.

COMPARATIVE ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF VALVES FOR PROTECTING OBJECT INTERIOR AGAINST AIR-BLAST WAVES

Summary:

Results of hundreds of experiments with valves of different resistance, dimensions and constructions are in good accordance with theoretical results, which shows that theoretical descriptions of valve closing procedures represent a reliable way which should be followed in this field. The theoretical pressure values in the front of a direct air-blast wave have been used to calculate the valve closing time. Since theoretically calculated closing times do not differ from those experimentally measured, it means that simulated parameters of air-blast waves, i.e. parameters of an ABW instrument, have been indirectly verified. The ABW simulation instrument has been described, its calculation has been given as well as the method for experimental determination of shut-off valves closing times.

Key words: nuclear explosion, air-blast wave, wave parameters, shelter, mechanical systems, anti-shock valves, air-blast wave simulation equipment, calculation of equipment characteristics, dynamic characteristics, closing time, experiment, experimental methods, experimental results.

Uvod

Proračunate i realizovane konstrukcije ventila pre ugradnje potrebno je

ispitati u pogledu predviđene funkcionalnosti i otpornosti na dejstvo impulsa pritiska vazdušnoudarnog talasa (VUT). Ispitivanja se obavljaju na uređajima [1-7]

u kojima je moguće proizvesti željene parametre, tj. pritisak u frontu direktnog i reflektovanog talasa, reflektovani pritisak, vreme trajanja impulsa pritiska, tok promene pritiska u vremenu adekvatne parametrima VUT-a nastalog pri nuklearnoj eksploziji, i posredno ili neposredno određivanje vremena zatvaranja ventila u zavisnosti od nivoa pritiska i konstrukcijskih parametara ventila.

U okviru ovog rada provereni su teorijski rezultati vremena zatvaranja ventila eksperimentalnim metodama, odnosno stepen saglasnosti teorijski dobijenih rezultata vremena zatvaranja ventila sa eksperimentalnim, a time i to da teorijski definisani analitički izrazi vremena zatvaranja budu osnova za konstruisanje ventila različitih otpornosti i nazivnih prečnika.

Korišćene oznake:

t_z, T_z – vreme zatvaranja ventila,
 m – masa pokretnog sklopa,
 x_0 – hod pokretnog sklopa ventila,
 p_f – pritisak u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa,
 D_1 – prečnik membrane ventila,
 d_2 – prečnik otvora membrane ventila,
 C – krutost opruge ventila,
 x_n – vrednost elastične podužne deformacije opruge ventila u ravnotežnom položaju pokretnog sklopa,
 p_r – reflektovani pritisak,
VUT – vazdušnoudarni talas,
 M_3 – Mahov broj u frontu udarnog talasa,
 v_f – brzina fronta direktnog talasa,
 a – brzina zvuka,
 p_1 – pritisak u komori niskog pritiska,
 p_5 – pritisak u komori visokog pritiska,
 $p/p_1, p_5/p_1, p_r/p_1$ – bezdimenzionalne veličine,
 l_u – ukupna dužina simulatora,

l_1 – dužina komore niskog pritiska (ekspanziona komora),
 l_5 – dužina komore visokog pritiska,
 c – odnos dužine komore visokog pritiska i komore niskog pritiska,
 d – unutrašnji prečnik cevi simulatora,
 V – ukupna zapremina cevi simulatora,
 f – površina otvora ekspanzionog ventila,
 τ – vreme pozitivne faze VUT-a,
 h – veličina otvora ekspanzionog ventila,
 d_1 – prečnik otvora ekspanzionog ventila,
 l – rastojanje piezoelektričnih pretvarača pritiska S_1 i S_2 ,
 t – vreme za koje front direktnog VUT-a pređe rastojanje l ,
 v_r – brzina u frontu reflektovanog talasa,
 t_1 – vreme za koje front reflektovanog talasa pređe rastojanje l .

Teorijski izraz vremena zatvaranja ventila

Na osnovu teorijskih postavki na originalan način definisan je analitički izraz vremena zatvaranja ventila u zavisnosti od nivoa pritiska u frontu direktnog VUT-a i niza konstrukcijskih parametara, u obliku [1, 8, 9]:

$$t_z = \left(\frac{m}{1000c} \right)^{1/2} \arccos \left[1 - \frac{4000c(x_0 + x_n)}{p_f \pi (D_1^2 - d_2^2)} \right], \quad (1)$$

odnosno

$$T_z = 2 \left[\frac{2m(x_0 + x_n)}{p_f \pi (D_1^2 - d_2^2) - 4000C(x_0 + x_n)} \right]^{1/2} \quad (2)$$

gde je:

t_z, T_z [s] – vreme zatvaranja ventila;
 m [kg] – masa pokretnog sklopa ventila;
 x_0 [m] – hod pokretnog sklopa ventila;

x_n [m] – vrednost prethodnog – elastičnog ugiba opruge ventila;

p_f [N/m²] – pritisak u frontu direktnog VUT-a;

D_1 [m] – prečnik membrane ventila;

D_2 [m] – prečnik otvora membrane ventila,

C [N/mm] – krutost opruge ventila.

Analizom analitičkog izraza vremena zatvaranja ventila usled dejstva direktnog VUT-a može se zaključiti da ako se ista konstrukcija ventila izloži različitim vrednostima pritiska, odnosi kvadrata vremena zatvaranja ventila obrnuto su proporcionalni pritiscima u frontu direktnog VUT-a [1]:

$$\left(\frac{T_{z_1}}{T_{z_2}} \right)^2 = \frac{p_{f_2}}{p_{f_1}} \quad (3)$$

gde je:

T_{z_1} – vreme zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska p_{f_1} ;

T_{z_2} – vreme zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska p_{f_2} .

Analitički izraz vremena zatvaranja ventila primenjen je na protivudarni ventil domaće konstrukcije, nazivnog prečnika 350 mm, otpornosti 300, 600 i 900 kPa. Podaci za navedeni ventil su: $m = 1,98$ kg – masa pokretnog sklopa ventila, $x_0 = 0,052$ m – hod pokretnog sklopa ventila, $D_1 = 0,480$ m – prečnik membrane ventila, $d_2 = 0,045$ m – prečnik otvora membrane ventila, $C = 4,2$ N/mm – krutost opruge ventila, $x_n = 0,0075$ m – vrednost elastičnog prethodnog ugiba opruge ventila u ravnotežnom položaju pokretnog sklopa ventila.

Za uslovljene otpornosti ventila od 300, 600 i 900 kPa, na osnovu funkcio-

nalne veze oblika: $p_r = 2p_f + \frac{6p_f^2}{p_f + 7,2}$

[bar], nalaze se odgovarajuće vrednosti pritiska p_f u frontu direktnog talasa, koje iznose: 108000; 186000 i 253000 N/m², respektivno.

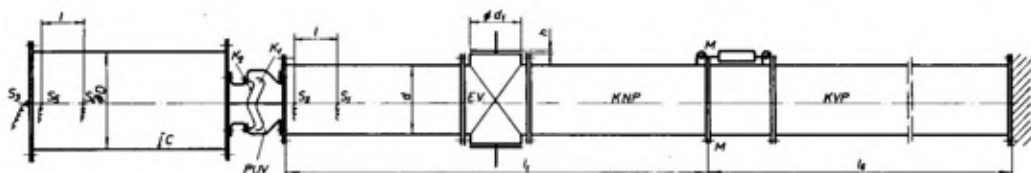
Na osnovu navedenih podataka, vremena zatvaranja ventila otpornosti 300; 600 i 900 kPa nalaze se na osnovu izraza (1) i (2), i iznose: 3,28; 2,49 i 2,14 ms, respektivno.

Eksperimentalna metoda određivanja vremena zatvaranja ventila

Opis uređaja za proizvođenje impulsa pritiska vazdušnoudarnog talasa

Radi nalaženja optimalnih rešenja ventila namenjenih zaštiti od prodora VUT-a u objekat, i provere otpornosti pre ugradnje, potrebno je izvršiti provere ispitivanja ovih konstrukcija na opterećenja koja se neznatno razlikuju od dejstva VUT-a nuklearne eksplozije. Jedino eksperimentom potvrđena teorijska razmatranja mogu dati pouzdana tehnička rešenja konstrukcija otpornih na VUT. Za ove svrhe koristi se poseban uređaj u kojem je moguće ostvariti opterećenja koja su identična (ili približna) dejstvu pritiska VUT-a nuklearne eksplozije u vazduhu [1, 2, 3, 4, 6, 10, 11]. Ovde je ukazano na „simulator impulsa izjednačavajućeg pritiska konstantnog preseka“ [1, 5, 10, 12].

Simulator impulsa izjednačavajućeg pritiska reflektovanog VUT-a (slika 1) sastoji se od pogonske komore zapremine V_5 i ekspanzione komore zapremine V_1 , istog poprečnog preseka. Komore su razdvojene rasprskavajućom membranom. U pogonskoj komori vazduh je pod apsolutnim pritiskom p_5 , a u ekspanzio-



Sl. 1 – Načelna šema uređaja za proizvodnje parametara VUT-a:

KVP – komora visokog pritiska, KNP – komora niskog pritiska, M+M – membrana, EV – ekspanzioni ventil, PUV – ventil koji se ispituje, IC – impulsna cev, l_1 – dužina pogonske komore, S_1 , S_2 , S_3 – piezoelektrični pretvarači pritiska, S_4 – piezoelektrični pretvarač za registrovanje propusnog pritiska ventila, K_1 – kontakt za registrovanje trenutka polaska pokretnog sklopa, K_2 – kontakt za registrovanje trenutka zatvaranja ventila, S_4 , S_5 – piezoelektrični pretvarači pritiska, l_1 – dužina komore niskog pritiska, h – veličina otvora ekspanzionog ventila

noj komori vazduh je atmosferskog pritiska p_1 .

Na ekspanzionoj komori postavljen je ventil sa regulišućim otvorima za isticanje vazduha. Na kraju ekspanzione komore postavlja se ventil koji se ispituje na željeni impuls pritiska.

Nakon rasprskavanja membrane, oslobođena energija izaziva porast pritiska u komori niskog pritiska čime se stvara vazdušnoudarani talas sa pritiskom p_f u frontu talasa. Kada ovaj talas naide na ventil koji se ispituje, reflektuje se, pri čemu se stvara reflektovani pritisak p_r , nekoliko puta veći od pritiska u frontu direktnog talasa. U procesu dejstva VUT-a reflektovani pritisak postepeno opada od svoje maksimalne vrednosti na atmosferski pritisak za određeno vreme τ . Tok promene reflektovanog pritiska uslovljen je konstrukcijom simulatora i veličinom regulišućih otvora ventila, postavljenog na komori niskog pritiska. Pri većim otvorima na regulišućem ventilu, vreme τ je kraće, i obrnuto. U ovakvom simulatoru impulsa izjednačavajućeg pritiska mogu se ostvariti impulsi pritiska različitog trajanja, odnosno proizvesti sledeći parametri VUT-a: pritisak u frontu direktnog talasa, reflektovani pritisak, trajanje impulsa pritiska, tok promene pritiska u funkciji vremena, brzina fronta udarnog

talasa nezavisno od dužine komore niskog pritiska. To je omogućeno ugradnjom ekspanzionog ventila na komori niskog pritiska sa regulišućim otvorima, i prigušenog sistema u komori visokog pritiska.

Definisanje radnih i dimenzionalnih karakteristika simulatora impulsa pritiska VUT-a

Ovde će se izneti definicije parametara impulsa pritiska VUT-a koji se mogu realizovati u simulatoru, i njihova međuzavisnost [1, 2, 5, 12, 13].

Pritisak u frontu direktnog talasa

Apsolutna vrednost pritiska u frontu direktnog VUT-a definisana je izrazom:

$$\frac{p_f}{p_1} = \frac{7Ms^2 - 1}{6} \quad (4)$$

U ovom izrazu je Ms – Mahov broj fronta direktnog talasa, koji se definiše sa:

$$Ms = \frac{V_f}{a} \quad (5)$$

pri čemu je:

V_f – brzina direktnog VUT-a;
 a – brzina zvuka;

p_f – apsolutni pritisak u frontu direktnog VUT;

p_1 – apsolutni pritisak u komori niskog pritiska.

Reflektovani pritisak

$$\frac{p_f}{p_1} = \frac{(7Ms^2 - 1)(8Ms^2 - 2)}{6(Ms^2 + 5)} \quad (6)$$

Za realizaciju pritiska p_f i p_r u pogonskoj komori mora delovati komprimirani vazduh pritiska p_5 .

Pritisak u pogonskoj komori

Da bi se omogućio proces formiranja vazdušnog udarnog talasa, u pogonskoj komori simulatora potrebno je obezbediti odgovarajući pritisak p_5 (odnosno p_5/p_1). Nakon rasprskavanja membrane formira se, u komori niskog pritiska, udarni talas sa pritiskom p_f (p_f/p_1) u frontu. Front udarnog talasa kreće se brzinom v_f , odnosno Mahovim brojem Ms . Između pogonskog pritiska p_5/p_1 i Mahovog broja Ms fronta udarnog talasa postoji određena funkcionalna zavisnost u slučaju kada je vazduh u obe komore [4, 14]. Ta zavisnost određena je jednačinom [1, 13]:

$$\frac{p_5}{p_1} = \frac{(7Ms^2 - 1)}{6 \left(1 - \frac{Ms^2 - 1}{6Ms}\right)^7} \quad (7)$$

Može se uočiti da svakom Mahovom broju Ms odgovara jedna vrednost pritiska p_5 , odnosno (p_5/p_1) u pogonskoj komori simulatora, i obratno.

Odnos dužina komora l_5/l_1

Da bi se ostvario planirani proces u simulatoru, odnos dužine pogonske ko-

more l_5 i dužine ekspanzione komore l_1 mora imati određenu zavisnost. U slučaju da se vazduh nalazi u obe komore, ovaj odnos se definiše jednačinom [17, 58]:

$$\begin{aligned} \frac{l_5}{l_1} \left[\frac{1}{\left(1 - \frac{Ms^2 - 1}{6Ms}\right)^7} - \frac{8Ms^2 - 2}{Ms^2 + 5} \right] = \\ = \frac{8Ms^2 - 2}{Ms^2 + 5} - \frac{6}{7Ms^2 - 1} \end{aligned} \quad (8)$$

Iz ove jednačine sledi da je:

$$\frac{l_5}{l_1} = c = \text{const.} \quad (9)$$

za određeni nivo reflektovanog VUT-a koji se želi realizovati u simulatoru.

Ukupna dužina simulatora l_u je:

$$l_u = l_1 + l_5 \quad (10)$$

Ako je poznat odnos l_5/l_1 , definisan jednačinom (9), odnosno (10), onda je pri usvajanju dužine pogonske komore l_5 definisana i dužina komore niskog pritiska, i izračunava se iz jednakosti:

$$l_1 = \frac{l_5}{c} \quad (11)$$

Zapremina simulatora

Ukupna zapremina simulatora računa se po obrascu:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} (l_1 + l_5) \quad (12)$$

gde je d unutrašnji prečnik cevi simulatora.

Površina otvora ekspanzionog ventila

Površina otvora ekspanzionog ventila definisana je izrazom:

$$f = \frac{2,55}{1000} \cdot \frac{v}{0,66\tau} \quad (13)$$

gde je:

f [cm²] – površina otvora ekspanzionog ventila;

v [m³] – zapremina cevi simulatora;

τ [ms] – vreme traženja pozitivne faze VUT-a.

Veličina otvora ekspanzionog ventila

Otvor ekspanzionog ventila definisan je izrazom:

$$h = \frac{f}{2\pi d_1} \quad (14)$$

pri čemu je d_1 prečnik otvora ekspanzionog ventila.

Na osnovu navedenih izraza proračunate su radne i dimenzionalne karakteristike simulatora prečnika 350 mm za ispitivanje dinamičkih karakteristika ventila otpornosti 300; 600 i 900 kPa (tabela 1).

Bitne radne i dimenzionalne karakteristike simulatora: p_t/p_1 , p_r/p_1 ; p_s/p_1 ; l_s/l_1 , izražene su u funkciji Mahovog broja Ms . Iz toga sledi da su, poznavanjem Mahovog broja Ms , navedenim jednačinama definisane karakteristike simulatora. Tako, na primer, usvajanjem p_t/p_1 određuje se Ms po jednačini (6), i poznavanjem vrednosti Mahovog broja Ms lako se određuju ostale karakteristike simulatora: p_r/p_1 ; p_s/p_1 ; l_s/l_1 .

Tabela 1

Proračun radnih i dimenzionalnih karakteristika simulatora impulsa izjednačavajućeg VUT-a

Veličina	Oznaka	Dimenzija	Numerički podaci		
			3 300000	6 600000	9 900000
Uslovljene vrednosti za reflektovane natpritiske (otpornost ventila)	Δp_r	$\frac{\text{bar}}{\text{Pa}}$			
Odgovarajuće apsolutne vrednosti reflektovanih pritisaka	p_r/p_1	/	4	7	10
Mahov broj fronta VUT-a za zadate reflektovane pritiske, jednačina (5)	Ms	/	1,358	1,61	1,775
Apsolutna vrednost pritiska u frontu VUT-a, (4)	p_t/p_1	/	2,08	2,86	3,52
Apsolutna vrednost pritiska u pogonskoj komori (7)	p_s/p_1	/	4,8	10	17
Usvojena dužina pogonske komore	l_s	m	12	12	12
Odnos dužina komora (9)	l_s/l_1	/	4,2	2	1,25
Dužina komore niskog pritiska, (11)	l_1	m	2,86	6	9,6
Ukupna dužina simulatora, (10)	l_u	m	14,86	18	21,6
Ukupna zapremina simulatora, (12), pri $d = 350$ mm	V	m ³	1,431	1,73	2,08
Površina otvora ekspanzionog ventila, (13), za $\tau = 1900$ ms	f	cm ²	32	38,7	46,5
Veličina otvora ekspanzionog ventila, (14), za prečnik izlaznog otvora $d_1 = 270$ mm	h	mm	2,0	2,3	2,7

Metoda eksperimentalnog određivanja funkcionalnih parametara ventila

Metoda određivanja parametara impulsa pritiska VUT-a

Načelna šema simulatora za proizvođenje impulsa pritiska VUT-a prikazana je na slici 1. Piezoelektrični pretvarači pritiska S_1 i S_2 služe za registrovanje toka promene pritiska u frontu direktnog i reflektovanog VUT-a, odnosno za indirektno određivanje brzine kao i Mahovog broja Ms , preko kojeg se lako određuje apsolutna vrednost pritiska u frontu direktnog talasa po jednačini (5).

Karakteristike pritiska u frontu direktnog i reflektovanog pritiska koji registruju piezoelektrični pretvarači S_1 i S_2 fazno su pomerene za t , odnosno t_1 . Rastojanje između pretvarača S_1 i S_2 označeno je sa l .

Brzina u frontu direktnog talasa određuje se po jednačini:

$$v_f = \frac{l}{t} \quad [\text{m/s}] \quad (15)$$

pri čemu je t vreme za koje front direktnog talasa pređe rastojanje l između piezoelektričnih pretvarača S_1 i S_2 .

Brzina u frontu reflektovanog talasa određuje se po obrascu:

$$v_r = \frac{l}{t_1} \quad [\text{m/s}] \quad (16)$$

gde je t_1 vreme za koje front direktnog talasa pređe rastojanje l između pretvarača S_1 i S_2 .

Kada se odrede brzine v_f i v_r , na osnovu jednačina (15) i (16), određuje se

Mahov broj Ms . Pomoću jednačina (4) i (6) definisane su odgovarajuće vrednosti pritiska p_f i p_r . To je indirektna metoda određivanja parametara impulsa pritiska VUT-a.

Direktna metoda određivanja vremena zatvaranja ventila

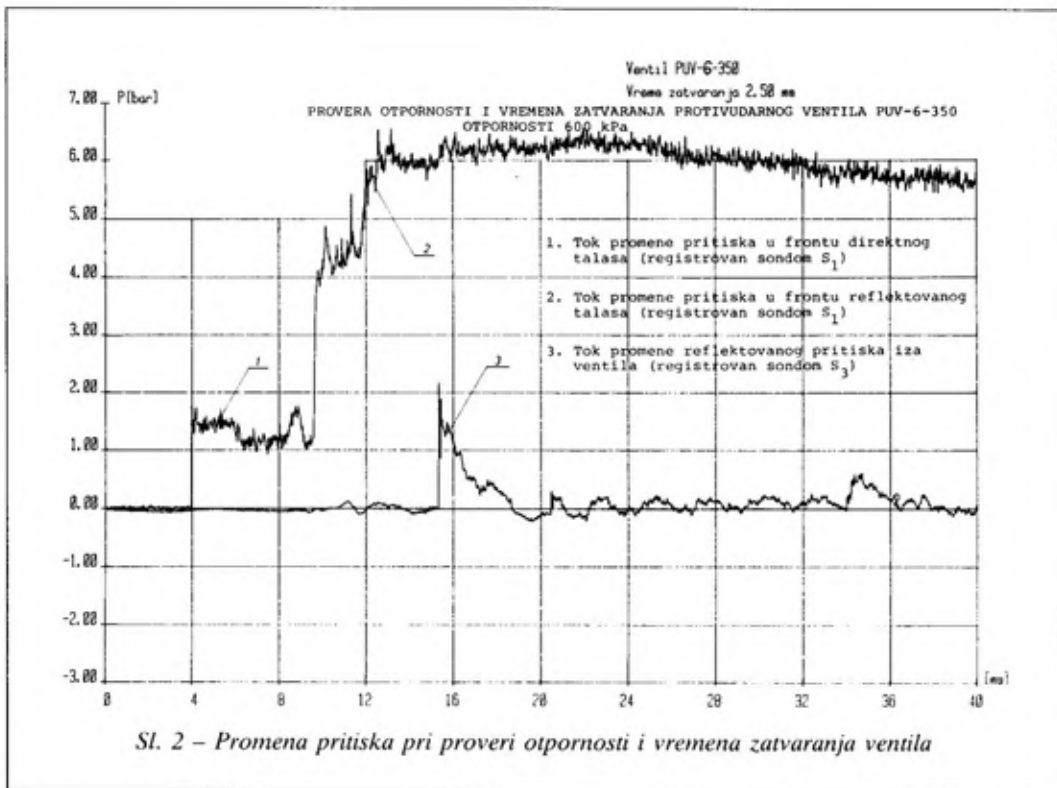
Vreme zatvaranja ventila određuje se kao fazna razlika vremena koje protekne od trenutka polaska pokretnog sklopa ventila, koji se registruje kontaktom „ K_1 “ (slika 1), i trenutka zatvaranja ventila, koji se registruje pomoću kontakta „ K_2 “. Uređaj za registrovanje vremena zatvaranja priključen je na kontakte „ K_1 “ i „ K_2 “. Na ekranu ovog uređaja očitava se vreme zatvaranja ventila. Tok promene reflektovanog propusnog pritiska iza ventila registruje se pomoću piezoelektričnog pretvarača pritiska S_3 . Piezoelektrični pretvarači S_4 i S_5 registruju tok promene pritiska u frontu direktnog reflektovanog pritiska iza ventila (propusnog pritiska).

Eksperimentalni rezultati ispitivanja vremena zatvaranja i otpornosti protivudarnog ventila PUV-350

Na opisanom simulatoru impulsa pritiska obavljena su ispitivanja otpornosti ventila i vremena zatvaranja ventila PUV-350 domaće proizvodnje.

Provera otpornosti i vremena zatvaranja protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 600 Pa

Provera otpornosti ventila izvršena je na simulatoru impulsa pritiska VUT-a, pri dejstvu reflektovanog pritiska 600 kPa. Tok promene pritiska u frontu di-



rektnog, reflektovanog pritiska i propusnog pritiska (krive 1, 2 i 3) prikazan je na slici 2. Pomoću uređaja za određivanje vremena zatvaranja registrovano je vreme zatvaranja ventila od 2,50 ms.

Provera otpornosti i vremena zatvaranja protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 900 kPa

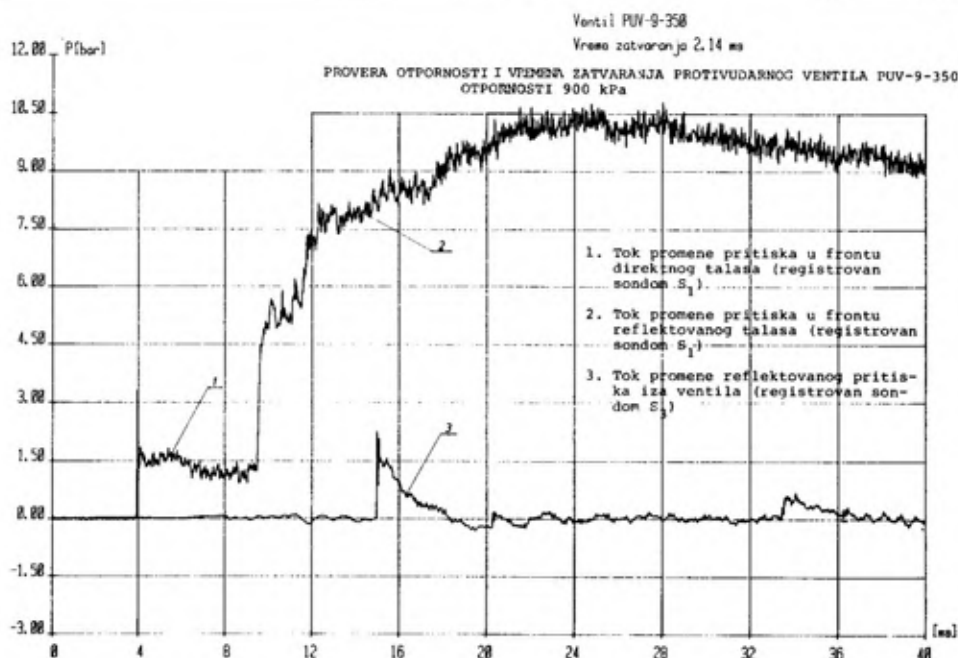
Konstrukcija ventila izložena je dejstvu reflektovanog pritiska VUT-a od 900 kPa. Uređaj za određivanje vremena zatvaranja registrovao je vreme zatvaranja od 2,14 ms. Protivudarni ventil izdržao je opterećenje i očuvao funkciju. Tok promene pritiska u frontu direktnog, reflektovanog i propusnog pritiska iza ventila, prikazan je na slici 3.

Provera zatvaranja ventila PUV-350 pri dejstvu pritiska u frontu VUT-a od 0,25 bar

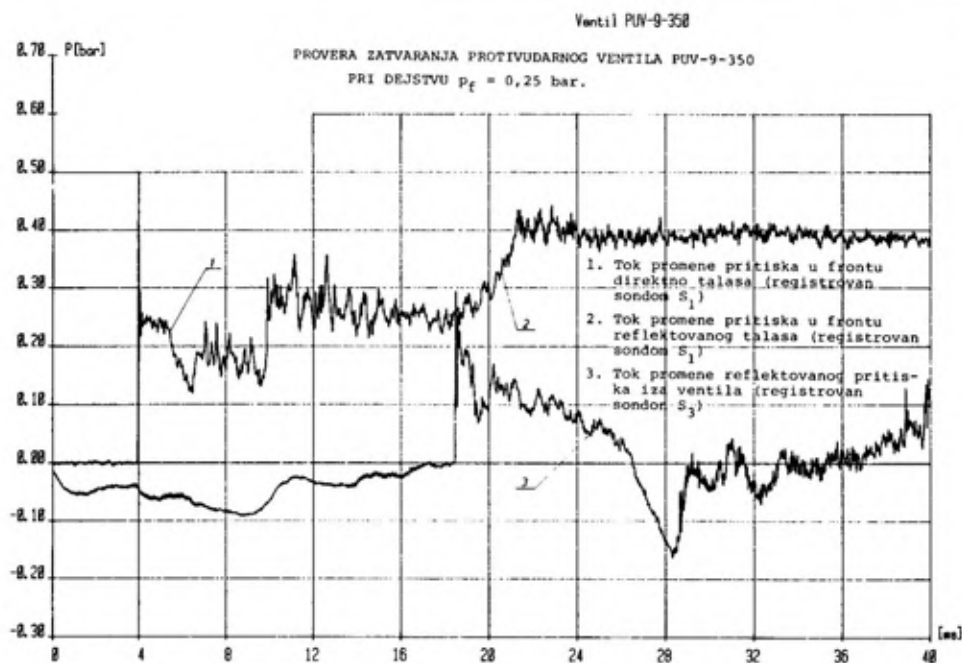
Pre i posle obavljenih ispitivanja – provera vremena zatvaranja ventila i otpornosti ventila izvršena je provera zatvaranja ventila pri dejstvu pritiska od 0,25 bar. Tok promene pritiska u frontu direktnog i frontu reflektovanog pritiska, kao i tok promene reflektovanog pritiska (propusnog pritiska) iza ventila, prikazan je na slici 4.

Uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata

Uporedni podaci teorijskih i eksperimentalnih rezultata vremena zatvaranja



Sl. 3 – Promena pritiska pri proveri otpornosti i vremena zatvaranja ventila



Sl. 4 – Promena pritiska pri zatvaranju ventila

Uporedni rezultati teorijskih i eksperimentalno dobijenih vremena zatvaranja ventila

	Protivudarni ventil PUV-350		
	PUV-3-350	PUV-6-350	PUV-9-350
	Vreme zatvaranja ventila [ms]		
Teorijski rezultati vremena zatvaranja ventila, jednačina (1) i (2)	3,28	2,49	2,14
Eksperimentalni rezultati vremena zatvaranja ventila	3,25; 3,27; 3,28	2,50; 2,50; 2,51	2,15; 2,14; 2,15; 2,15

protivudarnog ventila PUV-350, otpornosti 300; 600 i 900 kPa, prikazani su u tabeli 2.

Zaključak

Na više stotina izvršenih opita na ventilima različitih otpornosti, dimenzija i konstrukcija, dobijeni rezultati podudaraju se sa teorijskim rezultatima, što pokazuje da su teorijski opisi procesa zatvaranja ventila pouzdan put za dalji rad na ovoj problematici.

Za proračun vremena zatvaranja ventila korišćene su teorijske vrednosti pritiska u frontu direktnog vazdušnoudarnog talasa, a kako teorijski proračunata vremena zatvaranja ne odstupaju od eksperimentalno izmerenih, nameće se zaključak da su indirektnim putem verifikovani simulirani – proizvedeni parametri vazdušnoudarnog talasa, odnosno uređaja za proizvodjenje parametara VUT-a.

Dobijeni eksperimentalni podaci istraživanja u saglasnosti su sa podacima dobijenim na osnovu teorijski definisanih analitičkih modela, što pokazuje ispravnost analitički definisanih modela.

Za prezentovane koncepcije reprezentativnih protivudarnih ventila mehaničkih sistema, namenjenih za sprečavanje prodora direktnog VUT-a u objekat, analizom teorijskih i eksperimentalnih rezultata istraživanja, definisana su opti-

malna rešenja sličnih ventila i kriterijumi za izbor optimalnih rešenja.

Koristeći originalne analitičke izraze, konstruisani su dijagrami za praktičnu primenu za sve standardne ventile, kojima je definisan zakon zatvaranja ventila sličnih konstrukcija, pod neposrednim dejstvom direktnog VUT-a i mehanički (aerodinamički) otpori strujanju vazduha kroz ventile u funkciji protoka vazduha, što je i od praktične koristi.

Prezentovane reprezentativne karakteristične koncepcije ventila mehaničkih sistema, prihvatljive sa stanovišta praktične primene, karakteriše jedan veoma krupan nedostatak: ne postoji autonomija objekta u koji se ugrade sa aspekta zaštite od prodora VUT-a i naknadnih efekata nuklearne eksplozije (radiološka kontaminacija) u unutrašnjost objekta. Ovaj nedostatak posebno je izražen kod ventila većih protočnih karakteristika i viših otpornosti na dejstvo reflektovanog pritiska VUT-a nuklearne eksplozije.

Razvoj i analitičko definisanje sistema za automatsko zatvaranje ventilacionih otvora objekata specijalne namene, posredstvom efekata nuklearne i klasične eksplozije i bojnih otrova, u potpunosti otklanja krupan nedostatak prezentovanih reprezentativnih, kod nas i u svetu poznatih rešenja ventila mehaničkih sistema, koji se zatvaraju pod neposrednim dejstvom VUT-a nuklearne eksplo-

zije i postiže se autonomija objekta u koji se ugradi.

Literatura:

- [1] Knežević, D.: Istraživanje optimalnih rešenja ventila za zaštitu od vazdušnouđarnih talasa nuklearne eksplozije u vazduhu i uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata, magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1983.
- [2] Knežević, M. D.: Prilog analitičkom definisanju pneumatičkih karakteristika sistema ventila specijalne namene, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1994.
- [3] Knežević, D.: Simulatori impulsa izjednačavajućeg pritiska reflektovanog vazdušnouđarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Elaborat o internim ispitivanjima na simulatoru II impulsa reflektovanog vazdušnouđarnog talasa, Vojnotehnički institut KoV, 07-27-71, Beograd, 1982., strana 83.
- [4] Mandić, J.: Ostvarivanje udarnog kratkotrajnog impulsa pritiska u udarnim cevima izjednačavajućeg pritiska, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1976.
- [5] Mandić, J., Knežević, D.: Analitički metod određivanja zavisnosti zapremine komore i propusnog pritiska protivudarnih ventila od pritiska vazdušnouđarnih talasa, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXVII, 1987., br. 2, str. 3-7.
- [6] Rahmatulin, H. A., Semenov, S. S.: Udarnie trubi, Izdanje inostrane literature, Moskva, 1962.
- [7] Reichenbach, H.: Simulierung langdauernder Druckssosse, EMI, Berlin, 1964., 10.
- [8] Knežević, S.: Nalaženje analitičkog izraza vremena zatvaranja protivudarnih ventila, Naučno-tehnički pregled, Vol. XXXV, 1985., br. 9, str. 6-13.
- [9] Knežević, D.: Analitičko definisanje kriterijuma za ocenu valjanosti ventila namenjenih za zaštitu od prodora impulsa pritiska vazdušnouđarnog talasa nuklearne eksplozije u unutrašnjost objekta, Naučno-tehnički pregled, Vol. XLI, 1991., br. 4, str. 47-52.
- [10] Schardin, H.: Simulierung von Druckstossen beliebig langer Dauer in einem Stosswellenrohr, Wehrtechnische Monatshefte, 1966., 4.
- [11] Sinovčić, V., Knežević, D., Živanović, M.: Simulatori vazdušnouđarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Vojnotehnički institut KoV, Beograd, 1976.
- [12] Knežević, D.: Analitičko definisanje vremena zatvaranja protivudarnih ventila, Vojnotehnički glasnik, Beograd, 1991., br. 1, str. 60-66.
- [13] Mandić, J.: Simulatori impulsa pritiska, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1974.
- [14] Oertel, H.: Stossrohre, Springer, Wien, 1966.

Dr Vladimir Vujičić,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnička uprava GŠ VJ,
Beograd

ZNAČAJ POZNAVANJA KONTAKTNE KOROZIJE

UDC: 620.193.7:541.133/.134

Rezime:

U radu su prikazane teorijske osnove kontaktne korozije i opisani faktori koji prouzrokuju povećanje i smanjenje njene brzine. Detaljnije su opisani uticaji elektromotorne sile, otpora elektrolita i odnosa veličine anodne i katodne površine. Na kraju su ponuđena neka konstrukciona rešenja, čijom primenom se smanjuje, odnosno potpuno sprečava kontaktna korozija.

Ključne reči: kontaktna korozija, koroziona struja, korozioni spreg, elektromotorna sila.

IMPORTANCE OF HAVING KNOWLEDGE OF CONTACT CORROSION

Summary:

The basics of contact corrosion are given in the article as well as the factors influencing the increase and the decrease of contact corrosion rate. The effects of electromotive force, electrolyte resistance and anode surface to cathode surface ratio are described in detail. Some construction solutions which reduce or prevent contact corrosion are offered as well.

Key words: contact corrosion, corrosion power, corrosion coupling, electromotive force.

Uvod

Za izradu velikog broja konstrukcija, mašina i uređaja koriste se raznorodni materijali i legure. Metali čiji se elektrodni potencijali razlikuju, nakon spajanja, u elektrolitu podležu koroziji koja se razlikuje od korozije nespregnutog metala u istom elektrolitu. Manje plemeniti metal u spregu sa plemenitijim metalom obično korodira većom brzinom nego u odsustvu kontakta. U istim uslovima brzina korozije plemenitijeg metala manja je od brzine korozije istog ali nespregnutog metala.

Pojačana korozija metala pri kontaktu sa drugim metalima naziva se *kontaktna korozija*.

Kontaktna korozija se odvija u atmosferskim uslovima ispod kondenzata vodene pare, u vodi, vlažnoj zemlji i rastvorima brojnih hemijskih jedinjenja. Najčešće se susreće kod limova spojenih zakovicama od drugog metala i kod konstrukcija spojenih zavarivanjem sa elektrodom čiji se potencijal razlikuje od potencijala metala koji se spaja. Pored navedenih dvoelektrodnih sistema u praksi se susreću i višeelektrodni sistemi kao, na primer, kod sistema za hlađenje motora

tečnošću, koji se obično sastoji od elementa od čelika, mesinga, pocinkovanog čelika i legura aluminijuma.

Kontaktna korozija

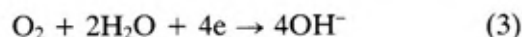
Kontaktna korozija je oblik elektrohemijske korozije. Nastaje kada su u kontaktu najmanje dva metala različitih elektrodnih potencijala. U takvom spregu elektronegativniji metal je anoda, a elektropozitivniji katoda sprega.

Na anodi se odvija proces oksidacije:

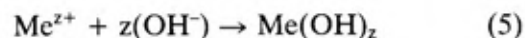


gde je Me – simbol za bilo koji metal.

Na katodi se odvija proces redukcije agensa korozije. Najčešći agensi korozije su vodonični joni u kiselim sredinama i kiseonik u ostalim rastvorima. Reakcije redukcije vodoničnog jona i kiseonika prikazuju se na sledeći način:



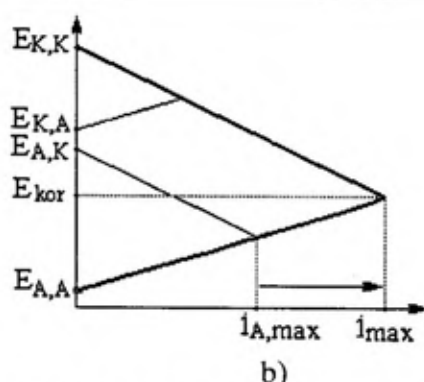
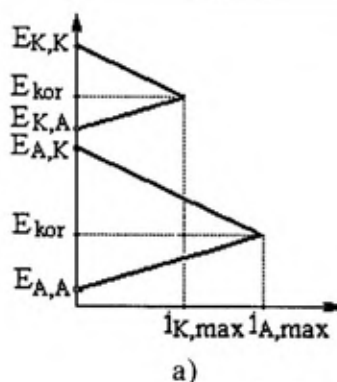
Reakcije (1), (2) i (3) nazivaju se primarne reakcije. Sekundarnim reakcijama dolazi do spajanja jona metala sa kiselinskim ostatkom (A^-) ili sa hidroksilnim jonima, pri čemu nastaje produkt korozije:



Kontaktnu koroziju karakteriše ubrzana korozija manje plemenitog metala [1, 2, 3, 4 i 5]. Ova pojava može se najjednostavnije prikazati pomoću polari-

zacionih krivih u dijagramu potencijal – struja. Za primer su uzeta dva metala različitog potencijala, i to u slučaju kada nisu i kada jesu u kontaktu. Radi raspoznavanja elektropozitivniji metal je označen sa K, a elektronegativniji sa A, zbog jednostavnosti prikazivanja kinetike korozivnog procesa uzeto je da u elektrolitu postoji jedan korozivni agens. S obzirom na to da se radi o metalima različitih potencijala, oni korodiraju i kada nisu u kontaktu, ukoliko im je elektroadni potencijal negativniji od potencijala redukcije agensa korozije. Korozija se odvija zbog pojave mikrokorozionih spregova koji nastaju kao posledica heterogenosti površine metala. Na površinama mikrokorozionih spregova odvijaju se reakcije oksidacije i redukcije. Istovremeni rad svih spregova jednak je ukupnoj koroziji. Zbog razlike u potencijalima na dijagramu se uočavaju razlike u vrednostima brzine korozije. Brzine korozije određene su gustinama struje anodnog rastvaranja metala i_K i i_A pri korozivnom potencijalu $E_{A,kor}$ i $E_{K,kor}$ (slika 1a).

Korozivno ponašanje oba metala menja se nakon njihovog kontakta, kada se formira makrokorozivni spreg. Nakon kontakta, površina metala A ponaša se kao anoda, a površina metala K kao katoda makrokorozivnog sprega. Kontakt dovodi do promene vrednosti korozivnih potencijala oba metala, a time i do promene vrednosti korozivne struje. Korozivni potencijal metala A pomenen je prema pozitivnijim, a metala K prema negativnijim vrednostima, tako da je uspostavljen novi korozivni potencijal koji je zajednički za oba metala u slučaju elektrolita dobre provodljivosti (slika 1b). U svim drugim slučajevima potencijali oba metala nemaju istu vrednost. Vidi se da je novoformirani korozivni



Sl. 1 – Dijagram potencijal – struja:

a) kada metali A i K nisu u kontaktu; b) kada su metali A i K u kontaktu

potencijal negativniji od potencijala lokalne anode plemenitijeg metala, a pozitivniji od potencijala lokalne katode manje plemenitog metala. To ima za posledicu da manje plemeniti metal figurira kao anoda, a plemenitiji metal kao katoda makrokorozivnog sprega. Zbog toga dolazi do povećanja brzine korozije metala A, koja se manifestuje u povećanju korozivne struje od $i_{A,max}$ na i_{max} . Na površini metala K odvija se, u ovom slučaju, samo redukcija agensa korozije.

Brzina kontaktne korozije

Korozivna struja u korozivnom spregu proporcionalna je radnom naponu (ΔE_r), a obrnuto proporcionalna otporima metalnog (R_m) i elektrolitičkog (R_e) dela strujnog kruga:

$$i_{kor} = \frac{\Delta E}{R} \quad (6)$$

Radni napon sprega (ΔE^1 na slici 2) manji je od njegove elektromotorne sile (ΔE_s), zbog anodne (η_a) i katodne (η_k) polarizacije, jer ove pojave usporavaju elektrodne procese:

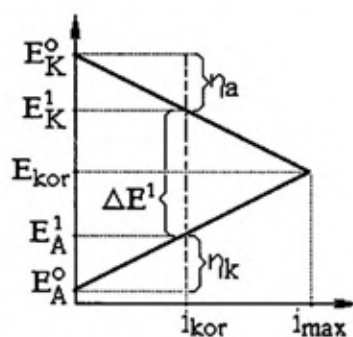
$$i_{kor} = \frac{\Delta E_s - \eta_k - \eta_a}{R_m - R_e} \quad (7)$$

Jednačina (7) pokazuje da na brzinu korozije utiču sledeći faktori:

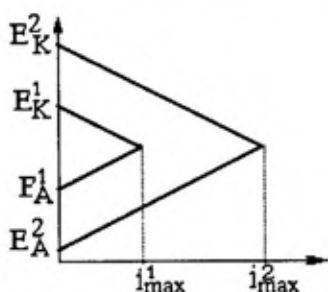
- elektromotorna sila,
- polarizacija anode i katode,
- otpor strujnog kruga.

Uticaj elektromotorne sile

Načelno, može se reći da je brzina kontaktne korozije veća ako je veća elektromotorna sila, odnosno ako je veća razlika potencijala katode i anode (sli-



Sl. 2 – Faktori koji utiču na elektrohemijsku koroziju



Sl. 3 – Uticaj elektromotorne sile na vrednost korozione struje

ka 3). Ukoliko se u nekoj konstrukciji ili opremi moraju naći u kontaktu razni metali, odnosno legure koje će biti u kontaktu sa elektrolitom, onda se mora odabrati optimalan sastav u korozionom pogledu. Pre svega, treba izbegavati kontakt metala čija je razlika potencijala velika, na primer, kontakt anodnog cinka, aluminijuma i ugljeničnog čelika s katodnim bakrom ili mesingom. Ako je takav kontakt neizbežan, onda treba, kao katodne metale, koristiti one koji imaju visoku prenapetost za izdvajanje vodonika ili redukciju kiseonika, ili za anodne metale one koji su pod istim okolnostima pasivni.

Korisne informacije o elektromotornoj sili pri kontaktnoj koroziji mogu se naći u literaturi u kojoj se nalaze tabele sa naponskim nizom potencijala. Međutim, te podatke ne treba shvatiti dogmatiski, a pri njihovoj primeni treba biti obazriv iz više razloga. Pre svega, vrednosti potencijala metala koje su date u

tabelama odnose se samo na određeni elektrolit u kojem su eksperimentalno određeni, kao i radi toga što se pod izvesnim okolnostima naponski redosled nekih metala, može promeniti. Tako reaguju metali koji su skloni pasiviranju, jer u prisustvu jakih oksidanasa postaju plemenitiji od uobičajenog stanja. Takođe, u praksi se veoma retko koriste čisti metali za konstrukcione svrhe, a u korozivnoj sredini se vremenom stvaraju novi uslovi koji mogu prouzrokovati promenu odnosa potencijala konkretnih parova, pa očekivana katoda može postati anoda. Na primer, u naponskom nizu kalaj je plemenitiji od gvožđa, ali u razblaženim rastvorima pri koncentraciji jona kalaja od 10^{-24} , kalaj je anodan prema gvožđu pri koncentraciji Fe^{2+} jona od 10^{-6} mol/l. Kada se želi utvrditi kako će se u nepoznatom elektrolitu ponašati metali, potrebno je izmeriti njihove razlike potencijala u određenom vremenskom periodu pomoću referentne elektrode, najčešće pomoću zasićene kalomelske elektrode. Ukoliko se merenjem dobije razlika potencijala do 0,5 V, metali se mogu naći u kontaktu bez veće opasnosti od pojave korozije u toj korozivnoj sredini.

Orijentacioni izbor metala koji se mogu naći u međusobnom kontaktu bez veće opasnosti od pojave kontaktne korozije može se izvršiti na osnovu podataka datih u tabeli 1. Ona pokazuje da metali iz pojedinih grupa mogu biti u kontaktu. Međutim, kada se metali iz dve grupe nađu u kontaktu, onda metal naredne

Tabela 1

Raspodela metala po grupama

Grupe				
I	II	III	IV	V
magnezijum	aluminijum cink kadmijum	gvožđe ugljenični čelici olovo kalaj	nikal hrom nerđajući čelici	zlato srebro bakar mesing

Ponašanje metala pri kontaktnoj koroziji u atmosferskim uslovima

Red. br.	Metal	U kontaktu sa metalom										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	titan	–	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
2.	hrom	N	–	N	N	N	N	N	N	N	N	N
3.	nikal	S	S	–	N	N	N	N	N	N	N	N
4.	bakar, mesing i bronza	S	N	N	–	N	N	N	N	N	N	N
5.	nerđajući čelici	N/S	N	N	N/S	–	N	N	N	N	N	N
6.	nelegirani čelici	J	S	S	S	S	–	N	S	S	N	N
7.	kadmijum	J	S	S	S	S	S	–	S	N	N	N
8.	olovo i kalaj	S	S	N	S	S	N	N	–	N	N	N
9.	Al (legure Al), atm. bez Cl [–]	J	N	S	J	N	S	N	N	–	N	S
	Al (legure Al), atm. sa Cl [–]	J	S	J	J	S	J	N	S/J	–	N	S
10.	cink (legure Zn)	J	S	J	J	S	J	S	S	S	–	N
11.	magnezijum (legure Mg)	J	J	J	J	J	J	J	J	S	S	–

grupe pojačava koroziju metala iz prethodne grupe. I ovo pravilo ima izuzetak, jer se korozija bakra pojačava pri kontaktu sa pasiviranim niklom ili nerđajućim čelikom.

U atmosferskim uslovima, zbog velike otpornosti elektrolita, kontaktna korozija može da se pojavi na udaljenosti do 5 mm od mesta spajanja metala [2]. Unutar ovog rastojanja kontaktna korozija se povećava sa povećanjem odnosa površine plemenitog i manje plemenitog metala. U tabeli 2 prikazani su metali i mogućnosti kontaktne korozije u atmosferskim uslovima [2]. Step en korozije podeljen je u tri grupe:

N – nema kontaktne korozije;

S – slaba kontaktna korozija, pa je zaštita kontaktnih mesta potrebna samo u industrijskoj atmosferi;

J – jaka kontaktna korozija, zbog čega se mora izbegavati kontakt ovih metala.

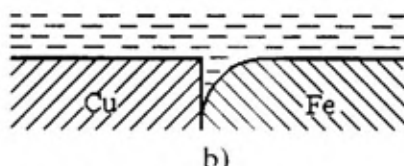
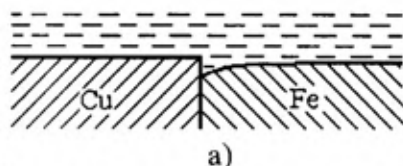
Utica j otpora strujnog kruga

Brzina kontaktne korozije zavisi od provodljivosti metala i provodljivosti

elektrolita, odnosno od otpornosti elektrolitičkog dela strujnog kruga. Otpornost metalnog dela strujnog kruga može se zanemariti, jer su metali u direktnom kontaktu, a njihova provodljivost je daleko veća od provodljivosti elektrolita.

Spreg dva metala daje maksimalnu struju kada otpornost strujnog kruga padne na nulu. Takve se okolnosti mogu ostvariti samo pri koroziji mikro i submikrokorozionog sprega u elektrolitima visoke provodljivosti. Međutim, u svim drugim slučajevima dobija se neka koroziona struja.

Provodljivost elektrolita ima veliki uticaj i na oblik korozivnog razaranja manje plemenitog metala. Ako elektrolit ima dobru provodljivost, kao morska voda, onda manje plemeniti metal ravnomernije korodira po čitavoj površini, jer strujne linije dosežu veću udaljenost od mesta dodira. Doduše, u takvim elektrolitima veći je gubitak mase manje plemenitog metala u jedinici vremena, ali je korozija ravnomernije raspoređena na anodnom metalu (slika 4a). Zbog toga površina metala uz mesto kontakta sporije korodira u morskoj nego u destilova-



Sl. 4 – Uticaj provodljivosti elektrolita na brzinu kontaktne korozije

noj vodi. Nasuprot tome, u elektrolitima slabe provodljivosti, kao što je destilovana voda, korozija se odvija uz kontrolu otpora elektrolita. Galvanski efekti su skoncentrisani na maloj površini, blizu mesta dodira, jer otpornost elektrolita naglo raste od mesta kontakta dva metala. Zbog male anodne površine nastaje visoka gustina anodne struje, pa manje plemeniti metal najintenzivnije korodira na mestu dodira (slika 4b). Takva korozija odvija se u zemlji male vlažnosti i u destilovanoj vodi.

Uticaj provodljivosti elektrolita na profil razaranja anodnog metala od mesta kontakta prikazan je i na slici 5.

Uticaj odnosa anodne i katodne površine

Odnos veličine anodne i katodne površine ima veliki uticaj na brzinu koro-

zivnog razaranja manje plemenitog metala. Brzina korozije (v) proporcionalna je gustini anodne struje (i_a):

$$v = k \cdot i_a$$

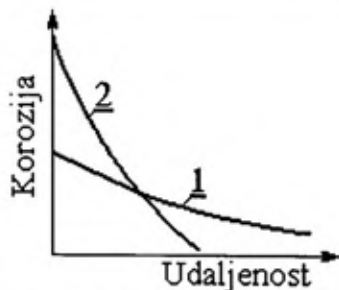
Anodna gustina struje se, uz konstantnu struju korozije (I_{kor}), povećava sa smanjenjem anodne površine (S):

$$v = k \frac{I_{kor}}{S}$$

Zbog toga su opasni spregovi malog odnosa anodne i katodne površine, pogotovo u slučajevima kada se anoda ne pasivira. U takvim slučajevima koroziona struja je skoncentrisana na relativno maloj površini, pa je brzina korozije velika iako je mali prosečan gubitak mase metala. Takva korozija javlja se kod bakarnih limova spojenih čeličnim zakovicama u dobro provodljivim elektrolitima. Obrnuti slučaj, kada postoje velike anodne i male katodne površine, obično nije zabrinjavajući, pa ga treba primenjivati pri izradi svih konstrukcija sa spojevima raznorodnih metala.

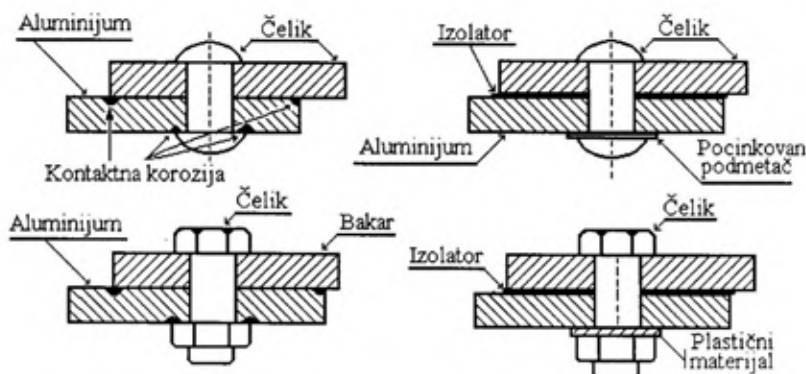
Konstrukciona rešenja koja doprinose smanjenju kontaktne korozije

Kontaktna korozija može se sprečiti ako se mesto spajanja izoluje premazom ili nekom pogodnom oblogom od izola-



Sl. 5 – Uticaj provodljivosti elektrolita na profil razaranja anodnog metala:

- 1 – elektrolit dobre provodljivosti;
- 2 – elektrolit slabe provodljivosti



Sl. 6 – Primeri kontaktne korozije i izolacije kontaktnih mesta

cionog materijala (slika 6). Time se prekida električna veza i sprečava kontaktna korozija.

Premazno sredstvo mora se nanositi na anodne i katodne površine, jer zbog poroznosti i oštećenja premaza dolazi do tačkaste korozije anodnog metala.

Izolacioni materijali mogu biti na bazi organskih i neorganskih jedinjenja. Osnovni zahtev koji se postavlja za njihovu upotrebu jeste da nisu porozni i da ne adsorbuju vlagu. Nažalost, električni izolatori na bazi organskih jedinjenja manje su pouzdani, odnosno ne pružaju sigurnu zaštitu, jer se oštećuju pri kontaktu pod visokim pritiskom. Nasuprot njima, neorganski materijali su pouzdani, ali su obično kruti.

Kao izolator može se primeniti i metalni umetak, pod uslovom da se vrednost njegovog potencijala nalazi između vrednosti elektrodnih potencijala metala koje treba izolovati. Primenuju se u slučajevima kada konstrukcija omogućava jednostavnu zamenu metalnog uložka.

Pri postavljanju umetka od elektroizolacionih materijala između raznorodnih metala, treba voditi računa o njihovoj

veličini i načinu postavljanja. Ukoliko zaptivač „štrči“, onda je zbog sakupljanja i zadržavanja vlage omogućeno odvijanje korozije u zazoru.

U novije vreme spajanje metala obavlja se pomoću lepka za metale tako da lepak deluje i kao električni izolator. Osnovni nedostatak ovakvog načina spajanja jeste što se ne može primeniti za metale koji su u kontaktu sa jako agresivnom sredinom.

Zaključak

Kontaktna korozija nastaje pri spoju metala različitog potencijala, a karakteriše je ubrzana korozija manje plemenitog metala.

Opasnost od kontaktne korozije uvek postoji, jer se konstrukcije, mašine i uređaji izrađuju od raznorodnih metala. Na brzinu razaranja utiču: razlika potencijala, otpor elektrolita i odnos veličine anodnih i katodnih površina.

Kod konstrukcija od raznorodnih metala u spoju treba da budu metali sa što manjom razlikom potencijala. Spajanje metala sa velikom razlikom potencijala može se primeniti jedino za zatvore-

ne sisteme, ukoliko je iz rastvora uklonjen depolarizator, najčešće kiseonik.

Ukoliko se u kontaktu moraju naći metali sa velikom razlikom potencijala, potrebno je primeniti jedan od sledećih postupaka: kontaktne mesta izolovati nemetalnim materijalima; upotrebiti metale koji se u datom elektrolitu polariziraju; kontaktne mesta zaštititi prevlakom metala koji je manje plemenit od kontaktnih metala; ugraditi delove koji se mogu menjati.

Dodir metala različite plemenitosti opasniji je u slabije provodljivom elektrolitu.

Odnos veličine anodne i katodne površine ima veliki uticaj na brzinu razaranja manje plemenitog metala. Korozivno razaranje jače je izraženo ako je anodna površina znatno manja od katod-

ne. Zato je pri izradi konstrukcija sa spojevima od raznorodnih metala, neophodno pridržavati se principa prema kojem površina anodnog metala treba da bude znatno veća od površine katodnog metala. Vijci, zakovice, varovi, itd. treba da budu izrađeni od metala koji je plemenitiji od metala za spajanje.

Literatura:

- [1] Mladenović, S.: Korozijska materijala, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, 1978.
- [2] Sebenji, F., Hakl, L.: Korozijska metala, Tehnička knjiga, Beograd, 1980.
- [3] Esih, I., Dugi, Z.: Tehnologija zaštite od korozijske, Školska knjiga, Zagreb, 1990.
- [4] Mladenović, S.: Dopustivi i nedopustivi kontakti, Zaštita materijala organskim, metalnim i konverzionim prevlakama, 15. savetovanje, Savez inženjera i tehničara za zaštitu materijala Srbije, 1997.
- [5] Mladenović, S., Petrović, M., Rikovski, G.: Korozijska i zaštita materijala, IRO Rad, Beograd, 1985.

MOGUĆNOSTI PROJEKTOVANJA TRENAŽERA SASTAVLJENOG OD ELEMENATA PERSONALNOG RAČUNARA

UDC: 355.235.693:681.322

Rezime:

Univerzalnost, pristupačnost, cene hardvera i softvera za personalne računare čine da se komponente personalnih računara koriste za razne konstrukcije. Na taj način moguće je konstruisati trenažer sa moćnom hardverskom i softverskom podrškom na bazi personalnog računara. U ovom članku obavljena je sistematizacija postupka i relevantnih informacija za projektovanje trenažera koji bi se koristio u kabinetskim uslovima, posebnoj prostoriji ili platformi koja simulira borbeno vozilo (ili plovilo). Izloženi pristup projektovanju zasnovan je na mogućnostima realizacije, interesovanju za ovaj problem i rasprostranjenosti primene personalnih računara.

Ključne reči: projektovanje, trenažer, personalni računar.

POSSIBILITIES TO DESIGN A TRAINING DEVICE USING PERSONAL COMPUTER PARTS

Summary:

Universality, accessibility and low price of hardware and software are priorities which determine using PCs as much as possible. According to that, there is a way to construct a training device with powerful configuration. This article systematizes procedures and data for designing a training device. The device can be used in offices, special rooms or platforms which simulate battle vehicles or battleships. The represented preliminary of constructing is based on realization possibilities, interest for this problem and personal computers availability.

Key words: design, training device, personal computer.

Uvod

Obuka posade za rad na savremenim borbenim sistemima složena je i skupa, a u nekim fazama i veoma rizična. Da bi se smanjili troškovi deo obuke mora se izvoditi na simulatorima oružja i raznim pomoćnim sredstvima postavljenim na oruđe i metu, tako da se gađanje simulira a rezultat elektronski beleži. Za složenije oružne sisteme često se koriste simulator-

ski sistemi, tj. trenažeri, gde računari simuliraju ulazne podatke i funkcije oružnih sistema, registruju tok obuke i daju podatke za ocenu stepena osposobljenosti posluge (operatora). Upotreba takvih sistema ne isključuje obuku na realnim borbenim sistemima, ali se posade efikasno pripremaju za rad uz manji utrošak resursa neophodnih za upotrebu borbenog sistema. Trenažeri su vremenom pokazali svoju efikasnost, ali zbog visoke

cene prevashodno su se primenjivali u slučajevima kada je obuka na sredstvu složena, rizična i veoma skupa (vožnja aviona, broda, borbenog sredstva). Danas se mogu konstruisati i trenažeri čije su cene niže, a da je njihova efikasnost na nivou uređaja čija je cena vrlo visoka. To su trenažeri sa značajnom softverskom podrškom koja obezbeđuje da obuka bude ekonomična, efikasna, fleksibilna, a programski prostorno i vremenski integrisana. Ako se pođe od toga da je osnovni princip obuke njeno približavanje realnim uslovima, to znači da proces obuke treba što više da se približi uslovima kakvi vladaju pri obavljanju borbenih zadataka. Programom obuke i taktičkim vežbama na terenu mogu se stvoriti uslovi bliski stvarnoj situaciji. Zavisno od namene trenažera, kao nastavnog sredstva sa kompleksnom didaktičkom funkcijom (sa pogodnim i prilagođenim programima obuke i taktičkim vežbama), obezbeđuje se simulacija svih funkcija realnog sredstva ili samo određenih funkcija. Mogu se koristiti za početnu ili kompletnu obuku pojedinaca i kompletnih posluga borbenih sistema.

Za uspešnu obuku operatora trenažer treba da obezbedi odgovarajuću simulaciju funkcija sredstva (vozilo, avion, komunikacioni centar, komandni centar ili drugo), opreme na tom sredstvu (npr. za navigaciju, osmatranje, praćenje ciljeva, komunikaciju i dr.) i situacije na terenu (bojište, dejstvo protivničkih snaga i sl.).

Da bi trenažer zadovoljio zahteve savremene obuke on mora da poseduje ne samo odgovarajući oblik (izgled) komandnog pulta, kabine i opreme već i pogodnu hardversku i softversku podršku. Pri tome se mogu koristiti hardverski i softverski moduli koji su identični mo-

dulima u realnom sistemu, ili zamene (emulacije) kod kojih se namenski koristi komercijalni hardver sa softverima koji koristi stvarni hardver. Simulacijom se mogu obuhvatiti sve očekivane situacije, što se realizuje tako da se stvarne funkcije sistema softverski modeliraju na osnovu matematičkog opisa (modela) procesa koji se simulira. Opisivanje nekog procesa odgovarajućim matematičkim relacijama, odnosno modelom, obezbeđuje da se taj proces može reprodukovati, odnosno simulirati [6]. Zahvaljujući pristupačnoj ceni i univerzalnosti hardvera za personalne računare, moguće je njihovo korišćenje za konstrukciju računarske podrške trenažera. Pri tome, ako se trenažer koristi u kabinetskim uslovima, upotrebene komponente ne moraju biti vojne verzije.

Definisanje problema

Za konstrukciju uređaja namenjenih za obuku i održavanje obučenosti operatora, moguće je koristiti komponente za personalne računare. Da bi se konstruisao kvalitetan uređaj takve vrste neophodno je uraditi odgovarajuće analize, izabrati rešenje i izraditi odgovarajuću dokumentaciju. U ovom radu razmatran je aspekt korišćenja elemenata personalnog računara za konstrukciju trenažera.

Trenažer koji se konstruiše treba da obezbedi:

- izbor kandidata, kompletnu pripremu, savremenu i kvalitetnu obuku za operatore na složenim borbenim sistemima,
- bezbednu obuku,
- jeftinu, odnosno ekonomičnu obuku (u pogledu amortizacije, troškova održavanja, utroška energije, materijala i dr.),

- kraće vreme obuke (brzo usvajanje znanja i savladavanje veština),
- fleksibilnu obuku (prilagodljivu sposobnostima kandidata i novim metodama obuke).

Da bi se to ostvarilo neophodno je da uslovi obuke na trenažeru budu isti kao na realnom sredstvu, i da trenažer ima efikasnu računarsku podršku. Efikasnost računara određena je njegovim karakteristikama u pogledu hardvera i softvera. Za sastavljanje računarske konfiguracije moguće je koristiti elemente personalnog računara, koji su veoma dostupni, kako u pogledu troškova i mogućnosti nabavke na tržištu, tako i u pogledu korišćenja. Opredeljujući se za konstrukciju trenažera sa moćnom softverskom podrškom, može se objektivno objediniti nastavno trenažno sredstvo sa planom i programom nastave i obuke.

Primenom ovakvog rešenja konstrukcije trenažera ne samo da se može dobiti jeftino i efikasno tehničko rešenje, već se mogu ostvariti i značajni efekti u procesu obuke i eksploatacije. Program obuke odvija se u više faza, počev od osnovnog upoznavanja borbenog sredstva pa do završne faze kada treba da predstavlja objektivizaciju elemenata i celina borbenih dejstava i situacije na bojištu. Prva faza obuke ujedno je najlakša i najjeftinija. Međutim, kasnije faze, ukoliko se izvode na realnom sredstvu složenije su, teže, rizičnije i skuplje. Kako se kreće cena obuke po fazama može se pokazati na jednom hipotetičnom primeru.

Ukupni troškovi obuke na realnom sredstvu (bez korišćenja trenažera) ($S^{(1)}$), odnosno na trenažeru ($S^{(2)}$) mogu se izraziti kao:

$$S^{(1)} = \sum_{i=1}^n C_i^{(1)} T_i + \sum_{j=1}^m a_j; \quad T_i = t_i - t_{i-1} \quad (1)$$

$$S^{(2)} = \sum_{i=1}^n C_i^{(2)} T_i + \sum_{j=1}^m a_j; \quad T_i = t_i - t_{i-1} \quad (2)$$

gde je:

$C_i^{(1)}$ – troškovi obuke po fazama na realnom sredstvu,

$C_i^{(2)}$ – troškovi obuke po fazama na trenažeru,

T_i – trajanje pojedinih faza,

a_j – troškovi nezavisni od načina obuke,

n – ukupan broj faza obuke,

m – ukupan broj troškova nezavisnih od načina obuke.

Očigledno je da je $C_i^{(2)} \leq C_i^{(1)}$, pa je sasvim izvesno da je i $S^{(2)} < S^{(1)}$

Takođe, moguće je ostvariti smanjenje troškova iskazanih članom $\sum_{j=1}^m a_j$ rela-

cije (2), po osnovu skraćivanja ukupnog trajanja obuke, što se može postići korišćenjem trenažera. Za bilo koji konkretan slučaj, dobijena razlika $S^{(1)} - S^{(2)}$ može se efikasno koristiti kao parametar za planiranje ulaganja u nabavku i razvoj trenažera.

Važan efekat korišćenja trenažera sa moćnom softverskom podrškom jeste kvalitet obuke. Naime, standardni program obuke moguće je lako prilagođavati i dopunjavati na osnovu stečenog iskustva instruktora i praćenja stepena osposobljenosti kandidata za operatore nakon svake faze obuke. Praćenjem uspeha kandidata u toku obuke, kao i ocenom stepena osposobljenosti na kraju obuke, moguća je efikasna selekcija kandidata za operatore. Na trenažeru je moguća i mnogo intenzivnija obuka, posebno u početnom periodu, a može se efikasno koristiti i za

praćenje i održavanje stepena osposobljenosti operatora [1].

Nakon dobro sprovedene obuke na trenažeru, odabrani kandidati za operatore čine manji broj grešaka pri radu i proveru osposobljenosti na realnom sredstvu, i postižu bolje rezultate gađanja [2]. Smanjenjem broja mogućih grešaka pri rukovanju smanjuje se i rizik od nastanka vanrednih događaja (mogućnost nastanka materijalne štete i povreda). Kvantifikacijom navedenih faktora može se dobiti dovoljno informacija neophodnih za potpunu ocenu potrebe i mogućnosti nabavke, uvođenja i razvoja trenažera za određenu vrstu obuke.

Izbor rešenja

Polazeći od opšte postavke mogu se specificirati sledeće faze projekta:

- formulacija zadatka i definisanje skupa zahteva i ograničenja za ispunjenje potrebnih uslova za egzistenciju rešenja;
- razvoj postupaka i metoda za dobijanje rešenja;
- formiranje kriterijuma za proveru valjanosti dobijenih rešenja, odnosno, za proveru njegove prihvatljivosti u odnosu na postavljene zahteve i ograničenja;
- izrada potrebne dokumentacije;
- fizička realizacija projekta i testiranje.

Od iniciranja pa do realizacije projekta sve aktivnosti koje se odvijaju po fazama mogu se predstaviti uprošćenim dijagramom toka kao na slici 1. Danas se za personalne računare raspolaze moćnim hardverom, operativnim sistemima i korisničkim programima, pa se relativno lako može doći do željenog rešenja tehničkih problema korišćenjem elemenata personalnog računara. Traženje zadovoljavajućeg rešenja R može se smatrati zadatkom

optimizacije raspoloživih resursa H (tehnička sredstva) i S (postupaka, matematičkih metoda, softverskih rešenja). Ako se raspoloživi resursi predstavljaju tabelarno, odnosno matrično, rezultat optimizacije može se izraziti kao:

$$R = \underset{K}{\text{opt}} \{R_m\} = \underset{K}{\text{opt}} \{HXS\}, \quad (3)$$

gde je:

S – skup predviđenih i raspoloživih softverskih modula;

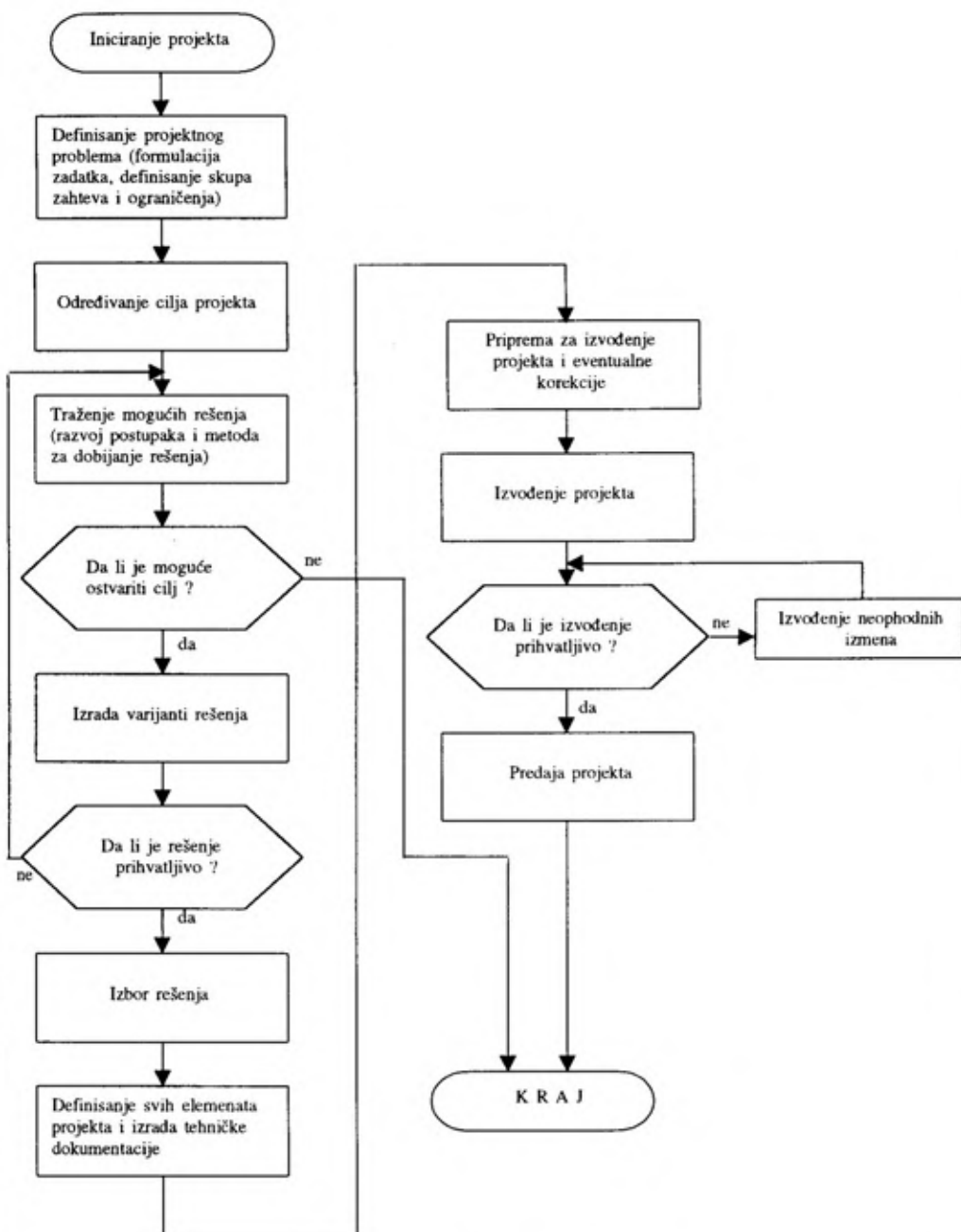
H – skup raspoloživih hardverskih modula – uređaja;

X – operator kombinovanja softverskih modula $S_j \in S$ ($j=1, m$) i hardverskih modula $H_k \in H$ ($k=1, n$) radi simulacije funkcija sistema koji se modelira;

R_m – skup mogućih kombinacija elemenata H i S ;

K – kriterijum optimalnosti (min. cena, rokovi realizacije, mogućnost nabavke komponenata i materijala na domaćem tržištu, ...).

Ovakva formulacija omogućava da se ceo postupak analize napiše u sažetom obliku. Kombinacija elemenata H i S , odnosno korišćenje hardverskih modula H za dobijanje funkcija koje su matematički opisane i modelirane softverskim modulima S , može biti ostvarljiva sa određenim stepenom efikasnosti ili neostvarljiva. Svaka kombinacija, tj. svaki element $r_{pq} \in R$ ima svojstvo q (r_{pq}) koje je određeno cenom efikasnosti posmatranog rešenja, odnosno odnosom troškova i vrednosti tog rešenja. Pri tome vrednost rešenja čine neposredno ostvareni efekti (brzina rada, kapacitet memorije za smeštaj programa i podataka, tačnost, itd.). Kriterijum optimalnosti K unapred je poznat, odnosno, izabran. Na osnovu toga bira se rešenje i kasnije ocenjuje



Sl. 1 – Uprošćeni dijagram toka projekta

uspeh realizacije projekta. Ograničenja nisu posebno istaknuta, ali ona mogu biti rezultat raspolaganja resursima (raspoloživim vremenom i finansijskim sredstvima).

Izabrano je rešenje R čiji elementi r_{pq} daju, prema definisanom kriterijumu i ograničenjima, optimalnu vrednost:

$$J = \min_K Q(R_m) \quad (4)$$

Radi jednostavnijeg prikaza ovog postupka poslužiće sledeći primer. Naime, neka je:

$$H = (H_1, H_2, H_3, H_4) \quad (5)$$

gde je:

H_1 – posebno projektovan računar za profesionalnu namenu;

H_2 – računar sastavljen od blokova za simulaciju svake modelirane funkcije posebno;

H_3 – hardver sastavljen na bazi standardnih industrijskih kontrolera;

H_4 – personalni računar.

Saglasno postavljenom cilju potrebno je obezbediti funkcionisanje sledećih softverskih modula:

$$S = (S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6) \quad (6)$$

gde je:

S_1 – model komandnog pulta borbenog sredstva;

S_2 – model vidnog polja operatora;

S_3 – model borbenog sredstva i prateće opreme;

S_4 – model podataka o cilju (putanja cilja);

S_5 – model simulacije siluete cilja;

S_6 – program obuke i praćenje toka obuke.

Kada su specificirani elementi S i H mogu se formirati njihove kombinacije, odnosno matrica R_m .

$$R_m = HXS = \begin{pmatrix} H_1S_1 & H_1S_2 & H_1S_3 & H_1S_4 & H_1S_5 & H_1S_6 \\ H_2S_1 & H_2S_2 & H_2S_3 & H_2S_4 & H_2S_5 & H_2S_6 \\ H_3S_1 & H_3S_2 & H_3S_3 & H_3S_4 & H_3S_5 & H_3S_6 \\ H_4S_1 & H_4S_2 & H_4S_3 & H_4S_4 & H_4S_5 & H_4S_6 \end{pmatrix} \quad (7)$$

Imajući matricu R_m može se pristupiti određivanju vrednosti njenih elemenata, tj.:

$$Q(R_m) = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} & q_{14} & q_{15} & q_{16} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} & q_{24} & q_{25} & q_{26} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} & q_{34} & q_{35} & q_{36} \\ q_{41} & q_{42} & q_{43} & q_{44} & q_{45} & q_{46} \end{pmatrix} \quad (8)$$

Poznato je da su odnosi cena sledeći:

$$C(H_4) < C(H_3) < C(H_2) < C(H_1) \quad (9)$$

Na osnovu izraza (9) može se zaključiti da je korišćenje personalnog računara (resurs H_4) najjeftinije. Međutim, ako je postavljeno ograničenje da nije prihvatljivo rešenje simulacije pulta trenažera pomoću tastature personalnog računara, tj. da nije prihvatljiva kombinacija H_4S_1 , razmatraće se ono najpovoljnije rešenje koje zadovoljava navedeno ograničenje. Ako je utvrđeno da je prihvatljivo rešenje hardvera pulta element iz skupa H_2 , onda je:

$$J = \min_K Q(R_m) = [q_{21} \ q_{42} \ q_{43} \ q_{44} \ q_{45} \ q_{46}] \quad (10)$$

Odatle sledi da je:

$$R = \min(R_m) = [H_2S_1 \ H_4S_2 \ H_4S_3 \ H_4S_4 \ H_4S_5 \ H_4S_6] \quad (11)$$

Za razmatrani primer relacija (11) predstavlja optimalnu kombinaciju

$R = \text{opt } (R_m)$, u smislu relacije (3) uz navedeno ograničenje, u odnosu na element rešenja koji predstavlja kombinacija H_4S_1 . Očigledno je da se elementi raspoloživih resursa mogu dalje razložiti tako što će se svako H_k ($k=1, \dots, n$) rastaviti na funkcionalne celine ($H_k = [h_{k1}, h_{k2}, h_{k3}, \dots]$) i svako S_j ($j=1, \dots, m$) rešiti na više načina ($S_j = [s_{j1}, s_{j2}, s_{j3}, \dots]$), upotrebom različitih matematičkih metoda, programskih rešenja, itd.).

Karakteristike, odnosno efikasnost svake od kombinacija prema relaciji (4), mogu se veoma dobro odrediti analitički. Međutim, neke kombinacije mogu se lakše i brže odrediti simulacijom i proverom na računaru. Ukoliko primena analitičkih metoda za određivanje vrednosti nekog elementa zahteva mnogo vremena, onda se može osloniti na stečena iskustva i pristupiti rešenju heuristički, uz visok stepen modularnosti i fleksibilnosti rešenja koje obezbeđuje kasnije dogradnje i usavršavanja kako softvera tako i hardvera. Prikazana dekompozicija resursa sa svim je slobodna, ali dovoljna da ukaže da je neophodan multidisciplinarni pristup. Na primeru trenažera za obuku operatora za PA top sa sistemom za upravljanje vatrom predstavljen je globalni model relevantnih elemenata sistema koje čini jedan trenažer.

Za potrebe projektovanja trenažera, saglasno odabranoj koncepciji, modeliraju se sklopovi i funkcije sistema koji čini trenažer: borbeno sredstvo (Bs), cilj (C), okruženje (Ok, tj.: teren, borbeni poredak, borbena dejstva, elektronska dejstva i protivdejstva, itd.), postupak obuke (Po), evidencija i kriterijumi za ocenu stepena osposobljenosti operatora (Ev). Dakle, formiraju se potrebni matematički modeli, tj. opisi procesa i događaja, izrađuju fizički modeli, odgovarajući

grafički prikazi i stvarni prikazi. Modeliranje, tj. izrada simulacionih modela, predstavlja veoma važnu fazu u konstrukciji trenažera, jer od kvaliteta izvođenja ove faze projekta zavisi i kvalitet njegove realizacije, odnosno konstrukcije trenažera. Pri tome treba voditi računa da se simulacioni modeli pojednostavljaju prema stvarnoj potrebi i problemu koji taj model opisuje [5].

Model borbenog sredstva

Trenažer predstavlja fizički i funkcionalni model kompletnog sredstva ili njegovih elemenata. Ono što mora da sadrži svaki trenažer jeste radno mesto operatora, koje je opremljeno komandnim, signalnim, osmatračkim i nišanskim uređajima. Delove sistema sa kojima operator dolazi u fizički kontakt treba i fizički reprodukovati (komandna tabla, komandna palica, sile otpora koje se javljaju pri radu nišandžije, sedište, itd.). Delove sistema sa kojima i preko kojih operator ostvaruje vizuelni kontakt sa okruženjem, najpogodnije je reprodukovati vizuelno, odnosno, generisati vizuelne prikaze u vidnom polju operatora.

Za fizičku reprodukciju delova sistema mogu se koristiti originalni delovi sistema, kopije ili imitacije bez stvarnih funkcija. Pri tome je bitno da radno mesto operatora na trenažeru ima ergonomske karakteristike koje odgovaraju ergonomske karakteristikama stvarnog sredstva. U ergonomskom smislu stepen fizičke reprodukcije radnog mesta operatora treba da zadovolji postavljene zahteve obuke – bez suvišnih detalja koji nisu bitni za obuku.

Vidno polje operatora, izuzimajući ono što je već obuhvaćeno fizičkim modelom, može se softverski generisati i pri-

kazati na televizijskom ekranu ili monitoru personalnog računara. Pri tome ispred ekrana može biti postavljen adapter za imitaciju okulara – vizira operatora. Drugo rešenje jeste da se katodna cev (na čijem bi se ekranu prikazalo vidno polje) ugradi u okular operatora. U oba slučaja važno je da se vodi računa o rezoluciji slike, tako da jedna grafička jedinica (GDU), odnosno tačka – pixel, odgovara uglu pod kojim se vide elementi slike u vidnom polju (npr. za debljinu končаницe iznosi 0,1 mrad.)

Navedeni elementi mogu se uslovno nazvati poljem operatora. Iz njega potiču komande za funkcionisanje celog sistema i dolaze informacije od senzora sistema prikazujući se u vidnom polju operatora. Preostali deo strukture sistema na trenazu simulira se softverski (servosistem, senzori, računar, itd.), tako da odziv na zadate komande odgovara odzivu realnog sistema. Radi toga se modeliraju, odnosno emuliraju senzori, servosistem, računar i drugi elementi sistema. Formiranje diskretnog modela sistema može biti rešeno na više načina, s tim da matematičke relacije ispunjavaju sledeće uslove:

- rešenje jednačine koja opisuje proces mora biti konvergentno,
- rešenje mora biti jednoznačno.

Matematičke relacije, kojima se izražavaju modeli funkcija sistema, treba dovoljno verno da reprodukuju stvarne funkcije sistema, a izabrani hardver i softver treba da obezbede odgovarajući korak diskretizacije i vreme izvršavanja tih funkcija kako ne bi došlo do degradacije matematički dobijene vernosti reprodukcije.

Jedan od načina da se ovi uslovi ispune sastoji se u sledećem [4]:

- blok servosistema predstavljati step-invarijantnom metodom;

- blokove integratora predstavljati Eulerovim integratorom;

- trigonometrijske funkcije očitavati iz tabela (look-up).

Odgovarajući matematički opisi delova sistema, u tom smislu, bili bi:

- servosistem $X_k = A \cdot X_{k-1} + u_k^1$

- senzori za merenje koordinata cilja

$$Y_k = H \cdot X_k$$

- integrator $X_{k+1} = X_k + T \cdot \dot{X}_k \cdot C_x$

- upravljanje po poziciji $u_k^1 = -C1 \cdot X_k$

- kontrola po brzini $u_k^2 = -C2 \cdot \dot{X}_k$

Korišćeni simboli imaju sledeće značenje:

k – indeks trenutka t_k koji se posmatra;

T – period diskretizacije $T = t_k - t_{k-1}$ (vreme između dva posmatranja – merenja ugla, daljine, brzine);

X_k – koordinate stanja (zauzeta daljina, ugao pravca i ugao elevacije u trenutku k);

A – matrica koja opisuje karakteristike sistema za pokretanje (servosistem);

H – matrica karakteristika senzora (merna matrica daljine, pravca, elevacije);

Y_k – izmerene vrednosti koordinata cilja u trenutku k pomoću senzora;

C_x – integraciona konstanta;

$C1$ – konstanta upravljanja po položaju;

$C2$ – konstanta upravljanja po brzini.

Na isti način mogu se predstavljati i drugi blokovi i delovi sistema koji se odnose na izračunavanje elemenata za gađanje i dr.

Model cilja

Za cilj koji se gađa bitno je da se zna putanja po kojoj se kreće i njegova silueta (geometrija), pa to treba i mode-

lirati. Putanja cilja u odnosu na top (ili drugu tačku iz koje se prati cilj) može se izraziti kao hodograf vektora položaja cilja $r = r(t)$.

Odgovarajuća diskretna verzija ove relacije je:

$$r_k = r_{k-1} + vT \quad k = 1, 2, 3, \dots \quad (12)$$

gde je:

v – vektor brzine cilja,

T – period diskretizacije $T = t_k - t_{k-1}$.

Prema tome se mogu koristiti, zavisno od taktičko-tehničkih karakteristika cilja, neke od sledećih pretpostavki.

– cilj se kreće pravolinijski konstantnom brzinom, pri čemu vertikalna komponenta brzine može biti nula ili različita od nule;

– cilj se kreće po kružnoj putanji, pri čemu kretanje može biti u horizontalnoj ili kosoj ravni;

– cilj izvodi manevar.

Zavisno od izabranog programa obuke, formira se model putanje cilja tako da su moguće promene parametara putanje, i to na početku programa, u toku programa sa unapred poznatim parametrima ili slučajno.

Geometrijski oblik cilja daje u vidnom polju siluetu koju operator – nišandžija vidi, a ona zavisi od simulirane daljine do cilja i kursa, odnosno putanje. Odgovarajući vizuelni, odnosno grafički prikaz, može se izraziti kao:

$$S = S(S_o, D, q, \lambda) \quad (13)$$

gde je:

S_o – trodimenzionalni grafički prikaz cilja za daljinu nula, kurs nula i poniranje nula;

D – simulirana daljina do cilja;

q – ugao kursa kretanja cilja;

λ – ugao poniranja cilja.

Geometrijski oblik cilja može se dobiti skeniranjem slike ili njenim skiciranjem u sve tri dimenzije.

Model leta projektila i tačka susreta

Rešenje zadatka sastoji se u određivanju koordinata tačke u prostoru u kojoj dolazi do susreta projektila i cilja. Pri tome se polazi od toga da je putanja projektila poznata, izuzimajući neodređenosti koje su u realnom slučaju posledica spoljnih uticaja koje nije moguće uvek tačno izmeriti i ispravno uzeti u obzir. Trenutni položaj projektila u prostoru određen je vektorom daljine projektila od oruđa $D_u(t)$, a položaj cilja vektorom daljine od oruđa do cilja $D_c(t)$. Rešenje zadatka susreta svodi se na rešavanje preseka putanje cilja i putanje projektila. Ako je u trenutku ispaljivanja projektila daljina do cilja $D_c(t_0)$, onda je u trenutku susreta (kada se cilj i projektil nalaze u istoj tački):

$$D_c(t_0) + s(T_p) = D_u(T_p) \quad (14)$$

gde je:

$t_0 = 0$;

$s(t)$ – put koji cilj pređe za vreme t ;

T_p – vreme leta projektila od trenutka njegovog ispaljenja (i merenja daljine $D_c(t_0)$) do trenutka susreta ($t = T_p$).

Vektorska veličina $s(T_p)$ određuje se kao integral vektora brzine cilja v_c , i iznosi:

$$s = \int_0^{T_p} v_c \cdot dt \quad (15)$$

Diskretni oblik izraza za vektor puta je:

$$s_k = s_{k-1} + v_{k-1} T \quad k = 1, 2, 3, \dots, T_p/T \quad (16)$$

gde je:

s_k – pređeni put do trenutka k ;

v_k – brzina cilja u trenutku k ;

T – vreme između dva uzastopna merenja $T = t_k - t_{k-1}$, odnosno period diskretizacije.

Ukoliko je putanja cilja poznata i ako su početna brzina, aerodinamičke karakteristike projektila i meteorološki uslovi stalni, može se napisati da je $T_p = f(D_u)$.

U realnim uslovima zadatak susreta za nevođene projekte mora biti rešen do trenutka opaljenja, pa se mora vršiti predikcija putanje cilja nakon ispaljivanja projektila, odnosno, odrediti njegov položaj u trenutku T_p . Rekonstrukcija zakonitosti kretanja cilja obavlja se na osnovu praćenja cilja i uvedenih pretpostavki saglasno taktičko-tehničkim karakteristikama cilja. Međutim, na trenažeru se putanja cilja simulira, pa se može neposredno uvrstiti u račun predikcije ili se poslužiti nekim jednostavnijim postupkom (npr. očitavanjem tabele). Za koje će se rešenje opredeliti zavisi od unapred usvojene koncepcije, odnosno cene rešenja.

Model okruženja

Borbeni sistem ili sredstvo nalazi se na terenu određene konfiguracije, pri određenim atmosferskim uslovima u borbenom poretku izloženo borbenim dejstvima. Sve to čini okruženje koje karakteriše slika, zvuk, vizuelni i zvučni efekti koji prate određene borbene situacije i događaje u realnim uslovima na terenu, a koji se moraju prikazati u vidnom polju posade borbenog sistema, odnosno na trenažeru.

Za uvežbavanje na poligonu koriste se razne metode označavanja – markiranja borbenog poretka, po osmišljenoj taktičkoj pretpostavci stvorenoj na osnovu očekivanog dejstva, namera i mogućnosti suprotstavljene strane. Za te potrebe koriste se makete borbenih sredstava, lutke, siluete, mete i sl. Markiranje događaja izvodi se raznim vizuelnim efektima (projekcije lika, svetlosni blesak, itd.) i zvučnim efektima (imitacija pucnja, buka motora, razgovor, itd.). To je način da se na poligonu simulira borbena situacija i borbena dejstva. Sa trenažerom sve to može biti prikazano na ekranu i lako uočljivo za operatora sa njegovog mesta u borbenom sredstvu. Ukoliko se koristi personalni računar ekran bi predstavljao monitor računara, a slike i događaji koji se žele prikazati mogu se nalaziti u memoriji računara i njima programski upravljati. Slike, pojedini kadrovi, delovi slika, grafičke i vizuelne oznake mogu biti generisane softverski, dobijene skeniranjem slika ili sa video kamere.

Program obuke

Na borbenom sredstvu operator obavlja nadzor ili je direktno u „petlji“ borbenog sistema od početka do završetka misije, odnosno borbenog zadatka. Obučavanjem operator stiče potrebno znanje i prilagođava se dinamici aktivnosti i radu u borbenim uslovima, sličnim onima koji će biti u realnoj situaciji. Pri tome operator razvija određene sposobnosti (čulne, perceptivne, psihomotorne) i stiče potrebno znanje za donošenje odluka.

Instruktor pokreće program obuke, upravlja njime, kontroliše postupke i rad operatora. Instruktor pomaže operatoru objašnjenjima i savetima a radi ukaziva-

nja na propuste u radu instruktor može, po potrebi, preuzeti komande. Obukom, tj. uvežbavanjem, operator se navikava, prilagođava na sredstvo i njegove statičke i dinamičke karakteristike. Za efikasnu obuku važno je da trenažer što potpunije podražava (simulira) stvarno borbeno sredstvo, kako bi se operator pripremio za rad na realnom sredstvu.

Obuka je proces koji se odvija po unapred određenom programu. Sadržaj obuke prevodi se u odgovarajući računar-ski program, tj. projektuje se deo softverske podrške obuke koja bi činila sastavni deo trenažera. Pri tome mogu se koristiti već postojeći programi za obuku ili razvijati novi sadržaji i metode obuke.

Dinamika obuke, tj. postupnost u njenom izvođenju, podrazumeva da je ona podeljena u više delova – faza koje se sukcesivno izvršavaju. Prvi deo obuke je, po pravilu, najlakši i sadrži upoznavanje sa delovima i funkcionisanjem sredstva za koje se operator obučava. U ovom delu obuke savladavaju se tehnike rukovanja i upravljanja sredstvom, odnosno, borbenim sistemom. Pri tome se daje dovoljno vremena za postepeno izvođenje svih neophodnih radnji i dovoljno vremena za donošenje odluke o postupcima koje operator treba da izvede. Drugi deo obuke, kao i svaki sledeći, složeniji je od prethodnog. Zahteva od kandidata za operatora da pamti više informacija i da više vežba, i omogućava proveru ispravnosti izvođenja potrebnih radnji pri rukovanju sredstvom. Treći deo obuke može sadržati i kriterijum za kvalitetnu selekciju, tj. izbor najboljih kandidata za operatora. Praktično, ako kandidat nije savladao prethodne faze obuke, on neće moći da izvršava potrebne radnje koje su predviđene po programu za treću fazu. U ovoj fazi treba da dođe

do definitivnog navikavanja kandidata na radnje koje treba da izvodi u toku rada. Na koliko će delova, faza ili nivoa program obuke biti podeljen zavisi, prvenstveno, od njene složenosti i procene nadležnih za obuku:

$$P = \bigcup_{i=1}^n P_i \quad (17)$$

Ovim izrazom program obuke je predstavljen kao unija pojedinih delova programa P_i . Pri tome završni deo obuke treba da predstavlja objektivizaciju elemenata i celina realnih situacija, tj. situacija borbenih dejstava i uslova na bojištu, kao i da obezbedi ocenu osposobljenosti operatora.

Program obuke izrađuju iskusni instruktori, a odobrava ga nadležna institucija. Međutim, on mora da bude razumljiv i za programera koji treba da ga prevede u odgovarajući oblik primenljiv za računar. Trenažer može biti softverski i hardverski izveden tako da instruktor upravlja programom obuke sa posebnog pulta ili sa pulta operatora.

Evidencija rada i ocena osposobljenosti operatora – nišandžije

Cilj obuke je da se kandidat za operatora što bolje osposobi za zadatke koji mu predstoje. Da bi se sticao uvid u savlađivanje programa obuke, kao i stepen obučenosti nakon završene obuke, neophodno je pratiti njen tok. U toku obuke vodi se evidencija ličnih podataka kandidata za operatora, ocena spremnosti za prelazak na sledeću fazu obuke i ocena stepena osposobljenosti po završetku obuke. Lični podaci mogu se unositi u računar trenažera i formirati

lični dosije – karton operatora, sa tastature ili sa diskete sa ličnim podacima. Ostali podaci mogu se formirati i smeštati automatski na hard disk ili disketu (npr. rezultati koje je kandidat postigao u toku obuke, po fazama i na kraju obuke).

Najjednostavnije je da se ocena stepena obučenosti, ili koliko je savladana određena faza obuke, izvede na osnovu grešaka koje kandidat čini u toku izvršavanja potrebnih radnji. Naime, greške koje operator čini u toku rada najbolji su pokazatelj stepena obučenosti [3], odnosno njegove osposobljenosti. Sve greške mogu se svrstati u tri grupe, i to:

- nepravilno (netačno) izvršavanje neke radnje,
- propuštanje radnje,
- kasno ili prerano izvršavanje neke radnje.

Kvantifikacija i kvalifikacija stepena obučenosti može se izvršiti na osnovu evidencije grešaka i primenom već postojećih pravila, ili uz određene modifikacije pravila za ocenjivanje obučenosti. Ocena može biti izražena numerički, brojevima od 1 do 5, ili brojem bodova od 0 do 100. Dakle, ocena se može odrediti na osnovu tabele grešaka i određenog pravila. Ukoliko se usvoji da je najveći mogući broj bodova $n_{b \max} = 100$ i da sa brojem grešaka opada broj bodova, onda se ostvareni broj bodova može izraziti kao:

$$n_b = 100 - \sum_{i=1}^n \left(\sum_{j=1}^{m_i} p_{ij} n_{ij} \right) \quad (18)$$

gde je:

n – ukupan broj delova programa obuke;

m_i – broj tipova greški po delovima programa;

n_{ij} – broj grešaka iz i -tog dela programa vrste j ;

p_{ij} – težina svake greške iz pojedinih delova programa obuke.

Prikazani obrazac samo je jedno od mogućih rešenja koje se može prevesti u računarski program trenažera. Registrovani podaci mogu se u toku obuke, neposredno nakon obuke ili kasnije, prikazivati, analizirati i štampati, odnosno formirati dosije operatora. Na osnovu opisa sadržaja i postupka evidencije i ocenjivanja može se sačiniti odgovarajući softver, odnosno računarski program koji se pridružuje programskoj podršci trenažera. Ovaj deo računarskog programa ima veoma male zahteve u pogledu potrebne memorije i brzine rada, tako da nema potrebe za posebnim proračunom tih potreba jer se već raspolaže sa dovoljno velikom rezervom koja je uzeta zbog rada sa grafikom visoke rezolucije u realnom vremenu.

Trenažer RI/L70

Preduzeće MC COMPANY iz Zemunna proizvelo je trenažer za obuku nišandžija na PA topu 40 mm L/70 BOFORS. Konstrukcija ovog trenažera realizovana je korišćenjem hardvera i softvera za personalne računare. Radi ilustracije mogućnosti i pogodnosti ovakvog pristupa ukratko će biti opisan ovaj trenažer.

Opšti podaci

Trenažer RI-L/70 namenjen je za obuku i proveru stepena obučenosti nišandžija na PA topu 40 mm L/70 BOFORS. Koristi se u kabinetskim uslovima i ima tri radna mesta za nišandžije. Programski se može izabrati položaj oruđa u bateriji, simulirati pravolinijska putanja cilja sa mogućnošću izbora brzine cilja

(100, 200 i 300 m/s), kao i zaokreta (manevra) cilja. Ugrađeni delovi i sklopovi trenažera (elementi komandne table, upravljačka palica, papuča za okidanje) predstavljaju kopije i imitacije delova uređaja (bez funkcije). Oni nisu predviđeni da funkcionišu na trenažeru (kao što je testiranje sistema za upravljanje vatrom, unos meteoroloških i balističkih podataka).

Računarski deo trenažera čini personalni računar. Matična ploča je sa **PENTIUM I** procesorom na 133 MHz, memorija 8 MB RAM, hard disk 1,3 GB, flopi disk 3,5, „minotor 14“, štampač i tastatura. Simulirano vidno polje nišanske sprave prikazuje se na monitoru personalnog računara (slika 2).

Korisnički softver izrađen je na osnovu modela kretanja cilja, uprošćenog modela funkcija PA topa 40 mm L/70 BOFORS, definisanog programa obuke i kriterijuma za ocenu osposobljenosti nišandžije.



Sl. 2 – Vidno polje nišandžije na PA topu 40 mm BOFORS

Konstrukcija

Komandna tabla i komandna palica odgovaraju izgledu na PA topu 40 mm L/70 BOFORS za sva tri uređaja (slika 3). Oblik, raspored i položaj elemenata komandne table, upravljačke palice i pedale za otvaranje vatre, ergonomske odgovaraju realnim uslovima, s tim što su realizovane samo bitne funkcije topa koje su veoma značajne za obuku nišandžije u navođenju topa na cilj, praćenju cilja i otvaranju vatre. Postupci, rad i položaj tela nišandžije na trenažeru odgovaraju svim elementima koji su bitni za obuku. Izvedeni prikaz vidnog polja na ekranu monitora odgovara realnoj slici koju nišandžija ima u vidnom polju nišanske sprave: končanice, cilja i signalizacije. Na trenažeru nije izvedena simulacija režima pripreme topa (testiranje sistema za upravljanje vatrom, unos meteoroloških i balističkih podataka). Postupak pripreme sredstva za rad relativno se lako i brzo nauči, pa je proizvođač smatrao da za ovaj nivo realizacije nije neophodno da se taj postupak ugradi u funkcije trenažera. Dinamičke karakteristike servosistema topa nisu uzete u obzir, ali je dinamika procesiranja podataka takva da se može imati utisak dinamike pokretanja topa po pravcu i elevaciji.

Funkcionisanje

Trenažer je spreman za rad 30 sekundi nakon uključenja. Simulacija uključenja agregata, uključivanja motora pumpe i uključivanja glavnog motora praćena je zvučnim efektima koji su slični onima na topu. Nakon inicijalizacije trenažera na ekranu se pojavljuje osnovni spisak funkcija, tj. meni, iz koga se ulazi



Sl. 3 - Trenažer RI-L/70

u ostale menije (izbor vrste rada). Izbor vrste rada, tj. program obuke, obrade i ocene rezultata koji je operator postigao obavlja se postavljanjem oznake - markera, koja se pomera, pomoću palice, na željenu funkciju ispisanu na ekranu i pritiskom na malu polugu koja u toku praćenja cilja služi za prelazak iz brzinskog u regenerativni (poluautomatski) način praćenja cilja.

Nakon izbora programa obuke simulirani sistem za upravljanje vatrom nalazi se u režimu PRIPREMA i trenažer je spreman za dalji rad koji je u svemu isti kao i na sistemu za upravljanje vatrom PA topa 40 mm L/70. Obezbeđena je simulacija sledećih funkcija:

- režim PRIPREMA,

- najava cilja (INDIKACIJA CILJA),

- navođenje topa na cilj (NAVOĐENJE),

- praćenje cilja po brzini (PRAĆENJE I),

- praćenje cilja po ubrzanju (PRAĆENJE II),

- otvaranje vatre, dejstvo na cilj i efekat na cilju,

- vraćanje u režim PRIPREMA.

Iz režima PRIPREMA može se postaviti sa programom obuke, prekinuti dalji rad ili preći na štampanje zapamćenih podataka o toku obuke. Trenažer RI-L/70 obezbeđuje simulaciju velikog broja situacija i uslova koji znatnim delom odgovaraju realnim uslovima i omogu-

čava simulaciju složenih uslova kretanja cilja (ciljevi se mogu nalaziti na raznim daljinama, kretati se različitim parametrima i brzinama, izvoditi manevre – zauzimati položaj za izvođenje napada). Generišu se vizuelni i akustički efekti dejstva cilja na vatreni položaj i na objekat PVO. Automatski se registruje tok obuke i memorišu rezultati koje je postigao nišandžija. Podaci se kasnije mogu prikazati, analizirati i štampati radi ocene stepena osposobljenosti kandidata za operatora.

Zaključak

Personalni računari su u mogućnosti da obrade veće količine informacija dovoljno velikom brzinom. Rad sa veoma zahtevnim softverom i fleksibilnost u pogledu hardvera čini ih univerzalnim za primenu u najrazličitije svrhe. Zahvaljujući tome može se konstruisati trenažer čiji je računarski deo sastavljen od personalnog računara ili većeg broja komponenta za personalne računare. Imajući u vidu složenost i troškove obuke za rad na savremenim borbenim sistemima, trenažerima se posvećuje posebna pažnja. Trenažeri sa moćnom računarskom konfiguracijom znatno su efikasniji, ali i skuplji. Međutim, zahvaljujući korišćenju hardvera i softvera za personalne računare može se realizovati projekat veoma kvalitetne konstrukcije po povoljnijoj ceni i za relativno kratko vreme. Naravno, hardver za personalne računare nije predviđen za rad u terenskim uslovima. Međutim, mogu se izvesti određene zaštite od mehaničkih i drugih uticaja, tako da se ovakav trenažer može koristiti i u strožim uslovima eksploatacije.

U članku su specificirani i istaknuti neophodni elementi za efikasno rešenje trenažera za kabinetske uslove, ali ovako konstruisan trenažer može se koristiti i kao razvojna stanica (za usavršavanje obuke i nastavnih sredstava, za razvoj borbenog sredstva, itd.).

Trenažer RI L/70 samo je jedan od domaćih proizvoda projektovan na bazi personalnog računara.

U ovom radu nisu date stroge definicije i procedure već je izložena globalna analiza i procedure koje mogu doprineti realizaciji projekta u pogledu izbora rešenja, formiranja radnog tima i rukovođenja izvođenjem projekta, a može pomoći i potencijalnom korisniku sredstva da se opredeli za izloženo rešenje. Ukazano je na mogućnost da se pod veoma povoljnim uslovima dobije trenažni uređaj za obuku, uvežbavanje neposrednih borbenih radnji, posrednu i neposrednu kontrolu pripreme i izvršenja vežbe, uz automatsko registrovanje rezultata vežbe, kao i za održavanje i proveru stepena obučenosti posade borbenog sredstva.

Literatura:

- [1] Radulović, N.: Značaj i osnovne procedure primene ergodičkih vojnih ergomata, NTP, Vol XXXVII 1987. br. 10.
- [2] Brožić, A.: Uticaj obučenosti nišandžije na tačnost gađanja PA topovima 40 mm L/70, Vojni glasnik 1/87, deo 2.
- [3] Saviček, J.: Postupak pri analizi ispitno-školskih gađanja ciljeva u vazдушnom prostoru, Vojni glasnik 1/87, str. 16.
- [4] Adrinek, S.: Digitalni simulator u realnom vremenu za sistem za upravljanje vatrom na protivavionskom topu, VTG 2/90.
- [5] Innis, G., Rexstand, E.: Simulation model simplification techniques, Journal of Statistical Computation and Simulation, July 1983. 7-15.
- [6] Nikulin, K.: Matematičeskoe obespečenie trenažerov, Morskii sbornik No 8/1989.
- [7] Uputstvo: Target Simulator AB Bofors 40 mm Gun L/70.
- [8] Simulatori za obuku u gađanju iz tenkovskog topa, VTG 1/91. str. 88-95.
- [9] Kocmar, R.: Aurora software maintenance, Canada Forces Polaris, Vol. 9, 1982.
- [10] Radomir, I.: Obuka nišandžija na PAT 40 mm L-70 pomoću simulatora, Vojni glasnik 6/80.

Dr Vlado Radić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

JUPITER 2000

- prikaz stručnog skupa -

Na Mašinskom fakultetu u Beogradu, u organizaciji Instituta za proizvodno mašinstvo i kompjuterski integrisane tehnologije, 8. i 9. februara 2000. godine održana je 26. konferencija JUPITER. Ovom skupu je prisustvovalo više od 300 učesnika, a njen rad su pratili istaknuti predstavnici iz oblasti nauke i tehnologije u republičkim i saveznim Ministarstvima i institutima, predstavnici Univerziteta iz Beograda, Kragujevca, Podgorice, Niša i Novog Sada, kao i poznatih preduzeća.

Dvadeset šest godina „druženja“ industrije i nauke u okviru sistema JUPITER ostavilo je zasigurno duboke korene u razvoju i uvođenju novih tehnologija u domaću industriju. Konferencija JUPITER kao najznačajnija stalna aktivnost asocijacije industrije, fakulteta, instituta, viših škola i komora, održava se svake godine i kroz svoje tradicionalne simpozijume, seminare i kolokvijume za edukaciju i inovaciju znanja, okrugle stolove, tribine i predstavljanje projekata, objedinjuje istraživačko-razvojne i obrazovne aktivnosti domaće industrije i nauke.

Dvadeset šesta konferencija imala je poseban značaj, jer se očekivalo da učesnici definišu platforme za dalji razvoj domaće industrije i nauke, tranziciju naše privrede, reintegraciju u svetsku ekonomiju i uključivanje u svetske tokove nauke i tehnologije, i time doprinesu

pripremama domaće industrije i nauke za nastupajući 21. vek.

Rad Konferencije odvijao se kroz tradicionalne simpozijume, plenarne sednice i forume.

Pet simpozijuma – 19. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja, 13. simpozijum CAD/CAM, 22. simpozijum NU – Roboti – FTS, 28. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala i 6. simpozijum Kvalitet – obuhvatilo je najznačajnije pravce razvoja savremenih i novih proizvodnih tehnologija, čiji je razvoj i uvođenje imperativ za održavanje konkurentne sposobnosti domaće industrije prerade metala.

Na plenarnoj sednici uvodna predavanja podneli su prof. dr M. Kalajdžić, akademik M. Vukobratović i prof. dr V. Majstorović. Predavanja su se odnosila na osnovna i primenjena istraživanja u proizvodnom inženjerstvu, na nove granice nekonvencionalne robotike i aktivnih sistema, kao i na nove standarde menadžmenta u sistemima kvaliteta.

Na Konferenciji je izloženo preko 100 recenziranih i prihvaćenih radova, što svedoči da se posle blage stagnacije povećava broj učesnika. Naravno, i kvalitet radova povezuje se sa osnovnim pretpostavkama uspešnosti firme i pojedinaca, na projektima koji se finansiraju uz pomoć nadležnih ministarstava ili samostalno.

Pored predstavnika iz privrede, fakulteta i instituta, treba napomenuti da je učešće na Konferenciji uzelo i nekoliko predstavnika Vojske Jugoslavije, čiji nastup je praćen interesovanjem za stanje naučno-istraživačkih projekata u VJ i njihovu realizaciju. Ti projekti su multidisciplinarni i po opštosti imaju izuzetan značaj za razvoj novih tehnologija i materijala, primenu najnovijih saznanja nauke i tehnologije u svim segmentima istraživanja. Zato je prisustvo Konferenciji, izlaganje radova i kontakt sa predstavnicima iz privrede način da se razmenom saznanja i informacija uspostavi saradnja na realizaciji fundamentalnih, istraživačkih i razvojnih zadataka. Nastup pripadnika Vojnotehničkog instituta VJ imao je odjeka s obzirom na tematiku njihovih radova.

U okviru pojedinih simpozijuma izlagani su radovi koji su se odnosili na sledeće oblasti:

- CIM međuveze i međunarodni standardi; integracioni CASE-alati i metodologije; edukacija za CIM-sisteme;

- CAD/CAM sistemi; kompjuterska grafika; modeliranje i simulacija; inženjerske analize;

- NUMA sistemi - projektovanje, upravljanje, programiranje i nove generacije mašina; industrijski roboti - projektovanje, upravljanje, programiranje, primena, senzori i inteligencija; FTS - projektovanje, upravljanje, simulacije i nove generacije sistema i fabrika; edukacija za NU, robote i FTS;

- informacioni sistemi za upravljanje proizvodnjom; baze podataka i baze znanja; poslovno okruženje i upravljanje proizvodnjom; modeli sistema za donošenje odluka;

- sistem kvaliteta (ISO 9000, QS 9000, ISO 14000); tehnike inženjerstva kvaliteta; TQM prilaz; poslovna izvrsnost.

Ostvaren je i osnovni cilj Konferencije JUPITER - razmena znanja, upoznavanje sa novim pravcima i načinima poslovanja, ostvarenje kvaliteta u proizvodnji, kao i generalno poboljšanje radnog i poslovnog okruženja, uz neposredne kontakte privrednika, istraživača, naučnih i stručnih radnika, što sve pomaže u iznalaženju boljih metoda rada, unapređenju kvaliteta i utiče na uspešnije uključivanje u tehničko-tehnološki razvoj na pragu novog veka.

Po tradiciji, na Konferenciji su u određenim vremenskim intervalima održane tehničke prezentacije informatičkih i drugih firmi. Na taj način ostvarena je neposredna veza korisnika postojećih uređaja, opreme i sistema, te softversko-hardverskih rešenja sa proizvođačima (distributerima). Učesnici Konferencije upoznati su sa novim mogućnostima primene sistema za projektovanje i proizvodnju pomoću računara preko mesta i uloge konceptualnog dizajna u okviru savremenih CAD sistema, prikazani su neki segmenti automatizacije procesa i mašina i alati za obradu rezanjem, kao i savremeni trendovi u integraciji proizvodnih i poslovnih informacionih sistema. Naravno, prikazane su i konkretne softverske aplikacije za projektovanje u mašinstvu.

Iako se Konferencija JUPITER održava u kontinuitetu već 26 godina, njena aktuelnost nije izgubila na značaju, a skupovi ovakve vrste imaju izuzetnu važnost za edukaciju i inovaciju znanja. Praćenje koraka sa savremenim tehnologijama, proizvodnim i poslovnim rešenjima i sve zahtevnijim uslovima kvaliteta predstavlja imperativ naše privrede. Stoga je učešće na Konferenciji JUPITER, i drugim naučno-stručnim skupovima, prilika i mogućnost da se na neposredan i delotvoran način razmenjuju znanja i ideje.



prikazi iz inostranih časopisa

LOVAC Su-27SK*

Osnovni razvojni program lovca Su-27SK, kao verzije aviona SU-27, datira od 1969, mada su koncepcija i radovi na postizanju visokih performansi u Istraživačkom institutu vazduhoplovnih snaga i industriji započeli mnogo ranije.

U svetu je prihvaćeno mišljenje da je u razvoju borbenog kompleksa od izuzetnog značaja korektna formulacija njegovog koncepta, što je i suštinski preduslov za „dug život“. U slučaju lovca Su-27 izvršen je korektan izbor koncepcije aviona. U formulisanoj operativno-taktičkog koncepta ovog aviokompleksa naglašeno je ostvarenje njegovih najboljih lovačkih kvaliteta, dok je napadni borbeni potencijal ograničen na nevođene sisteme naoružanja. Taj koncept zadržao je svoj značaj uprkos naporima koji su učinjeni da se povećaju napadne mogućnosti kod novih verzija 4. generacije lovca. Po mišljenju aviostručnjaka, aviokompleksi moraju da budu višenamenski, tj. da budu efikasni i protiv ciljeva na zemlji, zadovoljavajući pri tom sve zahteve za lovce. To postaje očigledno pri analizi koncepta aviona kao što su F-22A, RAFALE i dr. koji koriste i vođeno i nevo-

đeno naoružanje za svoje vazdušne napade po ciljevima na zemlji.

Ipak, puka sposobnost vođenog oružja, koja omogućava visoku tačnost selektivnog uništenja ciljeva na zemlji nije dovoljna za efikasno izvršenje borbenih zadataka. Za odolevanje snažnim dejstvima protivnikove PVO potrebna je velika izdržljivost lovca (sposobnost lovca da izbegne ili odoli napadu neprijatelja), što se postiže nizom mera, kao što su smanjenje radarske slike, povećanje kompozicije i mase sredstava za povećanje izdržljivosti, širenje frekventnog obima i povećanje energetskog potencijala opreme za elektronsku zaštitu, sposobnost za niske letove, itd. Pored toga, za uspešno ostvarenje tih i sličnih ciljeva trebalo bi imati odgovarajućeg drugog člana posade na avionu, koji bi upravljao sistemima za pretraživanje i napad. Potrebna za zadovoljenjem tog uslova već je realizovana u ruskoj i svetskoj praksi (F/A-18E, Su-30MK, itd.). Postoje planovi za razvoj dvosedne verzije aviona RAFALE i EF-2000. Primena tih mera obično rezultira smanjenjem kapaciteta lovca, smanjenjem efikasnosti u avioborbama na malim i većim rastojanjima i praktično menja koncept lovca, pretvarajući ga u jurišni avion sa povećanim lovačkim mogućnostima.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar-oktobar, 1999.

Analize upotrebe aviona u ratnim sukobima za poslednjih 30 godina pokazuju da postizanje vazdušne supremacije još nije istrošeno, čak je znatno poraslo. Zato koncept aviona Su-27, čije su performanse optimizirane na bazi prioriternih rešenja njegovog osnovnog zadatka, ostaje i dalje savremen. Efikasnost rešenja zavisiće od toga kako performanse aviona prate tekuće zahteve, koji zavise od tehničke efikasnosti aviokompleksa i njegovih sistema. Tehnička efikasnost je karakteristična za brojne kriterije koji opisuju stepen podudarnosti aviokompleksa sa nivoom razvoja borbenog aviona za razmatrani period.

Aerodinamika. Neki aviostručnjaci smatraju da je perfektna aerodinamika aviona direktno povezana sa kvalitetom njegove konstrukcije. Bez obzira na definisanje oblika aviokonstrukcije, koji je oduševio i laike i stručnjake, integralna aerodinamička konstrukcija sa podizućim trupom aviona i razvijenim ugrađenim krilnim proširenjima, garantuju visoke aerodinamičke mogućnosti. Po aerodinamičkim kvalitetima, podizanju i korisnoj nosivosti avion Su-27SK nema konkurenta među sličnim avionima 4. generacije. Realizacija longitudinalne statičke nestabilnosti na podzvučnim brzinama, adaptivna krila koja prate režim leta (prema uglu napada i Mahovom broju) smanjuju dodatne gubitke, povećavaju aerodinamički kvalitet i korisni kapacitet, i smanjuju čeonu otpor vazduha za vreme leta.

Konstrukcija. Konstrukcija tela lovca Su-27SK predviđena je za maksimalno operativno preopterećenje od +9 g, što je blisko vrednosti pilotove psihološke g-tolerancije, i bez izgleda da bude prevaziđena u doglednoj budućnosti. Konstrukcija tela zasnovana je na širokoj pri-



Lovac Su-27SK

meni titanovih legura i poboljšanih vrsta čelika. Relativna strukturna masa je indikator strukturne čistoće jednog aviona i iznosi 0,29 za avion Su-27SK, što je ravno najboljim svetskim standardima.

Su-27SK je konstruisan za postizanje maksimalno mogućeg nivoa borbene izdržljivosti i sposoban je da nastavi borbeni zadatak čak i ako ga neprijatelj pogodi. Dva motora sa nezavisnom popunom gorivom za svaki, tri nosača krila, redundantni sistem upravljanja i hidraulički sistemi, zaštita pilotske kabine s delovima opreme, zaštita rezervoara za gorivo od eksplozije samo su neke od mnogih mera koje su usmerene na rešavanje problema izdržljivosti.

Motorni pogon. Motorni pogon sadrži dva AL-31F turbodžet motora s maksimalnim potiskom od 12500 daN. Specifični pritisak motora je 10% veći od američkih rivala F-100-PW-100. Motor AL-31F je jedini u svetu serijski proizvedeni motor za borbeni avion s aktivnim upravljanjem između lopatica i kućišta turbine, što znatno povećava efikasnost i ekonomičnost motora. Za svaki motor je karakterističan visok nivo stabilnosti protoka goriva, koji mu omogućava da pouzdano radi pod ekstremnim uslovima, kao što su nedovoljan protok vazduha i obezbeđenje sigurnog leta pod velikim

uglovima napada, kao i kada je avion položen na leđa. U konstrukciji motora AL-31F korišćene su mnoge tehničke inovacije radi povećanja potiska i veka trajanja. Realizacija tih novih ideja obezbeđuje njihovu upotrebu i u naredne dve do tri dekade. Među tim inovacijama je i motor s vektorskim potiskom.

Sistem upravljanja. Su-27SK je opremljen analognim telegrafskim („fly-by-wire“) sistemom leta s četverostrukom redundancijom, koja obezbeđuje upravljanje longitudinalnom nestabilnošću aviona. U poslednjih nekoliko generacija lovaca ugrađeni su digitalni sistemi. Međutim, pored nespornih prednosti, telegrafski sistemi imaju neke nedostatke koji su naveli konstruktore da ponovo vrata u upotrebu analogne sisteme kao pomoćne, ili u kombinaciji, radi povećanja pouzdanosti i kvaliteta upravljanja aviona. Avion Su-27SK se upravlja automatskim sistemom leta integrisanim s navigacionim sistemom i komandama opreme za vođenje. Automatski sistem za upravljanje letom stabilizuje poziciju ugla i visine aviona, niveliše ih, omogućava programsko penjanje i spuštanje aviona, kontrolu po visini, brzini i usmeravanju na vazdušne ciljeve, povratak na svoje aerodrome i prizemljenje. Novi koncepti i tehnološka rešenja uvedena na Su-27 omogućavaju da se postignu visoke performanse leta, koje mu i danas omogućuju, bez modernizacije glavnih sistema, da izvrši zadatke postavljene pred savremene avione.

Integralna konfiguracija sa širokim krilnim proširenjima omogućava, osim visoke aerodinamičke efikasnosti, povoljne uslove za rad pogonskih sistema pri velikim napadnim uglovima, znatno povećan unutrašnji prostor za gorivo, kojim se obezbeđuje da pri krstarećim

uslovima leta, bez dopunskih (odbacujućih) rezervoara, savladaju rastojanja od 1400 km na manjim i 3900 km na velikim visinama. Jedinstvene aerodinamičke karakteristike kombinovane s optimalnim izborom takvih parametara kao što su specifična nosivost krila i odnos potisak-težina, plus primena sistema „fly-by-wire“, omogućava lovcu Su-27SK da izmanevriše svoje suparnike, uključujući i nove generacije evropskih lovaca. Akrobacije slične „Kobri Pugačova“ može da ponovi samo američki lovac F-16 posle značajnih modifikacija. Primena razvojnih programa na Su-27SK preduslov je za njegov „dug život“ i mogućnost dalje modernizacije. Među faktorima koji obezbeđuju stalno povećanje i poboljšanje karakteristika performansi aviokompleksa putem modernizacije nalazi se i visok nivo strukturne čistoće, koja omogućava ugradnju više složene opreme i naoružanja. To je potvrdilo iskustvo u razvoju poslednjih verzija lovca Su-27.

Avionika. Avionika Su-27SK sadrži avioradar, optoelektronski sistem za upravljanje vatrom, letno-navigacioni kompleks, uređaje za protivelektronska dejstva (PED) i vezu, koji obezbeđuju da avion izvršava svoje zadatke danju i noću, pri svim vremenskim uslovima i uslovima neprijateljevih PED. Upoređujući ga sa glavnim inostranim suparnikom, „teškim“ taktičkim lovcem F-15C, Su-27SK je jednak po avionici i bolji po kompoziciji i optoelektronskom sistemu za upravljanje vatrom. Slično je i sa evropskim lovcima nove generacije. Savremeni sistem za upravljanje naoružanjem na avionu Su-27SK omogućava automatsko otkrivanje i praćenje ciljeva u vazdušnom prostoru i na zemlji, uništavanje ciljeva sopstvenim raketama vazduh-vazduh i topovskom vatrom sa kratkih i velikih ras-

tojanja i rušenje zemaljskih ciljeva nevodenim oružjem.

Snažni ugrađeni impulsni Doplerov radar omogućava da se otkrije i simultano sledi preko 10 vazdušnih ciljeva tipa „taksi lovac“ na rastojanjima preko 120 km. Lovac je, takođe, opremljen najsavremenijim optoelektronskim sistemom za upravljanje vatrom koji ima IC tragač po smeru sa vrlo visokim efikasnim domtom, laserski daljinski tragač, displej i na kacigu ugrađeni određivač cilja, koji šalje brze realne podatke na glave samonavodnih raketa kada pilot navede glavu prema cilju. Ugrađeni radar radi u sprezi sa optoelektronskim sistemom za upravljanje vatrom radi promene podataka o cilju što znatno povećava verovatnoću određivanja i pouzdanost praćenja cilja, posebno u uslovima PED neprijatelja. Softver sistema za upravljanje oružjem omogućava posadi da identifikuje vazdušne opasnosti, klasifikuje svaku od njih, selektira naoružanje za uništenje vazdušnih ciljeva koji su najopasniji u datoj taktičkoj situaciji. Integrirani navigacioni i sistem veze, kao deo opreme avionike, omogućava da avion bude orijentisan u svim fazama leta i da se prizemljuje u automatskom i neautomatskom režimu, da ima radio-vezu sa zemaljskim upravnim stanicama i drugim avionima na udaljenosti od preko 1500 km. Oprema za vezu koristi se za promenu kodiranih informacija za vreme vazdušnih borbi, kao i komandnog vođenja sa zemlje radi presretanja vazdušnih ciljeva.

Naoružanje. Za napad na vazdušne ciljeve Su-27SK može nositi do 6 raketa srednjeg dometa vazduh-vazduh R-27E sa poluaktivnim radarom i IC samonavodnim glavama, do 6 borbenih raketa malog dometa R-73E ili različite kombinacije istih raketa. Rakete R-27E mogu

napadati sve vazdušne ciljeve sa malih i većih rastojanja, po svakom vremenu, iz svih smerova i sve ciljeve na zemlji, bez obzira na PED neprijatelja. Rakete presreću vazdušne ciljeve koji lete brzinom do 3500 km/h i na visinama od 0,02 do 27 km. Opremljene su najsavremenijim inercijalnim radio-navigacionim sistemom i poluaktivnim radarom ili IC samonavodnim glavama. Znatna prednost oružanog kompleksa Su-27SK jeste da on može istovremeno nositi rakete R-27E opremljene različitim vrstama glava za samonavođenje, koje povećavaju efikasnost izvršenja borbenih zadataka u uslovima PED. Raketa R-27E je oružje kratkog dometa koje obezbeđuje visoku preciznost i pri čeonim i pri repnim napadima na vazdušne ciljeve u vazdušnim borbama iz svih pravaca. Svojom efikasnošću, koja proizilazi iz performansnih karakteristika (max. g-opterećenje, određivanje ugla cilja, ugaoni odnos samonavođenja, minimalno rastojanje za lansiranje na manevrišući cilj) ova raketa nadmašuje najbolje svetske slične rakete. Avion nosi i bombe do 500 kg, uključujući i bombe za probijanje betona, kasetne i nevodne avionske rakete.

Operacije. Karakteristike mogućnosti održavanja i njegove operativne performanse presudni su za razvoj i posebno za promociju na svetskom tržištu borbenih aviona. U odnosu na dokazane sposobnosti karakteristike Su-27SK su jednake onima koje imaju ostali lovci.

Efektivnost. Normalno je da se borbeno efektivnost smatra stepenom pogodnosti aviona da uspešno izvršava borbene zadatke. Glavni zadatak aviona Su-27SK je postizanje premoći u vazdušnom prostoru. S tačke gledišta udarnog rastojanja, ovaj lovac pripada najboljim svetskim lovcima. Sadejstvujući sa zemalj-

skim i vazдушnim upravljačkim stanicama, lovac može izvršavati borbene zadatke presretanjem vazдушnih ciljeva po cijeloj operativnoj dubini. Veliki domet leta omogućava brzu koncentraciju lovačke avijacije na najopasnijim pravcima, gdje su retki aerodromi i centri veze. Oprema i naoružanje Su-27SK omogućavaju primernu efikasnost u vazдушnim borbama na velikim rastojanjima. Prema mnogim procenama Su-27SK nije inferiorniji od svog suparnika F-15C. Što se tiče borbe na bliskim rastojanjima, Su-27SK je sa svojom neprevaziđenom spretnošću, jedinstvenim sistemom za određivanje cilja i naoružanjem raketama R-73E prevazišao sve postojeće suparnike i biće jedan od najboljih među novom generacijom lovaca.

Po svom konceptu, tehničkoj savršenosti i borbenoj efikasnosti lovac Su-27SK potpuno zadovoljava uslove koje treba da zadovolje lovci na početku 21. veka. Postojeće performanse leta i značajne rezerve za dalju modernizaciju avionike i naoružanja stvaraju potrebne preduslove za upotrebu ovog lovca i u dekadama koje dolaze.

M. Krbavac

<<<◇>>>

BORBENI HELIKOPTER Ka-50 HOCUM*

Borbeni helikopteri su prošli dugo i surovo iskustvo do momenta kada se njihova borbena uloga toliko afirmisala da je bez njihove upotrebe postalo gotovo nezamislivo izvođenje bilo koje borbene operacije na kopnu. Danas mnoge zemlje razvijaju svoju koncepciju borbenih dejstava, oslanjajući se na upotrebu borbe-

nih helikoptera ratnog vazduhoplovstva. Prema objavljenim podacima, borbeni helikopteri iz kasnih sedamdesetih i ranih osamdesetih godina uvek su u borbama sa tenkovima na vojnim vežbama imali prevlast, i to u odnosu 1:10, 1:14 i čak 1:20 u svoju korist. To je dovelo do urgentnog opremanja tenkovskih jedinica artiljerijskim i raketnim sistemima PVO, radi zaštite od napada borbenih helikoptera. Tada su borbeni helikopteri, opremljeni protivtenkovskim vođenim raketama dometa do 5 km postali lako ranjivi ciljevi za artiljerijske i raketne sisteme PVO. Borbeni helikopteri Ka-50 CRNI GRABLJIVAC i AN-64 APAČ razvijani su tako da se smanje nastale razlike i učine se sposobnim za uspešnu borbu protiv tenkova naoružanih sredstvima za PVO.

Borbeni helikopter Ka-50 može se koristiti za uništavanje različitih ciljeva na bojnopolju, pomoću precizno lansiranih supersoničnih protivtenkovskih raketnih sistema sa rastojanja 6 km od lokacije sistema PVO. Njime se mogu uništavati savremena oklopna i mehanizovana sredstva, ciljevi u vazдушnom prostoru, kao i protivnička živa sila. Helikopter poseduje visoke letne karakteristike, a njime se lako upravlja pomoću automatizovanih uređaja. Može uspešno da izvršava borbene zadatke danju i noću, poseduje visoku otpornost na protivnička vatrena dejstva, snažno naoružanje i komfornu pilotsku kabinu.

Helikopter zadovoljava sve zahteve postavljene za borbene helikoptere, a ispitan je u simulacionim borbenim uslovima. Po kriterijumu cena-efikasnost spada u najbolje današnje helikoptere. U upotrebi se nalazi od 1995. godine, a danas se serijski proizvodi u Arsenijevskom aviokompleksu. Za potrebe ko-

* Prema podacima iz Kataloga ruskog naoružanja, januar 2000. (www.weapons-catalog.com)



Borbeni helikopter Ka-50

mandira grupe borbenih helikoptera, koji leti u borbenoj formaciji, potreban je helikopter sa složenijom opremom, radi lakšeg određivanja ciljeva, njihovog prepoznavanja i distribucije, obezbeđenja stalne kontrole helikoptera u grupi i održavanja veze sa komandnim mestom na zemlji. Ovakav obim zadataka, koji se dodeljuje komandiru, oslobađa ga obaveze i potrebe za pilotiranjem helikoptera. Zbog toga je za te namene neophodan helikopter sa dva sedišta, odnosno dva člana posade.

Helikopter Ka-52 ALIGATOR je višenamenska dvosedna varijanta borbenog helikoptera Ka-50. Piloti, smešteni jedan uz drugog u kabini, mogu upravljati helikopterom i rukovati svim ugrađenim sistemima. ALIGATOR je zadržao sve borbene mogućnosti svojih prethodnika, uključujući i sve vrste naoružanja. Opremljen je višefunkcionalnom ugrađenom integrisanom elektronskom opremom za let, navigaciju i sistemima za upravljanje naoružanjem. Njegovi ak-

tivno-pasivni osmatrački i nišanski sistemi obezbeđuju uočavanje cilja i napad u svim vremenskim uslovima, danju i noću. Sekstant avionika iz Francuske i kompanija Tomson učestvovala su u opremanju ovog helikoptera. Helikopter Ka-52 ALIGATOR je gotovo identičan sa osnovnim helikopterom Ka-50, jer su parametri korpusa i glavnih sistema u 85% isti. Piloti se spasavaju pomoću odbacujućih sistema. Ovaj helikopter može se koristiti i kao trenažni.

Helikopter Ka-52 razlikuje se od prethodnika po čeonom delu planera, izgledu kabine i opremanju nišanskog sistema za kružno osmatranje i pretraživanje. Piloti imaju hermetizovane kacige sa ugrađenim pokazivačima podataka za potrebe leta i nišanja. Takođe, cena helikoptera ALIGATOR nije viša od cene helikoptera CRNI GRABLJIVAC, što je povezano sa mogućnostima preuzimanja mnogo složenijih i efikasnijih borbenih zadataka.

Pojava helikoptera Ka-52 ne znači da će on i zameniti helikopter Ka-50, koji se može koristiti mnogo efikasnije zbog optimalne zajedničke upotrebe u sastavu grupe borbenih helikoptera. Sličan pristup prihvaćen je i u avijaciji SAD. Mnogo skuplje i složenije verzije AN-64D i AN-64D LONG BOY, ojačavaju grupe borbenih helikoptera APAČ, povećavajući tako njihovu efikasnost. U skoroj budućnosti Ka-52 će biti podvrgnut ispitivanjima, a kompanija Kamov i njeni partneri očekuju dobre rezultate, i veruju da će helikopter Ka-52 zauzeti vodeće mesto u svojoj klasi.

M. Krbavac



SAVREMENI RADARI ZA RAKETNE SISTEME PVO*

Danas se u svetu koriste brojni sistemi PVO, među kojima se ističu ruski raketni sistemi PVO S-300PMU1, S-300V, kao i BUK M1. Jedna od glavnih karakteristika ovih sistema je uključivanje radara za kružno osmatranje u njihov sastav, koje je razvio Institut NIIP (Naučnoistraživački institut za merne pri-bore) iz Rusije.

Radar za otkrivanje cilja 64N6E je mobilna radarska stanica za kružno osmatranje sa dvostranom faznom antenskom rešetkom (FAR), automatskim upravljanjem režimima rada, koja radi u centimetarskom dijapazonu frekvencija. Predviđen je za obezbeđenje radarskih informacija punkta za borbeno upravljanje (PBU) raketnog sistema PVO S-300 PMU1.

Radar 64N6E otkriva ciljeve u vazdušnom prostoru na rastojanjima s rezolucijom, tačnim određivanjem koordinata i tempom obnavljanja podataka koji dozvoljavaju PBU da uveže i prati putanje ciljeva u uslovima bez ili sa aktivnim i pasivnim ometanjima, određuje nadležnosti za ciljeve, kao i pelengaciono usmeravanje na izvore aktivnih ometanja.

Elektronsko skeniranje FAR u rav-nima po azimutu i mesnom uglu, uz brzo preključivanje strana zračenja i ravnomerno elektromehaničko okretanje FAR po azimutu omogućavaju programsku preraspodelu emitovane energije u odvojenim pravcima i sektorima zone osmatranja na račun promene vremenskih gubitaka na osmatranje različitih delova prostora u zavisnosti od radarske situacije. Zonu vidljivosti radara po mesnom uglu

moguće je podeliti na zonu regularnog osmatranja i zonu praćenja. Optimiziranje vremenskih gubitaka radara moguće je na račun primene dvoetafnih procedura otkrivanja i selekcije pokretnih ciljeva. Granice selekcije pokretnih ciljeva po visini i daljini određuje operator ili se određuju automatski.

Zaštita od aktivnih nišanskih ometanja obezbeđuje se automatskim prebacivanjem noseće frekvencije prema rezultatima analize situacije ometanja. Za zaštitu od aktivnih zaprečavajućih ometanja, koja dejstvuju po bočnim delovima dijagrama usmerenosti FAR, koristi se trokanalni autokompensator, priključen na kompenzacione antene sa oštrosmerenim dijagramom usmerenosti. Radarom se pelenguju izvori ometanja. Zaštita od pasivnih ometanja izvodi se korišćenjem aparature za selekciju pokretnih ciljeva. Radi smanjenja broja lažnih znakova u bliskoj zoni (do 65 km), u kanalu otkrivanja primenjena je povremena automatska regulacija pojačanja, a u dalekoj zoni šema stabilizacije nivoa lažnih uzbuna. Za smanjenje broja lažnih znakova koji potiču od zemljišnih objekata i manje pokretnih ciljeva, primenjeno je blankiranje signala dobijenih iz jednog te istog dela prostranstva, za vreme nekoliko perioda osmatranja.

Upravljanje radarom i njegovim sastavnim uređajima, obrada radarskih informacija i određivanje koordinata cilja ostvaruju se računarskim uređajem koji se sastoji od dva specijalna računara. Ugrađeni sistem kontrole proverava funkcionisanje uređaja i utvrđuje neispravnosti.

U sastav radara ulaze sredstva za govornu vezu, kao i linija veze za prenos informacija na punkt borbenog upravljanja po radio-kanalu ili kablovski.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar-oktobar, 1999.

Radar ima autonomno napajanje električnom energijom iz gasnoturbinskog agregata za trofaznu naizmeničnu struju, napona 220 V i frekvencije 400 Hz. Kao pridodata sredstva za spoljašnje napajanje mogu se koristiti razvodni-pretvarački uređaj 63T6A i dizel elektroagregat 5I57A.

Aparatura radara smeštena je u dva kontejnera: F6E (antena, predajni i prijemni uređaj) i F8E (uređaji za zaštitu od ometanja, obradu informacija i upravljanje), koji se prevoze na kamionu sa poluprikolicom.

Radarska stanica za kružno osmatranje 9S15MTZ predviđena je za otkrivanje i prepoznavanje aerodinamičkih ciljeva strateške nadležnosti, kao i otkrivanje taktičkih balističkih i krilatih raketa i davanje informacija o njima na komandno mesto raketnog sistema PVO S-300V, ili na mesta obrade radarskih informacija automatizovanih sistema upravljanja PVO. To je mobilni trokoordinatni visokoproduktivni koherentno-impulsni radar s elektronskim skeniranjem antenskog snopa u ravni mesnog ugla, i elektrohidrauličnim okretanjem antene u ravni azimuta. Funkcioniše u centimetarskom dijapazonu radnih frekvencija i ima široke taktičke mogućnosti.

Optimizacija zone otkrivanja u granicama instrumentalne zone osmatranja ostvaruje se korišćenjem različitih kombinacija dužina sondiranih signala i učestalosti njihovog ponavljanja, brzine okretanja antene i upravljanja parametrima dijagrama usmerenosti antene. Radarska stanica efikasno radi u uslovima prirodnih i organizovanih ometanja, što se postiže na račun:

- ravne talasoprovodne rešetke, koja ima niski i brzo opadajući, do nivoa fona, nivo bočnih delova dijagrama usmerenosti antene;

- analize aktivnosti aktivnog ometanja koje utiče na rad stanice i brzog (od perioda do perioda) prebacivanja radne frekvencije;

- ograničenja i optimalne filtracije eho-signala;

- trokanalnog autokompensatora aktivnih ometanja;

- vremenske automatske regulacije pojačanja prijemnika;

- nelinejske šeme selekcije pokretnih ciljeva, uz automatsko uvažavanje brzine vetra;

- nekoherentnog skupljanja signala;

- blankiranja kanala automatskog skidanja podataka na odvojenim pravcima zone osmatranja, koji imaju intenzivno ometanje od mesnih predmeta.

Radarska stanica određuje ugaone koordinate (pelenge) isporučilaca šumova, zaprečavajućih ometanja i šalje ih na komandno mesto raketnog sistema PVO S-300V. Skidanje podataka i kritička obrada signala je automatska. Računarski uređaj, na bazi dva specijalna elektronska računara, upravlja radom stanice, određuje koordinate otkrivenih ciljeva i isporučilaca aktivnih ometanja i formira informaciju za komandno mesto u skladu sa usvojenim protokolom.

Sistemom kontrole automatski se prati funkcionisanje aparature i ostvaruje pretraživanje i lokacija neispravnosti do elementa koji treba zameniti.

Radarska stanica se ugrađuje na visokoproduktivno gusenično vozilo, a može raditi bez prethodnog inženjerskog uređenja položaja. U njenom sastavu je autonomni gasnoturbinski agregat za napajanje električnom energijom (220 V, 400 Hz, 13 kW). Predviđena je i mogućnost napajanja sa spoljašnjih električnih izvora. Ugrađena je telekodirana linija veze za prenos informacija korisnicima, auto-

nomni sistem navigacije i topografske orijentacije, kao i sredstva za govornu i radio-vezu.

Stanica za otkrivanje i detekciju cilja 9S18M1E je mobilna trokoordinatna koherentno-impulsna radarska stanica centimetarskog dijapazona, sa elektronskim skeniranjem po mesnom uglu i mehaničkim okretanjem antene po azimutu. Predviđena je za otkrivanje i prepoznavanje ciljeva u vazдушnom prostoru i prenos informacija o njima po telekodiranoj liniji veze na komandno mesto raketnog sistema PVO BUK-M1E i na komandno mesto jedinica PVO.

Antenski sistem stanice čini ravna talasoprovodna rešetka, koja formira dijagram usmerenosti u vidu uskog snopa (kao „olovka“), i omogućava njegovo elektronsko skeniranje u ravni mesnog ugla.

Nizak nivo bočnih delova i fon takve antene obezbeđuje nizak nivo odražaja od okoline, i slabi uticaj aktivnih ometanja na stanicu. Pomoću hidrauličnog sistema ostvaruje se kompaktno svijanje i brzo razvijanje antene.

Brzo prebacivanje radne frekvencije u širokom dijapazonu, omogućava zaštitu od aktivnih nišanskih ometanja. Programirano upravljanje hidrauličnim pogonom za okretanje antene po azimutu, zajedno sa elektronskim skeniranjem snopa po mesnom uglu, omogućava optimizaciju energetske gubitaka u zoni osmatranja u zavisnosti od situacije cilja i ometanja. To omogućava otkrivanje krilatih i taktičkih balističkih raketa, kao i aerodinamičkih ciljeva u sektorima sa visokim nivoom ometanja.

Upravljanje radom stanice i obrada radarskih informacija ostvaruje se računarskim uređajem za upravljanje. Njegov jezgro čini moćni ugrađeni kompjuter, koji omogućava visok stepen automatizacije upravljanja režimima rada i programima osmatranja, kao i visoku propusnu sposobnost. Aparatura za periodičnu kompenzaciju omogućava minimalno odbijanje signala od mesnih predmeta, dipolnih smetnji i oblaka. Tome doprinosi i primenjena vremenska automatska regulacija pojačanja prijemnika. Aparatura za blankiranje odražaja od mesnih pred-

Osnovne tehničke karakteristike radara

Karakteristike	64N6E	9S15MTZ	9S18M1E
Zona otkrivanja cilja (°):			
– po azimutu	360	360	360 (120 za balistički cilj)
– po mesnom uglu:			
– regularno osmatranje	13,4		
– praćenje	55		
– u specijalnom sektoru	75		
– za aerodinamičke ciljeve	–	45	40
– za balističke ciljeve	–	55	55
Daljina otkrivanja aerodinamičkih ciljeva tipa MiG-21 (km)	260	200	100
Tačnost određivanja koordinata:			
– po daljini (m)	200	250	150
– po azimutu (min)	30	36	38
– po mesnom uglu (min)	35	30	30
Period osmatranja (s)	6–12	6–18	6–18
Broj ciljeva čije se koordinate šalju korisnicima za svako osmatranje	200	200	100
Vreme gotovosti za rad posle marša i vreme svijanja (min)	5	5	5
Posada (članova)	4	3	3
Masa sa vozilom (t)	60	47	35

meta suštinski smanjuje nivo lažnih znakova na izlazu.

Stanica je opremljena agregatnim ugrađenim sistemom za elektronapajanje, aparaturom za orijentaciju, navigaciju, radio-vezu i unutrašnju telefonsku vezu, sredstvima za hemijsko i radiološko izviđanje. Energetsko obezbeđenje ostvaruje se gasnoturbinskim agregatom snage 75 kW, ili od generatora za odvod snage od motora vozila, ili sa industrijske električne mreže napona 220 V i frekvencije 50 Hz. Sistem automatske kontrole tehničkog stanja omogućava utvrđivanje kvarova, kao i elementa koji treba zameniti.

Osnovne tehničke karakteristike radara prikazane su u tabeli.

M. Krbavac

<<<◇>>>

NAORUŽANJE IZ TULSKOG MAŠINSKOG ZAVODA*

Firma „Tulamašzavod“ vodeći je proizvođač naoružanja kalibra 23 do 73 mm za oklopna vozila, helikoptere, avione i sisteme PVO u Rusiji. Po svojim borbenim i operativnim karakteristikama to je vrlo cenjeno naoružanje.

Među njima se ističe unikatni raketno-topovski sistem KAŠTAN, koji je ugrađen na najnoviju rusku krstaricu na nuklearni pogon „Petar Veliki“. Sistem može da uništava ciljeve u vazdušnom prostoru u svim vremenskim uslovima, na visinama do 4 km i na udaljenostima do 8 km, dejstvujući pri tome u automatskom režimu. Raketnu komponentu sistema čini dvostepena raketa na čvrsto gorivo, dok artiljerijska komponenta sadrži dva šestocevna topa supervisokog re-

žima vatre. Njihova ukupna brzina vatre iznosi 10 000 do 12 000 zrna u minuti. Mogu da uništavaju krstareće rakete na rastojanjima od 300 do 500 m. U svojoj klasi KAŠTAN je vodeći u svetu.

Tradicionalnu proizvodnju ovog preduzeća čini artiljerijsko naoružanje. Među njima se ističu dva automatska topa 30 mm: 9A621 i 2A42. Top 9A621 ugrađuje se na lovce bombardere MiG-27 i MiG-27K i njime se daljinski upravlja. To je obrtni šestocevni top namenjen za uništavanje ciljeva u vazdušnom prostoru, kao i zemaljskih oklopnih ciljeva, a brzina gađanja mu je od 4600 do 5100 zrna u minuti.

Top 2A42 se ugrađuje na: BMP-2, BMP-3 i BMP-3K modernizovana borbeno vozila pešadije; na avioprenosna borbeno vozila pešadije BTR-80A, BMD-2 i BMD-3; na savremene helikoptere Mi-28N, Ka-50 i Ka-52, kao i druga borbeno sredstva namenjena za borbu sa lakooklopljenim ciljevima na rastojanjima do 4000 m i niskoletućim ciljevima u vazdušnom prostoru na visinama do 2000 m. Top može da dejstvuje u dva vatrena režima: brzom (najmanje 500 zrna u minuti) i sporom (do 300 zrna u minuti).

Samohodna sredstva PVO ŠILKA i TUNGUSKA opremaju se modernizovanim automatskim topovima 2A14M, 2A7M i 2A38M, koji povećavaju njihov operativni vek za 1,7 i 1,3 puta, respektivno.

Zavod proizvodi i artiljerijske komplete 30 mm AK-306, AK-630M1-2 i AK-630M, koji se ugrađuju na brodove raznih tipova. Artiljerijski komplet AK-630M1-2 čini postolje sa dva topa visoke preciznosti, režimom vatre do 10 000 zrna u minuti i dobrih operativnih mogućnosti.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-december, 1999.

Ova firma proizvodi i niz visokopreciznih, laserski vođenih protivtenkovskih projektila 3UBK10, 3UBK10-1, 3UBK10-2 i 3UBK10-3, namenjenih za uništavanje pojedinačnih i oklopljenih ciljeva zaštićenih eksplozivnim reaktivnim oklopom (ERA). Poslednja tri modela ugrađena su u sisteme vođenog naoružanja kao što su KASTET (100 mm glatkocevni protivtenkovski top), BASTION (100 mm izolučeni top za T-55), ŠEKSNA (115 mm glatkocevni top tenka T-62) i BAŠNJA (100 mm izolučeni top na BMP-3). To je unificirana municija koja se sastoji od rakete i košuljice koja sadrži punjenje za davanje početne brzine raketi. Ovi kompaktni projektili mogu se koristiti kao uobičajena municija. Ceo proces iniciranja raketnog mehanizma odvija se automatski. Raketa se lansira kroz topovsku cev i upravlja laserskom opremom. Nišandžija treba samo da drži nišan usmeren na cilj, i raketa će se kretati ka njemu. Sistem vođenja je dobro zaštićen od ometanja i obezbeđuje visoku preciznost vatre. Raketa može probiti oklopljeni cilj zaštićen s ERA debljine do 550 mm, što je na nivou najboljih poznatih projektila. Projektili poseduju visoke parametre koji karakterišu maksimalni domet i srednju brzinu leta. Zbog toga je borbeno vozilo pešadije BMP-3, koje je naoružano sistemom vođenog naoružanja BAŠNJA, jedan od najefikasnijih sistema svoje klase. Po potrebi, ovaj sistem se može ugraditi i na inostrane tenkove sa kupolom TML 105 (NATO top RN105L7) za lansiranje modernizovane rakete 9M117M. Tandem bojna glava ove rakete može da probije oklopljeni cilj zaštićen sa ERA na svim današnjim tenkovima kao i na tenkovima budućih generacija.

M. Krbavac

<<<◇>>>

SCARAB – NOVO OKLOPNO IZVIĐAČKO VOZILO*

Britanska kompanija „Alvis Vehicles“ planirala je da prikaže elemente svog novog izviđačkog vozila SCARAB, projektovanog da ispuni zahteve koje je postavila armija Belgije za izviđačko vozilo 2000.

Tipična uloga vozila SCARAB uključuje izviđanje, vezu i vatrenu podršku, a može biti opremljeno raznovrsnim oružjem, uključujući mitraljeze, topove i protivtenkovsko vođeno oružje.

Mada je vozilo izrađeno pre nekoliko godina, „Alvis Vehicles“ izradio je dve poboljšane verzije SCARAB D1 i D2 sa dodatnom (D3) za balistička ispitivanja.

Sledeći operativne zahteve i detaljno analizirajući potencijalne zahteve kupaca, povećana je unutrašnja zapremina i rastojanje između točkova, modernizovane komponente korišćene na vozilima serija UNIMOG 1600 Mercedes Benz 4×4 do serija 2100. Originalni SCARAB je u mnogo čemu sličan seriji izviđačkih vozila Daimler Ferret 4×4, od kojih je 4400 izrađeno za sopstveno i izvozno tržište. U poređenju sa izviđačkim vozilom FER-



Oklopno izviđačko vozilo SCARAB

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 18. avgust 1999.

RET SCARAB ima mnogo veću pokretljivost i unutrašnju zapreminu. Prvi demonstrator vozila SCARAB imao je zapreminu 3,4 m³, dok poslednja verzija ima 5,26 m³. Dodatni prostor omogućava vozilu da ispuni širok dijapazon korisničkih zahteva za upravljanje, komandovanje, komunikaciju i bezbednost (C³I), izviđanje i vezu.

Telo vozila SCARAB sastavljeno je od zavarene čelične konstrukcije koja obezbeđuje zaštitu od dejstva pancirnih metaka 7,62 mm. Takođe, omogućava zaštitu od fragmenata granata 155 mm i protivtenkovskih mina sa 7 kg brzantnog eksploziva. Paneli iznad točkova projektovani su da disperguju eksploziju, tako da telo vozila koje je naišlo na minu neće biti uništeno blast-efektom.

Tehnički podaci vozila SCARAB

Posada	3-5 članova
Konfiguracija	4x4
Masa:	
– max. borbena	9000 kg
– neopterećen	6800 kg
Ukupna dužina	4,65 m
Ukupna širina	2,40 m
Ukupna visina	1,95 m (bez oružja)
Klirens	0,48 m
Rastojanje točkova	2,825 m
Gaz	1,10 m
Motor	Mercedes Benz 6-cilindrični, dizel sa 231 KS pri 2300 o/min
Transmisija	Allison MD 3560, 6 brzina, automatska
Radijus zaokreta	11 m
Maksimalna brzina	110 km/h
Akcioni radijus:	
– po putu	800 km
– van puta	560 km

V. Radić



PASIVNI ULTRAVIOLETNI SIGNALNI SISTEMI*

Brzi razvoj i napredak IC vođenih raketa zemlja-vazduh nalaže da svaki borbena avion, koji leti na visinama ispod 15 000 ft (4572 m) mora da bude osposobljen za suprotstavljanje tim raketama. Najpogodnije rešenje za avione je u povezivanju sa sistemom za otkrivanje raketa sa svetlosnim razdvajačem. Za helikoptere i neke druge avione rešenje je u korišćenju sistema za otkrivanje raketa spojenih sa aktivnim ometačem. Tako je došlo do razvoja sistema za upozorenje o napadu raketa, uz korišćenje raznovrsnih tehnologija, uključujući aktivne i pasivne tehnike otkrivanja. Mada tehnike za aktivno otkrivanje imaju veliku efikasnost, one nisu našle veću primenu, jer povećava-

vaju signal nosača. Zbog toga su danas glavni napor u razvoju usmereni na pasivne raketne detektore.

U današnjim tehnologijama preovlađuju dve oblasti elektromagnetskog spektra. Jedna oblast je srednje IC područje, često definisano kao interval od 3000 do 6000 nanometara, a druga ultravioletna (UV), definisana kao interval od 10 do 400 nanometara. Radi upoređenja, čovečije oko registruje talasne dužine UV područja od 400 do 750 nanometara.

Ključni problem raketnih signalnih sistema nije u otkrivanju signala već u određivanju njihovih izvora. U projektovanju sistema izvor predstavlja selekciju „skupa pojava“ koje će jednoznačno razlikovati raketne od svih drugih izvora zračenja u borbenom okruženju.

Prednost korišćenja IC područja jeste što IC područje raketnog izvora toplotne ima veće razmere i što je vrlo malo

* Prema podacima iz Journal of electronic defense, decembar 1999 (www.jedonline.com)

atmosfersko slabljenje. Rezultat toga je veći domet detekcije, čak i za osjetljive detektore. Međutim, u tom području brojni su i drugi signali, kako prirodni, tako i veštački, koji će, takođe, biti otkriveni u okviru raketnog izvora zračenja. To čini veliki problem pri obradi signala i izdvajanju pravog (raketnog) između svih drugih ometajućih signala.

Jedan od osnovnih načina za rešavanje ovog problema jeste korišćenje dve boje u sklopu istog snopa, radi obezbeđenja dodatne informacije o izvorima.

Prednost rada u UV spektru jeste da postoji vrlo malo prirodnih izvora lažnih signala, a većina signala koji će biti otkriveni su veštački. To smanjuje obim obrade signala, jer se smanjuje broj otkrivenih ciljeva koji moraju biti obrađeni. Mada je UV područje raketnog zračenja znatno manje od IC, još ima dovoljno energije za stvaranje upozoravajućih signala za taktički značajne domete. Poteškoća rada u UV području je u izradi filtera zahtevanih karakteristika. Senzor može drastično smanjiti neželjene talasne dužine sa faktorom reda veličine 15, a prelaz od prolaznih do zaustavnih talasa mora da se ostvari u granicama 10 nanometara. To je tehnološka podloga na kojoj agencija DARPA (Defense Advanced Research Project Agency) zasniva svoj aluminijum-galijum-nitrid program razvoja UV sistema raketnih detektora.

Rezultat tog razvojnog programa je sistem zajedničkog raketnoupozoravajućeg sistema, čija je zvanična nomenklatura oznaka AN/AAR-57. On se sastoji od sklopa optičkog filtera, pojačivača slike, fiber-optičkog i detektorskog uređaja. Proces detekcije odvija se tako što energija, u obliku fotona, dolazi sa cilja u sklop optičkog filtera. Taj sklop fokusira energiju u fotokatodi, uz istovremeno

filtriranje neželjenih talasnih dužina. Fotokatode konvertuju fotone u elektrone koji se usmeravaju na pojačivač slike, koji pojačava ulazni signal za oko milion puta. Elektroni se tada usmeravaju na fosforni ekran, koji ih ponovo konvertuje u fotone. Fotoni emitovani sa fosfornog ekrana ulaze u fiber-optički sklop koji prilagođava izlazni prečnik pojačivača slike ulaznom prečniku detektora. Fotoni su tada određeni detektorom i konvertovani u signal koji se šalje u procesni algoritam. U celokupnom procesu najveću stavku predstavljaju cene pojedinih komponenata. Detektorski sklop i pojačivač slike imaju cenu oko 4000 dolara pojedinačno. Fiberoptički sklop u prototipskoj varijanti košta 9000 dolara, mada se očekuje da u serijskoj proizvodnji bude 4000 do 5000 dolara.

Agencija DARPA preduzima materijalno-razvojne napore koji nude mogućnost smanjenja cene senzora, uz poboljšanje njihovih karakteristika. Razvija se aluminijum-galijum-nitrid, materijal sa jedinstvenim karakteristikama. Prva karakteristika od posebnog interesa jeste da materijal može da odgovori na specifične talasne dužine između 220 i 360 nanometara. Drugi segment programa je razvoj indijum-galijum-nitrida za dejstvo u području od 360 do 730 nanometara. Takvo podešavanje je nužno radi obezbeđenja vrlo uskog spektra prolaznih talasa oko selektirane talasne dužine. Ova karakteristika će obezbediti vrlo visok stepen smanjenja energije za ostale talase. Uspех na ovom planu znatno će uticati i na redizajn postojećih senzora, kao što je AN/AAR-57, radi poboljšanja karakteristika i smanjenja proizvodne cene.

Proces koji se danas koristi za filtriranje neželjenih talasnih dužina i detekciju željenih u AN/AAR-57 je neefikasan.

Dok sklop optičkog filtera obavlja dobru filtraciju, kao posledica se javlja smanjenje signala željenih talasnih dužina. Kod fotokatode – pojačivača slike znatni su gubici signala pri prolazu kroz taj sklop. Fiber-optički kalem i sklop detektora ne smanjuju signal, već ograničavaju performanse optičkog niza. Eliminisanjem tih sklopova i upotrebom DARPA materijala za ostvarivanje direktne detekcije UV fotona trebalo bi da se poveća efikasnost detekcije senzora za najmanje jedan red veličine. Poboljšanje efikasnosti detekcije dovešće i do boljih performansi senzora.

Jedan od zaključaka pri ispitivanju UV talasnog područja jeste da atmosferski ozon smanjuje UV sliku. Povećanje efikasnosti detekcije znatno će uvećati, gotovo dvaput, domet detekcije senzora. Međutim, to udvostručenje treba realizovati samo pri niskoj ozonskoj koncentraciji. Pri višim nivoima performanse treba da se uvećaju iznad sadašnjih dometa za oko 20 do 30%. U uslovima više koncentracije ozona raspoloživi signal za obradu biće mnogo jači nego oni koje koriste današnji projekti. Pojačani nivo signala uvećaće mogućnosti sistema za razlikovanje raketnog zračenja i izvora lažnih signala.

M. Krbavac

<<<◇>>>

BRODOVI PROMENLJIVOG DEPLASMANA*

Ruska mornarička tehnička kompanija (RMTK) radi na hidrodinamičkim istraživanjima i projektovanju brzih brodova promenljivog deplasma preko 20 godina. Stečena iskustva omogućila su

izgradnju brodova visokih tehničkih karakteristika i performansi. Njihovo najnovije dostignuće je otkriće hidrodinamičkog fenomena nazvanog WVI (Wave Vortex Interaction – talasnovrtložna interakcija). Primena rezultata ovog istraživanja dovela je do proizvodnje brzih brodova, sa efikasnim upravljanjem vodenim tokom duž trupa broda i smanjenja otpora. Drugo dostignuće predstavlja razvoj pasivnih obrtnih stabilizatora. Teoretska i eksperimentalna istraživanja rezultirala su smanjenjem amplitude valjanja broda i rezonance učestalosti za 1,4 do 1,5 puta, i ubrzanja prednjeg dela za 2 puta.

Obimna istraživanja sprovedena radi optimizacije propulzije brzih brodova, omogućila su izradu nekavitacionih propelera za brodove i plovna sredstva čije su brzine od 35 do 40 čvorova.

Analize istraživačkih rezultata na tom području ukazuju na sledeće zaključke:

- korišćenje WVI efekta (talasnovrtložne interakcije) za optimizaciju integralnog projekta, što omogućava brodovima veće brzine nego što imaju dinamička plovna sredstva u okviru prelaznog intervala brzina (relativna brzina $Fr = 0,5-1,0$);

- pasivni obrtni stabilizatori omogućavaju veću izdržljivost na moru nego što je to slučaj kod dinamičkiodržavanih plovniha sredstava;

- racionalna zamena dinamičkiodržavanih plovila sa brodovima brze promene deplasma u granicama označenog intervala omogućava potpuno iskorišćenje prednosti gradnje čeličnih brodova nad brodovima od lakih legura.

Tehnološka strategija kompanije je potpuno eksploataisanje mogućnosti brodova sa brzom promenom deplasma u

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-decembar, 1999.

granicama intervala relativnih brzina (Fr = 0,5–1,0). Drugi važni principi njihove politike su:

– kompatibilnost novih hidrodinamičkih rešenja sa generalnim konceptom izgradnje plovila i njihovih konfiguracija;

Taktičko-tehničke karakteristike brodova

Taktičko-tehničke karakteristike	Patrolni brod SOKOL	Raketni brod BERKUT	Korveta STERE-GUSHCHY	Korveta NOVIK
Deplasman (t):				
– standardni	123		415	1650
– puni	137	650	455	2100
Dimenzije (m):				
– ukupna dužina	36,5	70,0	60,0	110,0
– maks. širina	11,0	11,2	10,0	13,6
– visina na sredini	3,8		6,4	
– projektovani gaz	1,6	2,6	2,2	3,5
Brzina (čvorova):				
– maksimalna	35	40	32	25–38
– ekonomična	12	14	12–15	15
Daljina plovidbe (milja):				
– pri ekonom. brzini	1500 do 2000	3000	3000	7700 do 10 000
Mogućnosti pri stanju mora (stepeni):				
– gađanje	4	5	5	5
– plovidba	6		7	neogranič.
– upotreba helikoptera				4
Autonomnost (dana)	5	10	20	60
Naoružanje:				
– automatski top AK-306	1	–	–	2
– autom. top AK-176M	–	–	1	1
– autom. kompleks 30 mm AK630M	–	–	1	–
– autom. top 100 mm	–	1	1	–
– mitraljez 12,7 mm	–	–	–	2
– pren. raketni sistem IGLA	6	–	6	8
– protivrakete superson. rakete JAHONT	–	8	–	–
– raketno-topovski sistem PVO KAŠTAN	–	1	–	–
– sistem za blisko ometanje PK-10, lansera	4	–	–	4
Radarska i navigaciona oprema:				
– osmatrački i nišan. sistem	ARAMIS	HARPUN-BAL	–	ARAMIS HARPUN-BAL
– upravlj. radar za top 100 mm	–	1	–	–
– akvizicijski radar	LASKA	POZITIV	POZITIV	POZITIV
– radar. ometački sistem MP-405	–	1	1	1
– navigacioni sistem	LIMAN	HORIZONT	LIMAN ili PRUT	PRUT-2
– radar za SUV MP-123-01	–	–	1	–
– navig. osmatrački i sistem veze UGAR	–	–	–	1
– Sonar MG 747 PDSS	–	–	–	1
– Monitoring sistem	–	–	–	1
U posebnim slučajevima:				
– protivbrodske rakete URAN	–	–	–	8
– Sonar za otkrivanje podmornica	–	–	–	1
– protivtorpedni sistem PAKET, ili jednocevni lanser torpeda 400 mm	–	–	–	1
Glavni pogon:	dvoosov. dizel motori Deutz ili MTU	troosov. dizel/gasno-turb. motori, ukupne snage 1700 kW	dvoosov. dva dizel motora M510, snage 3500 kW svaki	dva (4) dizel mot. pojedinačne snage 4270 kW do 5880 kW
Posada (članova)	15 (3 + 4 + 8)	42	31 (6 + 7 + 18)	

– razvoj osnovnih brodskih projekata sa opremom za naredne serijske verzije;

– široka primena hidrodinamičkih iskustava;

– upotreba zamenljivih modula u projektovanju plovila.

Rezultati dosadašnjih napora ogledaju se u brojnim brodovima visokih performansi. Srednje-Nevsko brodogradilište, u saradnji sa RMTK, izgradilo je prvi ruski putnički brod katamaran velike brzine Sokol. Stečena iskustva pomogla su da se izgrade brzi brodovi koji mogu uspešno da zamene hidrobrodove tipa METEOR i KOMETA. Nedavno je projektovano nekoliko brodova, uključujući i one sa „stealth“ tehnologijom, koji znatno nadmašuju konvencionalne brodove i praktično predstavljaju novu generaciju brze jurišne flote.

Glavne taktičko-tehničke karakteristike pojedinih brodova prikazane su u tabeli.

M. Krbavac

<<<◇>>>

RAKETNI ČAMAC MANGUST-V*

Superlaki raketni čamac MAN-GUST-V projektovan je u Centralnom mornaričkom projektnom birou Almaz iz St. Petersburga, a izgrađen je u brodogradilištu kompanije Vimpel.

Za raketni čamac MANGUST-V (projekat 12150V) karakteristična je primena topovsko-raketnog sistema VIHOR-K koji sadrži:

- vođene rakete VIHOR;
- ugrađeni top AK-306;
- televizijski sistem za upravljanje vatrom topa – raketa i automatsko praćenje cilja.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-decembar, 1999.

Prema parametrima vatrene moći ovaj čamac je u vrhu svoje klase. MAN-GUST-V je glisersko plovno sredstvo velike brzine. Njegov trup ima duboke konture V oblika, a izrađen je od aluminijumsko-magnezijumske legure. Čamac je namenjen za izvršavanje patrolnih zadataka, operacija u teritorijalnim vodama, nadgledanje unutrašnjih i spoljnih prilaza lukama kao i obližnjih priobalnih zona.

Osnovna verzija čamca za pogon ima dva dizel motora M470 proizvedena u kompaniji „Zvezda“ (St. Petersburg), koji razvijaju maksimalnu snagu po 1030 kW, i dve Arnesonove transmisije ASD-14 sa delimično uronjenim elisama.

Navigaciona oprema čamca sastoji se od navigacionog radara, kompjuterizovanog elektronskog plotera, žirokompasa, magnetskog kompasa, pasivnog sonarnog sistema, kao i log i eho zvučnih prijemnika.

Uređaji za radio-vezu sadrže:

- VHF radio-stanicu (stacionarna i prenosna);
- ST/DT radio-stanice;
- COSPAS-SORSAT radio-sistem.

Pored topovskog-raketnog sistema VIHOR-K, čamac MANGUST-V je naoružan mitraljezom 14,5 mm sa 500 metaka. Prema zahtevima čamac se može naoružati i mitraljezom 7,62 mm PKMB, automatskim bacačem granata AGS-17 i ručnim bacačem DP-64 za borbu protiv ronilaca. Čamac je, takođe, opremljen dodatnim naduvavajućim motornim čamcem sa opremom za njegovo aktiviranje.

Jedna od modifikacija ovog čamca je patrolni čamac MANGUST.

Čamac je namenjen za operacije u teritorijalnim vodama, izvršavanje policijskih, carinskih i poslova ribarske inspekcije, kontrolu luka i priobalnih pojava.

*Osnovne karakteristike raketnog čamca
MANGUST-V*

- Ukupna dužina (m)	18,7
- Maksimalna širina (m)	4,4
- Puni deplasman (t)	30
- Puni gaz (m)	0,9
- Maksimalna brzina (čvorova)	45 do 71 (zavisno od tipa motora)
- Posada (članova)	4

*Osnovne karakteristike patrolnog čamca
MANGUST*

- Dužina (m)	17,1
- Širina (m)	4,4
- Puni gaz (m)	1,2
- Puni deplasman (t)	26,1
- Maksimalna brzina (čvorova)	53
- Posada (članova)	6

Naoružan je mitraljezom 14,5 mm na postolju, sa 1000 metaka složenih u municijske kutije.

Prema ispostavljenim zahtevima i ovaj čamac se može dodatno opremiti:

- mitraljezom 7,62 mm PKMB (1 ili 2 kompleta);
- automatskim bacačem granata AGS-17;
- ručnim bacačem DP-64 za borbu protiv ronilaca;
- prenosnim raketnim sistemom PVO IGLA;
- lakom ronilačkom opremom.

M. Krbavac



PROTIVPOŽARNI SPASILAČKI BROD MARS*

Protivpožarni brod MARS (projekat 14613) nova je generacija morskih protivpožarnih brodova, koja se odlično pokazala u eksploataciji u mnogim svetskim lukama.

Brod MARS ima čelični jednopalubni trup s povišenom prednjom palu-

bom i natpalubnim kućištem u dva nivoa. Trup je okruglog dna, sa nagnutim pramcem i krmom sa poprečnim gredama. Brod se gradi u skladu sa zahtevima Brodskog registra za klase KML41IA3.

Protivpožarni brodovi MARS predstavljaju seriju najnovijih višefunkcionalnih brodova namenjenih za:

- protivpožarnu službu u morskim lukama;
- protivpožarnu službu specijalizovanih luka za rad sa naftnim proizvodima;
- praćenje i podršku brodova sa lakozapaljivim teretima;
- protivpožarnu zaštitu morskih nafnih i gasnih crpilišta;
- gašenje požara na plovnim i obal-skim objektima koji su dostupni za prilaz sa mora;
- gašenje goriva zapaljenog na vodi;
- tegljenje oštećenih brodova i plovnih sredstava;
- obavljanje havarijsko-spasilačkih radova;
- prethodne specijalne obrade spoljnih površina brodova;
- obavljanje dekontaminacionih radova.

Višefunkcionalnost broda, ugrađena pri projektovanju, obezbeđuje se na račun sistema i dodatne opreme u zavisnosti od postavljenih zahteva. Brod MARS ima moćna protivpožarna sredstva, koja omogućavaju:

- protok vode od 1500 m³/h iz četiri cevi, na rastojanje od 70 metara;
- podizanje dva generatora pene na visinu do 15 metara i iznošenje izvan broda do 5 metara;
- dovod vode i pene na rastojanje do 200 metara od broda pomoću spojnih hidranata.

Za gašenje požara brod ima sledeće sisteme: za stvaranje univerzalne vodene

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar-oktobar, 1999.

zaštite, za stvaranje vodene zavese, za hemijsko (ugljen-dioksid) i praškasto gašenje.

Upravljanje glavnim i pomoćnim sistemima je automatsko iz pilotske kabine. Brod se može koristiti na svim nearktičkim morima, ploveći do 200 milja od mesta baziranja.

Zahtevi za očuvanje prirodne sredine i ekološke bezbednosti kod broda MARS potpuno su zastupljeni.

Plovne karakteristike broda omogućavaju plovību bez ograničenja po brzini i pravcu kretanja, pri stanju mora četiri stepena i bez ograničenja po vetru.

Brzina broda, pri punom deplamanu i valovitosti mora do dva stepena, iznosi najmanje 11,5 čvorova.

Upravlјivost broda, uključujući mogućnost zadržavanja broda uz zapaljeni objekat, pri istovremenom radu tri cevi sa jedne strane, i pri vetru jačine dva stepena, obezbeđuje se sa dve elise za regulisanje hoda i prednjim uređajem za upravljanje. Prečnik uspostavljene cirkulacije iznosi najviše tri dužine trupa broda.

Za određivanje kursa i pozicije broda koristi se magnetni kompas KM145-5 sa optičkim prenosom podataka. Brzina i pređeno rastojanje brodom određuju se hidroakustičnim brzinomerom DGL-1.

Brod je opremljen navigacionim zvučnim dubinomerom HEL-20K sa pokazivačem i elektronskim meračem dubine. Prijemnik satelitskog radio-navigacionog sistema NAVSTAR GPS NT 100 služi za automatsko određivanje koordinata broda sa tačnošću od 15 m.

Specijalni sistem za gašenje požara vodom i penom namenjen je za gašenje požara na morskim bušotinama i dostupnim brodovima i obalskim objektima.

Sistem se opslužuje sa dve glavne pumpe DPŽN-14, koje pogone dizel motori M827 (12ČN18/20), snage po 500 kW (680 KS). Sistem obezbeđuje rad sledeće opreme:

- 4 lafetne cevi (2 cevi po 500 m³/h i 2 po 220 m³/h);
- dva hidranta na gornjoj palubi, sa kojih se može usmeravati voda ili pena ka zahvaćenim objektima;
- sistema univerzalne vodene zaštite;
- sistema vodene zavese.

Sistem vodene zavese namenjen je za zaštitu broda od toplotnog zračenja pri gašenju požara na havarisanom objektu. Voda se usmerava sa glavnih požarnih pumpi. Sistem je podeljen na dva dela, levog i desnog boka.

Sistem za stvaranje pene namenjen je za dovod pene do prijemnika glavnih pumpi, odakle se usmerava u sistem za gašenje požara. Sistem koristi električnu pumpu NCV 40/80B kapaciteta 40 m³/h i potiska 80 mm vodenog stuba. Predviđene su tri cisterne za čuvanje sredstava za stvaranje pene ugrađene u trup. Dve zapremine po 9,4 m³ nalaze se u prednjem delu, a treća zapremine 5,3 m³ na krmenom delu. Ventilima, postavljenim na prijemnim cevima cisterni i potisnoj magistrali pumpe, upravlja se iz kabine. Za regulisanje količine pene koristi se dozirajuća slavina.

Sistem za gašenje praškom je tipa VOLNA, i sastoji se od posude za prašak zapremine 450 kg, 4 boce sa sabijenim vazduhom od 40 litara, pod pritiskom 147 bara (150 kg/cm²), i creva dužine 150 m za odvod praška za gašenje požara do zapaljenog objekta. Sistem se pušta u rad ručno, a smešten je u specijalnoj prostoriji I nivoa kabina broda.

Brod pogone dva dizel motora 3KD12N520, svaki sa svojim vratilom i elisom podešavajućeg hoda.

Elektroenergetska stanica broda sastoji se od dva automatizovana dizel generatora od kojih je DGR2A200/1500 smešten u odeljenju pumpi, a DGF2A100/150 u mašinskom odeljenju.

Osnovni podaci za brod MARS

- najveća dužina (m)	39,8
- širina (m)	7,8
- visina bočne strane (m)	3,3
- puni deplasman (t)	385
- posada + PP odeljenje (članova)	13 + 6

M. Kravac

<<<◇>>>

SAVREMENA KONCEPCIJA IZGRADNJE RADIO- ELEKTRONSKOG NAORUŽANJA BRODOVA*

U razvoju radio-elektronskog naoružanja (REN) brodova razvojni instituti (CNII „Granit“) rukovode se određenim principima, kao što su:

1. Maksimalna unifikacija tehničkih rešenja u različitim sistemima naoružanja brodova, što se ogleda u:

- korišćenju jedinstvene malogabaritne visokopouzdanje elementarne baze pri stvaranju uređaja;

- izradi malogabaritnih višefunkcionalnih komandnih pultova, jednog tipa za sav REN brodova;

- izradi uređaja kojima nije potrebno prinudno hlađenje;

- fleksibilnosti softvera i hardvera;

- maksimalnoj unifikaciji tehničkih rešenja.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar-oktobar, 1999.

2. Primena strukture upravljanja oružjem koja obezbeđuje neophodnu centralizaciju sistema naoružanja, s jedne strane, i njihovu dovoljnu autonomiju, s druge strane, uz istovremeno rešavanje nekoliko borbenih zadataka.

Navedeni principi izgradnje REN primenjavani su u periodu od 1996. do 1999. godine pri projektovanju, izradi, ispitivanjima i eksploataciji više od 30 kompleta opreme.

Struktura izrade uređaja sistema REN određuje se izborom elementarne baze, polazeći od neophodnosti zadovoljenja zahteva za njihovu upotrebu na bilo kojim brodovima (uključujući i malotonažne), a konstrukcija modula mora da zadovolji i obezbedi fizičko-klimatske karakteristike nosača aparature. U elementarnu bazu ugrađuju se ruski, kao i uvozni delovi.

Softverska podrška može biti ugrađena ili spoljašnja.

Ugrađeni softver sastoji se od:

- licencnog operativnog sistema u realnom vremenu tipa UNIX;

- sistemskog softvera (organizacija proračuna) za planiranje rada i sinhronizaciju dejstava, koji se izvršavaju funkcionalnim softverom;

- programa za grafički interfejs - radi stvaranja informacija prihvatljivih za prikazivanje na ekranu monitora;

- programa funkcionalnih zadataka - radi izvršavanja osnovnih funkcija sistema;

- softvera namenjenog za testiranje puštanja u rad, dijagnostiku neispravne opreme sa tačnošću do elementa koji treba zameniti, te analizu kvarova i oštećenja.

Spoljašnji softver je tehnološki i koristi se u procesu razrade i praćenja ugrađenog softvera. Sastoji se od:

- kompilatora;
- sistema razrade grafičkih priloga;
- sredstava za odlaganje programa.

Ovakva koncepcija izrade radio-elektronskog naoružanja realizovana je na primeru brodskog automatizovanog sistema za upravljanje (BASU) i radara za osmatranje nadvodne situacije. Kao brodska aparatura sistema upravljanja raketnim kompleksom izrađen je malogabaritni BASU, u čijem se sastavu nalaze dva tipa uređaja (163C i 163P). Ovi uređaji obezbeđuju izvršavanje sledećih režima rada: „borbeni“, „uvežbavanje ličnog sastava“, „havarijsko izbacivanje“ i „eksploataciona kontrola“.

Uređaj 163C je centralni upravljački pult, koji obezbeđuje vezu sa izvorima informacija – kosmičkim sistemom za određivanje cilja, sistemom žiroskopske stabilizacije, sistemom zajedničke primene oružja, logom i dr., kao i operatorsku i informacionu podršku proračunskog procesa BASU. Uređaj je izrađen kao stalni terminal sa sledećim karakteristikama:

- dimenzije (visina-širina-dužina): $700 \times 500 \times 880$ mm;
- dovod kablova – sa donje strane;
- masa – ne više od 60 kg;
- hlađenje prirodno;
- snaga pri korišćenju električne mreže napona 27 V – najviše 150 W.

Uređaj 163P je periferni, a za 2 do 4 priključna uređaja obezbeđuje:

- napajanje električnom energijom;
- informacionu razmenu sa uređajima po linijama napona od 27 V;
- brojčanu razmenu sa uređajima, kao i napajanje električnom energijom računarskih i pirotehničkih sredstava sistema.

Uređaj je izrađen u vidu malogabaritne konzole sa sledećim karakteristikama:

- dimenzije (visina-širina-dužina) – $1000 \times 500 \times 500$ mm;
- dovod kablova – bočno sa dve strane;
- masa – ne više od 80 kg;
- hlađenje – prirodno;
- snaga, preko mreže napona 27/V – ne više od 120 W, a preko mreže trofazne struje 220 V 400 Hz – do 4 kW (na predelu predstartne pripreme za napajanje sredstava).

Brodski automatizovani sistem upravljanja organizovan je na modularnom principu, sa jedinstvenim centrom (uređaj 163C) i povećavajućom periferom sredinom (uređaji 163P), koja omogućava organizaciju strukture sistema (163C + 163P) na način: 1 + 1, 1 + 2, 1 + 4.

Razmeštaj sistema na nosačima treba da zadovolji sledeće uslove:

- uređaj 163C treba da se razmesti najdalje 40 m (po kابلu) od informacionih sistema za obezbeđenje, i ne dalje od 150 m (po kابلu) od poslednjeg uređaja 163P;
- uređaj 163P treba da bude najdalje 5 m (po kابلu) od pogonskog uređaja.

Kao osnova konstrukcije za uređaje BASU odabran je univerzalni sistem osnovnih nosećih konstrukcija „Evromehanika“, koja obezbeđuje neophodnu čvrstoću i otpornost na mehaničke i klimatske uticaje. Za radarsku stanicu predviđen je prenosni malogabaritni navigacioni radar, namenjen za osmatranje nadvodne situacije. Stanica je konstruovana izvedena tako da se može brzo izvesti montaža i demontaža prenosnih uređaja na brodskim konstrukcijama.

Osnovne karakteristike malogabaritnog radara, po kojima se razlikuje od drugih tipova, jesu:

- visoka kompaktnost i mala masa i gabariti, masa iznosi oko 50 kg;
- brzo postavljanje za rad, vreme postavljanja prenosnog dela iznosi oko 8 minuta;
- vreme gotovosti za rad, u razvijenom stanju, iznosi 1 minut;
- visoka zaštićenost radara;
- visoka ekološka bezbednost zbog niskog nivoa snage korišćenih signala;
- maksimalna daljina osmatranja iznosi 32 milje.

Sastav i namena kompleta malogabaritnog radara:

- Pr-1 – antenski uređaj;
- Pr-2 – prijemno-predajna aparatura.

Pr-1 i Pr-2 mogu da se slože kao jedinstvena prenosna konstrukcija smeštena na antenskom mostiću broda;

- Pr-3 – uređaj za upravljanje radarom i predstavljanje situacije otkrivenih ciljeva. Predstavljanje informacije obavlja se na videoterminalu tipa „Barco“;
- PR-4 – uređaj koji napaja Pr-3 i Pr-2 od brodskog izvora za napajanje 220 V i 400 Hz (50 Hz).

Potrebe radara su najviše 380 VA. Kada je na brodu mreža napona 27 V uređaj Pr-4 nije potreban, i tada su potrebe radara najviše 300 W. Kod ovih uređaja nema potrebe za prinudnim hlađenjem.

Na komandnom mostu uređaji BASU i radara razmeštaju se i funkcionišu u stolnoj konfiguraciji. Na antenskom mostiću smeštena je zajednička konstrukcija uređaja „prijemnik-predajnik“ i antena malogabaritnog radara koja je spojena sa uređajem za upravljanje jednim kablom.

Uređaj za upravljanje iz sastava BASU smešten je u istom kontejneru sa upravljačkim pultom, i spajaju se sa uređajem za upravljanje BASU po LVS „Ethernet“ jednim kablom.

Predložena koncepcija izgradnje radio-elektronskog naoružanja za brodove male tonaže omogućava smanjenje mase i dimenzija sistema za 2 do 2,5 puta, obima prenosnog i stacionarnog alata i pribora, kao i smanjenje troškova pri unifikaciji.

M. Krbavac





tehničke novosti i zanimljivosti

BORBENO VOZILO PEŠADIJE ZA ARMIJU ŠVAJCARSKE*

Švedska kompanija „Hagglunds“ proizvela je borbeno vozilo pešadije CV 9030 CH, koje je zadovoljilo zahteve švajcarske armije za borbenim vozilom pešadije 2000. godine. Finansiranje ukupnog broja od 186 vozila biće obezbeđeno u narednih nekoliko godina. Nabavna cena, koja iznosi 123,3 miliona dolara, uključuje municiju, rezervne delove i trenajni materijal. Preliminarni dogovor podrazumeva opciju za dodatnih 60 do 120 vozila. Prvobitni zahtev odnosio se na 310 vozila u dve faze za opremanje pet brigada, ali će konačan broj vozila zavisiti od strukture Armije 21, koja još nije finalizirana.

Vozilo CV 9030 CH odabrano je između tri kandidata sa sužene liste iz oktobra 1997. godine, zbog ponuđenog superiornog odnosa cena/performance. Borbeno vozilo pešadije WARRIOR 2000, kompanije Alvis Vehicles, i M-12 kompanije KUKA/Henschel Wehrtechnik, bila su u kombinaciji za zamenu oklopnog transportera M113 proizvedenog u Švajcarskoj i opremljenog topom 20 mm.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 1. septembar 1999.

Istaknuto je da borbeno vozilo M-12 zaostaje u pogledu pokretljivosti, posebno kada se upoređi sa osnovnim borbenim tenkom LEOPARD 2, sa kojim novo borbeno vozilo pešadije treba da bude operativno. Taj nedostatak nije eliminisan ni prihvatljivom cenom vozila M-12 i dobrim ocenama njegove kupole KUKA E4, opremljene topom MAUSER 30 mm MK. Rečeno je, takođe, da su vozila WARRIOR 2000 i CV 9030 CH podjednako dobra, ali da su troškovi koji podrazumevaju kupovnu cenu i održavanje tokom životnog veka, uticali na odluku Ministarstva odbrane Švajcarske da favorizuje švedsko vozilo.



Borbeno vozilo pešadije CV 9030 CH

Vozilo CV 9030 CH biće opremljeno topom 30 mm BOEING – BUSHMASTER II i koakcijalnim (spregnutim) mitraljezom 7,5 mm.

Švajcarska industrija imaće proizvodni popust od 40% za svoje podugovarače, a završna montaža obavljaće se u Švajcarskoj. Isporučka se očekuje između 2002. i 2005. godine.

V. R.

<<<◇>>>

SAVREMENA VOZILA INŽINJERIJE*

Pored proizvodnje oklopnih tela za izviđačka vozila BRDM, BRDM-2 i kupola za oklopne transportere BTR-80 i BTR-80A, firma „Muromteplovoz“ proizvodi vozila i za potrebe inženjerije. Od sedamdesetih godina proizvodi inženjerska izviđačka vozila u tri modifikacije: 78, 78B i 78V. Saradnja sa inženjerskim jedinicama Rusije odvijala se u nekoliko opitno-konstruktorskih radova na stvaranju savremenih sredstava inženjerije. Cilj jednog od njih bio je stvaranje visokoprobodnih sredstava, namenjenih za probijanje puteva, raščišćavanje odrona, kopanje i zasipanje jama za temelje, tranšeje, skloništa za lični sastav i tehniku. Jedno od vozila iz te serije je aviotransportni rovokopač AZM, koji je proizveden na bazi višenamenskog guseničnog tegljača MT-LB. Prednost ovog vozila su mala masa i gabariti, dobre vučno-dinamičke karakteristike u radnim režimima i veliki resursi. Vozilo se može transportovati avionima An-22 i Il-76, kao i odgovarajućim drumskim, železničkim i pomorskim sredstvima.

Sledeći korak u razvoju inženjerske tehnike bio je razrada rovokopača DZM izrađenog na bazi borbenog vozila pešadije BMP-3. To vozilo treba da dopuni familiju borbenih vozila BMP-3 (BREM

BEG LJANKA, izviđačko vozilo RIS). U sklopu njegove radne opreme, pored višefunkcionalnog raonika i uvećane kašike eskavatora, nalazi se i moćni čekrk čija je vučna sila do 200 kN. Celokupnom radnom opremom upravlja se iz vozila sa radnog mesta operatora ili sa prenosnog pulta korišćenjem elektrohidrauličnog sistema upravljanja. Sačuvavši sve odlike pokretljivosti koje je imalo vozilo AZM, ovo vozilo je dobilo i nov kvalitet – ima sposobnost plovljenja. Pokazatelji brzine i ergonomije svrstavaju ga u red savremenih borbenih vozila, sposobnih za kretanje u marševskim kolonama svih jedinica.

Izrada vozila AZM realizuje se u sklopu generalnog remonta grupe vozila MT-LB, MT-LBu i 2S-1. Pri tome se izvodi dorada oklopnog tela, uspostavlja se puni resurs svih agregata i motora, ugrađuje nova radna oprema i sistem upravljanja.

M. K.

<<<◇>>>

PROBNI LETOVI HELIKOPTERA CH-60S*

Helikopter CH-60S predstavlja kombinaciju helikoptera Sikorskog BLACK HAWK (crni jastreb) i njegove varijante SEAHAWK (morski jastreb). Osnovna konfiguracija preuzeta je od helikoptera BLACK HAWK, dok su za mornaričke varijante uzeti motori, rotorni sistem i dinamika, preklopni sistemi lopatica i repnog piona. Poboljšana je izdržljivost prenosnika i kočenja rotora, a uvedeni su i kompjuteri za automatsko upravljanje letom.

Prvi proizvedeni helikopter CH-60S već je imao probne letove. Ostvareno je

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-decembar, 1999.

* Prema podacima iz Defence-data.com (Internet), 31. januar 2000.

lebdjenje i završene su osnovne probe sposobnosti letenja radi provere različitih režima leta. Demonstrirane su osnovne mogućnosti manevra i rukovanja pre prizemljenja. Posle dodatnih testova, koji će se obaviti u pogonu Sikorski u Stratfordu, helikopter će biti prebačen u mornaričku aviobazu u Merilendu radi završavanja razvojnih i operativnih ispitivanja, koje će sprovesti mornarica SAD.

Helikopter će imati staklo kabine kao i helikopter SH-60R. Sikorski je kompletirao prva dva helikoptera CH-60S, za borbenu podršku Mornarice SAD, u decembru 1999. godine. Ugovorom iz septembra 1999. godine predviđa se isporuka šest ovakvih helikoptera do kraja juna 2000. godine. Inače, mornarica ima potrebu za više od 200 takvih helikoptera. Helikopter zadržava spoljašnju nosivost kao i BLACK HAWK od 9000 funti (4082 kg) i uređaj za dizanje i spasavanje sa SEAHAWK. Osnovna namena ovog helikoptera biće učešće u pomorskim operacijama, uključujući „vertikalne“ popune i isporuke, pretražne i spasilačke zadatke, logističku podršku udaljenih zona i dr. Ratna mornarica će ga koristiti i za zadatke protivminske borbe, borbenog izviđanja i spasavanja, specijalne ratne podrške, koristeći pri tome specijalno ugrađenu opremu.

M. K.

<<<◇>>>

RUSKE EKSPORTNE KORVETE I FREGATE*

Ruski Severni projektni biro (SPB) za preko pola veka postojanja izgradio je više od 450 ratnih brodova raznih klasa,

sa ukupno preko milion tona deplasma. Danas je to izvozno orijentisano preduzeće koje, u vidu vojnotehničke saradnje i kooperacije, sarađuje sa Kinom, Indijom, Vijetnamom i drugim zemljama.

Dva razarača (Projekat 956E), projektovana u ovom birou, grade se za kinesku ratnu mornaricu. Na prvom se sprovode probni testovi, dok je drugi predviđen za predaju u toku 2000. godine.

U skladu sa političkim promenama koje su se dogodile devedesetih godina, mnoge zemlje su obustavile gradnju brodova specijalne namene. Korvete i fregate poprimile su ulogu višenamenskih brodova, sposobnih da dejstvuju daleko od svojih baza. Zbog izvanrednih plovinih mogućnosti i samostalnosti, ovi veoma dobro naoružani površinski brodovi, deplasmata od 500 do 4000 tona, sve više potiskuju druge klase brodova na svetском tržištu.

Projektni biro je oformio tehničku dokumentaciju za fregate indijske mornarice, od kojih će prvi brod biti isporučen 2002. godine. To su fundamentalno novi projekti, a među njima je prvi (projekat 11351) eskortni brod, koji nosi NATO oznaku KRIVAK-3. Sedam brodova te klase izgrađeno je za rusku mornaricu.

Ovi brodovi imaju velike vatrene mogućnosti, izvanredne plovne sposobnosti, ne stvaraju veliku buku pri radu i laki su za održavanje. Izvozne verzije fregata imaće deplasma oko 4000 t. Biće naoružani jurišnim raketnim sistemom, artiljerijom, oružjem za PVO, sistemima ASW i drugim sredstvima. Fregate će imati i hangare za helikopter KAMOV. Smatra se da, uprkos ograničenom deplasma, ove fregate mogu da izvode operacije, kako na moru, tako i na okeanima.

Na svetskom tržištu postoji još veća potražnja za korvetama nego za fregata-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-decembar, 1999.

ma. Tendencija je da se smanje dimenzije i deplasmani brodova klase fregata, uz očuvanje njihovih borbenih mogućnosti. Kompletirana je projektna dokumentacija za korvete, deplasmana 2000 t, opremljene vođenim raketama, za potrebe Vijetnama, a koje će se graditi u brodogradilištu „Ho Ši Min“. Korvete će biti naoružane: protivbrodskim raketnim sistemom URAN-E, raketnim sistemom PVO KLINOK, ugrađenim topom 100 mm, sa dva automatska topa 30 mm i torpednim cevima. Takođe, brod će moći da koristi helikopter na svojoj palubi.

Prateći trendove i zahteve savremene brodogradnje, razvijen je projekat višenamenske korvete, deplasmana 545 t, u koji su ugrađeni elementi „stealth“ tehnologije, pri čemu su u pogledu „nevidljivosti“ postignuti optimalni pokazatelji prema kriterijumu cena-efikasnost. Unikatan oblik trupa i konstrukcije, koje štite pojedine sisteme broskog naoružanja, pojačavaju njihovu malu uočljivost. Novi projekat je univerzalan i može se koristiti za razvoj topovsko-raketnih, patrolnih protivpodmorničkih, kao i brodova za PVO. Korvete se odlikuju velikim manevarskim sposobnostima, a mogu ploviti po plitkim vodama i razvijati brzinu od preko 37 čvorova. Brodski pogon uključuje dve snažne vodene mlaznice, a radijus krstarenja im je najmanje 3000 milja. I pored malog deplasmana korveta poseduje unikatno naoružanje kao što je raketni sistem URAN-E (8 krstarećih raketa Kh-35 dometa preko 100 km) ili raketni sistem JAHONT, zatim četiri torpedne cevi, topovsko-raketni sistem KAŠTAN-1 i VIHOR K, mitraljeze 12,7 mm, sistem za detekciju elektromagnetskog zračenja i stvaranje ometajućih signala, dubinomer i 3D radar.

Takođe, projektni biro pruža tehničku podršku Kini u izgradnji novog ratnog broda deplasmana 530 t. Naoružan je topom 76 mm, automatskim topom 30 mm, protivbrodskim raketnim sistemom URAN-E, pasivnim ometačkim sistemom PK-16, prenosnim raketnim sistemom IGLA i sa dva mitraljeza 12,7 mm.

M. K.



JURIŠNA PODMORNICA AGOSTA 90B*

AGOSTA 90B je modernizovana podmornica iz iste klase, koje se nalaze na upotrebi u Francuskoj i nekoliko drugih mornarica. Poboljšanja koja su urađena zasnovana su na iskustvima stečenim u francuskoj mornarici. Poboljšanja uključuju nova dostignuća u domenu izdržljivosti, zvučne zaštite, pogona i sposobnosti ronjenja.

AGOSTA 90B projektovana je sa maksimalnom zaštitom od zvučnih, optičkih, elektromagnetskih i toplotnih senzora. Hidrodinamika trupa, nadgradnje i propelera je optimalna. Pogonska grupa, dizel motori i pomoćni agregati su „ovešeni“. Koristeći iskustva sa ranijih podmornica AGOSTA, ostvarena su poboljšanja performansi i borbenih sistema.

Među brojnim usavršavanjima ističu se:

- snažna baterija koja omogućava veći domet;
- novi materijali (čelik HLES80) koji omogućavaju dublje ronjenje;
- uređaji koji olakšavaju upravljanje podmornicom;

* Prema podacima iz Defence journal, januar 2000. (www.defencejournal.com)

Dužina	67 m
Gaz	5,4 m
Deplasman na površini	1510 t
Deplasman pod vodom	1760 t
Maksimalna brzina	preko 17 čvorova
Radius kretanja	10000 nm
Autonomija	68 dana
Posada	36 + 5 članova
Pogon	MESMA – vazdušno-nezavisni

Potpuno integrisani borbeni sistem razvile su firme UDS International, DCN International i Thomson CSF. Sistem je sposoban za izvršavanje svih vrsta protivbrodskih i protivpodmorničkih zadataka. Omogućava operatorima da koriste sve resurse za podvodno i površinsko vazdušno otkrivanje, obradu taktičkih podataka, navigaciju, spoljašnje veze i lansiranje oružja.

Integrisani borbeni sistem omogućava brzo prilagođavanje taktičkoj situaciji i donošenje odgovarajućih odluka. Naoružanje podmornice čine:

- četiri torpedne cevi;
- punjenja za 16 oružja ili 28 mina;
- teška torpeda i protivbrodske rakete;
- višenamenska torpeda (F17 Mod.2);
- protivbrodske rakete EXOCET SM 39.

M. K.

<<<◇>>>

NOVI RADIO-UREĐAJ ZA NEMAČKU VOJSKU*

Početkom 1999. godine firma Rohde & Schwarz proizvela je za oružane snage Nemačke novi radio-uređaj koji će koristiti kopnena vojska, ratno vazduhoplovstvo i ratna mornarica. Uređaj pripada

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 8/1999.

klasi višenamenskih taktičkih radio-uređaja koji rade u više talasnih područja i sa više vrsta rada (M3TR – multiband, multimode, multirole tactical radio). Izrađuje se u dve verzije od kojih je prva sa oznakom MR 3000H, ili već od ranije poznati uređaj P/PRC-525 koji pokriva frekventni opseg od 1,5 do 108 MHz, a druga MR 3000U koja pokriva frekventno područje 25 do 512 MHz. Model H ima izlaznu snagu od 20 W, a model U snagu od 10 W koja se samo kod ovog modela dodatnim pojačivačem snage može povećati na 50 W.

Budući da se radi o softverski upravljanoj – programabilnoj radio-uređaju, svi uređaji familije M3TR mogu, u principu, biti programirani za različite modulacije kao što su: Bowmanova, PR4G ili za SICGARS radio-mrežu, i tako raspoložive za prenos podataka u koalicionim operacijama.

Radio-uređaj je praktično pripremljen da prihvati i druge vrste signala, kao što su: signali za automatsko uspostavljanje linka prema Mil.Std 188-141A, AM, FM, SSB, ISB, elektronske mere zaštite prema STANAG 4444 SECOM H za komunikacije navođenja ispred nišanske linije, Have Quick I/II, SECOM V, SATURN, SECOS i UHF DAMA satelitsku komunikaciju u operacijama navođenja.

Tekuća brzina prenosa podataka u HF modu (skakanje po frekvencijama) iznosi 5,4 kbps (9,6 kbps kratko) koja u V/UHF području može da naraste do 64 kbps ili više, za podatke u realnom vremenu ili prenos video informacija.

Brzina skakanja u HF modu rada je 8,5 skok/s, 200 skok/s (SECOS 1) ili 500 skok/s (SECOS 2) u V/VHF području. Radio-uređaji klase M3TR predviđeni su i za civilnu upotrebu, jer omogućavaju prijem signala sa TETRA i ATC HF

linkova podataka, kao i signala iz mreža: VHF ATC (25/8,3 kHz), VHF AM i VHF FM (12,5/5 kHz).

Pored toga, ovaj radio-uređaj može da radi kao zemaljska stanica u borbenoj radio-mreži sa integrisanim sistemom za globalno pozicioniranje GPS, kao deo radio-mreže ili glavne radio-mreže TETRA, kao radio-relej, kao pristupna tačka ili kao izlaz za mreže na širokom ili uskom lokalnom području, uključujući i glavnu mrežu EUROCOM. Svojom konstrukcijom i velikim mogućnostima ovaj radio-uređaj prevazišao je jaz u kompatibilnosti koji je postojao između vojnih uređaja na taktičkom nivou i civilnih komunikacionih sistema kao što je sistem TETRA.

Ispitivanja ovog radio-uređaja, u prototipskoj partiji, obavljena su u maju i junu 1999. godine, a serijska proizvodnja započeta je u septembru iste godine.

M. S.

<<<◇>>>

MODERNIZACIJA SISTEMA VEZA ZEMALJA ISTOČNE EVROPE*

Rumunsko ministarstvo odbrane potpisalo je ugovor kojim se od engleske firme Marconi Communications nabavljaju uređaji za integrisanu mrežu koju će paralelno koristiti kopnena vojska, ratna mornarica i ratno vazduhoplovstvo. Isporučka po ovoj narudžbi, vredna 130 miliona dolara, treba da bude okončana u 2002. godini. Inače, ona predstavlja drugu fazu projekta modernizacije sistema veza rumunske vojske, u vrednosti 159 miliona dolara, koji je započeo još 1995. godine.

U okviru ove narudžbe firma Marconi će isporučiti osnovu sistema koji se

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 8/1999.

sastoji od 400 stacionarnih i prevoznih radio-komunikacionih centara koji u svom sastavu imaju uređaje za prenos podataka, digitalne centrale i multipleksere, uređaje i softver za upravljanje radom mreže, kao i aplikacioni softver. Rumunska industrija proizvođaće neke od komponenata ovog sistema prema licenci osnovnog proizvođača.

U okviru potpuno odvojenog programa i bugarsko Ministarstvo odbrane sklopilo je ugovor, čija vrednost iznosi 57 miliona dolara, sa firmom Marconi za isporuku integrisanog komunikacionog sistema za taktički nivo (FICIS – Field Integrated Communications Information System), koji treba da obezbedi kompatibilnost postojećeg sistema veza sa komunikacionom mrežom NATO. Isporučka je započela u septembru 1999. godine, a sistem treba da bude operativan u toku 2001. godine. FICIS se sastoji od mobilnih radio-uređaja i opreme koji se mogu instalirati u oklopna vozila ili na vozila točkaše, zajedno sa opremom iz sastava komandnih centara taktičkog nivoa.

M. S.

<<<◇>>>

NOVI RADIO-UREĐAJ FIRME HARRIS*

Firma Harris lansirala je radio-uređaj pod oznakom RF-5800M-MP namenjen izvozu. Ovaj uređaj, koji radi u više talasnih područja, predstavlja verziju radio-uređaja RF-5800 Falcon II ili radio-uređaja AN/PRC-117F, koji je, takođe, namenjen za rad u više talasnih područja u rasponu od 30 do 512 MHz i sa 10 unapred postavljenih frekvencija.

Uređaj radi sa sledećim vrstama emisije: FM govora, FSK 16 kbps CVSD

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 8/1999.

govora, FSK 16 kbps podataka i Trellisovu kodiranu modulaciju sa opcionim brzinama prenosa 48 ili 64 kbps. Maksimalna izlazna snaga uređaja iznosi 10 W. Kao i svi radio-uređaji familije Falcon II dimenzije su mu $267 \times 810 \times 343$ mm zajedno sa baterijom. Baterija ima masu od 0,94 kg, a radio-uređaj 4,34 kg.

Kao standardna varijanta radio-uređaj se nudi sa kodiranjem (kriptozaštitom) tipa Quicklook 1A ECCM i digitalnim Citadel kodiranjem. Kao programabilan radio može se programirati i US Type 1 i SINCGARS kodiranje. Kada se isporučuje u vozećoj varijanti u kompletu se nalazi pojačivač i adapter snage 50 W. Radio-uređaj sa VHF antenom može biti spojen sa ručnim digitalnim terminalom na kojem se vidi slika cilja.

M. S.

<<<◇>>>

TRENAŽERI ZA OBUKU U VOŽNJI BORBENIH VOZILA*

Ruska firma „Muromašzavod“ specijalizovana je za proizvodnju rezervnih delova, sklopova i agregata za oklopnu borbenu tehniku, kao i dinamičkih trenažera za obuku vozača borbenih guseničnih vozila. Od 1973. godine serijski se proizvode dinamički trenažeri svih borbenih guseničnih vozila (tenkova, BMP, BMD, guseničnih vozila za artiljeriju, artiljerijsko-raketne sisteme PVO). Od 1997. godine isporučuju se trenažeri sa kompjuterskim sistemom, koji su mnogo efikasniji od ranije proizvedenih.

Trenažerski sistemi objedinjavaju hidrodinamički sistem koji oponaša dinamiku naprezanja, i kompjuterski sistem koji je sposoban da u realnom vremenu stvara situacije u virtuelnom prostanstvu, što je neophodno za obuku vozača.

Značaj trenažerskih sistema uslovljen je potrebom sistematičnog i planskog obučavanja, trenaža i održavanja navika vozača u uslovima nedovoljnog vremena i sredstava i nemogućnosti organizovanja vožnje na zemljištu na kojem se planiraju borbena dejstva.

Trenažeri su jednostavni za eksploataciju, pouzdani, lako se postavljaju na mestima stalne lokacije ili u terenskim uslovima. Njihovo korišćenje štedi resurse skupe tehnike, smanjuje oštećenja tehnike, kao i finansijske troškove neophodne za obuku vozača za oko 70%.

Dinamički trenažeri namenjeni su za obuku vozača sledećih borbenih vozila: T-55, T-62, T-72, T-80, T-90, BMP-1, BMP-2, BMP-3, BMD-1 u uslovima maksimalno bliskim realnim.

Trenažer se sastoji od:

- kabine sa elektrohidrauličnim pogonom;

- komandne table;
- kompjuterskog sistema.

Trenažeri omogućavaju:

- da se nauči razmeštaj komandi za upravljanje i kontrolno-mernih instrumenata;

- određivanje uslova vožnje i kontrolu postupaka vozača, uz automatsko registrovanje grešaka;

- simulaciju dinamičkih naprezanja vozača u zavisnosti od brzine kretanja, profila zemljišta i karakteristika ovešanja na vozilu;

- obučavanje radnji za puštanje motora u rad u letnjim i zimskim uslovima, kretanje sa mesta, menjanje stepena prenosa, okretanje i kočenje;

- obučavanje tehnika savladavanja prirodnih i veštačkih prepreka, kao i vožnju po svim zemljištima, uz izbor režima rada motora.

M. K.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar-decembar, 1999.

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

11002 Beograd, Balkanska 53

Telefoni: (011) 645-020 i 36-04-190, lok.: 33-190

Telefaks: (011) 645-020

NARUDŽBENICA

Pretplaćujemo se na časopis za 2000. godinu:

VOJNOTEHNIČKI GLASNIK

(stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno.

Godišnja pretplata 210,00 dinara.

primeraka

Prilikom uplate pozvati se na broj: 054/963

.....

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD, Balkanska 53, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun broj **40818-637-9-6319 RC Topčider - za VIZ (sa pozivom na broj za časopis)** i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

Kupac tel.:

Mesto Ulica br.

Dana

Potpis naručioca

M.P.

.....

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: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom 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
Dobрила 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)