

Direktor

Pukovnik
SLAVOLJUB JOVANOVIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)General-potpukovnik
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.General-potpukovnik
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.General-major
MILAN UZELAC, dipl. inž.General-major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.General-major
dr MILAN ŠUNJEVARIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)Pukovnik
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.Profesor
dr MILIĆ STOJČIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr RADOVAN MAKSIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILOVAN ČIROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.Pukovnik
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Glavni i odgovorni urednik

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

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 641-795, vojni 22-431)Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.Pretpлата tel.-fax: 3612-506, tekući račun:
840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ,
poziv na broj 054/963.Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štamparija – Beograd, Resavska 40b.STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE SRBIJE I CRNE GOREVOJNOTEHNIČKI
G L A S N I KVojnotehnički glasnik je,
povodom 50 godina rada,
odlikovan Ordenom VJ
trećeg stepena

4-5



SADRŽAJ

Dr Petar Stanojević, major, dipl. inž.	ANALIZA EFEKATA UVOĐENJA SAVREMENIH STRATEGIJA ODRŽAVANJA	377
Mr Dragoslav Ugarak, pukovnik, dipl. inž. Profesor dr Momčilo Milinović, dipl. inž.	ANALIZA UTICAJA GREŠAKA I ŠUMA MERENJA NA TAČNOST ODREĐIVANJA KOORDINATA CILJA	387
Mr Zvonko Radosavljević, dipl. inž.	PRIMER UTICAJA FILTRIRANJA SLIKE U SISTEMIMA ZA PRAĆENJE CILJEVA PRIMENOM TERMOVIZIJE	397
Mr Predrag Elek, dipl. inž. Profesor dr Slobodan Jaramaz, dipl. inž.	KRITERIJUM EFIKASNOSTI I OPTIMIZACIJA MASE FRAGMENTA PROJEKTILA PARČADNOG DEJSTVA	406
Dr Slavko Pokorni, pukovnik, dipl. inž.	ISKUSTVA IZ PROVERE ZAHTEVA ZA POUZDANOST ELEKTRONSKIH UREĐAJA U USLOVIMA EKSPLOATACIJE VAZDUHOPLOVA	413
Sc Dragan Ćosović, potpukovnik, dipl. inž.	STATISTIČKE METODE ZA ISPITIVANJE POGODNOSTI ZA ODRŽAVANJE UREĐAJA	420
Mr Boban Milošević, major Dr Vasilije Mišković, pukovnik, dipl. inž.	IZBOR LOKACIJA I TRANSPORTNIH SREDSTAVA ZA RASELJAVANJE	433
Ljubomir Matić, dipl. inž.	METEOROLOŠKI BILTENI METEO-VATRENI I METEO-SREDNJI – PROGRAMSKO REŠENJE	447
Dr Vlado N. Radić, pukovnik, dipl. inž.	ANALIZA POLOŽAJA PIROTEHNIČARA PRI RAZMINIRANJU I POVEĆANJE NJEGOVE BEZBEDNOSTI	457
Sc Nikola Lekić, potpukovnik, dipl. inž.	MERNA METODA ZA ANALIZU RADARSKE POVRŠINE ROTIRAJUĆEG OBJEKTA	465
Dr Živko Stjelja, dipl. inž. Zoran Jelenković, dipl. inž. Slobodan Dželetović, dipl. inž.	OCENSKA ISPITIVANJA SLOŽENIH TEHNIČKIH SISTEMA	472

Mr Dragan T. Stanković, pukovnik, dipl. inž.	SIMULACIJA PRELAZNIH POJAVA ASINHRONOG MO- TORA NA PERSONALNOM RAČUNARU	478
Mr Sanja Suruliz, dipl. inž.	KOMPARACIJA SEKUNDARNIH ETALONA MIKROTA- LASNE SNAGE	485
Dr Miljko Erić, pukovnik, dipl. inž.	XLVII KONFERENCIJA ETRAN 2003 – prikaz naučno- stručnog skupa –	491
Dr Dragoljub M. Brkić, dipl. inž.	VI MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM-2003 – pri- kaz naučno-stručnog skupa –	495
Miroslav Škorić, dipl. oec	VIII KONGRES JISA 2003 – prikaz naučno-stručnog skupa –	496
Mr Slavko Muždeka, kapetan, dipl. inž.	NAUKA I MOTORNA VOZILA 2003 – prikaz naučno- stručnog skupa –	498

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Elektromagnetni topovi: revolucija u vatrenoj podršci – M. K. ...	501
Savremeni samohodni minobacači – M. K.	502
Kineski „supertenk“ velikog kalibra – M. K.	506
Slovačko amfibijsko oklopno vozilo Aligator – M. K.	507
Inovacije municije srednjeg kalibra – M. K.	510
Razvoj robustnih kompjutera – M. K.	514

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Sistem za otkrivanje dejstva snajpera – M. K.	518
NATO odlaže izbor ličnog naoružanja – M. K.	519
Prva borbena upotreba raketa TOW 2B – M. K. ..	520
Novi nemački projektil 155 mm Rh 40 – M. K.	521
Automatizovani minobacački sistem „ispali i uteci“ – M. K.	522
Precizno vođene kasetne bombe – M. K.	522
Laserski minočistač za Avganistan – M. K.	523
Razvoj sistema za razminiranje u Egiptu – M. K.	523
Ukrajinski sistem aktivne zaštite tenka – M. K.	524
Prototip vozila Mungo za nemačku armiju – M. K.	524
Modernizacija tenkova T-72M1 u Češkoj – M. K.	525
Budući borbeni avioni kompanije „Lockheed Martin“ – M. K.	526
Najnoviji projekat bespilotnog aviona u SAD – M. K.	527
Razvoj minijaturnih letelica u SAD – M. K.	527
Novi italijanski elektronski i senzorski sistem – M. K.	528
Poljski komunikacijsko-obaveštajni sistem nove generacije – M. K.	529

Rezime:

Često se postavlja pitanje opravdanosti investicija za unapređivanje sistema održavanja. Uvođenje strategija održavanja, kao što su RCM, TPM, održavanje prema stanju i sličnih, danas je svetski trend u usavršavanju sistema održavanja. Na primeru jednog modela taksi preduzeća, uz upotrebu metode simulacije, zasnovane na sistemskoj dinamici, izvršena je analiza efekata koje bi imalo uvođenje savremenih strategija održavanja u taj sistem. Došlo se do zaključaka koji su slični svetskim iskustvima. Najpre se mora izvršiti stabilizacija i pravilno dimenzioniranje sistema održavanja, da bi se zatim pristupilo usavršavanju sistema primenom odgovarajućih strategija. Uvođenje strategija održavanja odgovara prvenstveno sistemima kod kojih tehnička sredstva moraju neprestano da rade, odnosno imaju visok koeficijent eksploatacije. Prosečno, za svakih 10% smanjenja u broju otkaza, vremenu preventivnog održavanja i učestalosti preventivnih akcija, ukupan profit preduzeća raste oko 5%. Poboljšanja u domenu znanja održavaoca i kvaliteta rada donose narednih 5% povećanja profita.

Ključne reči: sistem održavanja, strategije održavanja, metode simulacije, sistemska dinamika, troškovi održavanja.

EFFECTS OF INTRODUCING MODERN MAINTENANCE STRATEGIES AND THEIR ANALYSIS

Summary:

Investments in the improvement of maintenance systems are often brought into question as to whether they are justified or not. Introducing maintenance strategies, eg. RCM, TPM, on-condition maintenance, etc., is nowadays a worldwre tendency in the improvement of maintenance systems. The simulation method based on system dynamics has been applied to a model of a taxi business in order to analyze the effects of introducing modern maintenance strategies into that system. The obtained results show good accordance with experiences worldwre. The stabilization and adequate dimensioning of the maintenance system should precede the system improvement using adequate strategies. Bringing maintenance strategies into use predominantly suits the systems with a high duty factor, ie. the systems with continually operating elements. Every 10% of reduction in the number of failures, preventive maintenance time and frequency of preventive actions gives an average rise of about 5% to the overall profit of a bussiness. Improvements in the field of knowledge and quality of work bring further 5% rise in profit.

Key words: system, maintenance, maintenance strategies, simulation methods, system dynamics, maintenance costs.

Uvod

Gotovo opšti trend u usavršavanju sistema održavanja danas se sastoji u primeni savremenih strategija održavanja,¹ kao što su RCM (Reliability Centred Maintenance), TPM (Total Productive Maintenance), CBM (Condition Based Maintenance), strategija sličnih prethodnim i u uvođenju CMMS (Computerised Maintenance Management System), odnosno informacionih sistema za podršku upravljanju održavanjem. Rezultati postignuti primenom ovih strategija značajni su a izveštaji govore da bi se mogli odrediti kao [1]: smanjenje broja radnih časova za preventivno održavanje za 87%; smanjenje ukupnog broja radnih časova za održavanje do 29%; smanjenje troškova materijala za održavanje do 64%; povećanje raspoloživosti opreme do 15%; povećanje pouzdanosti opreme do 100%; investicije se vraćaju za najmanje 3 puta; proizvodnja se u nekim slučajevima povećava i do 80%; zastoj zbog održavanja se skraćuje i preko 50%, itd.

Međutim, i pored značajnih rezultata koji se mogu postići primenom savremenih strategija održavanja, činjenica je da je za njihovo uvođenje potrebno najmanje 6 do 12 meseci, a da celokupan

¹ U domaćoj literaturi koristi se naziv koncept – koncepcije (tradicionalni su: preventivno, korektivno i kombinovano održavanje), u nemačkoj politika, u ruskoj sistem održavanja, a u englesko-američkoj – strategija. Pojam strategija održavanja, u relevantnoj literaturi, odnosi se na određivanje ili izbor akcija održavanja koje će biti sprovedene na nekoj opremi da bi se ona na najbolji način iskoristila, odnosno da bi se maksimizirala njena raspoloživost i pouzdanost. Pojam akcije održavanja odnosi se na sve moguće preventivne i korektivne radnje (uključujući: pregled, negu opreme, zamene delova, modifikacije, itd.). Uobičajeno je da se pod strategijom podrazumeva izbor pravaca akcije, racionalna nabavka i alokacija resursa za postizanje ciljeva i da ona predstavlja integrativnu osnovu za svaku delatnost. U tom svetlu bi se pojam strategija mogao adekvatno primeniti, u smislu naše naučne terminologije, i na RCM, TPM i druge savremene načine – pristupe za određivanje povoljnog skupa akcija održavanja za neku opremu.

posao može da se produži i na 6 do 8 godina. U tom procesu potrebna su prilična početna ulaganja, veliko angažovanje ljudskih resursa i značajne konsultantske usluge. Nisu retki primeri da projekti uvođenja odgovarajućih strategija održavanja ne donesu očekivane rezultate. Zbog toga se obično u početku lansira „pilot“ projekat, koji ima za cilj da odredi moguće efekte uvođenja pojedinih strategija održavanja, kao što je to bio slučaj kod norveških železnica [2] ili u hemijskoj industriji Du Pont [3]. U dva slučaja za predviđanje mogućih efekata korišćena je metoda simulacije, i to kod već spomenute hemijske industrije Du Pont i u projektu uvođenja RCM u evropsku industriju papira (MELISSA project) [4]. Metoda simulacije je pogodna, jer omogućava kvantifikaciju mogućih efekata za različite varijante rešenja.

Neki autori [5, 6] ističu da pre uvođenja strategija održavanja treba usavršiti sistem planiranja radnji održavanja, informacioni sistem, menadžment, pravilno dimenzionirati sistem, obučiti radnu snagu, uvesti sistem za ocenjivanje uspešnosti rada i druga poboljšanja na polju menadžmenta održavanjem, pa tek onda uvoditi nove strategije održavanja, jer one inače neće naići na pripremljeno tlo i mogu lako doživeti neuspeh.

Na primer, problem koji je uočen u kompaniji Du Pont ukoliko bi se mogao opisati na sledeći način: rukovodioci proizvodnje žele da ispune zacrtane planove proizvodnje, ali i da ih prebace. Zbog toga malo pažnje obraćaju na preventivno održavanje, jer ono zahteva planske zaštoje u proizvodnji. Međutim, mašine otkazuju, a šefovi pojačavaju pritisak da se izgubljeno vreme nadoknadi. To najčešće

rade opet na račun vremena za preventivno održavanje. Zbog neizvršavanja preventivnog održavanja situacija postaje još gora, jer mašine još više otkazuju, pa pritisak postaje sve veći. U takvom okruženju i zaposleni počinju manje da rade, jer ne mogu da prate tempo koji se od njih zahteva, a održavaoci sve više greše, jer su pod pritiskom, pa tako situacija postaje sve gora (slika 1).

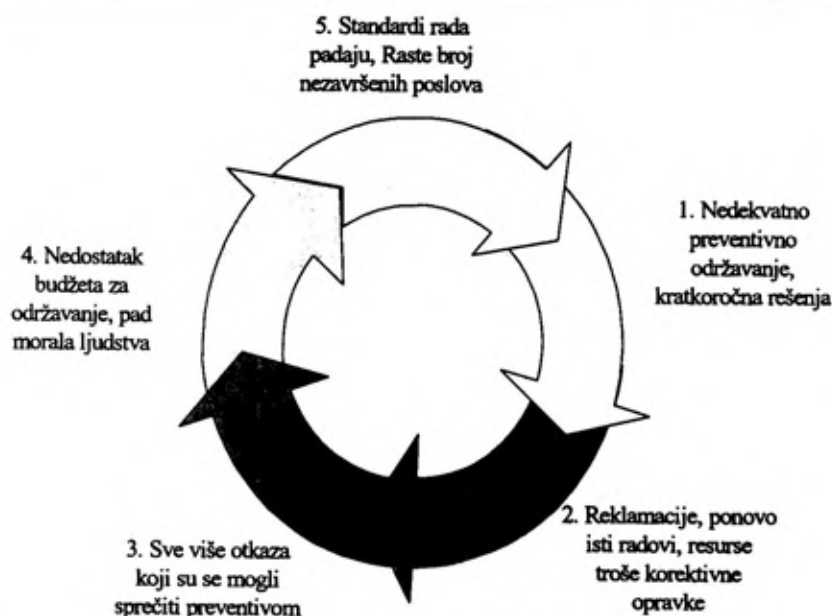
U slučaju hemijske industrije Du Pont korišćen je pristup zasnovan na System Dynamic (sistemska – industrijska dinamika) modelovanju i simulaciji. Simulirana je primena različitih strategija održavanja ili rešenja u menadžmentu održavanjem. Dobijeni rezultati sistematizovani su u tabeli [3]. Analiza ukazuje da sama poboljšanja u planiranju ili programiranju zadataka održavanja neće dati velike rezultate. Ukoliko se sva pažnja

skoncentriše samo na primenu preventivnog održavanja, iskorišćenje mašina opada. Kada se sve prve tri strategije poboljšanja primene, zbog sinergetskog efekta, vreme u radu (raspoloživost) raste za 5,1%. Tek kada se primeni tzv. eliminacija otkaza, koja predstavlja suštinu strategija RCM i TPM, efekti se naglo povećavaju i ukupno vreme u radu opreme dostiže 98,3%.

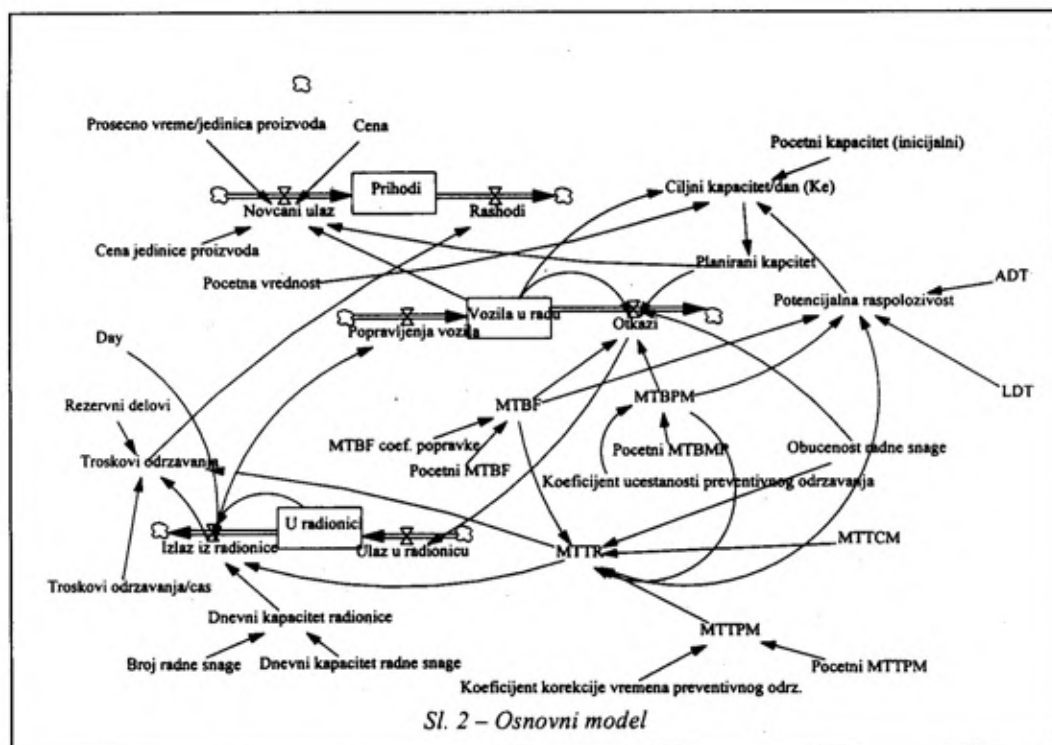
Rezultati primene pojedinih strategija održavanja u hemijskoj industriji Du Pont

Strategija	Veličina promene (%)	Vreme u radu (%)
Korektivna	–	83,5
Samo planiranje	+0,5	–
Samo raspoređivanje	+0,8	–
Preventivno/prediktivno	–2,4	–
Sve tri strategije	+5,1	88,6
Eliminacija otkaza	14,8	98,3

U slučaju projekta MELISSA, metoda simulacije je korišćena da se u pr-



Sl. 1 – Efekti neadekvatnog pristupa održavanju



vom koraku odrede najvažnije mašine (preko stvaranja modela proizvodnog procesa) na kojima će biti sproveden RCM, a zatim da se odrede efekti primene nove strategije održavanja i njenih varijanti (npr. kada se menja učestanost ili trajanje preventivnih akcija održavanja). Najvažniji rezultat prvog koraka u simulacionom modelovanju bilo je određivanje maksimalnog vremena zastoja za pojedine mašine i ceo proces, a koje se može tolerisati, s tim što je to vreme kasnije korišćeno i kao kriterijum za ocenu pojedinih rešenja (postoji direktna zavisnost sa troškovima). Predviđa se i treći korak u simulacionom modelovanju koji bi poslužio za optimizaciju strategija održavanja sa stanovišta efekat/troškovi.

Efekti primene strategija održavanja sastoje se u eliminisanju preventivnih rad-

nji održavanja koje ne doprinose povećanju pouzdanosti opreme (napuštanje principa „što više održavanja to bolje“), uvođenju onih radnji preventivnog održavanja koje sprečavaju ili odlažu pojavu stanja u otkazu (efektivnih – odnosno, povećanje pouzdanosti ili MTBF – srednjeg vremena između otkaza), eliminaciji onih preventivnih radnji koje se ne isplate (veći su troškovi preventive od troškova iznenadnog zastoja), skraćivanju vremena izvođenja radnji preventivnog i korektivnog održavanja (primenom savremene tehnološke opreme ili skraćivanjem procedura), smanjivanju učestanosti izvođenja radnji preventivnog održavanja (posebno korišćenjem savremene dijagnostičke opreme i eliminacijom nepotrebnih radnji), itd. Ukratko, povećava se MTBF, a smanjuje učestanost preventivnog održavanja i trajanje radnji održavanja.

Problem i metodologija istraživanja

Određena su dva problema koji zahtevaju rešavanje. Prvi je ispitivanje mogućnosti i efektivnosti primene metode modelovanja i simulacije radi određivanja isplativosti primene strategija održavanja, a drugi ispitivanje isplativosti primene strategija održavanja na izabranom primeru.

Za osnovu metodologije izabran je System Dynamic pristup (već korišćen u slučaju Du Pont kompanije), koji omogućava relativno jednostavno modelovanje i simulaciju kompleksnih sistema, i ima široku primenu u svetu. Korišćen je adekvatni softverski paket VENSIM.PLE.

Osnovni model

Kreiran je primer zasnovan na realnim podacima i pokazateljima iz prakse. Za primer je poslužilo taksi preduzeće koje ima 100 vozila. Uzete su svetske vrednosti cena i troškova (izraženo u eurima), kako se ne bi pojavio problem neadekvatne cene radne snage i usluga, pa s tim u vezi i neadekvatni rezultati mogućih poboljšanja. Grafički prikaz modela formiran je u obliku koji zahteva primena System Dynamics (slika 2) – grafičko okruženje VENSIM.PLE. Podaci o učestanosti otkaza, frekvencija preventivnih radova održavanja, srednja vremena za izvođenje radnji održavanja, srednja vremena administrativnih i logističkih zastoja preuzeti su iz literature, a odnose se na putnička motorna vozila (npr. jedan otkaz na 6000 pređenih kilometara, jedan tehnički pregled godišnje,

itd.). Uzeto je da je učestanost otkaza i preventivnih radnji održavanja konstantna vrednost, a zavisi samo od intenziteta eksploatacije (od broja pređenih kilometara).

Scenario i model koji je simuliran je sledeći: taksisti žele da zarade prosečno 3000 eura mesečno. Poznati su podaci o prosečnom vremenu taksi usluge i ceni, kao i fiksni troškovi. Da bi zaradili tu sumu oni dnevno moraju da rade prosečno 6 do 7 časova (Initial capacity – inicijalni kapacitet). Zna se koliki je MTBF vozila, kao i učestanost preventivnog održavanja (MTBPM – srednje vreme između preventivnog održavanja). Poznata su i prosečna vremena administrativnog zastoja (ADT – 12 sati) i logističkog zastoja (LDT – 12 sati). Uzeto je da je vrednost funkcionalne podobnosti vozila jednaka 1. Zbog pojave zastoja taksisti moraju da rade više (Target capacity – ciljni kapacitet). Međutim, ne mogu da rade više od 12 časova dnevno u najgorem slučaju, pa ako se takva situacija javlja Planed capacity – planirani kapacitet nije jednak Target capacity već je ograničen na 12 časova rada dnevno. Nije moguće većim radom do beskonačnosti nadoknađivati efekte zastoja. Učestanost pojave zastoja u održavanju određuju MTBF i MTBPM, koji se određuju preko inicijalne – početne vrednosti (literatura) i koeficijenta popravke, čijim se promenama određuju ulazne veličine koje bi se postigle primenom odgovarajućih strategija održavanja.

Kada vozilo dođe u stanje otkaza (Brokedown – otkaz) za njegovu opravku je potrebno poznato prosečno vreme (Mean Time to Repair – srednje vreme opravke), koje, prema poznatim jednačinama, zavisi od prosečnog vremena za korektivne opravke (MTTCM), koje se

ne menja u modelu, prosečnog vremena za preventivno održavanje (MTTPM), koje se može varirati preko koeficijenta i poznate učestanosti preventivnih i korektivnih radova. Broj otkaza (reklamacije) povećava se zbog neadekvatne obučenosti kadra za održavanje (Trening – obuka, ocena 9 ili 90%), kao i vreme potrebno za održavanje. Kada se javi otkaz vozilo ide u radionicu na opravku (Input In Workshop – ulaz u radionicu). Početni resursi radionice su tri univerzalna radna mesta sa fiksnim kapacitetom (Maintenance Workshop Capacity – dnevni kapacitet radionice). Popravljenja vozila (Fixed machines – Maintenance Output) vraćaju se u rad, dodaju se trenutno ispravnim i čine ukupan dnevni kapacitet preduzeća u vozilima (Working machines – vozila u radu). Poznate su prosečne cene norma-sata za održavanje i rezervnih delova (približno 1:1), pa se lako mogu izračunati troškovi održavanja. Kada se od novčanog ulaza (Money input) oduzmu troškovi održavanja, dobija se ukupan prihod preduzeća (Money Income). Vremenska jedinica je dan, a ukupno vreme posmatranja godina.

Na grafičkom prikazu modela uočavaju se tri celine: mašine – vozila u radu, vozila u radionici i prihodi koji zavise od karakterističnih ulaznih i izlaznih tokova. Na ove tokove utiče veliki broj promenljivih koje su navedene (nazivi) na slici modela, čiji je međusobni uticaj prikazan odgovarajućim strelicama. Među promenljivima uspostavljen je odgovarajući sistem diferencijalnih jednačina (omogućeno korišćenjem softverskog paketa VENSIM.PLE), preko kojih se simuliraju procesi u vremenu.

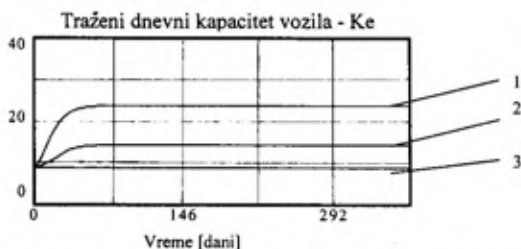
Prva grupa eksperimenata i rezultati

Eksperiment 1. Simuliran je rad sistema sa početnim vrednostima parametara i promenljivih (kao što je navedeno u prethodnom izlaganju). U tom slučaju, sistem je potpuno nefunkcionalan, jer ako radionica ima samo tri radna mesta, prosečno je ispravno oko 40 vozila, što se vidi na slici 3. Sa pet radnih mesta ispravno je prosečno 60 vozila, a sistem dobro funkcioniše tek kada radionica ima 6 radnih mesta i kada se postiže stabilan rad sistema (broj vozila u radionici je sveden na nužnu meru). Prihodi sistema povećavaju se skoro dvostruko (sa oko 2,5 na oko 5 miliona eura godišnje) u slučaju 6 radnih mesta. Znači prva mera u sistemima jeste da se mora postići stabilan i uravnotežen rad sistema održavanja, odnosno pravilno dimenzioniranje resursa i kapaciteta.

U ovom slučaju interesantno je sagledati traženi kapacitet vozila u slučaju nedostatka resursa i kapaciteta za održavanje, što je ilustrovano na slici 4. U slučaju nedostatka resursa vozila bi morala da rade više od 24 sata na dan, što je nemoguće.



Sli. 3 – Broj ispravnih vozila u zavisnosti od kapaciteta radionice za održavanje:
1 – sa tri radna mesta; 2 – sa pet radnih mesta;
3 – sa šest radnih mesta

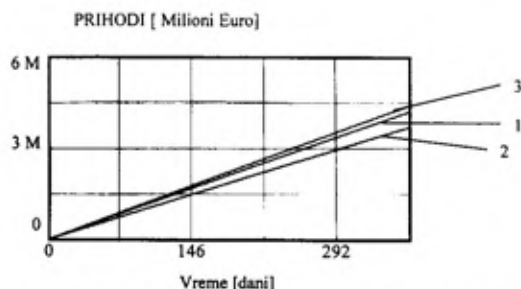


Sl. 4 – Traženi kapacitet vozila u slučaju prvog eksperimenta:

1 – sa tri radna mesta; 2 – sa pet radnih mesta;
3 – sa šest radnih mesta

Eksperiment 2. Uzeto je da radionica ima kapacitet od 6 radnih mesta (dovoljan). Smanjena je vrednost ADT i LDT na polovinu (sa 24 na 12 sati), a povećana je obučenost ljudstva za održavanje sa ocene 9 na 10. Najveći efekti u ovom slučaju postižu se podizanjem kvaliteta radne snage, kao što je prikazano na slici 5. Pri tome, prihodi rastu za oko 200 000 eura (oko 5%) a smanjenje ADT i LDT nema efekta, jer opada traženi kapacitet, odnosno može manje da se radi za iste prihode.

Eksperiment 3. Uzeto je da radionica ima kapacitet od 6 radnih mesta (dovoljan). Smanjivana je učestanost otkaza (MTBF) za 10, 20 i 30%, što znači da će



Sl. 5 – Rezultati eksperimenta sa promenom ADT, LDT i obučenosti kadra za održavanje:

1 – prihodi iz eksperimenta 1; 2 – smanjenje ADT i LDT; 3 – efekti obuke ljudstva

se otkazi događati na prosečno 6600, 7200 i 7800 pređenih kilometara. U ovom slučaju nema povećanja prihoda, i nešto se manje radi, za do jedan sat na dan. Rashodi za održavanje smanjuju se sa oko 4000 na oko 3000 eura na dan.

Eksperiment 4. Ulazni podaci su isti kao za prethodni eksperiment, samo što se vreme za izvođenje preventivnog održavanja (MTTPM) smanjuje za 10, 20 i 30%. Prihodi se uvećavaju za do 100 000 eura. Smanjenje rashoda za održavanje slično je kao u prethodnom eksperimentu.

Eksperiment 5. Ulazni podaci su isti kao za prethodni eksperiment, samo se menja učestanost preventivnog održavanja (MTBPM), odnosno smanjuje se za 10, 20 i 30%. U ovom slučaju prihodi se ne povećavaju, a ostali rezultati slični su sa prethodna dva eksperimenta.

Eksperiment 6. Menjana su sva tri parametra vezana za pokazatelje poboljšanja u domenu strategija održavanja, odnosno MTBF, MTBPM i MTTPM istovremeno, za 10, 20 i 30%. U stvarnosti oni se pri uvođenju novih strategija održavanja menjaju istovremeno. U ovom slučaju prihodi blago rastu za oko 50 000 do 100 000 eura. Prosečan broj vozila u radionici opada sa oko 8 na 4, prosečan broj vozila u otkazu se smanjuje sa oko 7 na 5. Željeni kapacitet vozila opada na 8 sati na dan, a troškovi održavanja opadaju za oko 1000 eura na dan.

Na osnovu prvih rezultata može se zaključiti da su najveće efekte dali dimenzioniranje resursa radionice za održavanje i obuka kadra za održavanje. Mora se konstatovati i da je variranje promenljivih, koje određuju poboljšanja koja bi se mogla postići primenom strate-

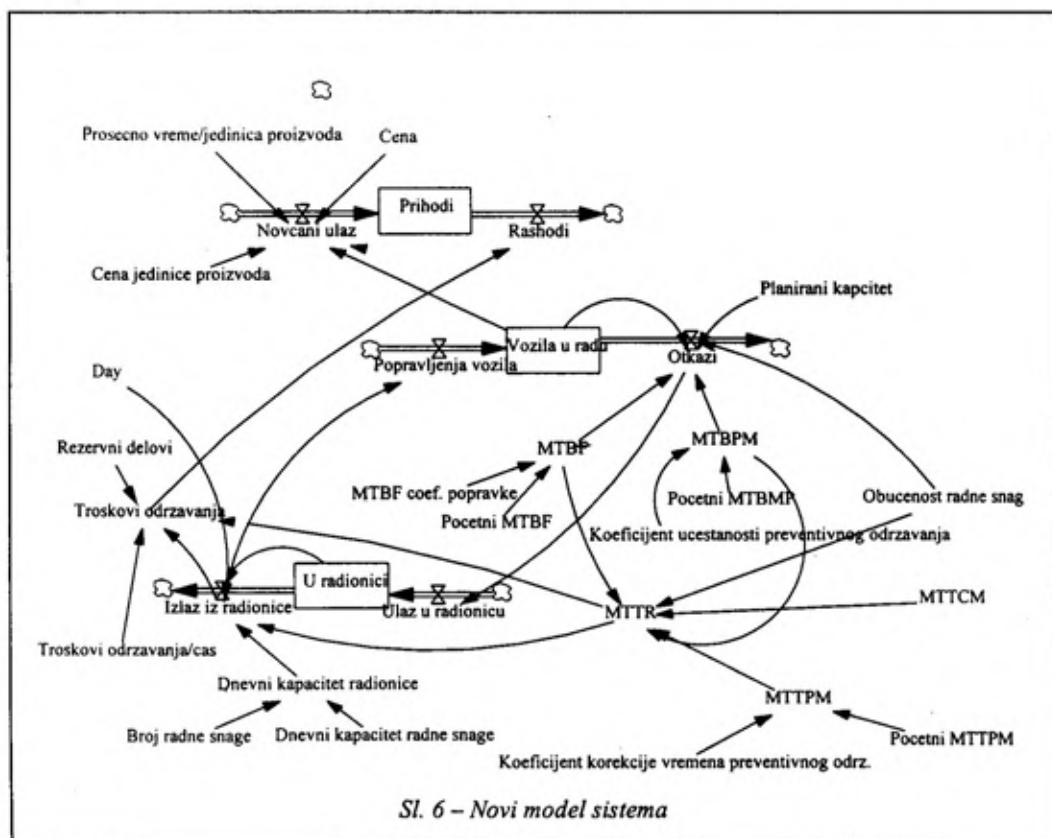
gija održavanja, znatno smanjilo troškove održavanja, ali nije povećalo prihode preduzeća. Ukoliko su kraći zastoji zbog održavanja, vozila moraju manje da rade (ukupno uzev manje se habaju) da bi se ostvarila ciljna zarada (što i jeste suština). Dakle, strategije održavanja su sigurno od koristi za smanjenje troškova održavanja.

Druga grupa eksperimenata i rezultati

Logička pitanja koja se nameću kao rezultat prvih eksperimenata su: šta se dešava ukoliko oprema treba da radi što duži (ili najmanje neki fiksni) period u

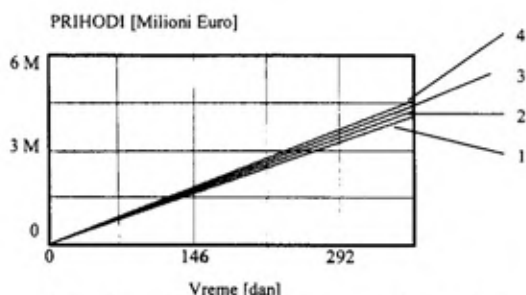
toku dana, kao što je slučaj sa elektranama, u procesnoj industriji, vojnim sistemima na dežurstvu, radarima, telefonskim centralama itd., i kakvi su tada efekti uvođenja strategija održavanja.

Da bi se odgovorilo na ova pitanja potrebno je izvršiti neke izmene na modelu. Prosečno potrebno vreme rada vozila na dan fiksirano je na 8,5 sati, odnosno to je optimalna vrednost iskorišćenja vozila, do čega se došlo analizom prethodnih rezultata (donosi traženi prihod). U ovom slučaju traženo vreme rada vozila na dan nije važno, jer se zahteva da vozila rade fiksni (planski) period vremena na dan. To dovodi do izvesnih izmena na modelu (novi model je prikazan na slici 6).



Sl. 6 – Novi model sistema

Eksperiment 7. Uzeto je da radionica ima kapacitet od 6 radnih mesta (dovoljan). Smanjivana je učestanost otkaza (MTBF) za 10, 20 i 30%. Prihodi se povećavaju za oko 200 000 eura. Promena svih ostalih parametara događa se na očekivani način.



Sl. 7 – Povećanje prihoda u eksperimentu 10:
1 – početno stanje; 2 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 10%; 3 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 20%; 4 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 30%

Eksperiment 8. Ulazni podaci su isti kao za prethodni eksperiment, s tim što se na isti način smanjuje vreme preventivnog održavanja. Povećanje prihoda iznosi oko 50 000 eura (posledica i ovako male učestanosti preventivnog održavanja).

Eksperiment 9. Ulazni podaci su isti kao za prethodni eksperiment, s tim što se



Sl. 8 – Smanjenje rashoda održavanja u eksperimentu 10:

1 – početno stanje; 2 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 10%; 3 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 20%; 4 – umanjeње MTBF, MTBPM i MTTTPM za 30%

na isti način smanjuje učestanost preventivnog održavanja. Rezultati su gotovo identični sa prethodnim eksperimentom.

Eksperiment 10. Menjana su tri parametra vezana za pokazatelje poboljšanja u domenu strategija održavanja, odnosno MTBF, MTBPM i MTTTPM istovremeno, za 10, 20 i 30%. Kao što se moglo očekivati, sinergizam relevantnih faktora dao je najveće rezultate. Kao što se vidi sa slike 7 ukupno povećanje prihoda je za oko 500 000 eura ili 15%. Prosečno za svakih 10% smanjenja u broju otkaza, vremenu preventivnog održavanja i učestanosti preventivnih akcija ukupan profit preduzeća raste oko 5%. Broj vozila u radionici smanjuje se za 50%, a broj otkaza za oko 30 do 40%.

Troškovi održavanja smanjuju se za 30 do 40% (u ovom slučaju do 400 000 eura godišnje, uz dodatnu mogućnost smanjenja resursa), kao što je prikazano na slici 8. Ovi efekti mogli bi se svrstati u veoma značajne.

Zaključak

Modelovanje i simulacija predstavljaju adekvatnu metodu za istraživanje na polju primene strategija održavanja i kvantifikaciju efekata i troškova. Primena sistemске dinamike ima određene prednosti, jer se njome grade jednostavniji modeli usmereni na rešavanje konkretnih problema. Za modelovanje, simulaciju, eksperimentisanje, analizu i obradu rezultata, korišćenjem navedene tehnike i softverskog paketa, u ovom slučaju bilo je potrebno tridesetak dana.

Nedvosmisleno se potvrđuje da adekvatna primena strategija održavanja znat-

no smanjuje troškove održavanja. Na taj način mogli bi se bolje iskoristiti ili smanjiti postojeći budžeti za održavanje. Primena ovih postupaka usavršavanja sistema održavanja kod velikih sistema, skupe i komplikovane opreme koja ima visok koeficijent eksploatacije je efektivnija nego kod malih sistema gde se može menjati koeficijent eksploatacije opreme. Potvrđeno je i mišljenje da pre uvođenja strategija održavanja treba da se izvrše određena poboljšanja na postojećem sistemu održavanja, u smislu njegovog pravilnog dimenzioniranja, uvođenja informatičke podrške, usavršavanja organizacione strukture, menadž-

menta, postupaka upravljanja i povećanja obučenosti kadra za održavanje.

Literatura:

- [1] Sandy Dunn: Re-inventing the Maintenance Process, Queensland Maintenance Conference, 1998.
- [2] Hans Svee, Hans Jorgen Saebo, Jorn Vatn: Estimating the potential benefit of introducing RCM on railway infrastructure, Safety and Reliability, Rotterdam, 1998.
- [3] Ledet: Manufacturing Game – <http://www.manufacturing-game.com/>, 1994.
- [4] BRITE EURAM III – CRAFT project MELISSA: The practical application of RCM and System Simulation in the sawmill industry, <http://laurel.datsi.fi.upm.es/crail/new/WP2/RCM-sawmills.thm>
- [5] Dave Army: Operational Reliability Maturity Continuum, Strategic Asset Management Inc., sami_01.htm.
- [6] Christer Idhammar: What constitutes world-class reliability and maintenance, Idcon Inc.

Mr Dragoslav Ugarak,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd
Profesor dr
Momčilo Milinović,
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Beograd

ANALIZA UTICAJA GREŠAKA I ŠUMA MERENJA NA TAČNOST ODREĐIVANJA KOORDINATA CILJA*

UDC: 623.4.023.2 : 519.724

Rezime:

U radu je opisan matematički model postupka analize uticaja grešaka merenja pozicije cilja i uticaja šuma na tačnost određivanja koordinata cilja u toku praćenja. Prikazan je postupak izračunavanja grešaka merenja položaja cilja u prostoru obuhvaćenom merenjima ili za unapred određene pravce kretanja ciljeva u vazdušnom prostoru. Opisani pristup ima široku primenu u povećanju verovatnoće pogodaka u sistemima za upravljanje vatrom (SUV), u poboljšavanju kvaliteta ispitivanja sistema za praćenje ciljeva i u optimizaciji pozicioniranja sistema za protivvazдушnu odbranu.

Ključne reči: merenje koordinata, greške merenja, ocena grešaka.

NOISE AND ERRORS ANALYSIS AND INFLUENCES ON TARGET COORDINATES EVALUATION

Summary:

This paper presents a mathematical model of analysing the effects which noise and tracking errors have made during measurements of a target position while determining its coordinates. Here is also presented a procedure for computing errors in measuring a target position in the space comprised by measurements as well as for computing errors in predetermined directions of aerial targets movement. This approach has an extensive application in increasing hit probability of fire control systems, in improving the quality of target tracking system testing, and in the optimization of allocating antiaircraft defence systems.

Key words: coordinates measuring, measuring errors, errors estimate.

Uvod

Uspešnost sistema protivvazdušne odbrane zavisi od pravovremenog određivanja položaja potencijalnih ciljeva i od tačnosti procene njihovih parametara kretanja. Za određivanje položaja cilja u prostoru koriste se radarski ili optoelektronski nišanski uređaji koji omogućavaju automatsko praćenje kretanja cilja i

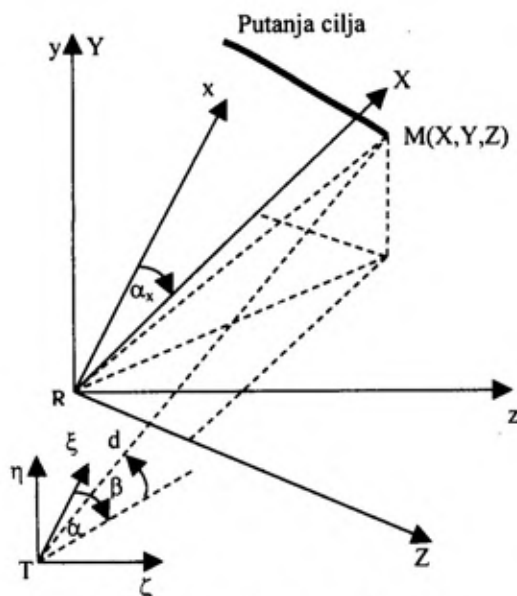
merenje daljine cilja i uglovnih vrednosti optičke ose nišanskog uređaja (nišanske linije). Praćenje cilja u vazdušnom prostoru je proces koji se sastoji od merenja položaja cilja u prostoru i određivanja kinematskih parametara kretanja cilja sa zahtevanom tačnosti. Kinematski parametri kretanja cilja su vektor položaja i vektor brzine cilja i viši izvodi vektora položaja. Određivanje kinematskih parametara vrši se obradom merenih veličina pogodnim matematičkim modelima za

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

ocenjivanje veličina stanja dinamičkih sistema. Da bi se kinematski parametri kretanja cilja mogli dovoljno dobro oceniti potrebno je položaj cilja meriti sa odgovarajućom tačnošću i poznavati statističke karakteristike grešaka merenja.

Merenje i određivanje koordinata cilja

Za određivanje koordinata cilja u prostoru koriste se zemaljski geodetski koordinatni sistemi [1, 2], vezani za merne uređaje $T\xi\eta\zeta$, koji se nazivaju lokalni, i geodetski koordinatni sistemi, vezani za oruđa $Rxyz$, koji se nazivaju referentni. Rotacijom referentnog koordinatnog sistema oko vertikalne ose, za vrednost azimuta pravca gađanja tako da je X -osa usmerena u pravcu gađanja, Y -osa usmerena naviše, a Z -osa u desno, dobija se startni koordinatni sistem $RXYZ$, slika 1.



Sl. 1 – Merenje polarnih koordinata cilja

Određivanje putanje leta cilja [1] sastoji se u merenju njegovih sfernih koordinata (daljine, azimuta i elevacije) u toku praćenja nišanskim radarom ili optoelektronskim nišanskim uređajem sa laserskim daljinomerom i njihovom transformacijom u koordinatni sistem vezan za oruđe. Drugi način određivanja putanje cilja sastoji se u merenju uglova azimuta i elevacije sa dva ili više nišanskih uređaja, zatim izračunavanju koordinata putanje metodom presecanja pravaca viziranja. Koordinate pozicije cilja mogu se odrediti i na osnovu istovremenog merenja daljina sa tri ili više instrumenata.

Ovde će se razmatrati slučaj merenja sfernih koordinata. Na osnovu izmerenih sfernih koordinata tražene tačke $M(d,\alpha,\beta)$, lako se određuju njene pravougle koordinate u geodetskom koordinatnom sistemu $T\xi\eta\zeta$:

$$\begin{aligned}\xi &= d \cos \beta \cos \alpha \\ \eta &= d \sin \beta \\ \zeta &= d \cos \beta \sin \alpha\end{aligned}\quad (1)$$

Koordinate merene tačke u referentnom geodetskom koordinatnom sistemu određene su relacijom:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_t \\ y_t \\ z_t \end{bmatrix} + Brt \begin{bmatrix} \xi \\ \eta \\ \zeta \end{bmatrix}\quad (2)$$

gde su x_t, y_t, z_t koordinate mernog instrumenta u referentnom koordinatnom sistemu $Rxyz$, a Brt je matrica rotacije lokalnog u referentni geodetski koordinatni sistem [2].

Položaj stajnih tačaka nišanskih uređaja i oruđa definiše se geografskim ko-

ordinatama T (Ht, ϕ_t , λ_t) i R (Hr, ϕ_r , λ_r), tako da članovi matrice Brt glase:

$$\begin{aligned} b_{11} &= \cos(\lambda_r - \lambda_t) \sin\phi_r \sin\phi_t + \cos\phi_r \cos\phi_t \\ b_{12} &= -\cos(\lambda_r - \lambda_t) \sin\phi_r \cos\phi_t + \cos\phi_r \sin\phi_t \\ b_{13} &= -\sin(\lambda_r - \lambda_t) \sin\phi_r \\ b_{21} &= -\cos(\lambda_r - \lambda_t) \cos\phi_r \sin\phi_t + \sin\phi_r \cos\phi_t \\ b_{22} &= \cos(\lambda_r - \lambda_t) \cos\phi_r \cos\phi_t + \sin\phi_r \sin\phi_t \\ b_{23} &= \sin(\lambda_r - \lambda_t) \cos\phi_r \\ b_{31} &= \sin(\lambda_r - \lambda_t) \sin\phi_t \\ b_{32} &= -\sin(\lambda_r - \lambda_t) \cos\phi_t \\ b_{33} &= \cos(\lambda_r - \lambda_t) \end{aligned} \quad (3)$$

Položaj startnog koordinatnog sistema RXYZ u odnosu na referentni koordinatni sistem Rxyz, koji pripadaju tački R, određen je azimutom X-ose: α_x . Veza između koordinata tačke M (X, Y, Z) u startnom koordinatnom sistemu i koordinata iste tačke M (x, y, z) u geodetskom referentnom koordinatnom sistemu Rxyz, data je relacijom:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = C \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (4)$$

gde je C matrica rotacije geodetskog koordinatnog sistema Rxyz u startni sistem RXYZ:

$$C = \begin{bmatrix} \cos\alpha_x & 0 & \sin\alpha_x \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin\alpha_x & 0 & \cos\alpha_x \end{bmatrix} \quad (5)$$

Nišanski uređaji za praćenje letećih ciljeva izrađeni su u vidu nosača senzora obrtnih oko vertikalne i horizontalne ose. Davači ugrađeni na obrtne ose mere

uglove azimuta (α_x) i elevacije (β_x) optičke ose senzora (televizijske ili termovizijske kamere), a daljina cilja (d) meri se pomoću ugrađenog laserskog daljinomera ili antene radara. Signali koje šalje nišanski radar proporcionalni su uglovima cilja i daljini cilja, tako da njih treba pravilno obraditi da bi se dobili mereni uglovi i daljina. Isto važi i za signal za daljinu koji daje laserski daljinomer. Video signali sa TV ili IC kamere digitalizuju se u matricu video tačaka (piksela), čijom obradom se određuju koordinate centra siluete cilja (h, v) u odnosu na osu kamere C, (slika 2).

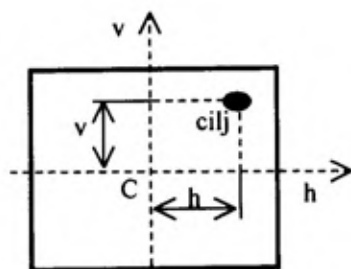
Uglovi azimuta i elevacije optičke ose OC i linije viziranja cilja OH u vidnom polju kadra prikazani su na slici 3. Optička osa OC normalna je na ravan kadra Chv, koja je za OC = d udaljena od kamere za merenje odstupanja h i v, pri čemu se koristi faktor razmere $k = 1/d$. Za određivanje uglova linije viziranja cilja koriste se trouglovi $\triangle OAF$, $\triangle OCD$, $\triangle OHF$ i $\triangle OAF$ sa slike 3, iz kojih se dobija:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \Delta \alpha &= \frac{h}{OA} = \frac{kh}{\cos \beta_s - kv \sin \beta_s} \\ \alpha &= \alpha_s + \Delta \alpha \\ \operatorname{tg} \Delta \beta &= \frac{v}{d} = kv \\ \operatorname{tg} \beta &= \frac{HF}{OF} = \frac{AD}{OA} \cos \Delta \alpha = \\ &= \operatorname{tg}(\beta_s + \Delta \beta) \cos \Delta \alpha \end{aligned} \quad (6)$$

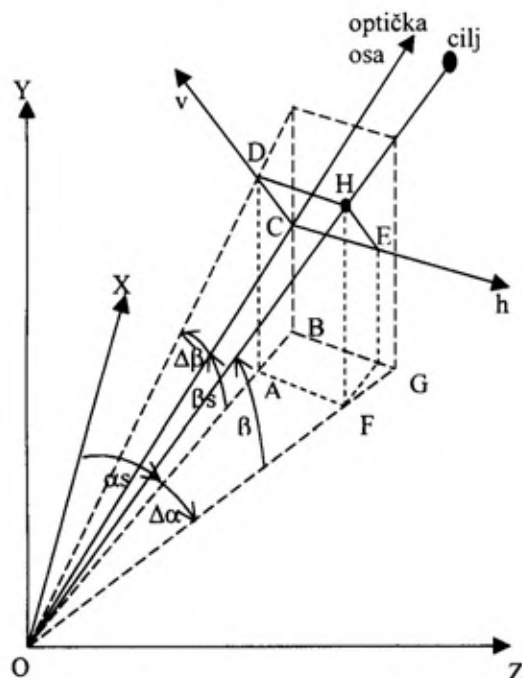
Pošto je vrednost vidnog ugla optike dovoljno mala može se usvojiti da je:

$$\operatorname{tg} \Delta \alpha = \Delta \alpha, \quad \cos \Delta \alpha = 1, \quad \operatorname{tg} \Delta \beta = \Delta \beta \quad (7)$$

Za određivanje lokalnih uglova linije viziranja cilja dobijaju se sledeće jednačine:



Sl. 2 - Izgled snimka cilja



Sl. 3 - Vidno polje snimka objekta praćenja (cilj)

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha_s + \Delta\alpha \\ \beta &= \beta_s + \Delta\beta\end{aligned}\quad (8)$$

Pri tome uglovi odstupanja linije viziranja cilja od optičke ose instrumenta određeni su izrazom:

$$\begin{aligned}\Delta\alpha &= \frac{kh}{\cos\beta_s - kv\sin\beta_s} \\ \Delta\beta &= kv\end{aligned}\quad (9)$$

Model i vrste grešaka merenja daljine i uglova viziranja cilja

Analiza grešaka merenja od velikog je značaja za praćenje ciljeva, zato što većina metoda praćenja zahteva informacije o greškama merenja. Greške merenja su slučajne veličine, takozvani šumovi merenja za koje se uvode određene pretpostavke, saglasno prirodi procesa čije se izlazne veličine mere.

Izlazni signal procesa je aditivno superponiran sa šumom pri merenju:

$$r_m = r + v \quad (10)$$

Ova jednačina je poznata u literaturi [3, 4] kao „opservacioni model“ i definiše način prikupljanja merenih podataka. Ovde je r_m merena vrednost izlaznog signala, r je izlazna veličina procesa dostupna merenju, a v je signal šumova prisutnih pri merenju izlazne veličine. Primljena na merenje polarnih koordinata cilja, jednačina (10) u nekom trenutku merenja, glasi:

$$\begin{bmatrix} \alpha_m(t) \\ \beta_m(t) \\ d_m(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \alpha(t) \\ \beta(t) \\ d(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} v_\alpha(t) \\ v_\beta(t) \\ v_d(t) \end{bmatrix} \quad (11)$$

Korišćenjem jednačine (8) dobija se, da za greške merenja uglova viziranja cilja, važi:

$$\begin{aligned}v_\alpha &= v_{\alpha s} + v_{\Delta\alpha} \\ v_\beta &= v_{\beta s} + v_{\Delta\beta}\end{aligned}\quad (12)$$

Prva i najvažnija pretpostavka u vezi sa greškama merenja je da su sistemat-ske greške isključene, tj. da su svi merni senzori (merači uglova i daljine) izbaždareni i rektifikovani tako da srednje vrednosti grešaka merenja budu jednake nuli:

$$\begin{aligned} E[v_d] &= 0, E[v_{\alpha s}] = 0, E[v_{\beta s}] = 0, \\ E[v_{\Delta \alpha}] &= 0, E[v_{\Delta \beta}] = 0 \end{aligned} \quad (13)$$

To znači da su matematička očekivanja svih merenih veličina jednaka njihovim tačnim vrednostima:

$$E[r_m] = r \quad (14)$$

Slučajne greške (šumovi) u mernim uređajima mogu se smatrati sumom velikog broja mikroskopskih šumova čija rezultujuća raspodela je normalna (Gausova) raspodela. Proces merenja uglova i daljine su nezavisni, pa se pretpostavlja da su šumovi merenja $v_{\alpha s}$, $v_{\beta s}$, $v_{\Delta \alpha}$, $v_{\Delta \beta}$ i v_d međusobno nekorelisani. Vremenske konstante mernih senzora su nekoliko stotina puta manje od vremenskih konstanti praćenih ciljeva. Stoga može se pretpostaviti da greške merenja nisu korelisane u vremenu. Znači da vrednosti grešaka merenja u posmatranom trenutku ne zavise od vrednosti grešaka u prethodnim trenucima merenja. S obzirom na uvedene pretpostavke, varijanse grešaka merenja v_{α} , v_{β} iznose:

$$\begin{aligned} \sigma_{\alpha}^2 &= \sigma_{\alpha s}^2 + \sigma_{\Delta \alpha}^2 \\ \sigma_{\beta}^2 &= \sigma_{\beta s}^2 + \sigma_{\Delta \beta}^2 \end{aligned} \quad (15)$$

Greške merenja sa navedenim osobinama predstavljaju bele Gausove šumove nultih matematičkih očekivanja. Pošto su greške merenja međusobno nekorelisane i vremenski nekorelisane, važi sledeće:

$$\begin{aligned} E[v_{\alpha}(t_1)v_{\beta}(t_2)] &= 0, E[v_{\alpha}(t_1)v_d(t_2)] = 0 \\ E[v_{\beta}(t_1)v_d(t_2)] &= 0, E[v_{\alpha}(t_1)v_{\alpha}(t_2)] = 0 \\ E[v_{\beta}(t_1)v_{\beta}(t_2)] &= 0, E[v_d(t_1)v_d(t_2)] = 0 \\ t_1 \neq t_2, t_1, t_2 \in R \end{aligned} \quad (16)$$

Svi šumovi merenja su Gausovi, odnosno imaju normalnu raspodelu verovatnoće sa nultim matematičkim očekivanjem $v \in N(0, V_v)$. Ovde je V_v varijanska matrica vektora šuma v , čiji dijagonalni elementi su varijanse (disperzije) elemenata vektora v , a nedijagonalni elementi ukazuju na korelaciju (stepen povezanosti) elemenata vektora v :

$$V_v = \begin{bmatrix} \sigma_{\alpha}^2 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_{\beta}^2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_d^2 \end{bmatrix} \quad (17)$$

Greške određivanja uglovnih odstupanja $\Delta \alpha$ i $\Delta \beta$ mogu se, razvojem jednačina (9) u Tejlorov red, dobiti u linearnoj zavisnosti od grešaka merenja veličina ξ , η i βs :

$$\begin{aligned} \Delta(\Delta \alpha) &= \frac{\partial \Delta \alpha}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial \Delta \alpha}{\partial v} \Delta v + \frac{\partial \Delta \alpha}{\partial \beta s} \Delta \beta s \\ \Delta(\Delta \beta) &= \frac{\partial \Delta \beta}{\partial h} \Delta h + \frac{\partial \Delta \beta}{\partial v} \Delta v + \frac{\partial \Delta \beta}{\partial \beta s} \Delta \beta s \end{aligned} \quad (18)$$

Varijanse uglovnih odstupanja $\Delta \alpha$ i $\Delta \beta$ dobijaju se u obliku:

$$\begin{aligned} \sigma_{\Delta \alpha}^2 &= \left(\frac{\partial \Delta \alpha}{\partial h} \right)^2 \sigma_h^2 + \left(\frac{\partial \Delta \alpha}{\partial v} \right)^2 \sigma_v^2 + \left(\frac{\partial \Delta \alpha}{\partial \beta s} \right)^2 \sigma_{\beta s}^2 \\ \sigma_{\Delta \beta}^2 &= \left(\frac{\partial \Delta \beta}{\partial h} \right)^2 \sigma_h^2 + \left(\frac{\partial \Delta \beta}{\partial v} \right)^2 \sigma_v^2 + \left(\frac{\partial \Delta \beta}{\partial \beta s} \right)^2 \sigma_{\beta s}^2 \end{aligned} \quad (19)$$

Jednačine (19) daju funkcionalnu zavisnost srednje kvadratne greške uglovnih odstupanja od ugla elevacije optičke ose instrumenta:

$$\sigma_{\Delta \alpha} = f(\beta_s), \quad \sigma_{\Delta \beta} = f(\beta_s) = k \sigma_{\eta} \quad (20)$$

Srednje kvadratne greške merenja uglova optičke ose i daljine kod savremenih nišanskih uređaja na osnovu podataka proizvođača, iznose:

– za nišanski radar:

$$\sigma_{\alpha s} = \sigma_{\beta s} = 0,25 \text{ mrad} = 50'' \text{ i } \sigma_d = 5 \text{ m}$$

– za optoelektronski sistem: (21)

$$\sigma_{\alpha s} = \sigma_{\beta s} = 0,25 \text{ mrad} = 5'' \text{ i } \sigma_d = 2 \text{ m}$$

Ako se usvoji uobičajena rezolucija snimka od 50 linija/mm, tada srednje kvadratne greške obrade snimka iznose:

$$\sigma_{\xi} = \sigma_{\eta} = \frac{1}{50} = 0,02 \text{ mm} \quad (22)$$

Za faktor razmere k uzima se recipročna vrednost žižine daljine objektiva $f = 1500 \text{ mm}$ ili $f = 3000 \text{ mm}$.

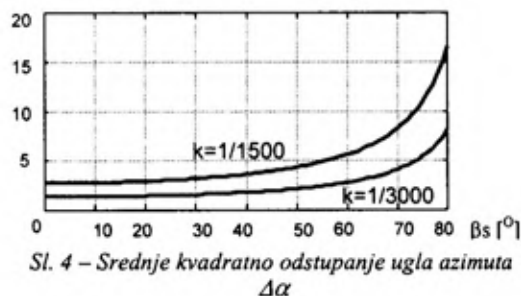
Zavisnosti (20) određene su za $\beta \in (0, 80^\circ)$ i prikazane su na dijagramima na slici 4 i slici 5.

Greška određivanja ugla $\Delta\beta$ zavisi, u osnovnom, od greške obrade snimka, a greška određivanja ugla $\Delta\alpha$, pored greške obrade snimka, zavisi i od veličine ugla elevacije β s optičke ose teodolita. Priroda te zavisnosti je takva da se greška $\sigma_{\Delta\alpha}$ neograničeno uvećava kada elevacija β_s raste ka vrednosti od 90° . Međutim, za vrednosti elevacije do $60\text{--}70^\circ$ može se smatrati da greška određivanja ugla $\Delta\alpha$ ne zavisi od ugla elevacije β_s i tada važe pretpostavke o međusobno nekoreliranim greškama merenja.

Određivanje grešaka merenja pravouglanih koordinata cilja

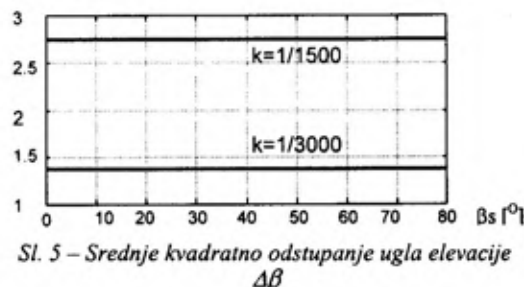
Greške merenja koordinata putanje cilja mogu se oceniti vrednostima njihovih disperzija, odnosno srednje kvadratnih odstupanja $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$. Merenje pravouglanih koordinata putanje cilja (X, Y, Z) vrši se posredno, transformacijom me-

$$\sigma_{\Delta\alpha} [']$$



Sl. 4 – Srednje kvadratno odstupanje ugla azimuta $\Delta\alpha$

$$\sigma_{\Delta\beta} [']$$



Sl. 5 – Srednje kvadratno odstupanje ugla elevacije $\Delta\beta$

renja polarnih koordinata (α, β, d). Radi toga greške merenja pravouglanih koordinata međusobno su korelativne.

Greške merenja polarnih koordinata u lokalnom sistemu mernog instrumenta date su matricom varijansi merenih veličina (17). Pravougla koordinate putanje projektila u lokalnom geodetskom koordinatnom sistemu date su jednačinama (1). Greške određivanja koordinata x, y, z mogu se, razvojem tih jednačina u Tejlorov red, dobiti u vidu linearne zavisnosti od grešaka merenja polarnih koordinata α, β, d . Za određivanje matrice kovarijansi grešaka merenja u pravouglanim koordinatama može se tada upotrebiti relacija:

$$V_{\xi} = F V_{\alpha} F^T \quad (23)$$

gde su:

$$V_{\xi} = \begin{bmatrix} \sigma_{\xi}^2 & \sigma_{\xi\eta}^2 & \sigma_{\xi\zeta}^2 \\ \sigma_{\xi\eta}^2 & \sigma_{\eta}^2 & \sigma_{\eta\zeta}^2 \\ \sigma_{\xi\zeta}^2 & \sigma_{\eta\zeta}^2 & \sigma_{\zeta}^2 \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$F = \frac{\partial(\xi, \eta, \zeta)}{\partial(\alpha, \beta, d)} = \begin{bmatrix} \frac{\partial\xi}{\partial\alpha} & \frac{\partial\xi}{\partial\beta} & \frac{\partial\xi}{\partial d} \\ \frac{\partial\eta}{\partial\alpha} & \frac{\partial\eta}{\partial\beta} & \frac{\partial\eta}{\partial d} \\ \frac{\partial\zeta}{\partial\alpha} & \frac{\partial\zeta}{\partial\beta} & \frac{\partial\zeta}{\partial d} \end{bmatrix} \quad (25)$$

Rešavanjem matrične jednačine (23) dobija se:

$$\begin{aligned} \sigma_{\xi}^2 &= \zeta^2 \sigma_{\alpha}^2 + \frac{\xi^2 \eta^2}{\xi^2 + \zeta^2} \sigma_{\beta}^2 + \frac{\xi^2}{d^2} \sigma_d^2 \\ \sigma_{\eta}^2 &= (\xi^2 + \zeta^2) \sigma_{\beta}^2 + \frac{\eta^2}{d^2} \sigma_d^2 \\ \sigma_{\zeta}^2 &= \xi^2 \sigma_{\alpha}^2 + \frac{\eta^2 \zeta^2}{\xi^2 + \zeta^2} \sigma_{\beta}^2 + \frac{\zeta^2}{d^2} \sigma_d^2 \\ \sigma_{\xi\eta}^2 &= -\xi\eta \sigma_{\beta}^2 + \frac{\xi\eta}{d^2} \sigma_d^2 \\ \sigma_{\xi\zeta}^2 &= -\xi\zeta \sigma_{\alpha}^2 + \xi\zeta \frac{\eta^2}{\xi^2 + \zeta^2} \sigma_{\beta}^2 + \frac{\xi\zeta}{d^2} \sigma_d^2 \\ \sigma_{\xi\eta\zeta}^2 &= -\eta\zeta \sigma_{\beta}^2 + \frac{\eta\zeta}{d^2} \sigma_d^2 \end{aligned} \quad (26)$$

Matrica kovarijansi grešaka merenja u startnom koordinatnom sistemu RXYZ, dobija se uvođenjem matrice rotacije lokalnog geodetskog koordinatnog sistema u referentni geodetski koordinatni sistem B_n i matrice C , za rotaciju referentnog geodetskog koordinatnog sistema $Rxyz$ u startni sistem RXYZ:

$$V_x = C B_n V_{\xi} B_n^T C^T \quad (27)$$

Ocena grešaka merenja mernog sistema

Analiza mogućnosti praćenja leta određenih ciljeva pomoću postojećeg mernog sistema, ili pri formiranju novog mernog sistema, zahteva ocenjivanje grešaka merenja mernog sistema. Primenom jednačina za određivanje matrica varijansi za svako pojedinačno merenje položaja cilja moguće je odrediti srednju kvadratnu grešku određivanja koordinata i drugih parametara leta u funkciji vremena. Tako se za svaku kinematsku veličinu kretanja cilja može odrediti srednja kvadratna greška njenog određivanja u bilo kom trenutku.

Jednačine za određivanje matrica varijansi omogućavaju da se za unapred pretpostavljenu putanju ili ravan kretanja cilja, ocene greške merenja u funkciji položaja cilja u prostoru. Srednje kvadratne greške određivanja koordinata su funkcije koordinata tačke u prostoru obuhvaćenom merenjem:

$$\sigma_{x,y,z} = f(X, Y, Z) \quad (28)$$

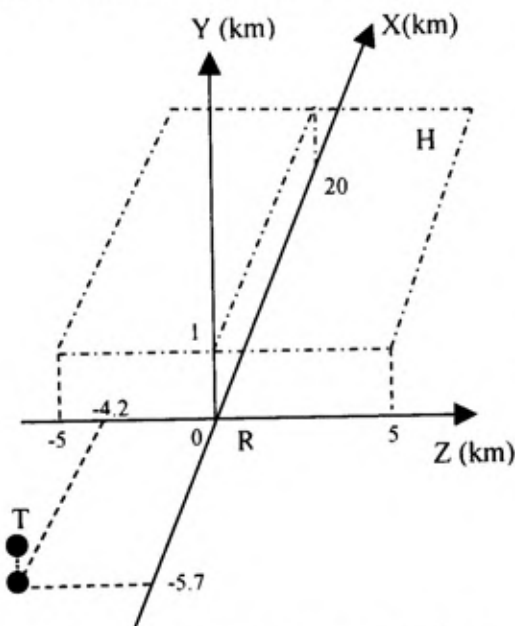
Ako se let cilja na delu putanje odvija u horizontalnoj ravni, na određenoj visini $Y = H$, tada se variranjem vrednosti za X i Z mogu dobiti vrednosti srednje kvadratnih grešaka određivanja parametara leta cilja u toj ravni. Na osnovu izračunatih vrednosti srednje kvadratnih grešaka, u izabranoj ravni, mogu se nacrtati takozvani konturni dijagrami, odnosno krive u kojima su vrednosti srednje kvadratnih grešaka konstantne. Ovakvi dijagrami predstavljaju ocene grešaka merenja za konkretno izabranu konfiguraciju mernog sistema i služe za analizu tačnosti merenja pri izboru merne

opreme, izboru rasporeda merne opreme, ili izboru mogućih putanja leta cilja, u toku planiranja PA odbrane.

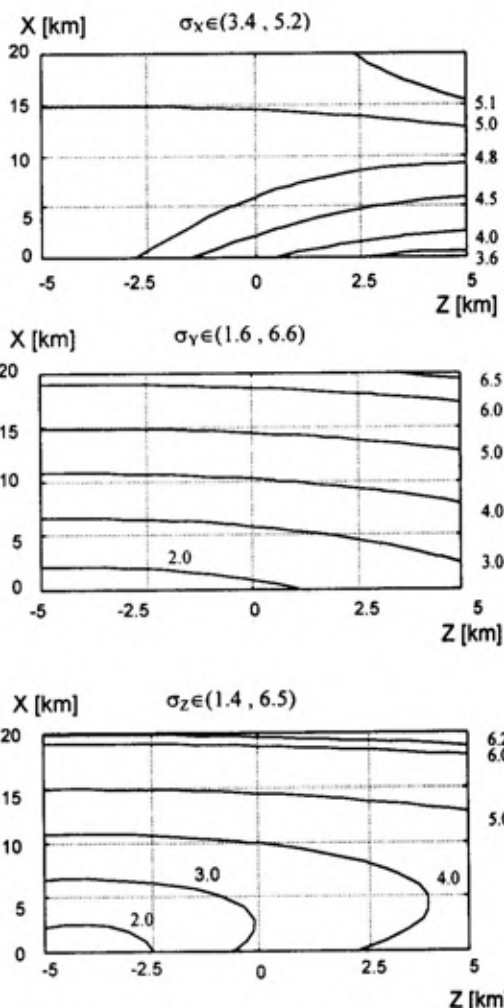
Simulacija grešaka određivanja koordinata cilja u horizontalnoj ravni

Primenom jednačina za određivanje matrica varijansi izvršena je numerička simulacija određivanja grešaka merenja u funkciji koordinata trenutnog položaja cilja u prostoru.

Pri praćenju cilja koji se kreće u horizontalnoj ravni XZ u oblasti: $X \in [0, 20000 \text{ m}]$ i $Z \in [-5000 \text{ m}, 5000 \text{ m}]$ na visini od $Y = 1000 \text{ m}$ vrednosti srednje kvadratne greške koordinata određene su u funkciji položaja cilja i nacrtani su konturni dijagrami rasporeda grešaka, pri čemu su usvojene sledeće vrednosti koordinata mernog instrumenta:



Sl. 6 – Položaj mernog instrumenta T i oblasti merenja koordinata u ravni H : $Y = 1000 \text{ m}$

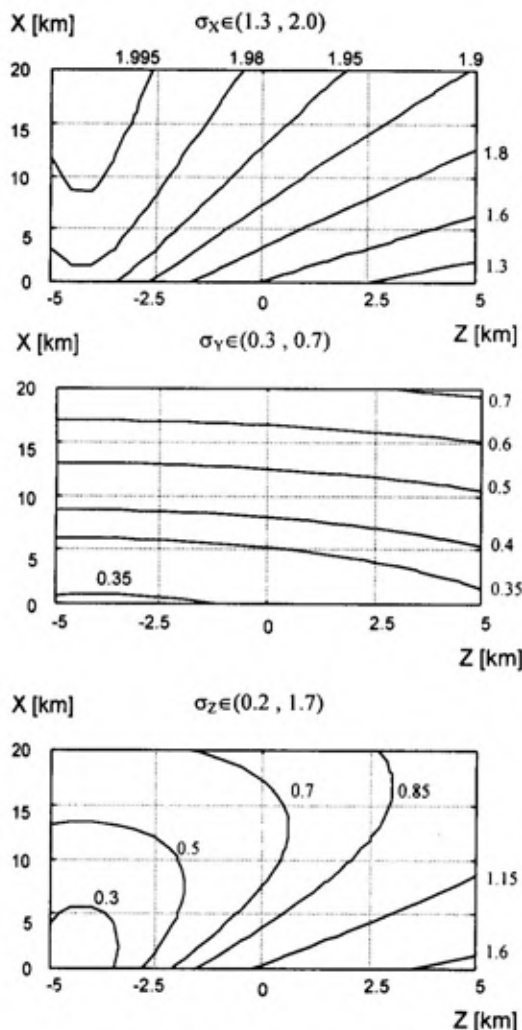


Sl. 7 – Srednje kvadratne greške određivanja koordinata u horizontalnoj ravni XZ za $Y = 1000 \text{ m}$, pri merenju pozicije pomoću rada

$X = -5700 \text{ m}$, $Y = 1000 \text{ m}$, $Z = -4200 \text{ m}$

Srednje kvadratne greške određivanja koordinata položaja cilja u referentnom koordinatnom sistemu određene su za sledeće uslove:

– putanja cilja meri se pomoću rada, pri čemu je poznato da srednje kvadratne greške merenja uglova i daljine iznose:



Sl. 8 – Srednje kvadratne greške određivanja koordinata u horizontalnoj ravni XZ za $Y = 1000$ m, pri merenju pozicije pomoću OENU sa laserskim daljinomerom

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_{\beta} = 50'' \text{ i } \sigma_d = 5 \text{ m}$$

Putanja cilja meri se pomoću optičko-elektronskog nišanskog uređaja sa laserskim daljinomerom (OENUL), pri čemu srednje kvadratne greške merenja uglova azimuta, elevacije i daljine položaja cilja u prostoru iznose:

$$\sigma_{\alpha} = \sqrt{\sigma_{\alpha_s}^2 + \sigma_{\Delta\alpha}^2} = \sqrt{5^2 + 2^2} = \sqrt{29} (")$$

$$\sigma_{\beta} = \sqrt{\sigma_{\beta_s}^2 + \sigma_{\Delta\beta}^2} = \sqrt{5^2 + 2^2} = \sqrt{29} (")$$

$$\sigma_d = 2 \text{ m}$$

Za $\sigma_{\Delta\alpha}$ i $\sigma_{\Delta\beta}$ usvojeno je da iznose 2'', saglasno dijagramima na slikama 4 i 5, a ostale vrednosti su poznate karakteristike sistema.

Proračun srednje kvadratnih grešaka određivanja koordinata urađen je na bazi jednačina izvedenih u prethodnom poglavlju, simulacijom na računaru, a dobijeni dijagrami dati su na slikama 7 i 8.

Analizom datih dijagrama može se zaključiti da se veća tačnost postiže pri merenju teodolitom sa laserskim daljinomerom ($\sigma_x = 1,95$ m, $\sigma_y = 0,7$ m, $\sigma_z = 0,7$ m). Kod merenja radarom, na 20 km daljine srednje kvadratne greške određivanja koordinata znatno su veće (iznose $\sigma_x = 5,2$ m, $\sigma_y = 6,5$ m, $\sigma_z = 6,5$ m), zato što su greške određivanja uglova i daljine kod radara veće nego kod OENU sa laserom.

Zaključak

Kvalitet merenja položaja cilja, u toku postupka njegovog praćenja, bitno utiče na uspešnost ocenjivanja kinematskih parametara kretanja cilja, a time i na efikasnost sistema za upravljanje vatrom.

U radu je predložena metodologija analize uticaja grešaka merenja na tačnost određivanja koordinata cilja koji se prati u realnom vremenu. Predloženi algoritam može se, uz pomoć savremene tehnologije, iskoristiti u brojnim primenama za povećanje verovatnoće pogađanja u sistemima za upravljanje vatrom, u povećanju kvaliteta ispitivanja sistema za praćenje

ciljeva i u optimizaciji lociranja sistema za protivvazdušnu odbranu sa ciljem povećanja njene efikasnosti.

Uz pomoć prigodnog matematičkog aparata izvršena je analiza uticaja grešaka merenja pozicije cilja i uticaja šuma na tačnost određivanja koordinata cilja u toku praćenja. U analizi je pretpostavljeno da su greške merenja uglova azimuta i elevacije i daljine cilja fiksne, zatim, da slučajne greške imaju Gausovu raspodelu i da međusobno nisu korelisane, dok su sistemske merne greške isključene. Navedene pretpostavke olakšale su analizu, a nisu značajnije uticale na njen kvalitet.

Na osnovu izvršene analize i datih dijagrama raspodele grešaka merenja u praćenju cilja, mogu se izvesti opšti zaključci da tačnost merenja pozicije cilja zavisi ne samo od grešaka merenja azimuta, elevacije i daljine cilja, nego i od trajektorije leta cilja, kao i od razmeštaja uređaja za merenje pozicije cilja.

Budući rad na opisanom pristupu može se razvijati u dva pravca. Jedan podrazumeva analizu uticaja grešaka merenja na tačnost određivanja koordinata praćenog cilja u modelima koji su bliži realnim uslovima, a drugi aplikaciju prikazanog. Od širokog spektra mogućih primena posebnu pažnju zaslužuje primena ovog pristupa u razvoju sistema za upravljanje vatrom sa ciljem povećanja verovatnoće pogodaka.

Literatura:

- [1] Ugarak, D.: Određivanje pozicije cilja memom opremom sa Zemlje, Stručni skup, Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO, Tehnički opitni centar Beograd, 2003.
- [2] Ugarak, D.: Problemi merenja performansi raketnih sistema u toku ispitivanja opremom sa zemlje, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2000.
- [3] Debeljković, D.: Stohastički linearni sistemi automatskog upravljanja, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
- [4] Milinović, M., Dodić N.: Modeliranje sistema upravljanja vatrom i praćenja vazdušnih ciljeva, Mašinski fakultet, Beograd, 2002.
- [5] CONTRAVES: SKYTRACK Cinetheodolite Concept, Zurich, 1989.
- [6] RCA: NIDIR Digital Instrumentation Radar, Radar set AN/TPQ, 1987.

Rezime:

U radu je dat primer primene jedne vrste niskofrekventnog filtriranja sa usrednjavanjem, koje se primenjuje u sistemima za detekciju i praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru primenom termovizije. Date su dve metode filtriranja slike. Prva metoda koristi niskofrekventno konvoluciono filtriranje a druga usrednjavajući filter na osnovu srednje vrednosti nivoa sivog. Ovi filteri su primenjeni u sistemima za praćenje uz pomoć infracrvenih senzora. Određivanje nivoa praga filtriranja vrši se uz pomoć statističkih osobina slike. Veoma važan korak u procesu praćenja je određivanje prozora praćenja, koji može biti, po dimenzijama, fiksiran ili adaptibilan. Pogrešna procena o postojanju cilja u prozoru može se doneti u slučaju prisustva šuma pozadine, predpojačavača, detektora, itd. Filtriranje je neophodan korak u ovim sistemima, kao značajan činilac u povećanju brzine i tačnosti praćenja.

Ključne reči: filtriranje šuma, praćenje ciljeva, termovizija.

**AN EXAMPLE OF IMAGE FILTERING IN TARGET TRACKING
SYSTEMS WITH THERMAL IMAGERY**

Summary:

A case of image filtering in air target detecting and tracking systems is described in this paper. Two image filtering methods are given. The first method is performed using a low pass convolving filter and the second one uses the mean value of gray level filter. The main goal of the cited filtering is implementation in IR (infra red) systems. Some statistical features of the images were used for selecting the threshold level. The next step in the algorithm is the determination of a „tracking window“ that can be fixed or adaptive in size. A false estimation of a target existing in the window may be influenced by the background noise, low noise amplifier, detector, etc.

Key words: noise filtering, target tracking, thermal imagery.

Uvod

U slučaju filtriranja slike za otkrivanje i praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru opisane su dve metode filtriranja slike koje su primenjene u konkretnom algoritmu za otkrivanje i praćenje, iz familije korelacionih algoritama. Projektovan je za sisteme praćenja pokretnih objekata u va-

zдушnom prostoru primenom termovizije. Proces praćenja pokretnih objekata primenom termovizije može se definisati u nekoliko koraka. Prvi korak je otkrivanje i identifikacija cilja i određivanje koordinata. Sledi odabiranje metode filtriranja slike, na osnovu praga koji je postavljen analizom njenih statističkih osobina. Sledeći korak je određivanje „prozora praće-

nja“, koji može biti fiksni ili adaptibilan. Šum na slici potiče od pozadine, detektora, kvantovanja, kanala, pretpojačavača slike, itd. U daljoj obradi ovaj šum može da dovede do pogrešne odluke o postojanju cilja, pomeranju pojedinih objekata na sceni, itd. Filtriranjem šuma dolazi do oštećenja neke od korisnih informacija na slici, pa je potreban određen kompromis između ova dva zahteva. Obrada se vrši u dva koraka – u prvom koraku se filtrira slika, a u drugom se formira „binarna“ (crnobela) slika.

Opis primenjenih metoda filtriranja

Prostorno filtriranje

Prostornim filtriranjem naziva se proces korišćenja prostornih maski za filtriranje slike, nasuprot filtriranju u frekvencijskom domenu, gde se najčešće koristi Furijeova transformacija. Ovi filtri mogu biti linearni ili nelinearni. U teoriji linearnih filtara transfer funkcija predstavlja inverznu Furijeovu transformaciju impulsnog odziva. Drugim rečima, niskofrekventni filtri slabe ili eliminišu komponentu visoke frekvencije u Furijeovom domenu, dok su komponente niskih frekvencija malo oslabljene. U slučaju visokofrekventnog filtra ova situacija je obrnuta, tj. slabe se i eliminišu komponente niske frekvencije.

Ako se sa Y označi početna slika, dimenzija (W, Q) , i ako je H prenosna funkcija filtra, u opštem slučaju važi za filtriranu sliku [1], gde je $*$ oznaka konvolucije u prostornom domenu:

$$G(x, y) = H(x, y) * Y(x, y) \quad (1)$$

Filtriranje usrednjavanjem vrednosti nivoa sivog

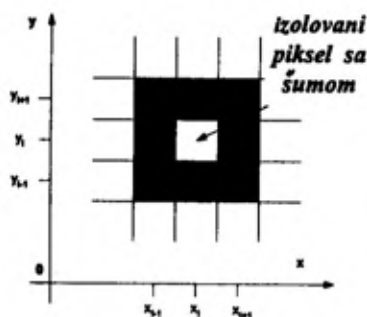
Prvi korak u predobradi slike je niskofrekvencijsko filtriranje, odnosno primena filtra, zasnovanog na izračunavanju srednje vrednosti grupe piksela, odnosno filtra sa usrednjavanjem. Srednja vrednost S , nivoa sivog L , grupe $k \times k$ piksela, može se predstaviti pomoću izraza:

$$S = \frac{1}{k^2} \sum_{x_i} \sum_{y_j} L_{ij} \quad (2)$$

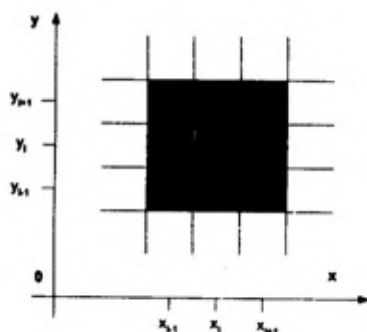
Prilikom procesa filtriranja slike postiže se efekat „glačanja“, što može da dovede do gubitka nekih značajnih detalja na slici ili takozvanog „razmazivanja“ ivica. Ove pojave izazivaju gubitak finih detalja u slici. Ako je filtriranje slike od šuma važnije od procesa ublažavanja ivica, kao alternativna metoda koristi se „usrednjavajući“ filter. Na slici koja je filtrirana ovom metodom svaki piksel je zamenjen usrednjenom vrednošću nivoa sivog nekoliko susednih piksela. U izrazu (3) navodi se nekoliko najčešće korišćenih „maski“, veličine 3×3 , 4×4 i 5×5 piksela, koje se pomeraju za po jedan piksel po redovima i kolonama, množeći odgovarajuću matricu piksela [1].

$$S = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} S = \frac{1}{16} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

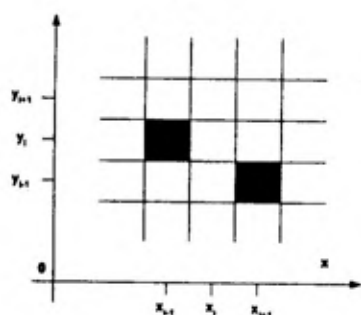
$$S = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



a)



b)



c)

Sl. 1 – Primer filtriranja šuma grupe piksela:
a) sa izolovanim šumom u sredini; b) posle NF
filtriranja usrednjavanjem; c) posle filtriranja sa
zadatim pragom

Radi lakše analize, razmatraće se primer matrice dimenzija 3×3 piksela ($k = 3$), koji su raspoređeni kao što pokazuje slika 1a. Na slici 1b prikazani su re-

zultati primene maske ove matrice, u kojoj svi elementi imaju vrednost nivoa sivog S . Sledeći korak predstavlja formiranje binarne slike. Ona je dobijena iz slike filtrirane usrednjavanjem, tako što su sve vrednosti nivoa sivog piksela iznad praga ϵ , dobile vrednost 1 (beli piksel), a vrednosti ispod ovog praga imaju vrednost 0 (crni piksel). Na slici 1c data je ista matrica piksela sa primenjenim filtrom za binarnu sliku. Unutar nje svi elementi matrice slike moraju da zadovolje uslov da njihova srednja vrednost bude veća od unapred zadatog praga. Ako ϵ predstavlja unapred zadati prag, dobijen ekvalizacijom histograma ili nekom drugom metodom, tada je za svaki piksel L_{ij} filtrirane slike ispunjen uslov:

$$|S - L_{ij}| > \epsilon \quad (4)$$

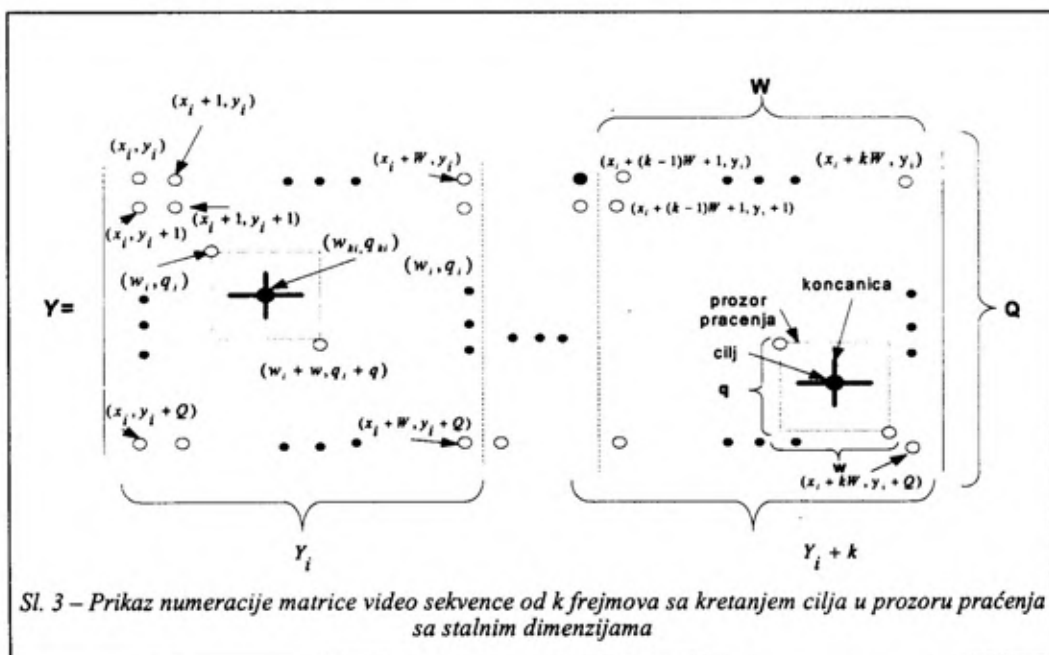
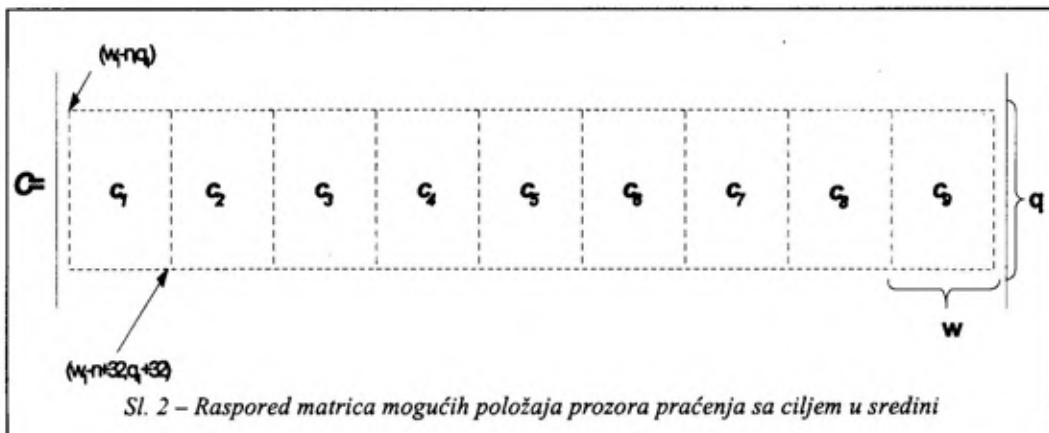
Formiranje baze slika za testiranje filtra

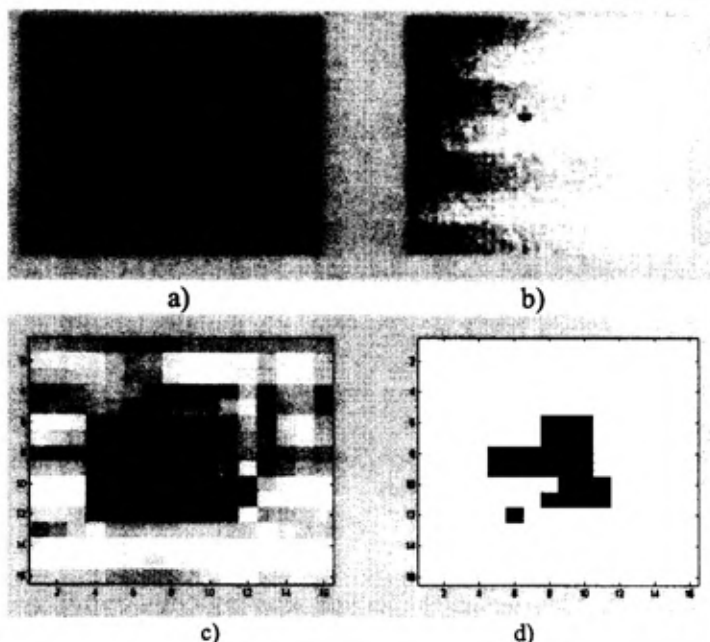
Početni korak pri testiranju algoritma predstavlja formiranje baze podataka. Naime, potrebno je formirati bazu sukcesivnih slika u kojima se cilj kreće po nekoj zadatoj putanji. Parametar koji se koristi pri komparaciji kvaliteta primenjenih filtara jeste uspešnost otkrivanja i praćenja pokretnog cilja metodom korelacionih koeficijenata [2]. U ovoj fazi potrebno je odrediti mehanizam podešavanja korelacionog operatora, u odnosu na pomeraj cilja. Ova baza je formirana digitalizacijom 100 sukcesivnih slika (25 slika u sekundi) jedne video sekvence kretanja cilja u trajanju od četiri sekunde.

Korelacione matrice za izračunavanje koeficijenata korelacije

Teorijska razmatranja digitalizacije matrice slike iz jednačina daju nam parametre za formiranje odgovarajućih matrica mogućeg položaja cilja u narednom frejmu pokretne sekvence slike. Matrica korelacionih „maski“ C sastoji se od devet submatrica, $c_1, c_2, \dots, c_9$, adekvatno

moćnim narednim pravcima pomeranja prozora praćenja u okviru matrice slike. Submatrice imaju isti broj redova (linija) kao i matrica C , i 9 puta manje kolona. To su pravci zapad, severozapad, sever, severoistok, istok, jugoistok, jug, jugozapad i nepromenjen položaj respektivno u odnosu na elemente matrice C . Oni su poredani kao elementi matrice, kao što pokazuje slika 2.





Sl. 4 – Faze procesa praćenja:

- a) početna slika sa realnom pozadinom i ciljem;
- b) posle filtriranja usrednjavanjem 4×4
- c) cilj u prozoru praćenja;
- d) formiranje crno-bele slike postavljanjem praga

Numeraciju piksela pokazuje slika 3. Na njoj je prikazan izgled matrice Y koja predstavlja video sekvencu dužine k „frejmova“. Ona je formirana od k sukcesivnih slika $y_1, y_{1+1}, y_{1+2}, \dots, y_{1+k}$ u kojima se cilj, zajedno sa prethodno definisanim prozorom praćenja, pomera određenom brzinom u nekom od devet pravaca, kako je dato u prethodnoj matrici C .

Svaki „frejm“ u sekvenci je dimenzija $W \times Q$, a matrica Y je dimenzija $kW \times Q$. U svakom frejmu nalazi se prozor praćenja u kojem se cilj nalazi u centru. Dimenzije prozora praćenja su hipotetički stalnih dimenzija $w \times q$, ali se on može menjati u zavisnosti od dimenzija cilja. Pored toga, pretpostavka je da se dimenzije cilja u celoj video sekvenci ne menjaju, i da se on nalazi u centru prozora praćenja. Početne koordinate cilja, koje se izračunavaju u prvom frejmu su

(w_k, q_k) . Na osnovu njih se izračunavaju koordinate prozora praćenja (w_p, q_p) , tako što su koordinate cilja centar prozora praćenja.

Rezultati simulacije praćenja

Radi ispitivanja pouzdanosti metode zadata je putanja kretanja cilja, koja obuhvata neke brze manevarske pokrete letelice, kao i pravolinijsko kretanje, za sve moguće slučajeve kretanja cilja. Na slici 4 prikazane su četiri faze algoritma praćenja. Posle dvostrukog filtriranja prvog frejma video sekvence, određivanjem početnih koordinata detektovanog cilja, formira se prozor praćenja, sa končanicom u centru cilja. Dimenzije prozora se menjaju u zavisnosti od dimenzija cilja. Usvojeno je da dimenzija prozora bude dva puta veća od dimenzija cilja [3].

Sledeći korak predstavlja množenje matrice tako formirane slike sa matricama koje su dobijene isecanjem originalne slike, na način kako je definisano korelacionim „maskama“ [2].

$$c(s, t) = \frac{\sum_x \sum_y [f(x, y) - \bar{f}(x, y)] [w(x-s, y-t) - \bar{w}]}{\left\{ \sum_x \sum_y [f(x, y) - \bar{f}(x, y)]^2 \sum_x \sum_y [w(x-s, y-t) - \bar{w}]^2 \right\}^{1/2}} \quad (5)$$

gde je:

$s = 0, 1, \dots, W-1$, $t = 0, 1, \dots, Q-1$ a $\bar{w}$ i $\bar{f}$ predstavljaju srednje vrednosti posmatranih matrica. Tako se formira 9 koeficijena korelacije, za svaki novi mogući pomeraj cilja po jedan. Najvećem koeficijentu korelacije ujedno pripada stvarni smer pomeraja cilja. Veličina pomeraja određena je predikovanim vrednostima koje se dobijaju primenom Kalmanovog filtra, odnosno estimacijom budućeg stanja na osnovu vektora kretanja cilja. Za inicijalizaciju Kalmanovog filtra koriste se prva tri položaja cilja. Zato prve vrednosti merenja efikasnosti predloženih filtera (slika 7) počinju od 4. kadra. Na slici 5 prikazano je devet mogućih položaja cilja u matrici prozora praćenja, sa predloženim filtriranjem slike, vezano za izračunavanje korelacionih koeficijenata.

Na slici 6 prikazana je binarna slika „prozora“ praćenja, na osnovu praga nivoa sivog definisanog, kao aritmetička sredina nivoa sivog u celom prozoru. Svaki od ovih položaja ima svoj koeficijent korelacije koji je vezan sa prethodnom slikom, a koristi se samo onaj sa najvećim koeficijentom korelacije.

Daljom i detaljnijom analizom dobijenih slika u prozoru praćenja moguće je preciznije izračunati koeficijente korela-

Koeficijenti korelacije c , dve matrice slike ($f(x, y)$ i $w(x, y)$) izračunavaju se po literaturi [1], imaju normalizovane vrednosti između 0 i 1, na osnovu izraza:

cije, postavljanjem adaptibilnog praga na vrednost dobijenu na osnovu neke druge statističke vrednosti nivoa sivog [4].

Za ilustraciju rezultata postignutih simulacijom izabran je grafik odnosa potrebnog procesorskog vremena za izračunavanje korelacionih koeficijenata sa filtriranjem (T_f) i bez filtriranja (T_w), dat izrazom:

$$T_f = \frac{t_f}{t_i} 100 [\%] \quad (6)$$

odnosno

$$T_w = \frac{t_w}{t_i} 100 [\%] \quad (7)$$

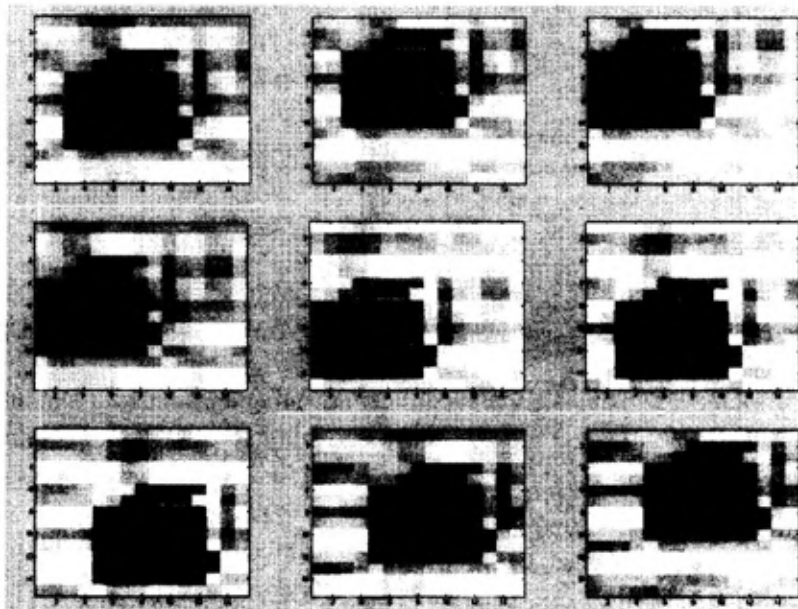
pri čemu je:

t_f – vreme potrebno za izračunavanje koeficijenata korelacije bez filtriranja (time without filtering);

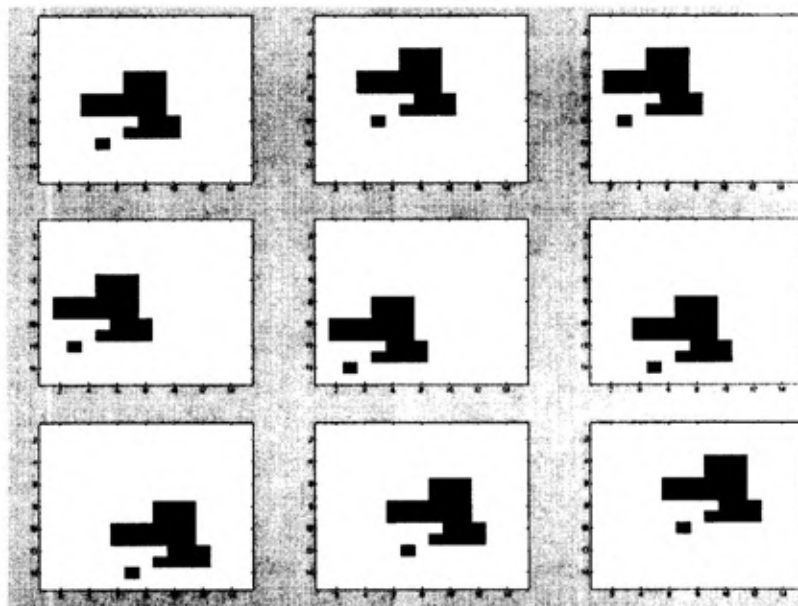
t_w – vreme potrebno za izračunavanje koeficijenata korelacije sa filtriranjem (time for filtering);

t_i – ukupno vreme jednog ciklusa praćenja (total time).

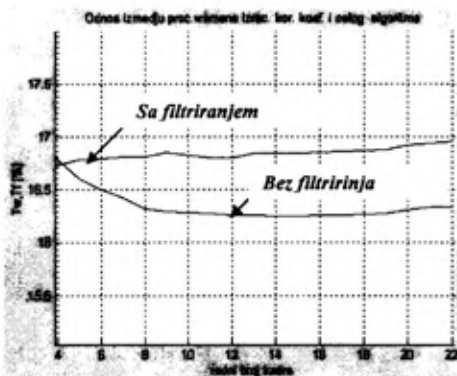
Na slici 7 prikazani su dijagrami izmerenih odnosa vremena za predobradu slika u procentima, korišćenjem simulacionog paketa MATLAB 5.2 IMAGE



Sl. 5 – Rezultati simulacije filtriranja metodom usrednjavanja u prozoru praćenja (matrice korelacionih koeficijenata od c1 do c9 respektivno)



Sl. 6 – Rezultati simulacije formiranja crno-bele slike u prozoru praćenja za svih devet korelacionih matrica



Sl. 7 – Odnos vremena potrebnog za izračunavanje korelacionih koeficijenata sa filtriranjem i bez filtriranja slike

PROCESSING TOOLBOX (komande *tic* i *toc*), odnosno, dat je procentualni odnos participiranja izračunavanja korelacionih koeficijenata sa i bez filtriranja i celokupnog vremena algoritma za praćenje.

Dijagram počinje rezultatima za četvrti kadar, zbog inicijalizacije algoritma u smislu otkrivanja i pozicioniranja koordinata cilja, upisivanjem rezultata u vektor stanja kretanja cilja i predviđanja narednih stanja. Iz dijagrama se može videti da je utrošak procesorskog vremena za filtriranje slike neznatan (od 0,1% do 0,65%) u odnosu na vreme koje je potrebno za izvršavanje celog procesa praćenja.

Iz ovog dijagrama vidi se da upotreba filtra neznatno utiče na proces formiranja korelacionih maski i izračunavanje korelacionih koeficijenata, koji inače „troši“ oko 16% procesorskog vremena. S druge strane, upotreba filtera je neophodna zbog povećanja preciznosti algoritma i otklanjanja mogućnosti pojave „lažnih“ ciljeva na slici. Za dalje povećanje efikasnosti filtera za poboljšanje slike potrebno je posmatrati svaki „frejm“ kao stohastički promenljivi signal, kao što je dato u literaturi [5] i [6].

Rezultati prikazani u radu opravdavaju primenu poboljšanja filtriranjem slike u algoritmu za praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru. Pojavom veoma brzih procesora slike omogućena je brza i jednostavna izmena pojedinih parametara u sistemu, na softverskom nivou. Softverski paket je urađen sekvencijalno sa mogućnošću promene svih parametara (dimenzija prozora praćenja, dimenzija maski „usrednjavajućeg“ filtra, izbor vidnog polja kamere, itd.) koji su ovde dati hipotetički, kao početni uslovi za rad algoritma.

Analiza primene dva algoritma za filtriranje i praćenje pokretnih ciljeva u vazдушnom prostoru u funkciji je preciznosti i brzine rada. Pokazano je da vreme potrebno za filtriranje slike ne ugrožava brzinu rada algoritma u celini. Drugim rečima, postignuto je povećanje efikasnosti rada algoritma praćenja bez smanjenja preciznosti određivanja koordinata cilja, pa je zbog toga opravdana primena predloženog filtriranja.

Mogućnost primene oglada se u izradi hardverskog modela uređaja za praćenje pokretnih objekata u vazдушnom prostoru. Radi toga bi bilo potrebno izraditi mehaničku platformu na kojoj će biti postavljena kamera, i koja će biti pokretana signalima iz ovog uređaja koji predstavljaju naponske signale za korekciju pozicije platforme, koja treba da dovede cilj u centar slike. Pored toga, ovaj algoritam može se primeniti za testiranje sistema za praćenje pokretnih ciljeva u vazдушnom prostoru, merenjem greške pozicioniranja i promenom odgovarajućih ulaznih parametara algoritma.

Literatura:

- [1] R. C. Gonzales, P. Wintz: Digital image processing, Addison-Wesley Publishing Company, 1977.
- [2] Y. Bar-Shalom: Multitarget-multisensor tracking: applications and advances Vol. II, Artech House, Boston, London, 1996.
- [3] H. J. Lee, L. F. Huang, Z. Chen: Multi-frame ship detection and tracking in an infrared image sequence, Pattern Recognition, Vol. 23, No 7, pp. 781–798, 1990. Pergamon Press.
- [4] Z. M. Radosavljević: Detekcija i pozicioniranje objekata u vazduhu primenom termovizije, Magistarski rad, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, 2000.
- [5] L. P. Yaroslavsky: Digital image processing applications, Course 0505.5404. Lecture 11. Image restoration and enhancement: Linear filters, Haifa, Israel, 2001.
- [6] M. Popović: Digitalna obrada signala, Elektrotehnički fakultet, Beograd 1994.

Mr Predrag Elek,
dipl. inž.
Profesor dr
Slobodan Jaramaz,
dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Beograd

KRITERIJUM EFIKASNOSTI I OPTIMIZACIJA MASE FRAGMENTA PROJEKTILA PARČADNOG DEJSTVA*

UDC: 623.4.083.1 : 662.215.2

Rezime:

U radu se razmatra problem optimizacije mase parčadi koja nastaju fragmentacijom projektila parčadnog dejstva. Pokazano je da optimalna masa parčeta prvenstveno zavisi od njegovih kinetičkih karakteristika na cilju, kao i od usvojenog kriterijuma efikasnosti. Proračuni pokazuju da su postojeći kriterijumi, minimalna zahtevana kinetička energija fragmenta, odnosno minimalna kinetička energija po jedinici napadne površine, nesaglasni – odnosno da daju bitno različite vrednosti optimalne mase. Zaključeno je da kriterijum specifične energije parčeta podrazumeva manju masu optimalnog parčeta i ukazuje na značaj parčadi veoma male mase sa stanovišta efikasnosti. Jasno je da ovako određena optimalna masa efikasnog parčeta predstavlja veoma važan parametar projektila parčadnog dejstva, pa je neophodna eksperimentalna verifikacija dobijenih teorijskih rezultata.

Ključne reči: razorni projektili, fragmentacija, brzina razletanja parčadi, efikasna daljina parčadi, eksperimentalno ispitivanje, optimizacija.

EFFICIENCY CRITERION AND OPTIMIZATION OF FRAGMENT MASS IN FRAGMENTATION PROJECTILES

Summary:

This paper considers the problem of optimizing the mass of HE projectile fragments. It is shown that the optimum fragment mass is a function of its kinetic characteristics at the target and an adopted efficiency criterion. Computations show that the most prominent criteria, minimum required kinetic energy and minimum kinetic energy per unit of cross-sectional area, are incompatible – i. e. they provide significantly different values of the optimum mass. It is concluded that the criterion of specific kinetic energy corresponds to a lower optimum fragment mass, which indicates the importance of fragments of low masses from the aspect of efficiency. The theoretically determined optimum fragment mass represents a very significant parameter for design optimization of fragmentation projectiles, but experimental verification of obtained results is essentially important as well.

Key words: HE projectiles, fragmentation, fragment exploding velocity, effective fragment range, experimental testing, optimization.

Uvod

Proučavanje parčadnog dejstva od velikog je značaja s obzirom na zastuplje-

nost i ulogu projektila parčadnog dejstva u savremenim sistemima naoružanja, odnosno municije. U radu je uveden koncept parčeta (fragmenta) optimalne mase kao parametra koji omogućava optimizaciju konstrukcije projektila parčadnog dejstva,

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

kao i poređenje različitih varijanti projektila. Ovaj koncept primenljiv je na analizu kako „prirodne“, tako i dirigovane fragmentacije košuljice projektila.

Analizirana je optimalna masa fragmenta u području brzina razletanja parčadi i efikasne daljine parčadi koje je od praktičnog interesa. Pri tome je korišćen jednostavan jednodimenzionalni model balistike parčadi, uz usvajanje uobičajenih pretpostavki i ograničenja. Posebna pažnja posvećena je analizi uticaja izabranog kriterijuma efikasnosti na optimalnu masu fragmenta.

Cilj rada je određivanje optimalne mase fragmenta i utvrđivanje zavisnosti ove mase od uticajnih parametara, a naročito od usvojenog kriterijuma efikasnosti parčeta.

Uslovi efikasnosti parčadi

Pretpostavka je da se proces fragmentacije košuljice projektila parčadnog dejstva okončava formiranjem izvesnog broja parčadi koja imaju istu konačnu (maksimalnu) brzinu V_0 . Ova brzina se označava kao brzina razletanja parčadi, a trenutak njenog dostizanja usvaja se za početni trenutak u analizi kretanja parčadi.

Jednačina kretanja fragmenta mase m duž pravca definisanog vektorom rezultujuće brzine razletanja je oblika:

$$m\ddot{x} = -c_x A \frac{\rho_w \dot{x}^2}{2} \quad (1)$$

gde je:

c_x – aerodinamički koeficijent otpora vazduha,

ρ_w – gustina vazduha,

A – projekcija površine parčeta na ravan normalnu na pravac kretanja.

Jednačina (1) važi: ako se fragment smatra materijalnom tačkom, tj. ako se zanemari njegovo kretanje oko centra mase i ako se delovanje gravitacionog ubrzanja zanemari, odnosno ako se za rastojanja koja su važna za analizu putanja aproksimira pravolinijskom.

Osim toga, potrebno je imati u vidu da je zbog nepravilnog oblika parčeta njegovo kretanje nestabilno – duž putanje fragment vrši složeno rotaciono kretanje, pa se i površina A neprekidno menja. S obzirom da su, praktično, svi položaji fragmenta u toku leta jednako verovatni, merodavnom vrednošću površine A može se smatrati srednja vrednost (matematičko očekivanje) projekcije površine fragmenta na proizvoljno odabranu ravan. Lako se pokazuje da u slučaju fragmenta omeđenog nekonkavnom površinom važi:

$$A = \frac{1}{4} S \quad (2)$$

pri čemu je S površina fragmenta.

Ako se gustina vazduha ρ_w smatra konstantnom, u jednačini (1) se pojavljuje još samo parametar c_x koji je promenljiv i zavisi prvenstveno od brzine (odnosno Mahovog broja) i oblika fragmenta. S obzirom da fragmenti mogu imati najrazličitije oblike, i samim tim različite vrednosti c_x , za opšte razmatranje potrebno je usvojiti srednju vrednost. Imajući u vidu da su prvenstveno značajne nadzvučne vrednosti brzine fragmenta za koje je c_x stabilno, i aerodinamički koeficijent otpora c_x može se, takođe, smatrati približno konstantnim.

Imajući u vidu prethodnu analizu i početni uslov:

$$x = 0, \quad \dot{x} = V_0 \text{ za } t = 0 \quad (3)$$

rešenje diferencijalne jednačine (1) može se napisati u obliku:

$$V = V_0 \exp\left(-\frac{c_x A \rho_w x}{2m}\right) \quad (4)$$

koji definiše promenu brzine parčeta V sa povećanjem rastojanja x .

Kako je jednačinom (4) potpuno definisana kinetika parčeta, potrebno je definisati kriterijum efikasnosti parčeta – analitički uslov koji određuje donju granicu vrednosti karakterističnih parametara parčeta potrebnih za efikasno dejstvo na cilju. S obzirom na to da efikasnost parčeta zavisi od velikog broja parametara, kriterijum efikasnosti se može definisati, u opštem obliku:

$$E(m, V, f_1, f_2, f_3, \dots) \geq E_{\min} \quad (5)$$

gde su osim mase fragmenta i njegove brzine u trenutku susreta sa ciljem, značajni i parametri f_i koji definišu: geometriju parčeta, njegove fizičko-hemijske karakteristike, uslove susreta, vrstu cilja, njegov položaj, brzinu, itd. Za svaku kombinaciju projektil–cilj bilo bi neophodno definisati odgovarajuće kriterijume efikasnosti oblika (5). S obzirom da je osnovna mera efikasnosti dejstvo protiv žive sile, pri eksperimentalnom ispitivanju parčadnog dejstva (u oboru ili areni) kriterijum efikasnosti (5) operacionalizuje se zahtevom za probijanje prepreke utvrđenih karakteristika.¹

¹ Zavisno od standarda, reč je o čamovim daskama debljine 20 mm (Švajcarska) ili 25 mm (Rusija, SAD, domaći standard), odnosno topolovim daskama debljine 41 mm (Francuska, SAD). Osim toga, razmatra se i mogućnost korišćenja drugih materijala (šper-ploča ili metali) za izradu prepreka zbog njihove znatnije uniformnosti i postojanosti u pogledu mehaničkih osobina.

U literaturi se najčešće sreću dva analitička kriterijuma efikasnosti koji predstavljaju uslove za probijanje pomenutih prepreka, odnosno za efikasno dejstvo fragmenata na cilju.

Prvi kriterijum odnosi se na minimalnu kinetičku energiju po jedinici površine poprečnog preseka fragmenta (specifična kinetička energija) i najčešće glasi:

$$\frac{mV^2}{2A} \geq E_{s\min} = 150 \frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \quad (6)$$

Drugi kriterijum podrazumeva da kinetička energija parčeta bude veća od zahtevane minimalne vrednosti:²

$$\frac{mV^2}{2} \geq E_{k\min} = 100 \text{ J} \quad (7)$$

Ako je poznata brzina razletanja parčadi V_0 , potrebno je odrediti parče optimalne mase koje će biti efikasno na zadatoj efikasnoj daljini parčadi x_{ef} .³ Jasno je da je optimalna masa fragmenta u stvari minimalna masa koja zadovoljava uslov (6), odnosno (7), s obzirom da manja masa fragmenta znači veći broj i veću gustinu efikasnih fragmenata, što je takođe povoljno sa aspekta efikasnosti.

Ako se jednačina (4) uvede u nejednakosti (6) i (7), dobijaju se uslovi:

$$2E_{s\min} \frac{A}{m} \leq V_0^2 \exp\left(-c_x \rho_w x_{ef} \frac{A}{m}\right) \quad (8)$$

² Važno je napomenuti da se u savremenim istraživanjima iz više razloga (povezanih sa mogućnošću onesposobljavanja cilja bez letalnih posledica) navedene minimalne vrednosti dalje smanjuju. Tako se donja granica prema prvom (američkom) kriterijumu spušta na 120 ili 100 J/cm², dok se kao minimalna kinetička energija prema drugom (ruskom) kriterijumu koristi i vrednost od 80 J.

³ Efikasna daljina parčadi x_{ef} definiše se kao rastojanje od centra eksplozije na kome je ostvarena prosečna gustina od jednog efikasnog parčeta po 1 m² površine cilja.

odnosno:

$$\frac{2E_{kmin}}{m} \leq V_0^2 \exp\left(-c_x \rho_w x_{ef} \frac{A}{m}\right) \quad (9)$$

iz kojih je potrebno odrediti minimalnu masu fragmenta m . Nejednačine (8) i (9) nije moguće rešiti u opštem slučaju, jer geometrija parčeta utiče na površinu A , odnosno parametar A/m . Zbog toga će biti razmotrena četiri karakteristična oblika parčadi i za svaki od njih biće rešene nejednačine (8) i (9). U tabeli su date osnovne karakteristike za parčad u obliku pljosnatog paralelopipeda, izduženog paralelopipeda, sfere (kuglice) i rotacionog elipsoida (sferoida). Najznačajniji geometrijski parametar je odnos:

$$\frac{A}{m} = \frac{1}{\rho_m a} k \quad (10)$$

gde je:

ρ_m – gustina materijala košuljice,

a – karakteristična dimenzija parčeta,

k – parameter oblika dat u tabeli.

Dimenzije fragmenta, parametar oblika k i parametar p u jednačini (12) za različite geometrije fragmenta

Oblik	Dimenzije	k	p
Pljosnati paralelopiped	$(2a) \times (2a) \times a$	1	$1/2$
Izduženi paralelopiped	$(2a) \times a \times a$	$5/4$	1
Sfera (kuglica)	prečnik a	$3/2$	$12/\pi$
Rotacioni elipsoid	poluose $(2a):a:a$	$(3\sqrt{3} + 4\pi)/16\sqrt{3}$	$3/4\pi$

Sada se uslov efikasnosti (8) može transformisati u oblik:

$$a \geq 2k \frac{E_{smin}}{\rho_m V_0^2} \exp\left(kc_x \frac{\rho_w x_{ef}}{\rho_m a}\right) \quad (11)$$

pri čemu svakom od razmotrenih oblika odgovara korespondentna vrednost parametra k .

Drugi uslov efikasnosti (9) prelazi u oblik:

$$a^3 \geq p \frac{E_{kmin}}{\rho_m V_0^2} \exp\left(kc_x \frac{\rho_w x_{ef}}{\rho_m a}\right) \quad (12)$$

gde su za svaku od razmatranih geometrija parčadi parametri k i p dati u tabeli.

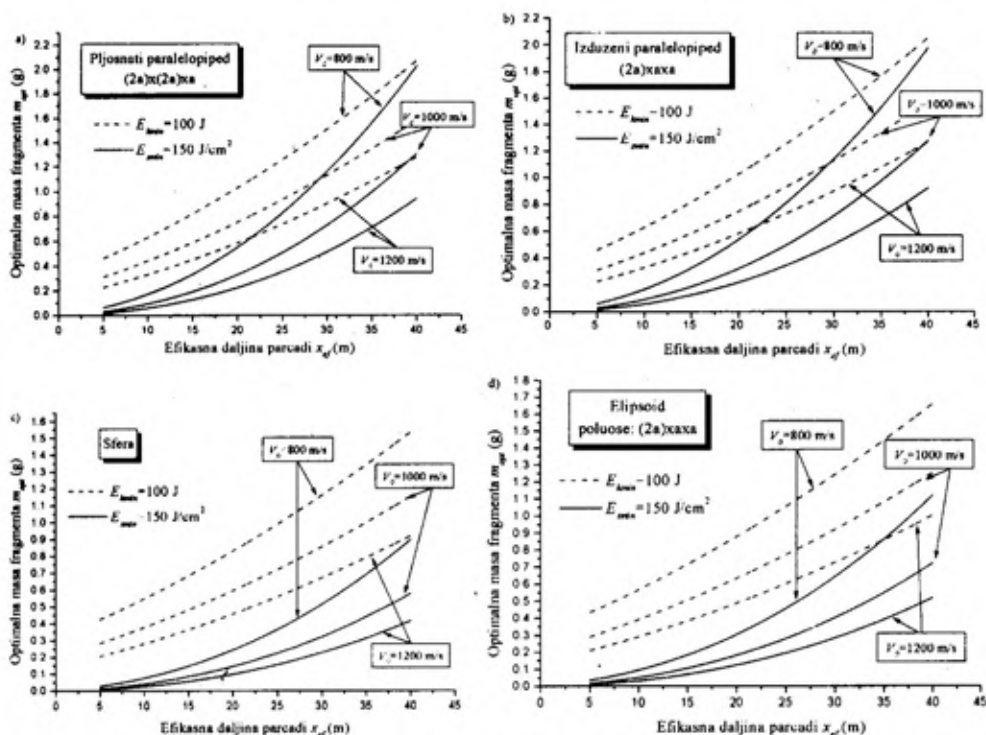
Analizom nejednačina (11) i (12) uočava se da je priroda njihovih rešenja takva da minimalne vrednosti karakteristične dimenzije parčeta a (koja odgovara minimalnoj, odnosno optimalnoj masi parčeta) odgovaraju rešenjima jednačina koje se dobijaju kada izrazi (11) i (12) postanu jednakosti. Ove transcendentne jednačine se jednostavno numerički rešavaju i konačno se dobija vrednost optimalne mase fragmenta.

Analiza rezultata

Na osnovu nejednakosti (11) i (12) može se zaključiti da su osnovni parametri koji određuju optimalnu masu parčadi (m_{opt}) efikasna daljina parčadi x_{ef} i brzina razletanja parčadi V_0 ; za preostale parametre u numeričkoj analizi usvojene su vrednosti:

$$\rho_m = 7850 \text{ kg/m}^3, \rho_w = 1,2 \text{ kg/m}^3, c_x = 1,25$$

Najpre su, prema oba razmotrena kriterijuma efikasnosti, određene zavisnosti optimalne mase fragmenta m_{opt} od efikasne daljine parčadi x_{ef} za različite vrednosti brzine razletanja parčadi ($V_0 = 800, 1000, 1200 \text{ m/s}$, sl. 1). Za sva četiri analizirana oblika fragmenta dobijeni su kvalitativno isti rezultati: sa pove-



Sl. 1 – Zavisnost optimalne mase fragmenta od efikasne daljine parčadi za kriterijume efikasnosti koji odgovaraju specifičnoj kinetičkoj energiji (150 J/cm^2) i kinetičkoj energiji parčeta (100 J). Dati su rezultati za različite brzine razletanja parčadi (800, 1000, 1200 m/s) i četiri oblika parčadi: (a) plovnati paralelopiped, (b) izduženi paralelopiped, (c) sfera i (d) rotacioni elipsoid

ćanjem dometa (efikasne daljine) raste i optimalna masa parčeta; na istoj efikasnoj daljini optimalna masa fragmenta raste sa opadanjem brzine razletanja.

Na sl. 2 date su zavisnosti optimalne mase parčeta u funkciji brzine razletanja parčadi za različite vrednosti efikasne daljine parčadi ($x_{ef} = 15, 20, 25 \text{ m}$). I sa ovih dijagrama, formiranih za oba kriterijuma efikasnosti i za četiri razmatrane geometrije fragmenta, uočava se opadanje optimalne mase sa rastom brzine razletanja, odnosno porast ove mase sa rastom efikasne daljine parčadi.

Ono što je, takođe, očigledno za oba prikaza rezultata, i zajedničko za sve analizirane oblike parčadi, je značajna nesaglasnost razmotrenih kriterijuma efikasnosti. Naime, u domenu efikasne daljine i početne brzine parčadi koji je od praktičnog interesa, kriterijum specifične kinetičke energije ($E_{smin} = 150 \text{ J/cm}^2$) daje znatno manje vrednosti optimalne mase nego kriterijum kinetičke energije ($E_{kin} = 100 \text{ J}$).

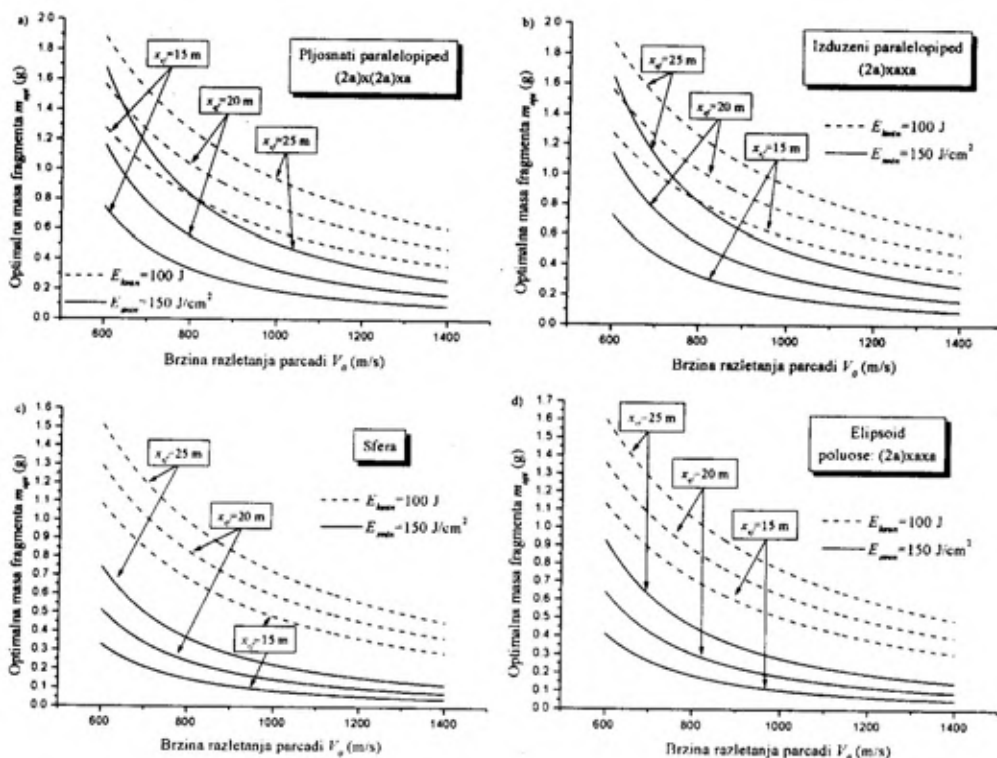
Tako npr. za vrednost efikasne daljine parčadi $x_{ef} = 20 \text{ m}$, i brzine razletanja

parčadi $V_0=1000$ m/s, prvi kriterijum daje dvostruko manju masu od drugog, za slučaj parčadi oblika pljosnatog i izduženog paralelopipeda, dok je u slučaju kuglice, odnosno fragmenta oblika rotacionog elipsoida ova razlika još izrazitija. Ovaj rezultat ukazuje na značaj parčadi male mase ($<0,5$ g) čiji se uticaj često zanemaruje. Eksperimentalna verifikacija ovog teorijskog rezultata je značajna, jer ako bi ovaj zaključak o efikasnosti parčadi veoma male mase bio potvrđen, tada bi promena sastava materijala košuljice i

načina proizvodnje (u slučaju „prirodne“ fragmentacije), odnosno korišćenje sitniji prefragmentisane ili „gotove“ parčadi (u slučaju dirigovane fragmentacije) doveli do povećanja efikasnosti projektila parčadnog dejstva.

Zaključak

Na osnovu razmatranja problema optimizacije mase fragmenata projektila parčadnog dejstva analitičkim pristupom mogu se formulisati sledeći zaključci:



Sl. 2 – Optimalna masa fragmenta u funkciji brzine razletanja parčadi, za kriterijume efikasnosti koji se odnose na minimalnu specifičnu kinetičku energiju (150 J/cm²) i kinetičku energiju parčeta (100 J). Rezultati su dati za različite vrednosti efikasne daljine parčadi (15, 20, 25 m) i četiri karakteristična oblika parčadi: (a) pljosnati paralelopiped, (b) izduženi paralelopiped, (c) sfera i (d) rotacioni elipsoid

– formiran je analitički model koji omogućava određivanje optimalne mase parčeta ukoliko su poznati: geometrija parčeta, brzina razletanja parčadi, efikasna daljina parčadi i kriterijum efikasnog dejstva;

– analizirana su dva često korišćena kriterijuma efikasnosti (minimalna zahtevana specifična kinetička energija parčadi 150 J/cm², odnosno kinetička energija parčadi 100 J) i četiri karakteristična oblika parčeta (pljosnati paralelopiped, izduženi paralelopiped, sfera i rotacioni elipsoid) u domenu brzine razletanja i efikasne daljine parčadi koji je od praktičnog značaja;

– dobijeni rezultati ukazuju na očekivane kvalitativne zavisnosti: optimalna masa fragmenta (bilo kog od razmatranih oblika prema oba kriterijuma efikasnosti) raste sa povećanjem zahtevane efikasne daljine parčadi i sa smanjivanjem brzine razletanja parčadi;

– najčešće korišćeni kriterijumi efikasnosti su međusobno nesaglasni, tj. da-

ju značajno različite vrednosti optimalne mase fragmenta;

– kriterijum specifične kinetičke energije, koji je nešto bliži realnoj prirodi procesa penetracije, daje znatno manje vrednosti optimalne mase i ukazuje na značaj parčadi veoma male mase sa stanovišta efikasnosti;

– eksperimentalna verifikacija teorijski dobijenih rezultata bila bi dragocena i mogla bi doprineti da se odgovarajućim konstrukcionim rešenjima poveća efikasnost projektila parčadnog dejstva, bilo da je reč o prirodnoj ili dirigovanoj fragmentaciji.

Literatura:

- [1] Kneubuehl, B. P.: Measuring of Wounding Potential of Rifle and Handgun Bullets, International Workshop on Wound Ballistics, Thun, 1999.
- [2] Stamatović, A.: Konstruisanje projektila, Ivexy, Beograd, 1995.
- [3] Vukašinović, M.: Prilog teoriji i praksi eksperimentalnog ispitivanja parčadnog dejstva razornih projektila, doktorska disertacija, Vojnotehnička akademija VJ, 1999.
- [4] Novaković, N.: Doprinos teoriji konstruisanja protivpešačkih mina parčadnog dejstva, doktorska disertacija, Vojnotehnička akademija VJ, 1993.

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

ISKUSTVA IZ PROVERE ZAHTEVA ZA POUZDANOST ELEKTRONSKIH UREĐAJA U USLOVIMA EKSPLOATACIJE VAZDUHOPLOVA*

UDC: 621.38.004.15 : 623.746

Rezime:

U radu se analiziraju bitni elementi izrade i realizacije programa za laboratorijsku proveru zahteva za srednje vreme između otkaza za jedan elektronski uređaj za borbene avione. Rezimirana su iskustva iz realizacije takvog programa i ukazano na povezanost proračunskog podatka o srednjem vremenu između otkaza i izbora odgovarajućeg test-plana, odnosno da je veoma važno da se obavi proračun srednjeg vremena između otkaza pre obavljanja provere postavljenog zahteva u laboratorijskim uslovima.

Ključne reči: pouzdanost, ispitivanje pouzdanosti, eksponencijalna raspodela, elektronski uređaj, avion.

EXPERIENCES FROM RELIABILITY TESTING OF AIRCRAFT ELECTRONIC EQUIPMENT

Summary:

Some important details of creation and realization of a test program for the mean time between failures for fighter aircraft electronic equipment are discussed. Experiences from such a reliability testing program, concerning the calculated and required mean time between failures and choosing a proper test plan, are summarized. The conclusion stresses the importance of the calculation of the mean time between failures before testing.

Key words: reliability, reliability test, exponential distribution, electronic equipment, aircraft.

Uvod

Zahtevani nivo pouzdanosti koji se obično izražava numeričkom vrednošću minimalno prihvatljivog srednjeg vremena između otkaza ili zahtevanim srednjim vremenom između otkaza, mora se ugraditi još u toku projektovanja, a ispunjenje tog zahteva neophodno je proveravati kako u fazi prototipa, tako i u fazi serijske proizvodnje. Kod nas je takva obaveza

propisana za profesionalne uređaje [1], a realizacija ispitivanja obavlja se u skladu sa odgovarajućim standardima [2].

Nužnost i opravdanost laboratorijske provere ispunjenja zahteva za pouzdanost posebno dolazi do izražaja kod uređaja od čijeg pouzdanog rada zavisi bezbednost ljudskih života ili čiji otkaz može izazvati velike materijalne štete.

Za realizaciju takvih ispitivanja potreban je osposobljeni kadar, znatna materijalna sredstva, odgovarajuća oprema i vreme.

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

U ovom radu analiziraju se neki bitni elementi izrade programa za proveru zahteva za srednje vreme do/između otkaza sa diskusijom rezultata ispitivanja za uređaj koji je namenjen za teške i složene uslove eksploatacije borbenih aviona, o čemu se detaljnije može videti u [3, 4, 5]. Uređaj je projektovao i proizvela IRCA Energoinvest, a ispitivanje je sprovedeno u Vazduhoplovnom zavodu „Orao“ [6].

Posebno se ukazuje na neophodnost proračuna srednjeg vremena između otkaza, pre nego se pristupi izboru odgovarajućeg test-plana, i eksperimentalnoj proveru postavljenog zahteva za pouzdanost.

Program ispitivanja pouzdanosti

Program ispitivanja pouzdanosti, odnosno provere zahteva za pouzdanost nekog uređaja ili sistema, sastoji se u suštini iz dva dela: programa ispitivanja pouzdanosti, i rezultata ispitivanja.

Prvi deo, odnosno program ispitivanja obuhvata:

1 – cilj ispitivanja – obično provera da li je zadovoljen zahtev za srednje vreme između otkaza prema zahtevima propisa o kvalitetu proizvoda (PKP),

2 – podatke neophodne za ispitivanje.

Detaljnije o elementima koje sadrži program provere zahteva za pouzdanost uopšte i za uređaj o kome se ovde izlažu rezultati, može se videti u [2, 3, 4, 5, 7]. Ovde će biti date samo neke napomene koje autor smatra veoma važnim u konkretnoj realizaciji.

Za izbor statističkog plana redoslednih ispitivanja koriste se odgovarajući standardi.

Moraju se precizno definisati i dokumentovati uslovi razrade i ispitivanja (uslovi i trajanje uhodavanja odnosno starenja, podešavanje i kalibracija, uslovi rada i okoline pri ispitivanju uključujući termička, električna, mehanička i druga opterećenja, vremenski program – cikluse ispitivanja, parametre koji se proveravaju sa dozvoljenim odstupanjima, vremenski program i način kontrole parametara, uslova okoline, preventivno i korektivno održavanje pri ispitivanju, trajanje ispitivanja po uređaju i ukupno).

Razrada uređaja se vrši s ciljem prolaska kroz period ranih otkaza koji se javljaju usled grešaka u proizvodnji komponenti i montaži uređaja. Ukoliko u procesu uhodavanja dođe do otkaza, uređaj treba nakon poslednje opravke da izdrži najmanje dva ciklusa ispitivanja bez otkaza.

Uslovi ispitivanja pri razradi treba da su takvi da se za minimalno vreme pojavi maksimalni broj otkaza, ali bez izazivanja otkaza koji se ne bi mogli javiti u normalnoj eksploataciji, već uz preciznu simulaciju uslova radne sredine.

Ciklusi i uslovi ispitivanja pri proveru pouzdanosti treba da budu što verniji stvarnim uslovima u eksploataciji.

Proces definisanja postupka i uslova razrade i ispitivanja pouzdanosti uređaja predstavlja kritičan korak u izradi programa i zahteva saradnju naručioca i nosioca izrade programa, kao i dobro poznavanje uslova u kojima će uređaj obavljati svoju funkciju, odnosno poznavanje profila misije (zadatka) uređaja.

Definisanje otkaza je takođe jedan od važnih koraka u izradi programa, koji zahteva poznavanje principa rada i funk-

cije uređaja, saradnju nosioca izrade programa i projektanta uređaja.

Drugi deo programa obuhvata rezultate i analizu rezultata ispitivanja sa zaključkom i predlozima.

Primer provere pouzdanosti uređaja za borbene avione

Ovde će biti prikazani osnovni elementi i tok realizacije programa provere zahteva za pouzdanost (srednjeg vremena između otkaza), kao i osnovna iskustva iz njegove realizacije, za uređaj za poboljšanje stabilnosti i upravljivosti aviona (UP-SU), namenjen za borbene avione.

Osnovni zahtevi za pouzdanost i program ispitivanja uređaja UPSU

Uređaj UPSU je namenjen za ugradnju na borbene supersonične avione superiornih letnih karakteristika. Uređaj treba da ima pouzdanost izraženu minimalno prihvatljivim srednjim vremenom između otkaza od 1000 sati. Proizvođač i naručilac su prihvatili rizik od 20%, i faktor diskriminacije 1,5 [8]. To znači da je zahtevano srednje vreme između otkaza $1000 \times 1,5 = 1500$ sati. Na osnovu ovoga je, prema MIL-STD-781C [1], usvojen za ispitivanje statistički test-plan IIC redoslednog ispitivanja. Za ispitivanje su, iz nulte serije, od 9 uređaja koji su prošli proces uhodavanja, metodom slučajnog izbora odabrana za ispitni uzorak 3 uređaja (što je i minimalna veličina uzorka). Na osnovu izabranog test-plana IIC i uzorka od 3 uređaja, došlo se do sledećih kriterija za vreme ispitivanja u

pogledu prihvatanja postavljene hipoteze od 1000 sati:

- minimalno ukupno vreme ispitivanja od 4190 sati ili 1397 sati po uređaju, pod uslovom da se ne desi ni jedan otkaz,
- u slučaju nastanka jednog otkaza vreme ispitivanja bi se nastavilo do ukupno 5000 sati ili 1800 sati po uređaju, pod uslovom da se više ne desi ni jedan otkaz.

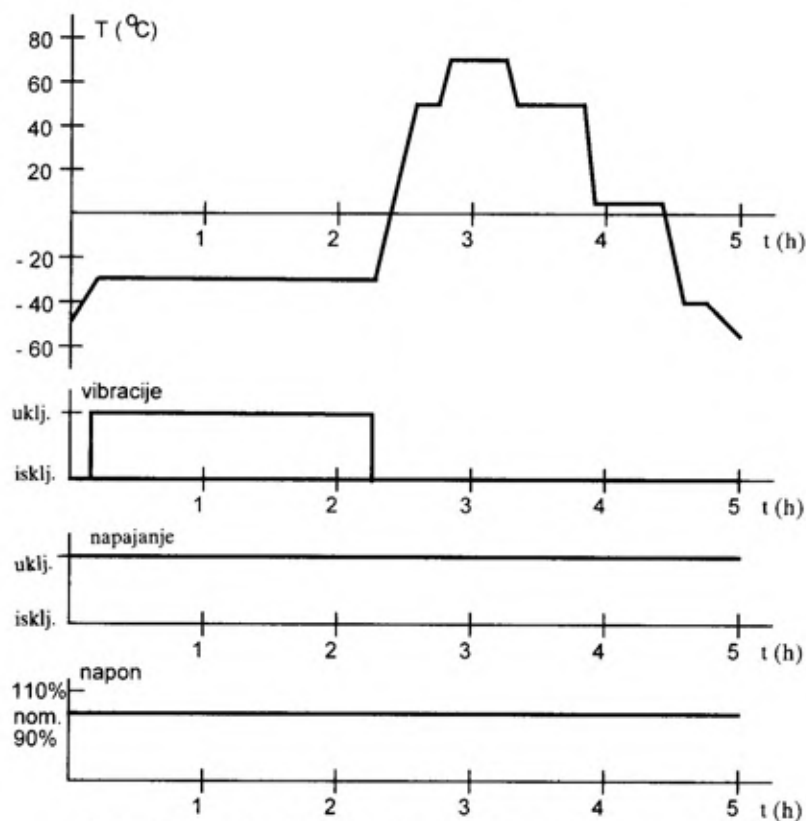
Uslovi razrade uređaja

Razrada uređaja izvršena je sa 80 časova po uređaju, kombinovanim podvrgavanjem uređaja vibracijama i temperaturnom cikliranju. Temperaturni ciklus, u pogledu gradijenata i nivoa a takode i vibracije bili su nešto blaži nego što se predviđa u eksploataciji. Postupak razrade uređaja sastojao se od ciklusa vibracija od 2 časa na početku i na kraju i 38 temperaturnih ciklusa između, što je ukupno 80 časova. Postavljen je uslov da se u poslednjih 10 časova ne javi kvar, inače se vreme uhodavanja produžava za još 10 ciklusa (20 časova).

Uslovi ispitivanja pouzdanosti

Uslovi ispitivanja pouzdanosti određeni su tako da simuliraju uslove prema profilu zadatka aviona na kojima će se uređaj koristiti, pri čemu svaki ciklus reprezentuje dva karakteristična profila leta: letnji i zimski.

Ispitivanje je predstavljalo kombinaciju dva osnovna ciklusa, od kojih ciklus „A“, slika 1, predstavlja kombinovan uticaj termičkih i električnih opterećenja, a ciklus „B“, slika 2, termičkih i električnih opterećenja i vibracija. Ciklus



Sl. 1 – Ciklus A kombinovanih termičkih i električnih opterećenja

„B“ se razlikuje, u suštini, od ciklusa „A“ u primeni slučajnih vibracija u trajanju od 2 časa pri sniženim temperaturama. Vodilo se računa da nivo i distribucija opterećenja budu ravnomerni u jednom ispitnom ciklusu, slika 3.

Oprema za ispitivanje

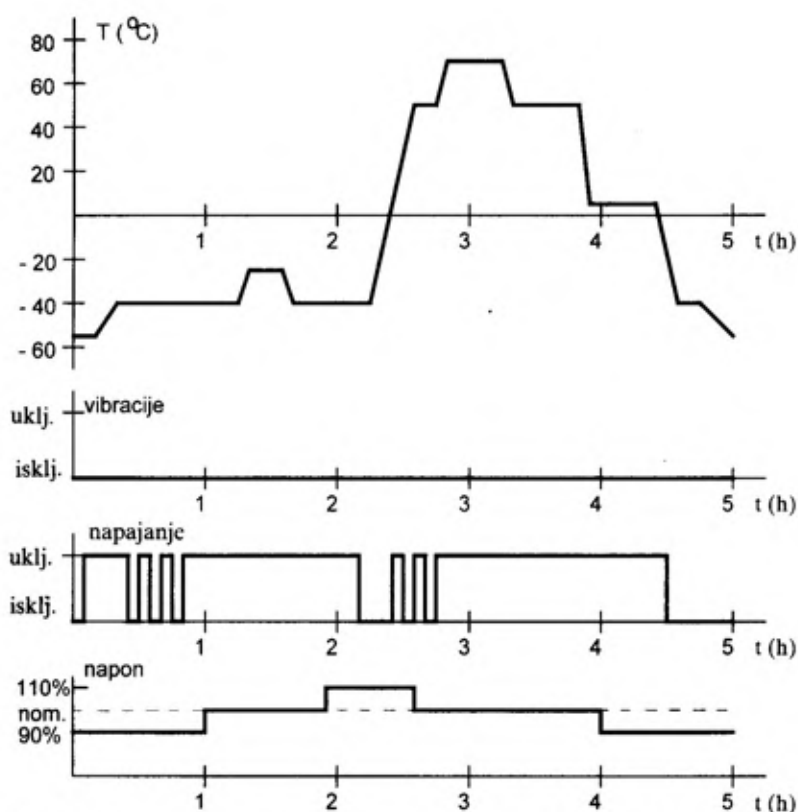
Nepostojanje odgovarajućih termokomora sa temperaturnim gradijentom od najmanje 7,5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, koliko su zahtevali uslovi ispitivanja, nametnulo je potrebu dogradnje i proširenja mogućnosti postojeće klima komore. Ovo je predstavljalo

originalno tehničko rešenje kojim su postignuti gradijenti do 15 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ u fazi hlađenja i 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ u fazi grejanja. Projektovan je i realizovan rashladni sistem sa tečnim azotom, a za upravljanje je iskorišten procesor ugrađen u postojeću klima komoru VUK04/1000.

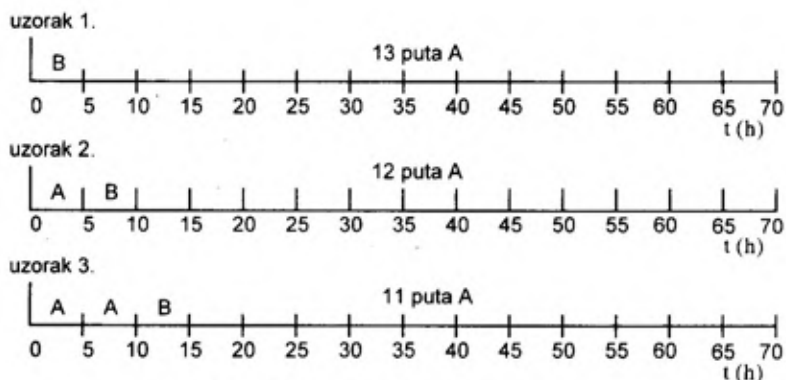
Rezultati provere zahteva za pouzdanost

a) u toku razrade uređaja

U toku razrade 9 uređaja, 7 je prošlo proceduru bez otkaza, a na 2 su se desili otkazi nakon 20 ciklusa. Nakon otklanja-



Sl. 2 – Ciklus B kombinovanih termičkih i električnih opterećenja i vibracija



Sl. 3 – Ciklus ispitivanja koji se ponavlja

nja kvarova uređaji su prošli ponovljenu proceduru.

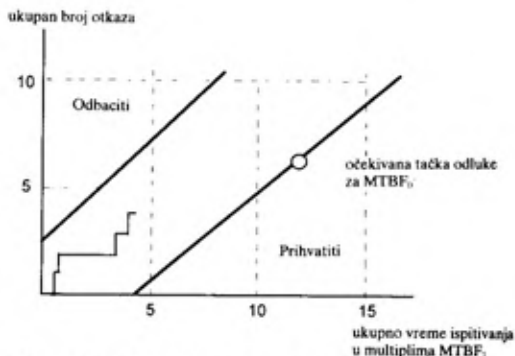
b) u toku ispitivanja pouzdanosti

Ispitivanju su podvrgnuta 3 uređaja od kojih je jedan namerno odabran od onih na kojima su se desili otkazi u toku razrade. Jedan uređaj je odradio 1475 časova bez ijednog otkaza, drugi ukupno 1305 časova sa 2 otkaza (posle 210 i 1305 časova), a treći 1445 časova takođe sa dva otkaza (posle 180 i 1080 časova). Dakle uređaji su odradili ukupno 4225 časova, kada je prekinuto ispitivanje, po dogovoru, zbog velikih troškova.

Na osnovu rezultata ispitivanja, ustanovljeno srednje vreme između otkaza iznosi 1056 sati. Za interval poverenja od 60%, donja granica srednjeg vremena između otkaza iznosi 766 časova, a gornja granica 1840 časova. Rezultati ispitivanja su ucrtani u grafik prihvatiti-odbaciti test-plana IIC, prema MIL-STD-781C, slika 4.

S obzirom na trenutak u kome je ispitivanje prekinuto nije se mogla doneti odluka ni da je hipoteza potvrđena ni opovrgnuta, već bi ispitivanje trebalo nastaviti. Međutim to je iziskivalo dodatne troškove. Da bi došlo do odluke o prihvatanju, uređaji bi trebalo da izdrže bez otkaza bar još ukupno 5000 časova, a da bi brzo došlo do odluke o odbacivanju trebalo bi da se za stotinjak sati desi bar još 4 otkaza, što je na osnovu dotadašnjih rezultata ispitivanja bilo malo verovatno.

Analizirajući rezultate, može se uočiti da su prva dva otkaza nastala relativno rano (posle 180 časova na jednom i 210 na drugom uređaju). S obzirom da su uslovi pri razradi bili blaži od uslova koji se očekuju u eksploataciji, odnosno pri is-



Sl. 4 – Grafik prihvatiti-odbaciti statističkog test-plana II C sa ucrtanim podacima dobijenim na osnovu ispitivanja

pitivanju, verovatno nisu bili takvi da se eliminišu otkazi iz perioda ranih otkaza, već su se pojavili u toku ispitivanja, i time uticali na rezultate. S obzirom da primenjeni plan ispitivanja važi za period normalne eksploatacije, odnosno eksponencijalnu raspodelu vremena do otkaza, to se nameće potreba pažljivog razmatranja uslova pri razradi uređaja, kako sa stansišta nivoa opterećenja tako i u pogledu trajanja ispitivanja. Ovde bi period razrade trebalo da traje bar 200 časova, što je prvobitno i predlagano. Međutim to podrazumeva da takvu razradu prođu uređaji pre nego što krenu u eksploataciju.

Orijentacionim proračunom pouzdanosti, prema metodologiji datoj u [9, 10, 11] dobija se za srednje vreme između otkaza 1490 časova, što je blisko zahtevanom. Međutim iskustvo pokazuje da se u postupku detaljnog proračuna uvek dobijaju niže vrednosti (i do 2 puta).

Zaključak

Ovo je, po saznanju autora, još uvek prva kod nas realizovana provera zahteva za pouzdanost elektronskih uređaja za

uslove eksploatacije na borbenim vazduhoplovima.

Rad na izradi programa ispitivanja (provere) pouzdanosti i analiza rezultata pokazali su da su od posebnog značaja pravilno definisanje uslova i trajanja razrade uređaja i uslova ispitivanja pouzdanosti. Pri tome uslovi (nivoi opterećenja) i vreme trajanja razrade treba da su takvi da za kratko vreme dovedu do prolaska uređaja kroz period ranih otkaza, a da ne izazivaju otkaze koji se u normalnoj eksploataciji (s obzirom na opterećenja) ne bi mogli desiti.

Takođe, uslovi ispitivanja pouzdanosti treba da su precizna simulacija uslova eksploatacije, koji su za borbene avione veoma složeni i teški, pa je u prvom planu korektnost uslova i mogućnost opreme za ispitivanje.

Takođe, kao problem javlja se izbor test-plana, koji će za razumno vreme i rizike naručioca i proizvođača dovesti do korektne odluke. U vezi sa tim je i zahtev za pouzdanošću (srednje vreme između otkaza) koja se u postupku projektovanja mora ugraditi i računski proveriti proračunom prognostičke pouzdanosti.

Razrada programa ispitivanja predstavlja originalnu i kreativnu primenu zahteva i kriterija definisanih standardima, u skladu sa konkretnim uslovima primene uređaja.

Literatura:

- [1] Military Standard MIL-STD-781C, Reliability Design Qualification And Production Acceptance Tests: Exponential Distribution, USA Department of Defense, 1977.
- [2] SNO 4264/84, POUZDANOST – Provera zahteva za srednje vreme između otkaza u slučaju ekspanencijske raspodele, Sl. vojni list br. 8/84.
- [3] Pokorni, S.: Provera zahteva za pouzdanost elektronskih uređaja za vazduhoplove, Kvalitet i standardizacija, 19 (1991), str. 17–21.
- [4] Pokorni, S.: Provera ispunjenja zahteva za pouzdanost elektronskih uređaja savremenih aviona, Vojnotehnički glasnik 1/1993, str. 45–52.
- [5] Pokorni, S.: Ispitivanje pouzdanosti elektronskih uređaja za vazduhoplove, XXXIV konferencija ETAN-a, II–III sveska, str. 107–113, 1990.
- [6] Elaborat o proveru pouzdanosti uređaja UPSU, VZ „ORAO“ Rajlovac, 1990.
- [7] Pokorni, S.: Metodologija ugradnje zahtevane pouzdanosti elektronskih uređaja na vazduhoplovima, XXXI konferencija ETAN-a, II sveska str. 155–163, 1987.
- [8] PKP 2826/88, Uređaj za poboljšanje stabilnosti i upravljanosti aviona, Energoinvest Sarajevo.
- [9] MIL-HDBK-217D, Reliability Prediction of Electronic Equipment, 1982.
- [10] Pokorni, S.: Pouzdanost i održavanje tehničkih sistema, GŠ VJ, Uprava za školstvo i obuku, Vojna akademija, Beograd, 2002.
- [11] Pokorni, S.: Pristup određivanju pouzdanosti elektronskih uređaja u uslovima eksploatacije vazduhoplova, magistarski rad, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, 1985.

Rezime:

Pogodnost za održavanje je inherentna karakteristika uređaja i obuhvata aktivnosti koje se preduzimaju u toku njegovog razvoja radi efikasnog održavanja u toku korišćenja. Pitanje pogodnosti za održavanje, u toku razvoja uređaja, rešava se realizacijom Programa i plana pogodnosti za održavanje. Sastavni deo tog programa je i ispitivanje pogodnosti za održavanje. Ispitivanje kvantitativnih karakteristika pogodnosti za održavanje vrši se primenom određenih metoda. U radu je dat pregled statističkih metoda za ispitivanje pogodnosti za održavanje uređaja.

Ključne reči: pogodnost za održavanje, karakteristike pogodnosti za održavanje, statističke metode ispitivanja, srednja i maksimalna vrednost vremena održavanja.

STATISTICAL METHODS FOR THE DEMONSTRATION AND
VERIFICATION OF DEVICE MAINTAINABILITY

Summary:

Maintainability is an inherent characteristic of a device and comprises activities undertaken during the device development with the aim to achieve efficient maintenance during its utilization. The viability of maintainability during the device development is verified by the realization of the maintainability plan and programme. An integral part of that programme is the demonstration and verification of maintainability. The demonstration and verification of maintainability is done by applying particular methods. A survey of statistical methods for the demonstration and verification of maintainability of a device is given in the work.

Key words: maintainability, maintainability characteristics, statistic al test methods, mean and maximum duration of maintenance task.

Uvod

Održavanje je jedan od najbitnijih segmenata ITOB svih popravljivih tehničkih sredstava jer od njega, u velikoj meri, zavisi ukupna efektivnost svakog tehničkog sredstva. To znači da tehnička sredstva treba projektovati i konstruisati tako da, pored zadovoljenja performansi, budu prilagođena i za održavanje.

Kvalitetan proces održavanja obezbeđuje se samo ako se, još u fazi razvoja, sredstva prilagode održavanju, to jest ako se razreši problematika pogodnosti za održavanje.

Pogodnost za održavanje definiše se kao verovatnoća da će se određeni postupci održavanja obaviti do određenog vremena i pod određenim uslovima, i kao takva predstavlja funkciju raspodele vre-

mena postupaka održavanja i može se opisati tim vremenima. Obuhvata aktivnosti koje se preduzimaju u toku razvoja nekog sredstva radi njegovog efikasnog održavanja u toku korišćenja, a opisuje se svojim kvantitativnim i kvalitativnim karakteristikama (parametrima).

Pogodnost za održavanje može kvantitativno da se meri vremenskim intervalima potrebnim za sprovođenje postupaka održavanja. Pri tome treba znati da ukupno vreme, koje je potrebno za održavanje, obuhvata vremena individualnih aktivnosti za preventivno i korektivno održavanje sredstava. Ukupno vreme održavanja širi je pojam od vremena vezanih isključivo za pogodnost održavanja i uključuje i neka druga vremena koja se odnose npr. na pribavljanje ispitne opreme, rezervnih delova, itd.

Najčešće primenjivane kvantitativne mere karakteristika pogodnosti održavanja su *srednje vreme korektivnog* i *srednje vreme preventivnog održavanja* ili *srednje vreme aktivnog održavanja* koje obuhvata obe pomenute kategorije održavanja.

Matematički izrazi za ove veličine zavise od funkcije raspodele vremena održavanja, a najčešće se koriste normalna ili lognormalna raspodela [1].

Kvantitativne mere karakteristika pogodnosti održavanja mogu biti i druge veličine kao što su:

- za korektivno održavanje:
- medijana raspodele vremena korektivnog održavanja, M_{eko} ;
- maksimalno trajanje korektivnog održavanja (obično 90 %), $t_{ko,0,9}$;
- procenat vremena korektivnog održavanja iznad specificirane vrednosti;

- za preventivno održavanje:

- periodičnost radova preventivnog održavanja;

- skup aktivnosti održavanja za svaku periodičnost;

- ukupno trajanje radova u toku određenog perioda.

Ugradnja pogodnosti za održavanje ostvaruje se kroz određeni program, čiji sastavni deo je i ispitivanje i ocena karakteristika pogodnosti za održavanje preko nekih od parametara, a na osnovu definisanih TTZ.

Ispitivanje se realizuje kroz program ispitivanja. Jedan od osnovnih problema pri definisanju programa za ispitivanje je izbor odgovarajućih metoda ispitivanja. S obzirom na to da u postojećim standardima u Vojsci SCG nije obrađena problematika ispitivanja pogodnosti za održavanje, cilj rada je da prikaže statističke metode za ispitivanje, mogućnosti njihove primene i uporednu ocenu.

Pogodnost za održavanje u standardima Vojske SCG

U propisima i standardima Vojske SCG pogodnost za održavanje se razmatra u standardu SNO 1096–92 [7], gde se navodi da se ona propisuje ili izražava putem skupa količinskih (kvantitativnih) i kvalitativnih parametara. Po ovom standardu u količinske parametre spadaju srednje vreme korektivnog održavanja (takode za svaki nivo održavanja posebno) i srednje i/ili maksimalno vreme korektivnog održavanja (za svaki nivo održavanja posebno). U standardu su ovi pojmovi definisani i navedene vrednosti od kojih ova vremena ne smeju biti veća,

i to za mašinska i elektronska sredstva. U standardu su detaljno opisani kvalitativni zahtevi pogodnosti za održavanje.

U Vojsci SCG ne postoje propisi kojima se reguliše problematika ispitivanja kvantitativnih parametara pogodnosti za održavanje.

Pregled statističkih metoda za ispitivanje pogodnosti za održavanje

Za ocenu realizacije pogodnosti za održavanje tehničkog sredstva koje se razvija koriste se odgovarajuće statističke metode.

Osnovne metode biće opisane prema redosledu navedenom u tabeli 1, u kojoj su navedene samo metode koje se prvenstveno odnose na korektivno održavanje, a dati su osnovni pokazatelji (parametri), odnosno karakteristike pogodnosti održavanja koje se proveravaju ovim metodama, kao i broj metode po standardima MIL-STD-471A [3] i u ranijoj verziji ovog standarda MIL-STD-471, gde su ove metode uglavnom i razrađene. Princip ispitivanja pogodnosti za održavanje pomoću ovih metoda sastoji se u *sažimanju* vremena rada uređaja radi

obrazovanja statističkog izbora zadataka održavanja, koji odgovaraju očekivanim za vreme realnog vremena eksploatacije.

Na osnovu analize podataka za svaku metodu određen je kriterijum za prihvatanje ili odbacivanje uređaja u vezi sa odgovarajućim parametrom pogodnosti za održavanje.

U opštem slučaju metode mogu biti fiksne i sekvencijalne. Kod fiksnih metoda koristi se određeni (fiksni) broj uzoraka za ispitivanje, a kod sekvencijalnih promenljivi broj uzoraka.

Svaka od metoda ispitivanja sadrži jednačinu ili uputstvo za određivanje minimalnog broja zadataka održavanja koji će biti demonstrirani. Odstupanje od tog minimalnog broja utiče na statističku vrednost postupaka ispitivanja. Neke metode ispitivanja pri izračunavanju veličine uzorka zahtevaju od ranije poznavanje ocene varijanse (dispersije) za raspodelu od interesa. Ovakva ranija ocena može se dobiti na osnovu podataka o sličnom uređaju, uz uslov da se u obzir uzmu i sličnosti vezane za tehničko obezbeđenje (obučenost osoblja za održavanje, oprema za testiranje, uslovi okoline).

Pre korišćenja podataka za ispitivanje hipoteze, u vezi zahteva pogodnosti

Pregled glavnih metoda ispitivanja

Tabela 1

Broj metode	Parametar na osnovu kojeg se vrši ispitivanje	Oznaka metode po MIL-STD-	
		471A	471
1.	Srednja vrednost vremena održavanja	1-A	-
2.	Srednja vrednost vremena održavanja	1-B	-
3.	Maksimalno vreme održavanja pri datom procentu	2	-
4.	Procenat vremena održavanja iznad zadate vrednosti	3	-
5.	Ispitivanje medijane vremena korektivnog održavanja	4	3
6.	Srednja i maks. vrednost vremena kor. održavanja (za 90 ili 95 %)	8	1
7.	Srednja i maks. vrednost vremena održavanja	9	2
8.	Medijana i maks. vreme održavanja	10	4

za održavanje, potrebno je da se oni analiziraju i da se izračuna srednja vrednost i varijansa (disperzija) za ustanovljene vrednosti, kao i logaritmi ustanovljenih vrednosti. Ova analiza daje podatke o homogenosti populacije vremena održavanja kao i vrednosti pretpostavke o raspodeli.

Pretpostavka o raspodeli može da se proveriti primenom neke od grafičkih metoda (histogram ili papir verovatnoće) ili analitičkim putem (npr. metodom Kolmogorov-Smirnov) [4] [6].

Broj zadataka za proveru vremena održavanja „n“ treba da bude u skladu sa izabranom metodom ispitivanja.

Ispitivanje pogodnosti za održavanje izvodi se „n“ puta, gde je „n“ odabrana veličina uzorka, sem sekvencijalnih ispitivanja gde treba pripremiti i do 100 uzoraka.

U okviru opisa svake metode objašnjena je njena namena, pretpostavke neophodne za njenu primenu, određivanje broja uzoraka, nulta i alternativna hipoteza, zahtevi u odnosu na verovatnoću prijema i postupak prihvatanja.

Metoda 1 – ispitivanje srednje vrednosti

Ova metoda predviđena je za ispitivanje pogodnosti za održavanje, kada su zahtevi za pogodnost održavanja dati u obliku: μ_1 – zahtevane srednje vrednosti vremena održavanja i μ_0 – srednje vrednosti vremena održavanja koja se želi postići projektovanjem (ciljna vrednost), a koju određuje isporučilac (proizvođač).

Određivanje uzorka vrši se na osnovu lognormalne raspodele. Ova metoda koristi centralnu graničnu teoremu. Pret-

postavlja se da se aktivno vreme održavanja može adekvatno opisati lognormalnom raspodelom. Varijansa (disperzija) σ^2 logaritma vremena održavanja prethodno je poznata ili se može predvideti. Minimalni broj uzoraka je 30 (približno).

Vrši se ispitivanje nulte hipoteze H_0 da je srednja vrednost $= \mu_0$ i alternativne hipoteze H_1 da je srednja vrednost $= \mu_1$, gde je $\mu_1 > \mu_0$.

Veličina uzorka data je izrazom:

$$n = \frac{(z_\alpha \mu_0 + z_\beta \mu_1)^2}{(\mu_1 - \mu_0)^2} (e^{\sigma^2} - 1) \quad (1)$$

gde je:

σ^2 – ranija ocena disperzije logaritma vremena održavanja;

α – rizik proizvođača;

β – rizik potrošača;¹

z_α i z_β – koeficijenti (standardne normalne devijacije) čije su osnovne vrednosti navedene u tabeli 2.

Tabela 2
Važnije vrednosti za p i Z_p

$p(\alpha, \beta)$	0,01	0,05	0,10	0,15	0,20	0,30
$Z_p (Z_\alpha Z_\beta)$	2,33	1,65	1,28	1,04	0,84	0,52

Postupak prihvatanja hipoteze je sledeći:

– na osnovu slučajnog uzorka od „n“ vremena aktivnog održavanja $X_1, X_2, \dots, X_n$ izračunava se aritmetička sredina uzorka (srednja vrednost uzorka):

¹ S obzirom na to da se ispitivanje pogodnosti za održavanje zasniva na statistici (određenom broju uzoraka), pri svakom ispitivanju postoji verovatnoća da kupac (naručilac) primi uređaj koji je lošiji od onog koji je zahtevao ili da odbaci uređaj koji je bolji od onog što je zahtevao, ili obrnuto, proizvođač (isporučilac) može da isporuči uređaj koji je bolji od zadatog tehničkim uslovima ili da kupcu preda uređaj koji je lošiji od traženog. Iz navedenog se vidi da i kupac (naručilac) i proizvođač (isporučilac) imaju posla sa nekim rizicima o kojima se moraju dogovoriti. Na primer, ako proizvođač predvidi rizik $\alpha = 0,2$, to znači da će verovatnoća pravilne ocene rezultata ispitivanja pogodnosti za održavanje biti 0,8.

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (2)$$

i varijansa:

$$\hat{d}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 = \frac{1}{n-1} \left(\sum_{i=1}^n X_i^2 - n\bar{X}^2 \right) \quad (3)$$

– prihvatiti H_0 ako je:

$$\bar{X} \leq \left(\mu_0 + z_\alpha \frac{\hat{d}}{\sqrt{n}} \right) \quad (4)$$

u protivnom odbaciti H_0 .

Metoda 2 – ispitivanje srednje vrednosti

Ova metoda razlikuje se od metode 1 po tome što nema specifičnih pretpostavki vezanih za statističku raspodelu srednjih vremena održavanja, i što treba da bude poznata disperzija vremena održavanja d^2 iz ranijih informacija, ili se mogu dobiti relativno precizne procene.

Veličina uzorka data je izrazom:

$$n = \left[\frac{z_\alpha + z_\beta}{\frac{\mu_1 - \mu_0}{\hat{d}}} \right]^2 \quad (5)$$

Pri postupku odlučivanja nultu hipotezu H_0 prihvatiti ako je:

$$\bar{X} \leq \left(\mu_0 + z_\alpha \frac{\hat{d}}{\sqrt{n}} \right) \quad (6)$$

u protivnom treba je odbaciti.

Metoda 3 – ispitivanje maksimalnog vremena održavanja pri datom procentu

Ova metoda predviđena je za ispitivanje pogodnosti za održavanje kada su

zahtevi za proveru pogodnosti za održavanje izraženi u obliku maksimalno dozvoljene vrednosti vremena održavanja (T_1) i maksimalne vrednosti vremena održavanja koja se želi postići projektovanjem (T_0) kod propisanog procenta zadataka održavanja (npr. 95% zadataka održavanja mora biti završeno u datom vremenu). Ako je određeno da procentna vrednost bude 50%, tada ova metoda predstavlja ispitivanje medijane.

Pretpostavlja se da vremena održavanja mogu biti opisana pomoću lognormalne raspodele. Iz prethodnih informacija poznata je disperzija logaritma vremena održavanja σ^2 ili se za nju mogu dobiti relativno precizne procene.

Ispituje se i nulta hipoteza H_0 da je $(1-p)$ procenata $X_p = T_0$ ili $P(X > T_0) = p$ i alternativne hipoteze H_1 da je $(1-p)$ procenata $X_p = T_1$ ili $P(X > T_1) = p$, pri čemu je $T_1 > T_0$. X_p je $(1-p)$ procenat od X . Da bi se udovoljilo rizicima α i β , veličina uzorka treba da bude:

$$n = \left(1 + \frac{z_p^2}{2} \right) \cdot \left(\frac{z_\alpha + z_\beta}{\ln T_1 - \ln T_0} \right)^2 \cdot \hat{\sigma}^2 \quad (7)$$

gde je:

$\hat{\sigma}^2$ – prethodna procena σ^2 , stvarna vrednost disperzije logaritma vremena održavanja;

Z_p – standardno normalno odstupanje koje odgovara $(1-p)$ -tom procentu.

(Vrednost za „n“ se zaokružuje na prvi sledeći veći broj).

Postupak odlučivanja sastoji se u sledećem:

Iz slučajnog uzorka od „n“ vremena održavanja, $X_1, X_2, \dots, X_n$ izračunati:

$$\bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln X_i \quad (8)$$

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \left| \sum_{i=1}^n (\ln X_i)^2 - n \bar{Y}^2 \right| = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\ln X_i - \bar{Y})^2 \quad (9)$$

$$X^* = \ln T_0 + z_\alpha \cdot s \cdot \left| \frac{1}{n} + \frac{z_p^2}{2(n-1)} \right|^{\frac{1}{2}} \quad (10)$$

– prihvatiti nultu hipotezu H_0 ako je:

$\bar{Y} + z_p s \leq X^*$, u suprotnom je odbaciti (11).

Metoda 4 – Ispitivanje procenta vremena održavanja iznad specificirane vrednosti

Ova metoda predviđena je za ispitivanje pogodnosti za održavanje, kada su zahtevi pogodnosti za održavanje kvantitativno izraženi u obliku zahtevanog kritičnog procenta vremena održavanja (ili kritičnog broja norma časova) X_{p_1} , kao i vrednosti istog parametra koja se želi postići projektovanjem X_{p_0} , koju bira sam izvršilac (isporučilac). Ispitivanje nema posebne pretpostavke u pogledu statističke raspodele vremena održavanja i primenjuje se u slučaju kada se želi kontrolisati vreme ili broj norma-časova koji su potrebni za obavljanje određenih zadataka održavanja. U ovom ispitivanju se i nulta i alternativna hipoteza odnose na istu vrednost vremena pri čemu je promenljiva procentna vrednost. Po tome se ova metoda razlikuje od metode 3, gde je nepromenljiva procentna vrednost, a menja se vrednost vremena održavanja.

Vrši se ispitivanje nulte hipoteze H_0 da je $T = X_{p_0}$ i alternativne hipoteze H_1 da

je $T = X_{p_1}$, gde je $p_1 > p_0$ i to za utvrđeno α i β .

Za izračunavanje veličine uzorka „n“ i broja prihvatanja „c“, kada p_0 nema malu vrednost, koristi se normalna aproksimacija binomne raspodele, a inače se koristi Poissonova aproksimacija.

Jednačine za „n“ i „c“ su:

1. slučaj: za $0,20 < p_0 < 0,80$ ($q_i = 1 - p_i$)

$$n = \left| \frac{z_\beta \sqrt{p_1 q_1} + z_\alpha \sqrt{p_0 q_0}}{p_1 - p_0} \right|^2 - \text{uzeti sledeću višu vrednost} \quad (12)$$

$$c = n \cdot \left| \frac{z_\beta p_0 \sqrt{p_1 q_1} + z_\alpha p_1 \sqrt{p_0 q_0}}{z_\alpha \sqrt{p_0 q_0} + z_\beta \sqrt{p_1 q_1}} \right| - \text{uzeti sledeću nižu vrednost} \quad (13)$$

za z_α i z_β videti tabelu 2.

2. slučaj: za $p_0 < 0,20$

„n“ i „c“ se mogu naći iz sledećih izraza:

$$\sum_{r=0}^c \frac{e^{-np_0} (np_0)^r}{r!} \geq 1 - \alpha \quad (14)$$

$$\sum_{r=0}^c \frac{e^{-np_1} (np_1)^r}{r!} \leq \beta \quad (15)$$

Na osnovu ovih izraza sačinjena je tabela 3, pomoću koje se, za različite vrednosti α , β i odnos p_1/p_0 mogu izračunati vrednosti „n“ i „c“.

Postupak odlučivanja sastoji se u sledećem:

– iz slučajnog uzorka od n vrednosti vremena održavanja $X_1, \dots, X_n$ izračunati broj posmatranja koji prelaze specificirano vreme T . Ovaj broj označava se sa r .

– prihvatiti H_0 ako je $r \leq c$, a odbaciti ako je $r > c$.

Tabela za izračunavanje n i c za specificirano p_0, p_1, α i β kada je $p_0 < 0,20$

$k = p_1/p_0$	$\alpha = 0,05$						$\alpha = 0,10$						$\alpha = 0,20$					
	$\beta = 0,05$		$\beta = 0,10$		$\beta = 0,20$		$\beta = 0,05$		$\beta = 0,10$		$\beta = 0,20$		$\beta = 0,05$		$\beta = 0,10$		$\beta = 0,20$	
	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D	c	D
1,5	66	54,1	54	43,4	39	30,2	51	43,0	40	33,0	29	23,2	36	31,8	27	23,5	17	14,4
2	22	15,7	18	12,4	14	9,25	17	12,8	14	10,3	10	7,02	12	9,91	9	7,29	6	4,73
2,5	13	8,46	10	6,17	8	4,70	10	7,02	8	5,43	6	3,90	7	5,58	5	3,84	3	2,30
3	9	5,43	7	3,93	6	3,29	7	4,66	5	3,15	4	2,43	4	3,09	3	2,30	2	1,54
4	6	3,29	5	2,61	4	1,97	4	2,43	3	1,75	2	1,10	3	2,30	2	1,54	1	0,824
5	4	1,97	3	1,37	3	1,37	3	1,75	2	1,10	2	1,10	2	1,54	1	0,824	1	0,824
10	2	0,818	2	0,818	1	0,353	1	0,532	1	0,532	1	0,532	1	0,824	1	0,824	0	0,227

Da se nađe veličina uzorka n , za dato p_0, p_1, α i β treba odgovarajuću vrednost D podeliti sa p_0 i uzeti prvi ceo broj manji od količnika. Primer: $p_0 = 0,05, p_1 = 0,20, \alpha = 0,10, \beta = 0,05$

$p_1/p_0 = 0,20/0,05 = 4$ tada je $n = D/0,05 = 2,43/0,05 = 48, c = 4$

Pri tome će se ispitivanje prihvatiti samo ako kod najviše 4 provere stvarno realizovano vreme održavanja „r“ bude veće od propisanog. Prihvata se za $r < c = 4$.

Metoda 5 – ispitivanje medijane vremena održavanja

Ova metoda omogućava ispitivanje pogodnosti za održavanje kada je specificirani zahtev u TTZ-u za uređaj postavljen u pogledu medijane vremena korektivnog održavanja uređaja (ERT).

Ova metoda pretpostavlja da je raspodela vremena korektivnih zadataka održavanja lognormalna. Veličina zahtevanog uzorka je 20, a potrebna je da bi se koristile jednačine opisane u ovoj metodi ispitivanja.

Najpre se odaberu zadaci za ispitivanje. Trajanje svakog zadatka se beleži i koristi za izračunavanje sledećih statističkih vrednosti:

$$\text{Log } MTTR_G = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log X_{ci})}{n_c} \quad (16)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log X_{ci})^2}{n_c} - (\text{Log } MTTR_G)^2} \quad (17)$$

(osnova logaritma je 10)

gde je $MTTR_G$ – geometrijska sredina izmerenih vremena korektivnog održavanja, a S – srednje kvadratno odstupanje izmerenih vremena održavanja.

U postupku odlučivanja smatra se da je uređaj koji se ispituje zadovoljio zahteve pogodnosti za održavanje (ERT) i da se prihvata ako geometrijska sredina izmerenih vremena korektivnog održavanja ($MTTR_G$) i standardna devijacija (S), zadovoljavaju sledeći izraz:

$$\text{Log } MTTR_G \leq \text{Log } ERT + 0,397 \cdot S \quad (18)$$

gde je:

$\text{Log } ERT$ – logaritam vremena održavanja uređaja,

$\text{Log } MTTR_G$ i S – vrednosti određene datim izrazima.

U suprotnom slučaju uređaj se odbacuje.

Metoda 6 – sekvencijalno ispitivanje pri dvostrukom zahtevu: srednje vrednosti i maksimalnog vremena održavanja (90 ili 95 %)

Ova metoda predviđena je za ispitivanje zahteva pogodnosti za održavanje

u slučaju da se vremena realizacije zadatka održavanja mogu smatrati elementima lognormalne raspodele i da su zahtevi pogodnosti za održavanje izraženi u obliku dvostrukog zahteva, i to za srednju vrednost i maksimalnu vrednost (za 90 ili 95%) vremena održavanja.

Da bi se razmatrao kombinovani zahtev srednje vrednosti i 90 ili 95% postoje sledeća ograničenja:

- srednja vrednost treba da bude veća od 10, a manja od 100 vremenskih jedinica;

- odnos maksimalne vrednosti, u koju se može uklopiti 90 % vremena održavanja, i srednje vrednosti je manji od dva (plan B1);

- odnos maksimalne vrednosti, u koju se uklapa 95% vremena održavanja i srednje vrednosti manji je od tri (plan B2).

Postupak odlučivanja je sledeći:

- slučajni uzorci vremena održavanja $X_1, \dots, X_n$ uzimaju se dok se ne donese odluka – prihvatiti ili odbaciti. Računa se ukupan broj vremena održavanja koji prelazi specificirano vreme i za srednju i maksimalnu vrednost odvojeno.

Ovi brojevi upoređuju se sa vrednostima odlučivanja koje mogu biti date u obliku tabela ili dijagrama za planove A, B1, B2 [3].

Kada jedan plan obezbedi odluku o prihvatanju, prekida se ispitivanje po njemu, a po drugom planu se nastavlja dok se ne donese odluka. Uredaj će biti odbacjen kada se odluka za odbacivanje desi na bilo kom planu, bez obzira na status drugog plana. Uredaj će biti prihvaćen samo kada odluka za prihvatanje bude postignuta na oba plana.

Ova metoda provere parametara pogodnosti za održavanje zahteva da se

specificiraju vrednosti za M_c i M_{cmax} . Plan A koristi se za određivanje usaglašenosti sa specifikacijom M_c , plan B1 se bira ako je $M_{cmax} = M_{c;0,90}$, tj. 90%, a plan B2 se uzima ako je $M_{cmax} = M_{c;0,95}$, tj. 95%.

Kriterijumi prihvatiti–odbaciti za planove A, B1 i B2 grafički su predstavljani na slikama 1 i 2. Ako do 100 posmatranja nije doneta odluka o prihvatanju ili odbacivanju, odluka će se doneti na osnovu sledećih pravila:

1. Plan A: prihvatiti samo ako 29 ili manje posmatranja prelaze M_c ,

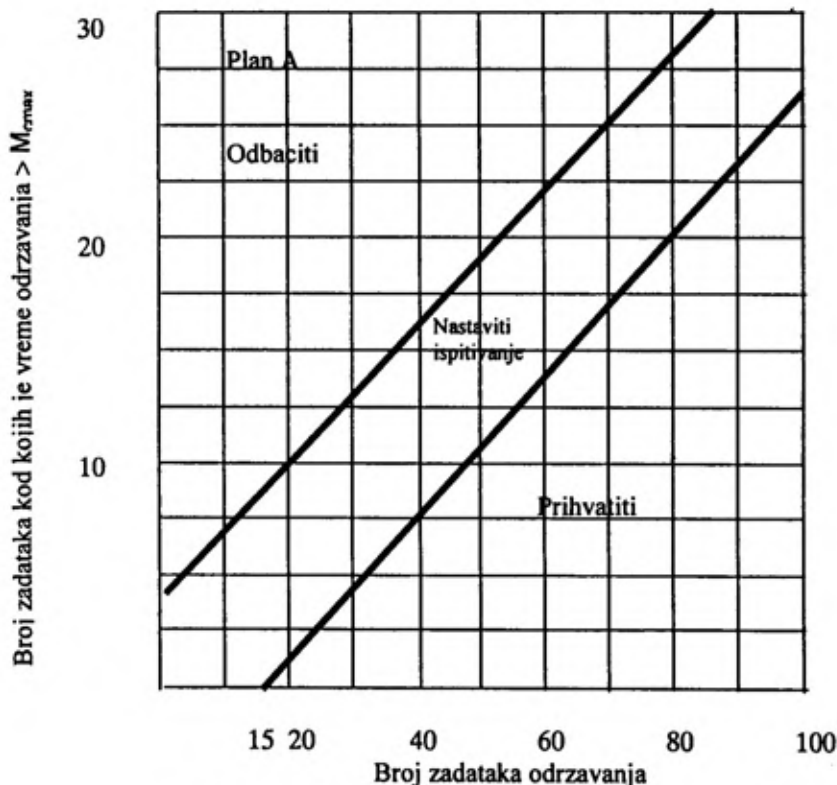
2. Plan B1: prihvatiti samo ako 5 ili manje posmatranja prelaze M_{cmax} ,

3. Plan B2: prihvatiti samo ako 2 ili manje posmatranja prelaze M_{cmax} .

Metoda 7 – ispitivanje srednje vrednosti vremena održavanja (za korektivno, preventivno i kombinovano održavanje) i M_{max}

Ova metoda [3] primenjuje se za ispitivanje sledećih pokazatelja pogodnosti održavanja: srednjeg vremena korektivnog održavanja (μ_c), srednjeg vremena preventivnog održavanja (μ_{pm}), srednjeg vremena održavanja (uključuje preventivne i korektivne aktivnosti održavanja) ($\mu_{p/c}$), i M_{max} (maksimalno vreme korektivnog održavanja za dati procenat).

Postupci ove metode za ispitivanje μ_c zasnovani su na centralnoj graničnoj teoremi, pri čemu se ne zahteva nikakva informacija u odnosu na disperziju (d^2) vremena održavanja. Prema tome, može da bude primenjena bez obzira na oblik razmatrane raspodele, pod uslovom da je adekvatna veličina uzorka. Minimalna potrebna veličina uzorka je 30, a stvarna veličina uzorka (ako se zahteva veća od 30) biće određena posebno za svaki ure-



Sl. 1 – Grafički prikaz kriterijuma po planu A

đaj koji se ispituje u dogovoru proizvođača i kupca.

Postupak ove metode za ispitivanje $M_{\max}$ važi za one slučajeve u kojima je određena raspodela vremena korektivnog održavanja lognormalna.

Glavna prednost ove metode je mogućnost primene u mnogim slučajevima. Pogodna je za potvrđivanje zahteva i za preventivno i korektivno održavanje. Primena ove metode zahteva identifikaciju karakteristika ili indikatora od interesa i specifikaciju kvantitativnih zahteva. Kada se vrši ispitivanje μ_c ili μ_{pm} , ili kombinacija oba, treba da bude specificiran (zadat) i rizik kupca, a kada se ispituje $M_{\max}$, treba da bude specificirana procentualna tačka koja definiše vrednost $M_{\max}$.

U toku ispitivanja beleži se trajanje svakog zadatka i koristi se za izračunavanje sledećih statističkih vrednosti:

$$\bar{X}_c = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} x_{ci}}{n_c} \quad (19)$$

$$M_{\max}^* = \text{anti log} \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \ln x_{ci}}{n_c} + \phi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\ln x_{ci})^2 - \left(\frac{\sum_{i=1}^{n_c} \ln x_{ci}}{n_c} \right)^2}{n_c - 1}} \quad (\text{osnova } e) \quad (20)$$

gde je ϕ – vrednost nezavisno promenljive linearne logaritamske funkcije koja odgovara procentualnoj tački za koju je ustanovljeno M_{max} .

Za vrednosti ϕ koristi se tablica funkcije normalne raspodele koja odgovara specificiranom stepenu rizika kupca β . U tabeli 4 navedene su vrednosti ϕ

Tabela 4

Tablica zavisnosti ϕ od β

ϕ	β
0,84	20 %
1,04	15 %
1,28	10 %
1,65	5 %

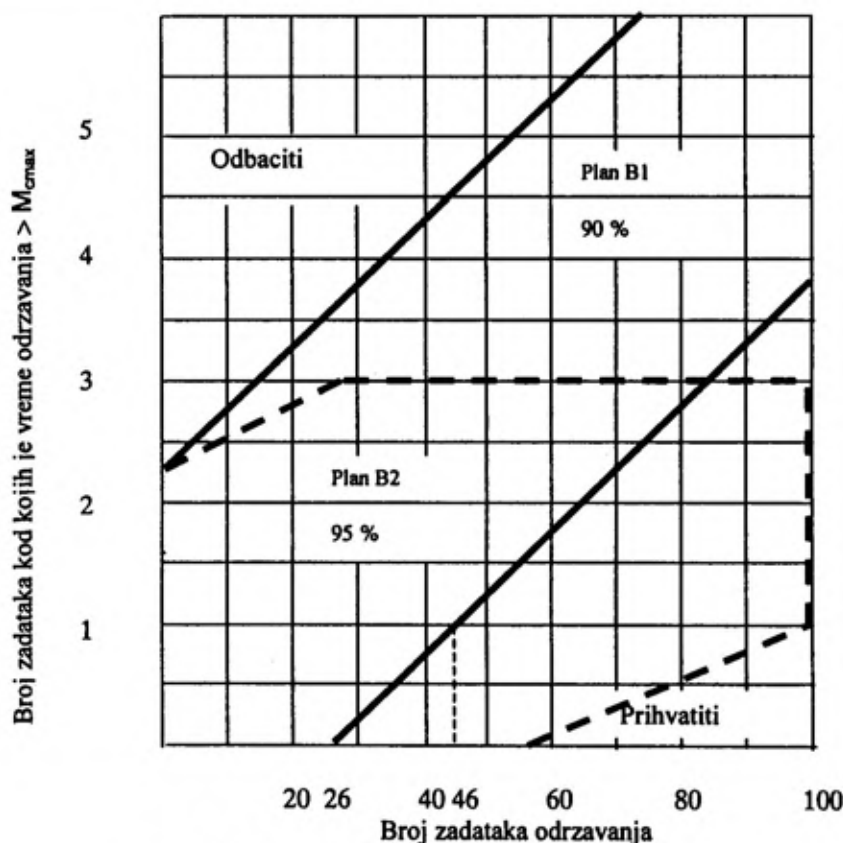
koje odgovaraju najčešće korišćenim vrednostima rizika kupca β .

Kriterijum prihvatanja/odbacivanja računa se za svaku specificiranu karakteristiku na sledeći način:

- ispitivanje srednjeg vremena korektivnog održavanja (μ_c):
- granična vrednost prihvatanja/odbacivanja za μ_c je:

$$\bar{X}_c + \frac{\phi \cdot \hat{d}_c}{\sqrt{n_c}} \quad (21)$$

gde je $\hat{d}_c$ – standardno odstupanje uzorka zadataka korektivnog održavanja. Pri



Sl. 2 – Grafički prikaz kriterijuma za planove B1 i B2

tome se prihvata ako je specificirano

$$\mu_c \geq \bar{X}_c + \frac{\phi \cdot \hat{d}_c}{\sqrt{n_c}} \quad (22), \text{ a odbacuje ako je}$$

$$\text{specificirano } \mu_c < \bar{X}_c + \frac{\phi \cdot \hat{d}_c}{\sqrt{n_c}} \quad (23)$$

$$M_{\max c}^* = \text{anti log} \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{ci}}{n_c} + \phi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\ln X_{ci})^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{ci} \right)^2}{n_c}}{n_c - 1}} \right] \quad (24)$$

Prihvata se ako je specificirano $M_{\max c} \geq M_{\max c}^*$, a u protivnom odbacuje.

Metoda 8 – Ispitivanje medijane i maksimalnog vremena održavanja za korektivno i preventivno održavanje

Ova metoda koristi test-proporcije da se ispita ispunjenje zahteva za $\tilde{M}_{ci}$, $\tilde{M}_{pm}$, $M_{\max c}$ i $M_{\max pm}$ kada je raspodela vremena korektivnog i preventivnog održavanja nepoznata, gde su navedene veličine: medijana vremena korektivnog održavanja, medijana vremena preventivnog održavanja, maksimalno vreme korektivnog održavanja i maksimalno vreme preventivnog održavanja, respektivno. Metoda je namenjena za ispitivanje kada se ne raspolaže informacijom o raspodeli vremena zadataka održavanja. Metoda zadržava stepen poverenja od 75 % ili 90%, zavisno od želje, i zahteva minimalnu veličinu uzorka „n“ od 50 zadataka.

Na sličan način vrši se i ispitivanje srednjeg vremena preventivnog održavanja (μ_{pm}) i srednje vrednosti svih aktivnosti održavanja ($\mu_{p/c}$)

- ispitivanje $M_{\max c}$;
- vrednost prihvatanja/odbacivanja za $M_{\max}$ je:

Primena ove metode zahteva specifikaciju navedenih veličina i stepena poverenja 75% ili 90%. U toku ispitivanja trajanje svakog zadatka treba da se uporedi sa traženom vrednošću specificirane karakteristike ili indikatora, i zabeleži kao veće ili manje od zahtevanog.

Uređaj koji se ispituje biće prihvaćen kada je broj posmatranih vremena zadataka, koji prelaze zahtevanu vrednost svakog specificiranog indikatora, manji ili je jednak broju prikazanom u tabeli 5 ili 6 za odgovarajući specificirani stepen poverenja.

Tabela 5 prikazuje nivo prihvatanja pri ispitivanju srednje vrednosti za zadatke korektivnog i preventivnog održavanja. Nivo prihvatanja prikazan je za dva stepena poverenja i veličinu uzorka od 50 zadataka.

Tabela 5

Tabela prihvatanja za M_{ci} ili M_{pm}
Veličina uzorka = 50

Stepen poverenja	75%	90%
Nivo prihvatanja	22	20

Tabela 6 prikazuje nivo prihvatanja pri ispitivanju M_{maxc} i M_{maxpm} (za 95 procenata). Nivo prihvatanja prikazan je za dva stepena poverenja i veličinu uzorka od 50 zadataka.

Tabela 6
Tabela za M_{maxc} ili M_{maxpm}

Veličina uzorka = 50

Stepen poverenja	75%	90%
Nivo prihvatanja	1	0

Uporedni pregled metoda

Uporedni pregled opisanih metoda prikazan je u tabeli 7, u kojoj su date osnovne karakteristike za svaku metodu ispitivanja, kao što su: parametri koji se ispituju, pretpostavke, vrsta ispitivanja i minimalna količina uzorka.

U opštem slučaju, parametar pogodnosti za održavanje koji se proverava je primarni element u izboru metode ispitivanja. Taj parametar može biti propisan (dat u TTZ) ili je na neki drugi način značajan za naručioca (potencijalnog korisnika).

Na primer, ako je u TTZ zadato srednje vreme korektivnog održavanja mogu se koristiti metode 1, 2 i 7. Koja će od ove tri metode biti primenjena zavisi od toga kakva je raspodela vremena održavanja i da li postoje podaci o disperziji tog vremena. Ako se radi o lognormalnoj raspodeli i poznatoj disperziji primeniće se metoda 1, u slučaju druge vrste raspodele primeniće se metoda 2, a ako nije poznata disperzija primeniće se metoda 7.

Ako je u TTZ zadato maksimalno vreme korektivnog održavanja mogu se koristiti metode 3, 7 i 8. Izbor metode je sličan kao i u slučaju srednjeg vremena održavanja.

Ako je u TTZ zadata medijana vremena korektivnog održavanja primeniće se metode 5 i 8. Ako je poznata raspodela vremena treba primeniti metodu 5, a u suprotnom metodu 8.

U slučaju kada je u TTZ zadata i srednja i maksimalna vrednost vremena korektivnog održavanja vrši se ispitivanje po više metoda, posebno za srednje, a posebno za maksimalno vreme održava-

Pregled glavnih metoda ispitivanja

Tabela 7

Broj metode	Parametar na osnovu kojeg se vrši ispitivanje	Pretpostavke	Vrsta ispitivanja	Minimalna količina uzorka (približno)
1.	Srednja vrednost vremena održavanja	lognormalna raspodela ranija ocena σ^2	fiksno	30
2.	Srednja vrednost vremena održavanja	ranija ocena d^2	fiksno	30
3.	Maksimalno vreme održavanja pri datom procentu	lognormalna raspodela ranija ocena σ^2	fiksno	20
4.	Procenat vremena održavanja iznad zadate vrednosti	nema	fiksno	20
5.	Ispitivanje medijane vremena kor. održavanja	lognormalna raspodela	fiksno	20
6.	Srednja i maks. vrednost vremena kor. održavanja (za 90 ili 95 procenata)	lognormalna raspodela	sekvencijalno	ne
7.	Srednja i maks. vrednost vremena održavanja	nema	fiksno	30
8.	Medijana i maks. vreme održavanja	nema	fiksno	50

nja ili se primenjuje metoda 6 za kombinovano ispitivanje.

Kod metode 6 primenjuje se sekvencijalno ispitivanje koje podrazumeva promenljiv broj uzoraka ispitivanja i ispitivanje se vrši sve dok se ne donese odluka o prihvatanju ili odbacivanju sredstva. Kao opšte pravilo sekvencijalno ispitivanje se koristi samo ako ranije poznavanje (tj. na osnovu prognoza) pokazuje da sredstvo može biti mnogo bolje (ili lošije) od specificiranih vrednosti. Za sekvencijalna ispitivanja treba da se koristi prosto slučajno uzorkovanje.

Zaključak

U radu je opisano osam metoda za ispitivanje pogodnosti za održavanje. Koja je metoda najpogodnija i koja će se primeniti zavisi, pre svega, od TTZ i zadate karakteristike (parametra) pogodnosti za održavanje, vremena koje je na raspolaganju, osposobljenosti i iskustva ljudstva za ispitivanje, od već poznatih parametara na osnovu iskustva ili ranijih ispitivanja, od rizika proizvođača i kupca, itd.

Svaka metoda zahteva izvršavanje određenog broja zadataka korektivnog

i/ili preventivnog održavanja, pa treba težiti da broj zadataka ispitivanja bude što je moguće veći, jer će tada izabrani skup adekvatnije reprezentovati ceo skup zadataka održavanja. Takođe, treba težiti da se rezultati provere primenom što više metoda, a što je moguće jer je u osnovi realni eksperiment isti.

Za ispitivanje pogodnosti za održavanje tehničkih sredstava u Vojsci SCG potrebno je usvojiti odgovarajuće standarde, a propise za TTZ dopuniti odgovarajućim veličinama i njihovim vrednostima (na primer, rizici kupca i proizvođača).

Literatura:

- [1] Petković, R.; Kokanović, M.; Čirović, M.: Organizacija održavanja TMS, CVTŠ KoV, Zagreb, 1988.
- [2] Postavljanje i sprovođenje zahteva za pogodnost za održavanje u fazama razvoja TMS, Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič“, Beograd–Vinča, 1985.
- [3] Vojni standard MIL-STD-470 i 471A: Pogodnost za održavanje sistema i uređaja (Zahtevi, verifikacija i ocena) – Prevod sa engleskog, TU SSNO, 1984.
- [4] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, VINC, Beograd, 1990.
- [5] Ispitivanje i ocena pogodnosti za održavanje TMS, Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič“, Beograd–Vinča, 1985.
- [6] Čosović, D.: Statističke metode ispitivanja pogodnosti za održavanje, Specijalistički rad, VTA, Beograd, 2001.
- [7] SNO 1096/92: Taktičko-tehnički zahtevi za sredstva ili sisteme NVO.

Mr Boban Milošević,
major
Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.

IZBOR LOKACIJA I TRANSPORTNIH SREDSTAVA ZA RASELJAVANJE

UDC: 355.691 : 355.415.2] : 519.233.6

Rezime:

U članku se obrađuje problem rangiranja i izbora lokacija i resursa za raseljavanje materijalnih sredstava. Potencijalne lokacije za raseljavanje i raspoloživi resursi imaju različite karakteristike, pa su samim tim manje ili više pogodni za raseljavanje materijalnih sredstava. U vezi s tim, postavlja se pitanje kako ih rangirati i birati. Moguće rešenje je primena metoda višekriterijumskog rangiranja. Međutim, primena ovih metoda podrazumeva relativno dug proces. U uslovima kada se odluka mora doneti u ograničenom vremenu, primena metoda koje zahtevaju dug proces nije pogodna. Zato se u ovom radu predlaže primena jedne ekspertске metode (metoda sume rangova), koja uz unapred sprovedene pripreme brzo dovodi do rešenja. Primena ove metode u osnovnoj varijanti pokazana je na primeru rangiranja lokacija, a od resursa na primeru transportnih sredstava.

Ključne reči: lokacija, resursi, raseljavanje, metoda.

CHOICE OF SITES AND MEANS OF TRANSPORT FOR DISLOCATION

Summary:

Ranking and choice of sites and resources for dislocation of material supplies have been treated. Possible sites for dislocation and available resources are of different characteristics, thus being more or less suitable for dislocation of material supplies. Their ranking and choice are possible with the application of multicriteria ranking methods. However, since these methods are time-consuming, they are not suitable for time-restricted decision making. Therefore, this paper proposes an expert method (rank summing method) which gives fast results after an adequate preparation. Ranking of sites and means of transport is used to illustrate the application of this method.

Key words: site, resources, dislocation, method.

Uvod

Rezerve i zalihe materijalnih sredstava u ratu su veoma rentabilan cilj i često predstavljaju objekat napada. Zbog značaja rezervi i zaliha za izvođenje borbenih dejstava nužno je preduzimanje različitih mera i aktivnosti na njihovoj zaštiti. Jedna od mera koje se preduzima-

ju jeste i raseljavanje rezervi i zaliha iz stacionarnih u poljska skladišta. Raseljavanjem se teži da se postigne disperzija rezervi po teritoriji, njihovo usitnjavanje, skrivanje i pogodniji raspored po prostoru u odnosu na krajnje korisnike.

Da bi se obezbedio efikasan rad poljskog skladišta potrebno je izvršiti iz-

bor lokacije za raseljavanje koja svojim prirodnim svojstvima, rasporedom prirodnih i veštačkih objekata treba da obezbedi najpovoljniji smeštaj za raseljavanje materijalna sredstva. Izabrane lokacije treba da zadovoljavaju uslove u pogledu veličine, pogodnosti za rad i smeštaj rezervi i zaliha, komunikativnosti i povezanosti, maskirnosti, mikroklimatskih uslova, pogodnosti za realizaciju procesa raseljavanja i slično. Za realizaciju raseljavanja nužno je po vrstama materijalnih sredstava i lokacija na koje se raseljavaju izabrati neophodne resurse. Organi stručne službe treba da od raspoloživog broja lokacija i resursa za raseljavanje izaberu one koji najbolje ispunjavaju tražene uslove.

Za pomoć u odlučivanju postoje različite metode. Metode koje se mogu primeniti zahtevaju različite ulazne podatke i vreme za primenu, ali i različit stepen jednostavnosti primene i mogućnosti automatizacije primene. Najpoznatije metode su, svakako, metode višekriterijumskog rangiranja, koje za konkretan slučaj nisu i najpogodnije. Brze promene uslova ostavljaju malo vremena za donošenje odluka, a metode višekriterijumskog rangiranja su relativno komplikovane za primenu, zbog složenog određivanja ulaznih podataka.

Radi toga u ovom radu se nudi jednostavnija metoda – metoda sume rangova, koja ima različite pogodnosti primene. Prvo, što je možda i najznačajnije, ovom metodom se može oponašati uobičajeni način rada, primena metode je veoma jednostavna, pogodna je za automa-

tizaciju i pruža mogućnost dobijanja ulaznih podataka za raspored različitih vrsta materijalnih sredstava po lokacijama, kao i resursa po vrstama materijalnih sredstava i lokacijama.

Predmet ovog rada je opis zahteva koje treba da zadovolje lokacije i transportna sredstva za raseljavanje, i primena navedene metode za rangiranje raspoloživih lokacija i raspoloživih transportnih sredstava. Dati opis je na opštem nivou, a svaki pojedinačni slučaj zahteva konkretizaciju. Određeni primeri samo su ilustracija načina primene metode sume rangova.

Zahtevane karakteristike lokacija za raseljavanje materijalnih sredstava

Pri izboru lokacije za raseljavanje materijalnih sredstava mora se voditi računa o njenim karakteristikama koje moraju biti zadovoljene, kako bi se omogućio smeštaj, čuvanje, manipulacija i popuna jedinica materijalnim sredstvima. Izabrana lokacija treba da:

- ima dobre prilazne puteve;
- veličinom omogućava rastresit raspored objekata;
- bude pogodna za maskiranje;
- omogućava kružni tok kretanja vozila;
- ima objekte u kojima će se skladištiti materijalna sredstva, kao i prilazne puteve, sa tvrdom i oceditom podlogom, koja je zaštićena od bujica;
- nema u blizini objekte koji su unosni ciljevi za protivnika;
- u blizini ima dovoljno vode za potrebe ljudstva i gašenje požara;

- pruža povoljne uslove za sprovođenje borbenog obezbeđenja;

- omogućava korišćenje veštačkih ili prirodnih objekata za smeštaj i zaštitu, kao i energetskih izvora, itd.

Sistematizovan i jasan opis ovih karakteristika najbolje je dati kroz definisanje i struktuiranje kriterijuma za rangiranje i izbor lokacija za raseljavanje. Kriterijumi se u konkretnom slučaju mogu korigovati, dopuniti ili menjati, ali u opštem slučaju moguće ih je izdvojiti i opisati. Pri definisanju kriterijuma za rangiranje i izbor lokacija treba uzeti u razmatranje složen skup uticajnih i često kontradiktornih zahteva sa aspekta mogućnosti izvršenja postavljenih zadataka. Kriterijumi koji su prikazani nisu struktuirani sa namerom da se primene metode višekriterijumskog odlučivanja, već je namera da se ukaže na to šta se sve i u kojoj meri mora imati u vidu pri izboru objekata. Kriterijumi mogu biti hijerarhijski struktuirani, kada se radi o postojanju velikog broja kriterijuma, kao u ovom slučaju. Veliki broj kriterijuma uslovljava nastojanje iskazivanja kriterijumskih vrednosti fizički merljivim veličinama. Definisani kriterijumi značajni su za sagledavanje svih relevantnih faktora koji utiču na izbor. Konkretizacija i hijerarhijsko struktuiranje nije neophodno, jer metoda koja se primenjuje za rangiranje i izbor to ne zahteva. Sa ovog stanovišta, osnovni kriterijumi su:

- pogodnost lokacije za skladištenje materijalnih sredstava koja se raseljavaju;
- taktičke karakteristike;
- karakteristike zemljišta;
- saobraćajne mogućnosti;
- organizaciono-tehnološki uslovi;

- klimatski, orografski i petrografski uslovi;

- položaj u odnosu na infrastrukturu na terenu;

- položaj u odnosu na stacionarno skladište;

- uslovi za život i rad ljudstva.

Materijalna sredstva koja se raseljavaju zahtevaju određene uslove skladištenja, čije se karakteristike nalaze u nekom rasponu. Lokacija mora da zadovolji bar minimum tih uslova kako bi se razmatrala kao potencijalna za raseljavanje.

Taktičke karakteristike odnose se na položaj buduće lokacije u odnosu na borbeni raspored jedinica, odnosno mogućnosti izvršenja snabdevanja materijalnim sredstvima tih jedinica. Pored toga, mora se voditi računa o udaljenosti lokacije od objekata koji predstavljaju unosne ciljeve za dejstvo protivnika.

Pri razmatranju izbora lokacija mora se uzeti u obzir i vidovi borbenih dejstava koje će oružane snage primenjivati, kao i oblike oružane borbe. Lokacija na kojoj se raseljavaju materijalna sredstva treba da bude dovoljno velika da se mogu rastresiti i bezbedno rasporediti materijalna sredstva, ljudstvo, motorna vozila i mehanizacija, i da se manipulacija, utovar i istovar mogu neometano obavljati.

Na odabranoj lokaciji treba koristiti objekte postojeće infrastrukture, veštačke i prirodne objekte za zaštitu materijalnih sredstava i ljudstva od nepovoljnih uticaja okruženja i protivnika. Treba izbegavati mesta gde postoji mogućnost odronjavanja tla, kako ne bi došlo do uništenja ili oštećenja puteva i materijalnih sredstava, što bi usporilo ili onemogućilo izvršenje predviđenih zadataka.

Lokacija za raseljavanje ne bi trebalo da bude u blizini ili na potencijalnoj desantnoj prostoriji, zbog mogućnosti direktnih vatrenih udara neprijatelja, pri pokušaju desanta, što bi dovelo do uništenja ili oštećenja materijalnih sredstava smeštenih na takvoj lokaciji.

Odabrana lokacija mora imati razvijenu putnu mrežu, tako da se može obezbediti direktan pristup lokaciji i objektima, svim vrstama transportnih sredstava (drumskog saobraćaja), kako bi se izbegao preтовar i dodatno angažovanje resursa, kao i smanjenje mehaničkih i klimatskih uticaja. Putna mreža na lokaciji, kao i putevi koji povezuju lokaciju sa glavnom saobraćajnicom, mora biti takva da omogućuje normalan manevar transportnim sredstvima i tok saobraćaja i za vozila veće nosivosti.

Razmeštaj objekata na odabranoj lokaciji treba da omogućava korišćenje već postojeće putne mreže, čiji bi kvalitet i dužina puta sa asfaltnom podlogom trebalo da bude što veća. Zavisno od potrebe izvršice se opravka i dogradnja postojećih puteva, kao i izrada proširenja radi izbegavanja uskih grla u saobraćaju, što bi trebalo da se radi u manjoj meri, jer zahteva dodatno angažovanje i trošenje resursa.

Propusna moć komunikacija veoma je bitan faktor pri razmatranju izbora, kao i za ostvarivanje planirane dinamike raseljavanja, disperzije i izmeštanja, a kasnije i snabdevanja jedinica u što kraćem vremenu. Objekti na lokaciji treba da budu raspoređeni tako da putevi unutrašnjeg transporta budu što kraći. Pored toga, širina puteva treba da bude dovoljna da se može nesmetano manevrisati

vozilima i teretom, a tamo gde je neophodno treba izgraditi proširenja radi izbegavanja zagušenja saobraćaja. Na samoj lokaciji moraju biti određena i uređena mesta za parkiranje vozila.

Zemljište na kojem je odabrana lokacija treba da odgovara za korišćenje motornih vozila ne samo u povoljnim vremenskim uslovima, već i u nepovoljnim. Podloga treba da bude tvrda, da bi mogla da izdrži i prolazak vozila veće nosivosti, pogotovo po kišnom vremenu i na putevima koji nemaju asfaltnu podlogu, pošto to usporava ili onemogućava kretanje motornih vozila.

Odabrana lokacija trebalo bi da ima više prilaznih puteva sa zadovoljavajućom propusnom moći, da se ne bi dešavali zastoji u saobraćaju. Manja udaljenost lokacije od glavne saobraćajnice smanjuje broj problema vezanih za dužinu putne mreže, i smanjuje utrošak resursa za opravku ili izgradnju puteva do lokacije.

Pri odabiru lokacije moraju se razmotriti organizaciono-tehnološki uslovi koje lokacija pruža. Potrebno je razmotriti mogućnost primene integralnog transporta, radi minimizacije manuelnog rada, kako bi se skratilo vreme utovara i istovara i povećala dinamika raseljavanja, disperzije i izmeštanja, a kasnije i dinamika snabdevanja jedinica. Potrebno je razmotriti i uslove smeštaja materijalnih sredstava u objekte postojeće infrastrukture i prirodne objekte, odnosno zaštitu koju oni pružaju od dejstva protivnika, klimatskih uslova, itd.

Uslovi za izvršenje preтовara trebalo bi da budu takvi da ne dolazi do oštećenja ili uništenja materijalnih sredstava i

dodatnog angažovanja ljudstva pri izvršenju pretovara.

Objekti koji su predviđeni za skladištenje treba da ispunjavaju određene uslove koji zavise od osobina materijalnih sredstava koja se skladište u tim objektima, kako bi se sredstva zaštitila od fizičko-mehaničkih oštećenja, uništenja i nestanka, gubitaka svojstava, biohemijskih i hemijskih promena itd.

Klimatski, orografski i petrografske uslovi na lokaciji imaju, takođe, veliki uticaj na uslove skladištenja i očuvanja svojstava materijalnih sredstava i mogućnost manipulacije u nepovoljnim vremenskim uslovima.

Klimatski faktori (padavine, nevreme, vlažnost, direktni sunčevi zraci, svetlost, temperatura i atmosferski pritisak) svoj uticaj ispoljavaju u pojavama korozije, promene boje, aktiviranja bioloških faktora, promenu agregatnog stanja, uništenje otapanjem, neupotrebljivost, deformacije, krtost i druge anomalije.

Nepovoljni klimatski, orografski i petrografske uslovi na lokaciji, utiču i na prirodno maskiranje. Neophodno je voditi računa o maksimalnoj zaštiti od dejstva nepovoljnih atmosferskih uticaja, kako ne bi došlo do narušavanja svojstava materijalnih sredstava ili njihovog uništenja. Treba obratiti pažnju i na čvrstoću i stabilnost tla na kojem će se vršiti skladištenje, mogući uticaj vremenskih nepogoda i oceditost tla, količinu padavina u toku godine, visinu i vrstu drveća, itd.

Da bi se načinio najpovoljniji razmeštaj raseljenih materijalnih sredstava, i ujedno izvršila najbolja moguća zaštita od dejstva protivnika, potrebno je sagledati položaj lokacije u odnosu na druge

elemente infrastrukture teritorije. Neophodno je voditi računa da u slučaju dejstva neprijatelja po (za njega) unosnim ciljevima ne dođe do uništenja raseljenih materijalnih sredstava.

Potrebno je izvršiti maskiranje objekata kako ih protivnik ne bi uočio, pri čemu treba maksimalno iskoristiti prirodne objekte, uz korišćenje što manjeg broja ljudi za neposredno obezbeđenje. Takođe, treba preduzeti i mere za obmanjivanje protivnika.

Uslovi za život i rad ljudstva na odabranoj lokaciji za raseljavanje imaju direktan uticaj na svakodnevno izvršavanje zadataka i borbenu gotovost. Ukoliko je moguće ljudstvo uvek treba da bude smešteno u čvrste objekte, gde ima vode i električne struje, odnosno potrebno je uvek težiti da uslovi za život i rad budu što bolji.

Zahtevane karakteristike transportnih vozila za raseljavanje materijalnih sredstava

Pri realizaciji raseljavanja materijalnih sredstava koriste se različita transportna i manipulativna sredstva, različitih taktičko-tehničkih karakteristika. Da bi se raseljavanje materijalnih sredstava moglo efikasno izvršiti neophodno je rangirati i izabrati transportno-manipulativna sredstva prema vrsti materijalnih sredstava koja se raseljavaju, ali i prema karakteristikama putne mreže i karakteristikama lokacija na koje se materijalna sredstva raseljavaju. Različite vrste materijalnih sredstava, putna mreža i karakteristike lokacija za raseljavanje, zahtevaju

primenu transportno-manipulativnih sredstava različitih karakteristika. U nekim slučajevima prilazni putevi omogućavaju primenu transportnih sredstava velike nosivosti, a u drugima je nužna primena vozila visoke prohodnosti. Karakteristike su opisane na primeru transportnih sredstava, a to su: nosivost, pouzdanost, troškovi, brzina, pokretljivost i neophodan manipulativni prostor.

U procesu raseljavanja obavlja se transport velikih količina materijalnih sredstava, što se mora obaviti u što kraćem periodu. Koliko će vremena biti potrebno za izvršenje zadatka, pored ostalog, zavisi i od veličine nosivosti vozila i brzine kretanja. Veoma je bitno da se raseljavanje izvrši sa što manje transportnih sredstava, tako da će se koristiti vozila veće nosivosti, kad god to kvalitet puteva dozvoljava.

Najpogodniji tip vozila za izvršenje zadatka može se odabrati na osnovu poznavanja osobina i tehničkih karakteristika vozila. Jedan od bitnih pokazatelja na osnovu kojih se vrši izbor tipa vozila jeste koeficijent iskorišćenja nosivosti vozila. Boljim iskorišćenjem nosivosti vozila povećava se obim transporta, smanjuje broj vozila, a samim tim i cena transporta.

Gabariti motornog vozila imaju veoma važnu ulogu pri pakovanju i prevozu tereta. U ovom slučaju pod gabaritima se podrazumevaju dužina, širina i visina tovarnog sanduka. Gabariti motornog vozila veoma su važni pri slaganju tereta na tovarni sanduk i određivanju broja jedinica tereta koje mogu da se utovare (mora se voditi računa da težina utovarenih jedinica ne prelazi dozvoljenu nosivost vozila).

Pojam pouzdanosti podrazumeva verovatnoću da će određeni sistem raditi bez otkaza u određenom vremenu, uzimajući u obzir proteklo vreme korišćenja i specifičnosti delova u kojima sistem radi. Jasno je da su bolja ona sredstva čija je pouzdanost veća.

Pri izvršenju raseljavanja potrebno je voditi računa o troškovima koji nastaju pri korišćenju motornih vozila kojima se obavlja transport. U uslovima kada se vrši raseljavanje, najveća stavka troškova je utrošak goriva.¹ Imajući u vidu da će se vozila kretati po različitim putevima i različitim brzinama, kao merilo utroška goriva ne može se uzeti samo putna potrošnja goriva. Za dobijanje realnijih pokazatelja mora se uzeti u obzir i utrošak goriva i po moto času rada.

Brzina kojom se odvija transport pri izvršenju raseljavanja veoma je značajna i zavisi uglavnom od vrste vozila, njihove opterećenosti, vrste puta, uslova na putu, itd. Ukoliko je put kojim se vozilo kreće kvalitetniji i ako je vozilo manje opterećeno brzina kretanja će biti veća, odnosno ako se neopterećeno vozilo kreće auto-putevima i magistralnim putevima ono može da postigne maksimalnu brzinu, dok opterećeno vozilo dostiže oko 90% maksimalne brzine. Vožnjom po makadamu brzina opada do 50% od maksimalne brzine za odgovarajuće opterećenje, a vožnjom po zemljanim putevima brzina je oko 45% od maksimalne brzine za odgovarajuće opterećenje [10]. Međutim, to su samo načelne vrednosti,

¹ Potrebno je uočiti da se ovde razmatraju samo troškovi vezani za sam proces realizacije raseljavanja, inače tvrdnja da je utrošak goriva najveća stavka u troškovima raseljavanja ne bi bila tačna.

tako da se moraju razmatrati stvarne karakteristike svakog tipa vozila.

Pokretljivost vozila određena je sa nekoliko osnovnih karakteristika, kao što su klirens, minimalni radijus zaokreta i mogućnost savladavanja uzdužnih i poprečnih nagiba. Neravnine koje vozilo može neometano savladati na podlozi kojom se kreće određuju se veličinom klirensa. Ukoliko se poljsko skladište nalazi na lokaciji koja ima loše puteve klirens vozila ima veliku ulogu pri izvršenju zadatka.

Povećavanje manevarske sposobnosti, a samim tim i pokretljivosti, povećava se s mogućnošću vozila da se okrene na što manjem krugu. Njegova sposobnost definiše se: minimalnim radijusom zaokreta spoljašnjeg upravljačkog točka i širinom pojasa kretanja vozila. Manji radijus zaokreta je kod onih vozila koja imaju više upravljačkih osovina, dok u uslovima ograničenog manevarskog prostora dolazi do izražaja pokretljivost.

Pri izvršenju zadatka vozila će se kretati po putevima različitog kvaliteta i u različitim meteorološkim uslovima. Ako se vozila kreću po putevima koji imaju veliki nagib, raskvašenu i mekanu podlogu u koju će vozilo propadati, dolaziće do povećanog otpora kretanju i proklizavanja. Geometrijski parametri vozila su od velikog značaja za realizaciju transporta u ovakvim uslovima.

Stabilnost vozila podrazumeva mogućnost vožnje bez klizanja i proklizavanja. Razmatra se uzdužna i poprečna stabilnost vozila. Gubljenje uzdužne stabilnosti dovodi do klizanja vozila u smeru uzdužne ose ili do prevrtanja oko prednje ili zadnje osovine. Vozila koja imaju niska težišta imaju manju verovatnoću pre-

vrtanja oko uzdužne ose, ali je moguće proklizavanje pogonskih točkova. Do gubitka uzdužne stabilnosti vozila dolazi na usponima i spustovima. Vozila koja imaju veću uzdužnu stabilnost mogu da savladavaju veće uspone na zemljištu. Do bočnog klizanja ili bočnog prevrtanja motornog vozila dolazi zbog gubitka bočne stabilnosti. Veoma retko se dešava da obe osovine klize odjednom, ali do gubitka bočne stabilnosti dolazi pri kretanju vozila putevima sa bočnim nagibom ili pri ulasku u zaokret.

Manipulativni prostor definisan je kao prostor koji je potreban za manevar motornom vozilu na mestu na kojem se vrši utovar i istovar. Vozilima koja imaju manji radijus zaokreta i manje gabarite potrebno je manje prostora za manipulisanje.

Pri izboru vozila značajno je da se sve navedene karakteristike dovedu u međusobni odnos sa karakteristikama puteva na odabranim lokacijama.

Metoda sume rangova

U procesu rangiranja i izbora varijanti najčešće se primenjuju metode više-kriterijumskog rangiranja. Međutim, u nekim slučajevima ove metode nisu pogodno za primenu iz više razloga. Neophodno je da se ceo postupak rangiranja i izbora sprovede u ograničenom, često veoma kratkom vremenu. Metode višekriterijumskog rangiranja zahtevaju definisanje i formalizaciju kriterijuma, određivanje kriterijumskih vrednosti i relativne važnosti kriterijuma, itd. Za sve to potrebno je vreme koje je u nekim slučajevima najčešće kratko. Brze promene uslova zahtevaju i brzo donošenje odluka. Radi toga ovde se

predlaže primena metode sume rangova koja je jednostavna i daje vrlo dobre rezultate. Primena ove metode je pogodna, jer predstavlja formalizovan zapis postupka koji se inače sprovodi kod intuitivnog rešavanja praktičnih problema. Formalizacija postupka omogućava njegovu automatizaciju, a u određenoj meri i eliminaciju subjektivnosti.

Metoda sume rangova je ekspertska, a postupak njene primene sadrži sledeće korake:

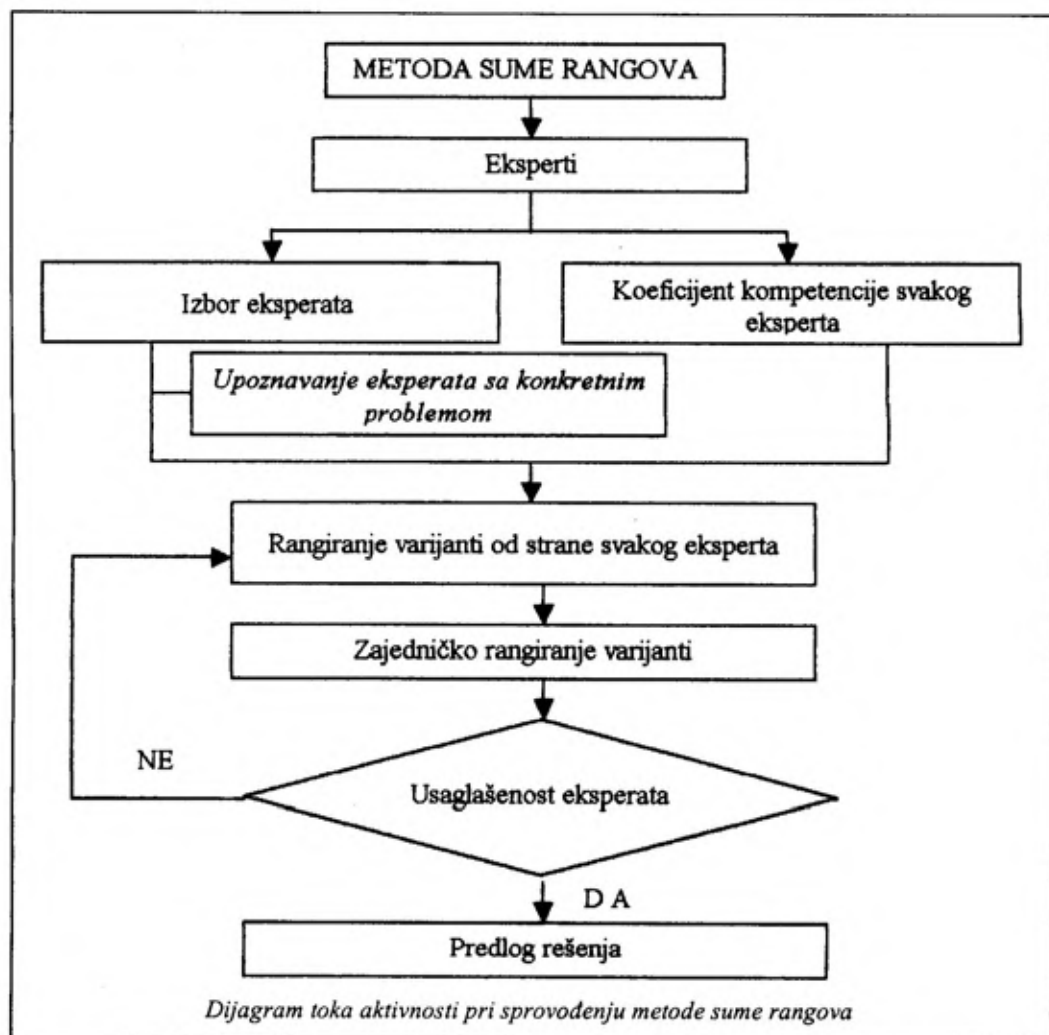
1. izbor eksperata,
2. određivanje koeficijenta kompetencije svakog eksperta,
3. upoznavanje eksperata sa konkretnim problemom,
4. rangiranje varijanti od strane svakog eksperta,
5. izračunavanje zajedničkog ranga varijanti,
6. ocenu usaglašenosti eksperata,
7. diskusiju,
8. korake 4, 5, 6 i 7 koji se ponavljaju dok se ne dobije zadovoljavajuća usaglašenost.

Izbor eksperata vrši se iz grupe eksperata koja postoji i na osnovu njihove želje da u ekspertizi učestvuju. U konkretnom slučaju to bi bili ljudi koji i inače taj posao rade, odnosno starešine iz sastava skladišta koje se raseljava.

Kada su ljudi koji učestvuju u rangiranju varijanti poznati, za njih je moguće unapred odrediti koeficijent kompetencije ponaosob. Karakteristike pomoću kojih se procenjuje kompetentnost eksperata, u osnovi su sledeće: profesionalna kompetencija, interes za rezultate ekspertize, lakoća kontaktiranja, objektivizam, originalnost mišljenja, stvaralačka mašta, kon-

formizam, znanje, rešavanje stvaralačkih problema, elastičnost, mudrost, tvrdoglavost, urođena agresivnost, samokritičnost, poznavanje stranih jezika itd. [1].

Merenje navedenih karakteristika predstavlja problem određivanja koeficijenta kompetencije, a izvršava se sopstvenom procenom eksperata, njihovom zajedničkom procenom i primenom dokumentarnih metoda. Primenjuju se i različite forme za određivanje koeficijenta kompetencije eksperata. *Koeficijent kompetencije eksperata* sastoji se od sopstvene procene, uzajamne procene, stepena poznavanja tematike i objektivnog koeficijenta kompetencije. *Sopstvena procena* predstavlja procenu stepena poznavanja problematike dotičnog eksperta koju on daje za sebe. *Uzajamna procena* predstavlja procenu stepena poznavanja problematike dotičnog eksperta koju daju drugi eksperti. *Stepen poznavanja tematike* predstavlja jačinu uticaja određenih izvora na mišljenje eksperata kao što su: izvršena teoretska analiza koju su uradili eksperti, praktično iskustvo eksperta, poznavanje radova domaćih autora, poznavanje radova inostranih autora, upoznatost autora sa stepenom razvoja radova u inostranstvu i intuicija eksperta. *Objektivni koeficijent kompetencije* predstavlja uvažavanje određenih objektivnih podataka. Individualne karakteristike eksperata koje je moguće uzeti u obzir su: titula i stepen naučnog zvanja, završene škole, radni staž, aktuelni položaj, obavljane dužnosti, objavljeni radovi, naučno-organizacioni rad, stručna aktivnost izvan radnog mesta i dobijena priznanja. U literaturi [2] detaljno je opisano određivanje koeficijenta kompetencije.



Dijagram toka aktivnosti pri sprovođenju metode sume rangova

Upoznavanje eksperata sa konkretnim problemom odnosi se na njihovo upoznavanje sa varijantama koje se rangiraju. Ovaj korak nije uvek neophodan, jer su ljudi koji rade u skladištu uglavnom upoznati i sa varijantama i situacijom.

Svaki ekspert određuje rang varijanti prema sopstvenom mišljenju. Potrebno je uočiti da se za rangiranje varijanti ne definišu i formalizuju kriterijumi, ali to ne znači da oni ne postoje, već se samo

jedinstveno ne definišu i ne formalizuju. Svaki od eksperata utvrđuje za sebe sistem kriterijuma po kojima vrši rangiranje varijanti.

Pri određivanju ukupnog ranga varijanti r_{ij} uzima se u obzir pripadajući koeficijent kompetencije K_j za svakog eksperta. Za svaku varijantu određuje se suma rangova svih eksperata $\sum_{j=1}^n r_{ij} K_j$. Varijante se rangiraju prema vrednosti sume

$\sum_{j=1}^n r_{ij} K_j$ tako da se rang uspostavlja od

najmanje vrednosti do najveće, odnosno najviši rang ima varijanta za koju suma ima najmanju vrednost.

Da bi uspostavljeni rang varijanti bio validan neophodno je da među ekspertima postoji određen stepen saglasnosti. Ocena stepena saglasnosti eksperata vrši se određivanjem koeficijenta konkordacije.

Za izračunavanje koeficijenta konkordacije grupe od m eksperata najpre treba naći sumu rangova (ocena) varijanti dobijenu od svih eksperata, a zatim izračunati razliku te sume i srednje sume rangova:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n} \quad (1)$$

gde je a_{ij} srednja vrednost zbirnih rangova $a_{ij} = \frac{1}{2} m(n+1)$.

Posle toga vrši se izračunavanje sume kvadrata odstupanja S prema formuli:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m(n+1) \right]^2 \quad (2)$$

Suma kvadrata odstupanja S ima maksimalnu vrednost kada svi eksperti daju jednake ocene, to jest

$$S_{\max} = \frac{1}{12} nm^2 (n^2 - 1)$$

Koeficijent konkordacije [5] jednak je odnosu dobijene vrednosti S i njegove maksimalne vrednosti $S_{\max}$ za datu

grupu od m eksperata i broj varijanti n , odnosno:

$$W = \frac{S}{S_{\max}} \quad (3)$$

Koeficijent konkordacije se menja u granicama od 0 do 1, pri čemu vrednost 1 znači da su svi eksperti dali iste ocene, a vrednost 0 znači da nema usaglašenosti među ekspertskim ocenama.

Ako se pojave isti rangovi za različite varijante onda koeficijent konkordacije iznosi:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \left[m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j) \right]} \quad (4)$$

gde je t_j broj jednakih rangova u j -tom redu.

Pri izračunavanju koeficijenta konkordacije mogu se uzeti u obzir koeficijenti kompetencije eksperata K_j , uz uslov da je $\sum K_j = 1$, pri čemu se koeficijent konkordacije izračunava:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \left[m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j \right] \left[\frac{\sum_{j=1}^m \beta_j}{m} \right]} \quad (5)$$

gde je:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{t_j} t_j (t_j^2 - 1)$$

t_j – broj podudarnih ocena j -tog eksperta,

m – broj eksperata,

n – broj varijanti,

K_j – koeficijent kompetencije j -tog eksperta.

U slučajevima gde vrednost koeficijenta konkordacije ne zadovoljava pristupa se diskusiji. Postupak se nastavlja sve dok se ne dobije zadovoljavajuća vrednost koeficijenta konkordacije, odnosno saglasnost o rangovima varijanti.

Na dva jednostavna primera prikazana je metoda sume rangova.

Primer 1

Rang varijanti r_{ij} uzima u obzir pripadajući koeficijent kompetencije K_j za svakog eksperta. U tabeli 1 na numeričkom primeru prikazani su podaci o mišljenju koje su eksperti dali o lokacijama, i prikazani su rangovi dati za pojedine lokacije. Kod prikazanog primera najviši

rang ima lokacija L_3 koja ima najmanju vrednost $\sum_{j=1}^n r_{ij} K_j$, a za tim slede objekti L_2, L_4, L_5 i L_1 .

Koeficijent konkordacije izračunava se na sledeći način:

$$a_{ij} = \frac{1}{2} \cdot 5 \cdot 6 = 15$$

$$S = [(15-15)^2 + (15-15)^2 + (15-15)^2 + (15-15)^2 + (15-15)^2] = [0+0+0+0+0]$$

$$S = 0$$

$$S_{\max} = \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 25 \cdot 24 = 5 \cdot 25 \cdot 2$$

$$S_{\max} = 250$$

$$W = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{0}{250}$$

$$W = 0$$

Mišljenje eksperata o lokacijama i rangovi pojedinih lokacija

Tabela 1

Ekspert	Koeficijent kompet. K_j	Lokacije				
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
E_1	$\frac{r_{ij}}{r_{ij} K_1}$	0,67	1,34	2,01	2,68	3,35
E_2	$\frac{r_{ij}}{r_{ij} K_2}$	1,42	2,13	2,84	3,55	0,71
E_3	$\frac{r_{ij}}{r_{ij} K_3}$	1,77	2,36	2,95	0,59	1,18
E_4	$\frac{r_{ij}}{r_{ij} K_4}$	3,52	4,4	0,88	1,76	2,64
E_5	$\frac{r_{ij}}{r_{ij} K_5}$	4,5	0,90	1,8	2,7	3,6
$\sum_{j=1}^n r_{ij} K_j$		11,88	11,13	10,48	11,28	11,48

Mišljenje eksperata o lokacijama i rangovi pojedinih lokacija

Ekspert	Koeficijent kompet. K_j	Lokacije				
		L_1	L_2	L_3	L_4	L_5
E_1	$\frac{r_{ij}}{r_{ij}K_1}$	2 1,26	1 0,63	3 1,89	4 2,52	5 3,15
E_2	$\frac{r_{ij}}{r_{ij}K_2}$	1 0,79	2 1,58	5 3,95	4 3,16	3 2,37
E_3	$\frac{r_{ij}}{r_{ij}K_3}$	1 0,55	2 1,1	3 1,65	5 2,75	4 2,2
E_4	$\frac{r_{ij}}{r_{ij}K_4}$	1 0,83	2 1,66	3 2,49	5 4,15	4 3,32
E_5	$\frac{r_{ij}}{r_{ij}K_5}$	2 1,94	1 0,97	3 2,91	4 3,88	5 4,85
$\sum_{j=1}^n r_{ij}K_j$		5,37	5,94	12,89	16,9	15,89

U ovom primeru koeficijent konkordacije iznosi 0, što znači da nema usaglašenosti među ekspertskim ocenama, po redak navedenih varijanti nije konačan, tako da se pristupa diskusiji. Postupak će se ponavljati sve dok se ne dobije zadovoljavajući koeficijent konkordacije.

Primer 2

Rang varijanti r_{ij} uzima u obzir pripadajući koeficijent kompetencije K_j za svakog eksperta, čije je poznavanje neophodno. U tabeli 2 prikazani su, preko primera, podaci o mišljenju koje su eksperti dali o lokacijama, i prikazani su rangovi dati za pojedine lokacije. Kod prikazanog primera najviši rang ima lo-

kacija L_1 koja ima najmanju vrednost $\sum_{j=1}^n r_{ij}K_j$, a zatim slede lokacije L_2 , L_3 , L_5 i L_4 .

Koeficijent konkordacije može se izračunati na sledeći način:

$$a_{ij} = \frac{1}{2}m(n+1) = \frac{1}{2} \cdot 5(5+1) = \frac{1}{2} \cdot 30 = 15$$

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2}m(n+1) \right]^2 = \\ = \left[(7-15)^2 + (8-15)^2 + (17-15)^2 + \right. \\ \left. + (22-15)^2 + (21-15)^2 \right]$$

$$S = [64 + 49 + 4 + 49 + 36] =$$

$$= 64 + 49 + 4 + 49 + 36$$

$$S = 202$$

$$S_{\max} = \frac{1}{12} nm^2 (n^2 - 1) = \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 5^2 (5^2 - 1) =$$

$$= \frac{1}{12} \cdot 5 \cdot 25 \cdot 24 = \frac{1}{12} \cdot 3000$$

$$S_{\max} = 250$$

$$W = \frac{S}{S_{\max}} = \frac{202}{250} = 0,808$$

U ovom primeru koeficijent konkordacije iznosi 0,808 i zadovoljava, tako da nije potrebno pristupiti diskusiji, a redosled navedenih varijanti je konačan.

Ovaj postupak može da se automatizuje (unapred pripremi), i u slučaju potrebe pretpostavljenom se stavlja na raspolaganje (brže se dolazi do elemenata za odlučivanje).

Zaključak

Savremeni način vođenja rata nameće zahtev za efikasno obezbeđenje materijalnih sredstava od uništenja, kao i popunu jedinica materijalnim sredstvima. Da bi se materijalna sredstva sačuvala, veoma je bitno odrediti odgovarajuću lokaciju za formiranje poljskog skladišta, i odabrati odgovarajuća transportna sredstva kojima bi se na vreme izvršilo raseljavanje.

Donošenje odluke o izboru lokacije na koju će biti izvršeno raseljavanje, i izboru transportnih sredstava kojima će se raseljavanje izvršiti, kao i izboru jedne varijante od više predloženih mora biti

zasnovano na objektivnim činjenicama i merljivim pokazateljima.

Primenom metoda višekriterijumske optimizacije pri izboru lokacija i transportnih sredstava za raseljavanje materijalnih sredstava smanjuje se subjektivizam i olakšava rad donosioca odluke, preko analize većeg broja kriterijuma i predlogom jednog rešenja, čime se dolazi do dodatnih uslova za donošenje kvalitativne odluke.

Ispoljavanje subjektivnosti donosioca odluke svodi se na tolerantnu meru time što su vrednosti kriterijuma razmatranih varijanti merljive veličine. Ovakav pristup ima svoju logiku i opravdanost, pogotovo što ne ograničava misaonu aktivnost i inventivnost donosioca odluke, nudeći objektivno rešenje, uz uvažavanje više kriterijuma koji su često međusobno zavisni. Međutim, ove metode zahtevaju dosta vremena za primenu, prvenstveno zbog prikupljanja ulaznih podataka. U uslovima kada je vreme ograničeno nužna je primena drugih metoda.

Veoma brzo i kvalitetno donošenje odluke postiže se primenom metode sume rangova, naročito u uslovima kada nema dovoljno vremena za donošenje odluke o izboru lokacije. Ova metoda pogodna je i zbog toga što je slična uobičajenom načinu rada, ali omogućava smanjenje subjektivnosti, automatizaciju postupka pomoći u odlučivanju, i njeni rezultati mogu biti ulazni podaci za raspored različitih vrsta materijalnih sredstava po lokacijama, kao i resursa po vrstama materijalnih sredstava i lokacijama.

Prikazana metodologija ukazuje na jedan do sada malo korišćen, ali zato veoma efikasan način rešavanja navedenih problema.

Literatura:

- [1] Mišković, V.; Milićević, M.; Stanojević, P.: Modeli ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehno-
loških sistema, Vojnotehnički glasnik, 2/2001.
- [2] Kodžopeljić, J.; Mišković V.; Milićević M.; Stanojević P.: Metodologija ocene i rangiranja sredstava naoružanja i vojne opreme u procesu opremanja VJ sredstvima naoružanja i vojne opreme, studija, TU GŠ VJ, Beograd, 1998.
- [3] Mišković, V.; Đukić, R.; Kerec, Z.: Izbor lokacije poljskog skladišta, Vojnotehnički glasnik, 1/1991.
- [4] Andrejić, M.; Stanojević, P.; Mišković, V.: Definisanje kriterijuma za izbor rejonu razmeštaja tehničkih jedinica za održavanje, Vojnotehnički glasnik, 1/1996.
- [5] Belišev, S. D.; Gurvič, F. G.: Matematičko-statističke metode ekspertnih ocenok, Statistika, Moskva, 1980.
- [6] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – opšte karakteristike metoda, Železnica 5–86.
- [7] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – osnovni metodološki proces prognoze, Železnica 5–86.
- [8] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – izbor eksperata i procena njihove kompetencije, Železnica 5–86.
- [9] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – formalizacija i analiza informacija dobijenih od eksperata, Železnica 5–86.
- [10] Pravilo saobraćajne službe oružanih snaga, Saobraćajna uprava, 1985.

Ljubomir Matić
dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

METEOROLOŠKI BILTENI METEO-VATRENI I METEO-SREDNJI – PROGRAMSKO REŠENJE*

UDC: 551.509.2 : 681.3.06

Rezime:

Predmet ovog rada je prikaz programskog rešenja koje se može koristiti za izradu meteoroloških biltena na osnovu pilot-balonskog i radio-sondažnog osmatranja atmosfere, po metodama meteo-vatreni i meteo-srednji.

Ključne reči: meteorološka merenja, radio-sonda, artiljerijsko gađanje, softver, matematički model.

METEOROLOGICAL REPORTS BY METEO-FIRING AND METEO-MIDDLE METHODS-SOFTWARE SOLUTION

Summary:

The topic of this work is a description of a software which can be used to create a meteorological report on the basis of pilot balloon and radiosonde observations of the atmosphere by the meteo firing and meteo middle methods.

Key words: meteorological measurements, radiosonde, artillery fire testing, software, mathematical model.

Uvod

Veliki deo delatnosti TOC KoV Vojske SCG odnosi se na spoljnobalistička ispitivanja nevođene klasične i raketne municije, ispaljene ili lansirane iz odgovarajućih oruđa ili lansera, a čiji se rezultati ocenjuju uzimajući, po pravilu, uvek u obzir stvarno stanje atmosfere – dato preko parametara atmosfere, temperature, pritiska i vlažnosti, kao i preko

projekcija vektora vetra na deo površi sfere koncentrične sa Zemljom.

Vrednosti spoljnobalističkih parametara, tj. dometa i/ili visine otvaranja, verovatnog skretanja po daljini i pravcu, u aktima standardizacija, kao što su PKP ili SNO, ili u tablicama gađanja, propisane su za slučaj projektila koji leti kroz tzv. artiljerijsku normalnu atmosferu, gde vrednosti parametara atmosfere temperature, pritiska i vlažnosti, imaju propisane vrednosti i gde nema vetra.

U praksi se, praktično, nikada ne dešava da parametri atmosfere budu jedna-

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanja kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

ki parametrima artiljerijske normalne atmosfere, pa je uvek potrebno izvršiti svođenje ili popravku izmerenih spoljnobalističkih parametara, kao što su domet, visina otvaranja i sl., na tzv. normalne tablične uslove.

Da bi se procenio uticaj stvarne atmosfere na let projektila potrebno je poznavati parametre atmosfere u funkciji koordinata i vremena.

Meteorološki bilteni razvijeni su sa ciljem da se odrede parametri atmosfere u funkciji visine i vremena, i da se, uz pomoć tablica gađanja, omogući da se proceni uticaj odstupanja tih parametara od propisanih normalnih tabličnih vrednosti na let ispitivanog projektila, tj. da se što tačnije odgovori na pitanje: „kako bi izgledala putanja ispitivanog nevođenog projektila u uslovima leta kroz artiljerijsku normalnu atmosferu?“

TOC KoV je u svojim dosadašnjim ispitivanjima uspešno koristio rezultate obrade snimljenih meteoroloških parametara po metodi meteo-vatreni i modelu razvijenom pre više od deset godina. U novije vreme, u novijim tablicama gađanja, daju se podaci neophodni za primenu obrade snimljenih meteoroloških parametara po metodi meteo-srednji, koja je nešto bliža tačnoj metodi.

Tačna metoda za procenu uticaja trenutne atmosfere na putanju nevođenog projektila bazira se na matematičkom modelu projektila kao krutog tela, sa šest stepeni slobode, sa aerodinamičkom ili žiroskopskom stabilizacijom, gde je potrebno poznavati aerodinamički otpor konkretnog projektila, a u slučaju raketnog projektila, ili projektila sa generatorom gasa, i dijagram potiska konkretnog

raketnog motora ili generatora gasa. Naravno, potrebno je i poznavanje konkretnog artiljerijskog oruđa ili lansera.

Primena ovog modela zahteva visokostručnog operatera i prethodno poznavanje određenog broja parametara nevođenog projektila do kojih se dolazi primenom merenja u aerodinamičkim tunelima i opitnim stanicama, odnosno potrebna je velika baza podataka o svim nevođenim projektilima, a koja do sada nije urađena. Model će biti primenljiv kada se reši potpuna automatizacija rada sa njim, tj. kada se bude tako koncipirao da je potrebno izabrati samo vrstu i model sistema projektil-oruđe, uneti srednje vrednosti meteoroloških parametara po slojevima i izmerene spoljnobalističke parametre – kao što je domet i/ili visina otvaranja i skretanje po daljini i pravcu, a tzv. poklapanje teorijske i stvarne putanje bi se vršilo automatski. To znači da neće biti više potrebe za tablicama gađanja u formi knjige.

Cilj izrade programskog rešenja, koje se bazira na približnim metodama meteo-vatreni i meteo-srednji, bio je izrada modela jednostavnog za rukovanje, a dovoljno tačnog da omogući ocenjivanje ispitivanog nevođenog projektila bez poznavanja tačnih aerodinamičkih i unutrašnjebalističkih parametara nevođenog projektila – uz primenu tablica gađanja.

Matematički model

Meteorološki parametri

Meteorološki parametri, vitrualna temperatura τ , pritisak p i brzina vetra w , takozvani meteo-poremećaji, utiču na let

projektila od oruđa do cilja, tj. utiču na putanju projektila [2], [3].

Virtualna temperatura i pritisak su parametri koji definišu gustinu vazduha i brzinu zvuka od kojih zavisi veličina otpora kretanju projektila (veća gustina – veći otpor tj. manji domet i obrnuto; veća brzina zvuka – manji otpor, tj. veći domet i obrnuto).

Vetar utiče na povećanje ili smanjenje dometa, kao i na skretanje u levo, ili desnu stranu od pravca gađanja.

Virtualna temperatura je fiktivna temperatura, i izračunava se po formuli:

$$\tau = \frac{T}{1 - \frac{3}{8} \frac{p_{vm} \cdot f}{100 \cdot p}} \quad (1)$$

gde je:

$T(K)$ – temperatura suvog vazduha,

$p_{vm}(\text{mbar})$ – maksimalni parcijalni pritisak vodene pare u vazduhu,

$p(\text{mbar})$ – totalni pritisak (vlažnog) vazduha,

$f(\%)$ – vlažnost vazduha.

Maksimalni parcijalni pritisak p_{vm} dobija se [2]:

za $T \geq 273,15 \text{ K}$ je:

$$p_{vm} = k \cdot 10^{.6609 + 7,5(T-273,15)/(T-36)}$$

za $T < 273,15 \text{ K}$ je:

$$p_{vm} = k \cdot 10^{.6609 + 9,5(T-273,15)/(T-7,5)} \quad (2)$$

gde je $T(K)$, i $p_{vm}(\text{mbar})$, a konstanta $k = 1,33322$.

Jednačina stanja vlažnog vazduha je: $\frac{p}{\rho} = R_s \tau$ (3)

Vlažan vazduh je idealan gas čija je temperatura fiktivna temperatura τ , a gasna konstanta je konstanta suvog vazduha $R_s = R = 287,04 \text{ kJ/(kg K)}$.

Tablična (standardna) virtuala temperatura na visini „y“ iznad nivoa mora izračunava se po formuli:

$\tau(y) = 288,9 - 0,006328 \cdot y$, za $0 < y < 9.300 \text{ m}$,

$\tau(y) = 230 - 0,006328(y - 9300) + 1172 \cdot 10^{-6}(y - 9300)^2$, za $9.300 < y < 12.000 \text{ m}$ i

$\tau(y) = -51,5^\circ\text{C} = 221,5 \text{ K}$, za $y > 12.000 \text{ m}$ (4)

Tablični (standardni) totalni pritisak na visini „y“ iznad nivoa mora izračunava se po formuli:

$$p = p_0 e^{5,3984 \ln \left(1 - 0,006328 \frac{y}{289,06} \right)}, \text{ za } 0 < y < 9300 \text{ m},$$

$$p = p_0 \cdot 219,291 \cdot$$

$$e^{-2,12064(\arctg(0,00007274(y-9300)-0,19639) + \arctg(0,19639))/750}$$

za $9300 < y < 12000 \text{ m}$ i

$$p = p_0 \cdot 145,34407 \cdot e^{-0,0001542 \cdot (y-12000)/750}, \text{ za } y > 12000 \text{ m}. \quad (5)$$

Izmereni prizemni meteo-podaci na nadmorskoj visini meteo-stanice Y_{MS} svode se na nivo nadmorske visine vatrenog položaja Y_{VP} prema formulama:

$p(Y_{VP}) = p_{MS} + \Delta p(Y_{VP} - Y_{MS})$ – pritisak vazduha na visini vatrenog položaja i (6)

$\tau(Y_{VP}) = \tau_{MS} + \Delta \tau(Y_{VP} - Y_{MS})$ – temperatura vazduha na visini vatrenog položaja, gde su promene pritiska i temperature date formulama:

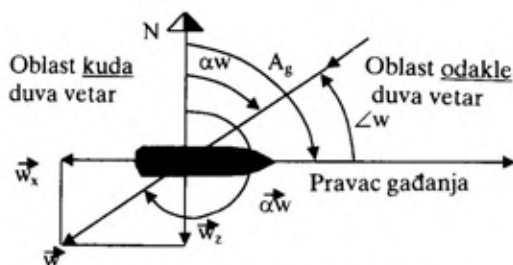
$$\Delta p = p_{MS} [1 + 2,19037 \cdot 10^{-5}(Y_{MS} - Y_{VP})] - p_0(Y_{BVP}) \quad (7)$$

$$\Delta \tau = \tau_{MS} + 6,328 \cdot 10^{-3}(Y_{MS} - Y_{VP}) - \tau_0(Y_{BVP}) \quad (8)$$

Indeksi MS, VP ili 0 označavaju veličine stanja na visini meteo-stanice, vatrenog položaja ili na nivou mora.

Definicije artiljerijskih pojmova

Pravac i smer vetra definišu se prema stranama sveta odakle vetar duva (se-



Sl. 1 – Ukupan vetar i njegove komponente

verni, južni, istočni, zapadni, severoistočni ...).

Pravougli azimut vetra (αw) je ugao između pravca severa i pravca odakle vetar duva, i očitava se u smeru satne kazaljke (minus matematički smer). Npr: za istočni vetar ovaj ugao je 90° , a za zapadni vetar je 270° .

Pravougli azimut vektora vetra ($\alpha \bar{w}$) je ugao između pravca severa i pravca kuda vetar duva i očitava se u smeru satne kazaljke (minus matematički smer). Npr: za istočni vetar ovaj ugao je 270° , a za zapadni je 90° .

Ugao vetra ($\angle w$) je ugao između pravca gađanja i pravca odakle vetar duva i očitava se u smeru suprotnom kretanju satne kazaljke (plus matematički smer).

Na slici 1 prikazan je let projektila u atmosferi sa vetrom, gde oznake imaju sledeće značenje:

$\bar{w}$ – vektor ukupnog vetra, prikazan u oblasti kuda duva vetar;

$\bar{w}_x$ – uzdužna komponenta vetra (projekcija „ w “ na pravac gađanja)

$\bar{w}_z$ – bočna komponenta vetra (projekcija „ w “ na normalu na pravac gađanja)

A_g – azimut pravca gađanja

αw – pravougli azimut vetra

$\alpha \bar{w}$ – pravougli azimut vektora vetra

$\angle w$ – ugao vetra ($\angle w = A_g - \alpha w$)

$w_x = w \cos \angle w$ i $w_z = w \sin \angle w$

Pilot-balonsko osmatranje je praćenje kretanja gumenog balona iz jedne tačke, napunjenog vodonikom, pomoću optičkog teodolita, merenje uglova elevacije i azimuta balona u određenim vremenskim intervalima, pomoću kojih se određuje položaj balona u prostoru. Usvojeno je da je brzina pilot-balona poznata konstantna vrednost (najčešće je $V = 180$ ili 300 m/s) koja zavisi od količine (mase) vodonika u balonu.

Radio-sondažno osmatranje, kao drugi način osmatranja atmosfere, je praćenje kretanja radio-sonde, nošene gumenim balonom (napunjenog vodonikom) radarskim uređajem. Pravac i brzina vetra mere se određivanjem položaja radio-sonde u prostoru u određenim vremenskim intervalima. Ovde se izračunavaju koordinate i tačna brzina penjanja, na osnovu kose daljine od radarske antene do radio-sonde, tj. do balona (a na osnovu poznate brzine radio-signal) i na osnovu izmerenih uglova elevacije i azimuta radio-sonde. Osim toga, meri se temperatura i vlažnost u tački u kojoj se nalazi radio-sonda, a informacije se šalju radio-signalima različitih frekvencija.

Podaci dobijeni pilot-balonskim ili radio-sondažnim osmatranjem omogućavaju obradu koja obuhvata određivanje (izračunavanje) srednjeg, stvarnog i balističkog vetra.

Srednji vetar (w_{sr}) je srednja vrednost brzine vetra (po intenzitetu, pravcu i smeru) u sloju koji se prostire od površine Zemlje do visine za koju se računa ta vrednost.

Stvarni vetar (w) je brzina vetra (definisana intenzitetom, pravcem i smerom) određena na nekoj visini iznad Zemlje kao srednji vetar u sloju „i“ ($i = 1, 2, \dots, n$) čija sredina odgovara onoj visini za koju se računa stvarni vetar, tj. sloj se bira tako da jedna njegova polovina bude iznad, a druga polovina ispod ove visine.

Balistički vetar (w_b) je računski ili fiktivna brzina vetra, stalna po pravcu, smeru i intenzitetu na celoj visini putanje, a koji na let projektila ostvaruje isti uticaj kao i realni vetar koji je promenljiv po pravcu, smeru i brzini, u slojevima u kojima se projektil zadržava neko određeno vreme t_i .

Vremensko zadržavanje projektila u slojevima u odnosu na ukupno vreme leta T koristi se kao mera uticaja određenog sloja, tj. to je tzv. težina sloja q_i , pa je balistički vetar dat formulom:

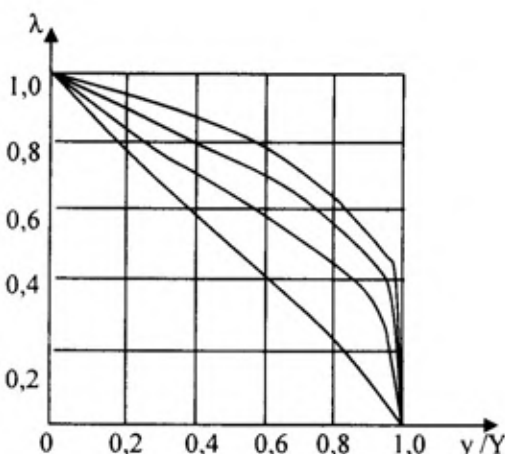
$$w_b = \sum_{i=1}^n w_i \frac{t_i}{T} \quad \text{ili} \quad w_b = \sum_{i=1}^n w_i q_i, \quad \text{gde je}$$

$$T = \sum_{i=1}^n t_i \quad (9)$$

Za težine slojeva važi jednačina:

$$\sum_{i=1}^n q_i = 1 \quad (10)$$

U opštem slučaju, težina sloja jednog meteo-poremećaja ne zavisi od veličine poremećaja, zavisi samo od karakteristika putanje (elevacije, visine kraja aktivne faze, visine temena putanje, dometa, vremena rada raketnog motora, vremena leta, itd.) i usvojene (pogodno izabrane) podele na slojeve. Takođe, za razne poremećaje (odstupanja virtualne temperature, pritiska i brzine vetra), za istu putanju, u opštem slučaju, različite su težine slojeva koje se najbolje prikazuju



Sl. 2 – Dijagram promene težine slojeva, takozvani λ -dijagram

pomoću novog parametra – promene težine slojeva λ (slika 2).

Za težinu sloja i njenu promenu je:

$$q_i = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (11)$$

Dalje je: $\lambda_i = \lambda_{i-1} - q_i$, $\lambda_{i-1} = \lambda_{i-2} - q_{i-1}$, $\lambda_{i-2} = \lambda_{i-3} - q_{i-2}$, ..., $\lambda_1 = \lambda_0 - q_1$. Kako je $\lambda_0 = 1$, to je: $\lambda_i = 1 - (q_1 + \dots + q_{i-2} + q_{i-1} + q_i)$ (12)

Ako su težine slojeva određene na nepoznat način, može se lako konstruisati λ -dijagram na osnovu poznatih vrednosti za q_i iz relacije:

$$\lambda_i = 1 - (q_1 + q_2 + \dots + q_i) \quad \text{ili} \quad \lambda_i = 1 - Q_i,$$

$$\text{gde je: } Q_i = \sum_{k=1}^i q_k \quad (13)$$

Za određivanje vremena zadržavanja raketnog projektila u nekom sloju u aktivnoj fazi korišćene su jednačine tzv. Ojlerovog modela za proračun putanje projektila kao materijalne tačke sa tri stepena slobode:

$$m \frac{dv}{dt} = m a_p - mg \sin \theta,$$

$$mv \frac{d\theta}{dt} = -mg \cos \theta \quad (14)$$

(m , v , a_p – masa, brzina i ubrzanje projektila, θ , g , dt – ugao nagiba brzine, gra-

vitacija i diferencijal vremena) – pri čemu je zanemaren otpor vazduha, a dijagram potiska je aproksimiran pravougaonom površinom tj. srednje ubrzanje je:

$$a_p = \frac{v_M - v_0}{t_M} \quad (15)$$

gde je v_M , v_0 , t_M – maksimalna i početna brzina rakete, vreme rada raketnog motora.

Ako se usvoji da je $m \cdot a_p \gg mg \cdot \sin \theta$ i $a_p \approx \text{const}$ tada je priraštaj vremena za državanja rakete u sloju „i“, ograničenog visinama H_i i H_{i+1} :

$$\Delta t_i = t_{i+1} - t_i = \frac{v_i}{a_p} + \frac{v_{i+1}}{a_p} = \frac{v_i}{a_p} + \sqrt{\frac{v_i^2}{a_p^2} + 2 \cdot \frac{H_{i+1} - H_i}{a_p \cdot \sin \theta_{T,i}}} \quad (16)$$

gde je $t_1=0$, $v_1=v_0$, $\theta_1=\theta_0$, $H_1=0$ (ovde su: $\theta_{T,i}$ – ugao tetive kroz dve tačke „i“ i „i+1“ putanje rakete; v_i i v_{i+1} , t_i i t_{i+1} – brzine i vremena leta rakete u tačkama „i“ i „i+1“ putanje). Još je:

$$\theta_{T,i} = \frac{\theta_i + \theta_{i+1}}{2} = \frac{\theta_i}{2} + \arctg \frac{A-1}{A+1}$$

$$\text{gde je } A = \frac{1 + \lg \frac{\theta_i}{2}}{1 - \lg \frac{\theta_i}{2}} e^{-\frac{g \cdot \ln v_{i+1}}{a_p v_i}} \quad (17)$$

(gde su θ_i i θ_{i+1} uglovi tangenti u tačkama „i“ i „i+1“).

Najpre se približno odredi prvo $\theta_{T,i}$, izračuna v_{i+1} i drugo tačnije $\theta_{T,i}$, pa ponovo v_{i+1} i naredno $\theta_{T,i}$ dok se ne poklopi prethodno $\theta_{T,i}$ i naredno $\theta_{T,i}$, naravno – sa nekom usvojenom greškom (npr. 0,01).

Ukupno vreme kretanja raketnog projektila kroz „m“ slojeva, do kraja rada raketnog motora je $T_m = \sum_{i=1}^m \Delta t_i$, a težina

$$\text{sloja „i“ je } q_i = \frac{\Delta t_i}{T_m} \quad (18)$$

Da bi se mogli upotrebiti podaci iz tablica gađanja za popravku dometa i skretanja jedne određene putanje, potrebno je meteo-poremećaj (promenljiv sa visinom) zameniti jednim ekvivalentnim i konstantnim poremećajem – tzv. *balističkim poremećajem*, koji će u potpunosti imati isti uticaj na putanju kao i zamenjeni meteo-poremećaj (promenljiv sa visinom). Balistički poremećaj je u stvari fiktivni (zamišljeni) poremećaj.

Određivanje težine slojeva za pasivni deo putanje za biltene meteo-vatreni i meteo-srednji

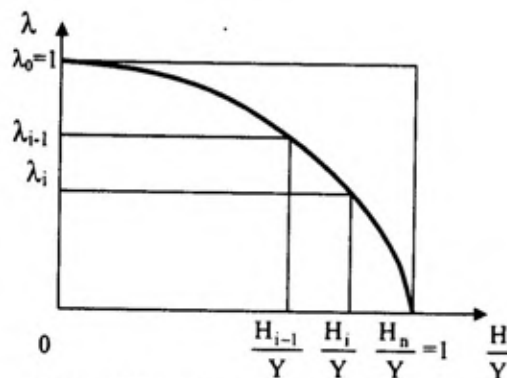
U klasičnoj artiljeriji koristi se više približnih metoda za određivanje balističkih meteoroloških poremećaja. Metoda meteo-vatreni zasniva se na parabolnoj teoriji. Pretpostavlja se da je putanja projektila parabola kao kod kosog hica (sl. 3). Metoda meteo-srednji zasniva se na aproksimaciji tačnog λ dijagrama pravom linijom AV (sl. 4). U oba slučaja usvojeno je: da su težine slojeva q_i proporcionalne vremenu leta (boravka) projektila u tom sloju $t_{M,i}$ (i na penjućem i na padajućem delu putanje) i da su težine slojeva za sve meteo-poremećaje iste za jednu istu putanju.

Težina sloja „i“, ograničenog visinama H_i i H_{i+1} , za postupak obrade meteo-biltene meteo-vatreni data je formulom (Y – je ordinata temena putanje):

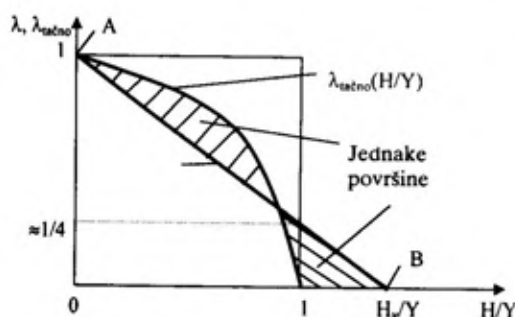
$$q_i = \sqrt{1 - \frac{H_{i-1}}{Y}} - \sqrt{1 - \frac{H_i}{Y}} = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (19)$$

Uvedena je smena:

$$\lambda = \sqrt{1 - \frac{H}{Y}} \quad (20)$$



Sl. 3 – λ -dijagram promene težine slojeva za parabolnu putanju bez otpora vazduha



Sl. 4 – Uslovna visina „ H_k “ za bilten meteo-srednji

Težina sloja „ i “, ograničenog visinama H_i i H_{i+1} , za postupak obrade meteo-biltena meteo-srednji data je formulom:

$$q_i = \frac{H_i - H_{i-1}}{H_k} = \lambda_{i-1} - \lambda_i \quad (21)$$

Uvedena je smena: $\lambda = 1 - \frac{H}{H_k}$ (prava

AB, slika 4) (22)

Uslovna visina „ H_k “ za meteo-srednji data je u novijim tablicama gađanja, a određena je formulom

$$H_k = \frac{(Y_{k_s} + Y_{k_{ws}} + Y_{k_{wz}})}{3}, \quad (23)$$

gde se ordinate u zagradi odnose na uslovne visine za pojedinačne meteorolo-

ške poremećaje: virtualnu temperaturu, uzdužni i bočni vetar.

Programsko rešenje

Ovde je izloženi matematički model, zbog ograničenog prostora, vrlo koncizno prikazan, u [1] je izložena kompletna teorija. Na osnovu izloženog matematičkog modela izrađen je računarski program PBRISO.EXE u jeziku Visual-Basic ver. 1 Pro, za DOS, koji funkcioniše na svim personalnim računarima, počev od XT računara sa procesorom 8086, pa do Pentium IV, sa DOS i Windows okruženjima.

Obrada izmerenih meteoroloških podataka

Pre opita gađanjem, po pravilu, mere se veličine stanja atmosfere, kao što su:

- prizemni vetar i njegov pravac (anemometrom sa vetruljom), pritisak (barometrom aneroidom), temperatura i vlaga (Asmanovim psihrometrom – meri se temperatura suvog i vlažnog vazduha, a vlažnost se očitava iz odgovarajućih tablica, dok se u programu izračunava) – i sve na visini na kojoj je MS;

- nadzemni vetar i njegov pravac (merenjem uglova elevacije i azimuta pilot-balona ili radio-sonde), a u slučaju RSO još i kosa daljina do radio-sonde (merenjem vremena kretanja upadnog i odbijenog radarskog talasa), temperatura i vlaga (merenjem frekvencija temperature i vlage koje su proporcionalne otporima termistora i reostata sa membranom osetljivom na vlagu), i to u određenim vremenskim intervalima – a sve u više slojeva.

Prethodno se određuju nadmorske visine meteorološke stanice i vatrenog položaja.

Program je tipa „Visual“ tako da se rad sa njim izvodi interaktivno, korišćenjem miša i/ili tastature. Naime, svi podaci su u tabelama na ekranu, a svaki se može pojedinačno menjati, bez ponovnog unošenja ostalih podataka. Slika 5 daje izgled maske programa kada se pokrene program „PBRSO.exe“.

Okvir „METEOROLOSKI PODACI“ obuhvata sledeće parametre:

- „Visina meteo stanice“ – nadmorska visina mesta gde se postavlja meteo stanica;

- „Visina vatrenog položaja“ – nadmorska visina mesta gde se postavlja oruđe ili lanser;

- „Temperatura suv.vazduha“ – temperatura koja se očitava sa Asmanovog psihrometra;

- „Temperatura vlaz.vazduha“ – temperatura koja se očitava sa Asmanovog psihrometra;

- „Vlaznost vazduha“ – izračunava se na bazi temperatura suvog i vlažnog vazduha;

- „Priz.pritisak vazduha“ – pritisak na mestu gde se postavlja meteo stanica;

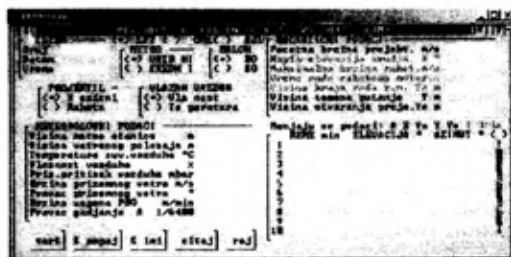
- „Brzina prizemnog vetra“ – brzina vetra na visini gde se postavlja meteo stanica;

- „Pravac prizemnog vetra“ – pravac vetra na visini gde se postavlja meteo stanica;

- „Brzina uspona PBO“ – obično je ili 180 ili 300 m/min.;

- „Pravac gadjanja A“ – pravac po kojem je usmerena cev oruđa ili lansera.

Okvir „BALISTICKI PODACI“ obuhvata sledeće parametre:



Sl. 5 – Maska programa PBRSO.ehe (kursor „treperi“ u polju „Broj“ u okviru „BILTEN“ i očekuje se unos broja biltena)

Belo obojeno slovo u nazivima objekata, koji predstavljaju tastere, okvire ili opcije, označavaju da se ti objekti mogu aktivirati (bez upotebe miša) pritiskom tastera „Alt“ i tog slova

- „Pocetna brzina projekt.“ – brzina kojom projektil izlazi iz cevi ili lansera;

- „Nagib-elevacija orudja E“ – nagib cevi oruđa ili lansera u trenutku opaljenja;

- „Maksimalna brzina rakete“ – brzina rakete u trenutku prestanka rada raketnog motora;

- „Vreme rada reketnog motora“ – vreme sagorevanja goriva u raketnom motoru;

- „Visina kraja rada r.m. Ya“ – visina leta rakete u trenutku prestanka rada rak. motora;

- „Visina temena putanje Y“ – najveća visina putanje projektila;

- „Visina otvaranja projek. Yb“ – visina tačke otvaranja (rasprskavanja) projektila.

Okvir „VREME min ELEVACIJA° AZIMUT°“ i „DALJINA m TEMPERAT° VLAGA%“ obuhvata parametre:

- „Vreme“ – vreme očitavanja elevacije/azimuta teodolita ili radara;

- „Elevacija“ – elevacija teodolita ili radara;

- „Azimut“ – azimut teodolita ili radara;

– „Daljina“ – kosa daljina između radara i radio-sonde.

– „Temperat.“ – temperatura koju očitava radio-sonda na visini očitavanja;

– „Vlaga“ – vlaga koju očitava radio sonda na visini očitavanja.

Veličine stanja atmosfere za artiljerijsku normalnu atmosferu su:

– normalan pritisak – to je pritisak na nivou mora (1000 mbar);

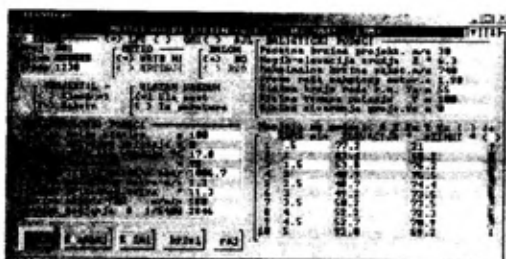
– normalna temperatura – to je temperatura suvog vazduha na nivou mora (15°C);

– normalna virtualna temperatura –
to je računska temperatura na nivou mora
(15.9°C).

– normalna vlaga – to je vlažnost
vazduha na nivou mora (50%).

Sada je potrebno uneti broj biltena, izabrati klikom miša ili na način objašnjen u prethodnoj napomeni, da li je bilten meteo-vatreni ili meteo-srednji i da li se atmosfera ispituje sa PBO ili RSO, pa ako postoji datoteka na disku koja odgovara ovim unetim podacima ona će se, aktiviranjem tastera „Učitaj“ (klikom miša ili taster kombinacijom „Alt U“) učitati u prazna polja maske.

Ako bilten još nije snimljen na disku, onda se „ručno“ unose podaci u pra-



Sl. 6 – Izgled ekrana računara kada se učitava datoteka pilot-balona „PBO001V“ (to je pilot-balon broj 001 za meteo-vatreni)

zna polja maske programa, a „šetanje“ kursora po poljima vrši se klikom miša na prostor polja, ili tasterom „Tab“ unapred, ili kombinacijom tastera „Shift Tab“ unazad. U okvirima „VREME min ELEVACIJA ° AZIMUT °“ ili „DALJINA m TEMPERAT. °C VLAGA %“ može se uneti maksimalno 200 (dvestotine) redova podataka.

Izborom „Elevacija i azimut u 1/6000 [] da“ izvršava se automatski preračunavanje unetih uglovnih mera u okviru „VREME min ELEVACIJA ° AZIMUT °“ iz stepena (1/360) u ruske hiljadite (1/6000), a isključivanjem ove opcije vrši se automatsko preračunavanje u suprotnom smeru.

U grupisanoj celini „Menjaju se podaci: A E Ya Y Yo [] da“ izborom opcije

Prilog

Potpuni meteorološki bilten

METEOROLOSKI BILTEN BR: 001 PBO METEO-VATRENI
 DATUM: 020855Z VREME: 1230
 tv(m) = 2.0 Vo(m/s) 30.0 Vm(m/s) = 740.0 Ub(m/min) = 180
 Ho(mbar) = 1006.7 Uo(°C) = 78.0 Wo(m/s) 1.3 Awo(°) = 11.3
 dH(mbar) = 8.9 tsv(°C) = 17.8 dt(°C) = 4.3 Ag(1/6400) = 2846
 Yms(m) = 100.0 Yvp(m) = 0.0
 METEO STVARNI

t	B	A	Hsr	Wr	AWr	Wx	Wz
(min)	(°)	(°)	(m)	(m/s)	(°)	(m/s)	(m/s)

0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	11.3	1.1	0.7	-
0.5	77.2	21.0	54.0	0.8	201.0	-0.6	-0.5	-
1.0	63.6	68.2	162.0	3.1	259.3	0.5	-3.1	-
1.5	53.8	76.2	265.5	4.1	263.2	0.9	-4.0	-
2.0	48.9	75.5	364.5	4.4	254.3	0.3	-4.3	-
2.5	48.7	74.4	463.5	3.0	250.0	-0.0	-3.0	-
3.0	49.2	73.5	562.5	2.6	248.3	-0.1	-2.6	-
3.5	50.2	73.5	659.3	2.0	253.5	-0.1	-2.0	-
4.0	52.2	72.3	753.8	1.2	231.7	-0.4	-1.1	-
4.5	52.2	70.9	848.3	2.1	236.9	-0.5	-2.0	-
5.0	52.0	69.2	942.8	3.1	236.7	-0.7	-3.0	-

BAJISTICKO ODSUPANJE METEO-POREMECAJA U AKTIVNOJ FAZI

	(o)	(m)	(o)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
1	6.3	55.0	120.3	0.8	-0.6	0.5

BALISTICKO ODSUPANJE METEO-POREMECAJA U PASIVNOJ FAZI
N Qo Yt Awbp Wbp Wzbp Wzbp

	(°)	(m)	(°)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
1	6.3	100.0	201.1	0.8	-0.6	-0.5

„da“ zelenom bojom će se obojiti polja čije se izmene očekuju (sl. 6). To su polja:

– „Pravac gadjanja A 1/6400“ u okviru „METEOROLOSKI PODACI“),

– „Nagib-elevacija orudja E °“ u okviru „BALISTICKI PODACI“,

– „Visina kraja rada r.m. Ya m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“,

– „Visina temena putanje Y m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“

– „Visina tacke otvaranja Yo m“ u okviru „BALISTICKI PODACI“.

Za ove izmenjene vrednosti proračunavaju se balistički podaci, za isti bilten, i dopisuju posle trenutno već obrađe-

nih balističkih podataka, u istom biltenu. Ovako dopisanih podataka može biti maksimalno 10.

U prilogu rada dat je jedan primer potpunog meteorološkog biltena čija je maska programa data na sl. 6.

Literatura:

- [1] Matić, Lj.: Meteorološka merenja i obrada meteoroloških podataka o stanju atmosfere za potrebe poligonskih gadjanja, kumulativna naučnotehnička informacija 2 /2002.
- [2] Viličić, J.; Gajić, M.: Balistika, Split 1979.
- [3] Janković, S.: Spoljna balistika, Beograd, 1977.
- [4] Savkin, L. S.; Lebedev, B. D.: Метеорология и стрельба артиллерии, Москва, 1974.
- [5] Vaisala Upper-Air System Automatic Meteorological Measurement, Helsinki 1986.

ANALIZA POLOŽAJA PIROTEHNIČARA PRI RAZMINIRANJU I POVEĆANJE NJEGOVE BEZBEDNOSTI*

UDC: 623.365 : 623.445

Rezime:

Pri eksploziji mine generiše se snažan udarni talas praćen razletanjem metalne i druge parčadi i intenzivnim bleskom. Međutim, snaga udarnog talasa rapidno se smanjuje sa smanjenjem rastojanja. Takođe, efekti eksplozije mina mogu prouzrokovati veliki broj povreda, od amputacija i sakaćenja do spoljnih povreda glave i tela. Malim korekcijama u odnosu na rastojanje i orijentaciju u odnosu na minu, zajedno sa efikasnom zaštitnom opremom, smanjuje se mogućnost potencijalnih povreda pirotehničara.

Ključne reči: mina, eksplozija, pirotehničar, bezbednost, povreda, zaštitna oprema.

ENHANCING DEMINER SAFETY THROUGH CONSIDERATION OF HIS POSITION

Summary:

When a mine detonates, a blast wave is generated, along with an impulsive burst of fragments, and an intense fire flash. However, the strength of the blast wave emanating from the mine decreases rapidly with standoff distance. The effects of a detonating mine can lead to a wide range of injuries, from amputations and lacerations to internal injuries in the head and torso. By making small adjustments in standoff distance and orientation when facing a mine, in conjunction with using effective protective equipment, injury potential can be reduced.

Key words: mine, explosion, deminer, safety, injury, protective equipment.

Uvod

Prethodna istraživanja [1–4] imala su za cilj kvantifikaciju potencijalnih opasnosti od mina i identifikaciju osnovnih principa i parametara projektovanja efikasne zaštitne opreme. U njima je pokazano da efekti koji nisu uzimani u obzir u scenariju razminiranja, uključujući kontuzije i unutrašnje povrede grudnog

koša, imaju izuzetan značaj. Međutim, istraživanja su pokazala da upotreba pravilno projektovanih i proizvedenih kaciga (šlemova) i druge zaštitne opreme, može u velikoj meri zaštititi pirotehničara od tih opasnosti. Ispitivanja se nastavljaju nesmanjenim intenzitetom, pokazujući da i male korekcije položaja pirotehničara pri razminiranju mogu drastično da smanje verovatnoću ili surovost povreda u slučaju akcidentalne eksplozije.

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanja kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

U ovom radu prikazani su neki od rezultata eksperimenata u kojima su korišćene antropomorfne lutke postavljene u različite klečeće položaje, tipične za pirotehničare pri razminiranju, koje su direktno izložene detonaciji mina. Za merenje brzine udarnog talasa i njegovog dejstva prema glavi i grudnom košu, kao i za dejstvo natpritisaka na uši, korišćeni su davači i merna oprema. U eksperimentima su korišćene nezaštićene i lutke sa određenom zaštitnom opremom. Merna oprema bila je ugrađena u lutke, a dobijeni podaci upoređivani su sa raspoloživim podacima o realnim povredama.

Eksperimenti

U istraživanjima su korišćene usavršene lutke, koje reprezentuju oko 50% američke muške populacije (visina 1,75 m i masa 75 kg). One se, takođe, koriste i u automobilske industriji. Radi dobijanja reproduktivnih i sistematskih podataka za potpunu evaluaciju, bitno je konzistentno kontrolisati položaj lutaka. Da bi se to ostvarilo, projektovana je i izrađena modernizovana aparatura za pozicioniranje (slika 1). Aparatura je potpuno prilagođena i sa mogućnošću diskretnih pomeranja lutaka koje su postavljane u sve tipične pozicije za pirotehničara – uključujući klečanje, stajanje, saginjanje, ležanje.

Iako je osnovni motiv ovih istraživanja da se istraži efekat malih korekcija u pozicijama pri kojima se dešavaju povrede, sva ispitivanja izvršena su na lutkama u klečećem položaju u odnosu na minu. Međutim, razmatrano je nekoliko klečećih položaja sa malim korekcijama. Položaj koji je korišćen kao osnova za



a)



b)



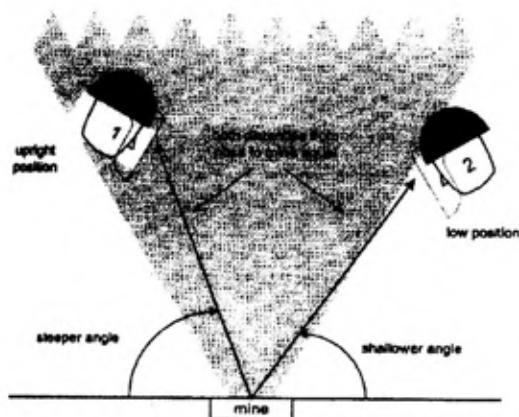
c)

Sl. 1 – Različiti klečeći položaji

a) uspravan položaj sa rastojanjem glava-mina 0,80 m, b) rastojanje glava-mina 0,70 m (levo) i 0,90 m, c) sagnuti klečeći položaj sa rastojanjem glava-mina 0,70 m

poređenje sa drugim varijacijama postavljanja lutaka, je uspravan klečeći položaj, sa rastojanjem glava-mina od 0,80 m (slika 1a). Da bi se istražio efekat promene rastojanja, ispitivanja su izvršena sa lutkama na rastojanjima 0,70 m i 0,90 m (slika 1b). Da bi se istražio efekat orijentacije, lutke su postavljene u niskoklečeći položaj sa rastojanjem glava-mina od

0,70 m (slika 1c). Ako se uporede slike 1a i 1c, može se videti da su glave lutaka na slici 1c pomerene unazad i na manjoj visini u odnosu na tlo nego na slici 1a. Razlika između ta dva položaja može se analizirati u tzv. polarnim koordinatama, koje definišu položaj lutaka preko radijalnog rastojanja i ugla. Tako, dok lutke na slikama 1a i 1c imaju slična radijalna rastojanja glava-mina (0,80 m na slici 1a i 0,70 m na slici 1c), ugao koji formira linija koja se proteže od glave do mine na zemlji (horizontala) znatno je manji na slici 1a nego na slici 1c. Razlog zbog koga je takav niskoklečeći položaj analiziran na slici 1c uslovljen je efektom detonacije mine. Kada mina eksplodira, zbog toga što je ukopana u zemlju, većina opasnosti generiše se na obodu konusa oko mine, zbog toga što zemlja fokusira udarni talas i fragmentaciju. To ukazuje na mnogo veću opasnost od one koja je usmerena prema centru konusa: povećanje dinamičkog pritiska, veća brzina i gustina parčadi, veći nivo natpritiska, intenzivnije zagrevanje, itd.



Sl. 2 – Šematski prikaz različite orijentacije glave prema mini (obe glave su na istom rastojanju od mine, ali pod različitim uglovima u odnosu na zemlju)

Za dalju elaboraciju uticaja orijentacije lutaka (ili pirotehničara) na verovatnoću povrede, prikazana je slika 2. Na toj šemi glave dve lutke (pirotehničara) pozicionirane su na istom radijalnom rastojanju od mine ukopane u zemlju. Međutim, pirotehničar „1“ (levo) pozicioniran je pod većim uglom, dok je pirotehničar „2“ (desno) pozicioniran pod manjim uglom. Da bi se istakle posledice malih korekcija orijentacije, konusna površina opasnosti iznad mine koja detonira šematski je prikazana kao zasenčena trouglasta površina (oblik i veličina konusne površine samo su ilustrativne i nisu bazirani na preciznim merenjima ili analizama).

Konusna površina je simetrična oko mine i, kao posledica toga, može se usvojiti da je pirotehničar „1“ bliži centru te površine, dok je pirotehničar „2“ samo parcijalno obuhvaćen površinom (ili regionom) povećane opasnosti. Prema tome, za očekivati je da pirotehničar „1“ bude više izložen efektima dejstva mine nego pirotehničar „2“, čak i kada je rastojanje glava-mina identično.

Na slici 3 prikazan je rezultat detonacije simulirane mine. Ovaj snimak (frame) ultrabrze video-kamere omogućava da se konstatuje kako postoji veći nivo opasnosti iznad mine koja detonira nego sa strana.

Simulirane mine su ekskluzivno korišćene u ovim istraživanjima, jer su u uslovima striktno međunarodne kontrole proliferacije, čuvanja u zalihama i transfera (prometa) mina, realne mine teško dostupne. Simulirane mine sadrže plastični eksploziv uliven u plastično kućište i ukopane su na dubinu od 1 cm ispred lutke. Simulirane su tri količine eksploziva (50,



Sl. 3 – Detonacija mine koja ukazuje na konusno polje povećane opasnosti iznad mine

100 i 200 g C4), kao reprezenti širokog dijapazona protivpešadijskih mina. Uslovi zemljišta podrazumevali su pesak bez velikog kamenja–šljunka.

Senzor pritiska postavljen je u uho lutke da bi merio prenos natpritiska udarnog talasa, a troosni akcelerometrijski izvod postavljeni su na glavu i grudi lutaka kako bi se obezbedilo proračunavanje rezultantne brzine udarnog talasa.

Kada su vršena ispitivanja na lutkama sa zaštitnom opremom, tada su korišćeni posebni sistemi za obezbeđenje zaštite tela, nogu i ruku, a na glavi lutaka bila je laka pirotehnička kaciga (šlem). Moguće je kombinovati i ostale delove zaštitne opreme, kao npr. zaštitni vizir integrisan sa zaštitnim pločama na grudnom košu, što obezbeđuje zaštitu od efekata detonacije mine i sprečava dejstvo udarnog talasa iza vizira.

Rezultati i diskusija

Kada je glava čoveka izložena neočekivanom i snažnom opterećenju, kao što je ono koje se generiše detonacijom mine (ili drugog eksplozivnog sredstva),

dijapazon povreda može se kretati od malih do fatalnih. U većini akcidenata pirotehničara, povrede tela (tkiva) i oštećenja ekstremiteta obično privlače najveću pažnju. Efekti udarom indukovane povrede su takve prirode da mogu prouzrokovati fatalan ishod. Međutim, važno je da se opasnost kvantifikuje i procenjuje, kao i da se shvati koje mere se mogu preduzeti radi smanjenja nivoa rizika.

Uticaj rastojanja na lutku bez zaštitne opreme jasno se uočava sa naglim povećanjem brzine udarnog talasa. Međutim, ako se upotrebi efikasna kaciga (šlem), dejstvo udarnog talasa se smanjuje. U stvari, pravilno projektovana i proizvedena kaciga obezbeđuje i do 80% manji efekat u odnosu na slučaj kada se ne primenjuje zaštita. To smanjenje efekta udarnog talasa uzrokovano je zbog nekoliko faktora: integrisane zaštitne ploče na grudnom košu i vizira, vizir i kaciga projektovani su sa aerodinamičnim profilom u odnosu na nezaštićenu glavu i smanjena je brzina prenosa energije do glave prouzrokovana deflekcijom sabijenih komponenti kacige (apsorberi energije u oblogama – slojevima kacige, deflektor vizira).

Da bi se povezala merenja pomeranja glave u odnosu na povrede ljudi, razvijen je poznati HIC (Head Injury Criterion) kriterijum povrede glave, sa krivama verovatnoće povređivanja [5, 6]. Tim kriterijumom, povrede glave ispitnih lutaka konvertovane su u funkcije verovatnih povreda. Skala AIS (Abbreviated Injury Scale), koja definiše nivo povrede, data je u tabeli.

Efekat smanjenja rastojanja na potencijalnu povredu je očigledan. Kada nema zaštite, detonacija 100 g eksploziva

Skala AIS povreda

AIS stepen nanesenih povreda	AIS povrede ljudi	Opis povrede
0	nema	nema povrede
1	glavobolja, vrtoglavica	mala
2	nesvestica < 1 sat	srednja
3	nesvestica 1–6 sati	ozbiljna
4	nesvestica 6–24 sata	opasna
5	nesvestica > 24 sata	kritična
6	nemogućnost održavanja u životu	fatalna

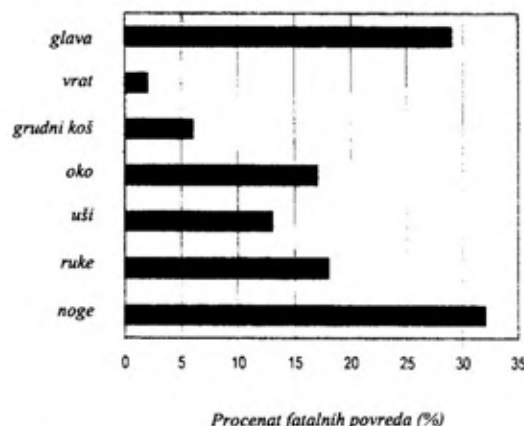
C4, pri rastojanju glava–mina od 0,90 m, ne dovodi do kontuzija i postoji verovatnoća od 62% da će se desiti stepen nanesenih povreda AIS0. Ali, kada se rastojanje smanji samo za 10 cm, do 0,80 m, postoji verovatnoća od 60% da će se desiti povrede malog (AIS1) ili srednjeg (AIS2) stepena. Ako bi se rastojanje smanjilo dalje do 0,70 m, nezaštićeni pirotehničar može doživeti povrede za koje se pretpostavlja da će biti fatalne (100% verovatnoća AIS6).

Vrste povreda koje su registrovane u mnogobrojnim incidentima pirotehničara, sumirane su u izveštaju Landmine iz 2000. godine (slika 4). Fatalne povrede uključuju povrede glave i grudnog koša, udarno oštećenje pluća, udarnu i multisistemsku traumu. Povrede od dejstva udarnog talasa mogu, takođe, uključivati i oštećenje sluha, opekotine i traumu čitavog tela.

Takođe, vrlo je važan pravilan izbor i upotreba kacige (šlema) u prevenciji povreda. Na rastojanjima od 0,90 m i 0,80 m, nošenje kacige obezbeđuje verovatnoću od 100% da neće biti povrede, ali na rastojanju od 0,70 m, verovatnoća da neće biti povreda smanjuje se na 90%.

Sa povećanjem količine eksploziva na 200 g povećava se i stepen nanesenih povreda u odnosu na količinu 100 g. Kada je nezaštićeni pirotehničar izložen dejstvu efekata detonacije 200 g eksploziva, postoji verovatnoća od 100% da će se desiti fatalne povrede pri rastojanjima glava–mina od 0,70 m i 0,80 m. Ali, povećanjem rastojanja na 0,90 m, smanjuje se potencijal povreda i sa verovatnoćom od 0% može se konstatovati da će biti letalnih povreda (AIS6), a sa verovatnoćom od 70% da će biti kombinovanih povreda – srednjih (AIS2) do malih (AIS1).

S druge strane, upotreba kacige na rastojanju glava–mina od 0,80 m obezbeđuje verovatnoću od 51% da se neće desiti povrede (AIS0) i verovatnoću od 31% da će se desiti male povrede (AIS1). Smanjenje tog rastojanja za samo 10 cm, na 0,70 m, značajno povećava verovatnoću potencijalne povrede – 40% da će se desiti srednje (AIS2) i 31% da će se desiti ozbiljne povrede. Suprotno, povećanje rastojanja glava–mina od samo 10 cm, do 0,90 m, generiše verovatnoću od 97% da neće biti kontuzija tipa AIS0. Promena rastojanja glava–mina ima veliki značaj na



Sl. 4 – Povrede od dejstva mina u akcidentima pri razminiranju

pojavu potencijalnih povreda, a upotrebom kacige postiže se još veća zaštita.

Razlog zbog kojeg su očigledne velike promene izmerenih veličina pomeranja glave i potencijalnih povreda sa promenom rastojanja, oslikava se u konstataciji da se snaga udarnog talasa rapidno smanjuje sa povećanjem rastojanja od mine (kada eksplozivno punjenje detonira i udarni talas se prostire unaokolo, snaga talasa se smanjuje po inverznoj kubnoj funkciji rastojanja glava-mina (R), tj. $1/R^3$). To, očigledno, pokazuje da male korekcije rastojanja mogu dovesti do velikih razlika u snazi udara, prema tome i izmerenih veličina (npr. pritiska ili brzine). Međutim, najvažnije je što će se, uporedo sa relativnim povećanjem rastojanja od 0,10 m u tri položaja, glave lutaka verovatno pomeriti van konusnog regiona opasnosti od mine.

Posledice izbegavanja regiona povećane opasnosti prikazane su u stvarnim ispitivanjima udara. Mereno je pomeranje glave lutaka koje su postavljene u uspravan klečeći položaj (pod velikim uglom) i niskoklečeći položaj (mali ugao).

Primena kriterijuma HIC pokazuje da nivo očekivanih povreda može znatno da se poveća finim korekcijama orijentacije lutke-pirotehničara. Pokazano je da je pomeranje glave u uspravnom klečećem položaju bilo mnogo veće i da će verovatnije uzrokovati povrede nego u merenjima u niskoklečećem položaju. Na primer, u niskoklečećem položaju 200 g eksploziva, detoniranog na rastojanju od 0,70 m, generiše verovatnoću fatalne povrede od 1,7% za nezaštićenu lutku. Ali, u uspravnom klečećem položaju, 200 g eksploziva generiše 100%-tnu verovatnoću fatalne povrede na rastojanju većem od 0,80 m. Slične razlike u stepenu po-

vređivanja mogu se zapaziti i kod količina od 50 i 100 g eksploziva.

Nije iznenađenje da je natpritisak koji deluje na uši uzrokovan usvojenim položajem lutke (pirotehničara). Uho je deo tela koji je najosetljiviji na povredu udarnim natpritiskom, a prag perforacije bubne opne je pri pritisku 0,35 bar. Natpritisak od 1 bar će dovesti do perforacije bubne opne u 50% slučajeva, dok će verovatnoća perforacije bubne opne pri natpritisku od 2 bar biti 95%. Perforacija bubne opne nije obavezno permanentna povreda, i u većini slučajeva može se izlečiti korektnim medicinskim tretmanom (ili prirodnim putem). Oštećenje unutrašnjeg uha, koje redovno rezultuje nekim drugim stepenom permanentnog ili nepovratnog gubitka sluha, generalno se primećuje pri natpritisku većem od 1 bar, ali to nije jasno kvantifikovano. Perforacija bubne opne i gubitak sluha nisu povrede opasne po život, ali mogu biti duga vremenska smetnja sa potencijalnim socijalnim posledicama.

Na nezaštićenim lutkama u tri različita položaja i sa rastojanjima od 0,70 m, 0,80 m i 0,90 m, kada su izložene dejstvu eksplozije 100 g i 200 g eksploziva, sa povećanjem rastojanja glava-mina maksimalni izmereni natpritisak se smanjivao, što ne iznenađuje, jer je poznato da se natpritisak udarnog talasa rapidno smanjuje sa rastojanjem.

Međutim, kada su lutke bile opremljene zaštitnom opremom (laka kaciga), natpritisak, što je iznenađenje, nije se povećavao sa smanjenjem rastojanja. U stvari, trend je suprotan (izmereni maksimalni pritisak na lutkama sa kacigom uvek je bio znatno manji nego u slučaju nezaštićene glave), što pokazuje prednosti primene efikasne zaštitne opreme. Kada su lutke postavljene na različitim rastojanjima od eksplozivnog punjenja, ne

menja se samo rastojanje, nego i ugao pod kojim su torzo i glava u odnosu na minu. Sa promenom ugla pod kojim je glava – i vizir – menjaju se i nivoi zaštite uha. Kada se uporede izmerene vrednosti natpritisaka prema pragu povreda, očigledno je da je verovatnoća perforacije bubne opne vrlo visoka, čak i kada se primeni odgovarajuća zaštitna oprema. Tada može biti korisno (i svrsishodno) da pirotehničari, kad god je to moguće, koriste neku vrstu dodatne zaštite (npr. antifoni) za prevenciju oštećenja unutrašnjeg uha.

U grudnom košu, unutrašnji organi, krvni sudovi i tkiva mogu se povrediti ako grudni koš pretrpi preterani nivo dejstva udarnog talasa. Prag povreda za veliko pomeranje grudog koša je generalno prihvaćen da bude 60 g u toku 3 ms (ta vrednost bazirana je na podacima dobijenim u automobilske industriji, koja ne proučava tako kratke pojave kao što je udarno dejstvo, i rezultati možda i nisu pogodni za izloženost udaru).

Ispitivanja dejstva udarnog talasa vršena su sa maksimalnim pomeranjem grudnog koša lutaka, kada su postavljene u uspravnom klečećem položaju (veliki ugao) i u niskoklečećem položaju (mali ugao). Iz rezultata dobijenih merenjima očigledno je da su nivoi izmereni sa upotrebom zaštitnog kompleta bili niži u odnosu na one sa nezaštićenim lutkama. Smanjenje maksimalnog pomeranja uslovljeno je kombinacijom krutih i mekih materijala na mestu grudnog koša, koja je obezbedila smanjenje dejstva udarnog talasa i apsorbovala deo udarnog opterećenja. To je, naravno, smanjilo i količinu energije koja se predaje torzu.

Kroz dodatne serije ispitivanja, izvršene na prototipu lake pirotehničke kacige (šlema) sa davačem u viziru, pokazano je da rastojanje može uticati na vero-

vatnoću proboja preko zaštitnog vizira i sistema za zaštitu lica. U tim ispitivanjima sa vizirima debljine 4,4 mm i 5,0 mm (iako je uobičajena debljina vizira instaliranog na laku pirotehničku kacigu 5,7 mm) konstatovan je određeni broj proboja kroz vizire dok su lutke bile postavljene u klečećim položajima, sa rastojanjem glava–mina 0,70 m i 0,80 m. Mine (50, 100 i 200 g C4) su bile ukopane u zemlju koja sadrži kamenje i šljunak – kako bi se ostvario efekat povećane opasnosti od fragmentacije. Ovde treba naglasiti da, u tim istim ispitivanjima, upotreba vizira debljine 5,7 mm dopušta daleko manje proboja nego oni debljine 4,4 mm i 5,5 mm – za faktor veći od osam, što ukazuje na važnost veće debljine vizira.

Kada mina detonira, gustina parčadi (tj. broj parčadi po jedinici površine) smanjuje se sa rastojanjem od mine, a sa povećanjem rastojanja smanjuje se energija parčadi. Saglasno tome, za očekivati je manje fragmentacionih proboja vizira sa povećanjem rastojanja. Kada se sabere broj proboja primećenih tokom serija ispitivanja, uzimajući u obzir sve tri količine eksploziva i obe debljine vizira, očigledna je direktna zavisnost od rastojanja. S obzirom na rastojanje 0,80 m, prosečan broj proboja na vizirima po jednom ispitivanju dejstva udara bio je 1,12, a taj broj skoro je dupliran na 2,20 proboja po ispitivanju, kada su lutke bile postavljene na bližem rastojanju od 0,70 cm.

Zaključak

U ispitivanjima sažeto prikazanim u odnosu na samo neke parametre koji mogu povećati bezbednost pirotehničara, nameće se zaključak da rastojanje i pravilna orijentacija pirotehničara prema mini može u znatnoj meri smanjiti štetne

efekte i pojavu ozbiljnih povreda. Iako je poznato da se snaga udarnog talasa smanjuje sa povećanjem rastojanja od mine, upotreba zaštitne opreme itekako je efikasna u prevenciji povreda glave, ekstremiteta i grudnog koša.

Prikazane su samo neke sekvence obimnih ispitivanja u pogledu korekcije položaja pirotehničara (u ovom slučaju lutaka). Vršena je evaluacija nivoa udarom indukovanih pomeranja glave i grudnog koša, natpritisaka koji deluje na uši i fragmentacionih proboja vizira male debljine. Merenjem tih efekata konzistentno je pokazano da je, radi sprečavanja procenjenih nivoa povreda, najbolje povećati rastojanje i usvojiti takav položaj koji podrazumeva manji ugao u odnosu na minu i zemljište. Na primer, u merenju natpritisaka koji deluje na uho nezaštićene lutke izložene detonaciji 200 g eksploziva C4, nivoi su povećani za 70% kada je rastojanje smanjeno sa 0,90 m na 0,70 m. Kada se uporede niskoklečeći i uspravan klečeći položaj, očigledno je da nivoi povreda grudnog koša mogu biti manji, ako se usvoji niskoklečeći položaj.

Možda je od najvećeg interesa usvajanje HIC kriterijuma za merenje veličine pomeranja glave, u kome je pokazano da povećanje rastojanja i primena niskoklečećeg položaja može sprečiti fatalne ishode povreda glave.

Značajno smanjenje u izmerenim efektima udarnog talasa ostvareno je primenom malih podešavanja položaja i orijentacije. To je doprinelo da se kombinovanim efektima rapidno smanji snaga udara sa povećanjem rastojanja, i fokusiraju efekti okolnog zemljišta koje ima

detonacija mine, kreirajući konusni region povećane opasnosti. Usvajanjem određene orijentacije tela, koja omogućava da se taj konusni region izbegne i pirotehničar izloži manjem nivou udarnog talasa, moguće je smanjiti efekat udarnog talasa na pirotehničara i ograničiti potencijalne povrede.

Međutim, ono što je u svakoj situaciji kada se radi sa minama najznačajnije – radi prevencije povreda najefikasniji način za smanjenje efekata dejstva mine i prevencije povreda je korišćenje efikasne zaštitne opreme razvijene na ispravnim principima projektovanja i proizvedene po uhodanoj tehnologiji. Ta oprema mora se primeniti u odnosu na opasnost koja se očekuje, bilo u poslovima razminiranja, bilo u akcidentalnim situacijama.

Literatura:

- [1] Makris, A.; Nerenberg, J. P.; Dionne, Bass, C. R.; Chichester, C.: Reduction of Blast-Induced Head Acceleration in the Field of Anti-Personnel Mine Clearance, IRCOBI Conference, Marseilles, France, 2000.
- [2] Nerenberg, J.; Makris, A.; Dionne, J. P.: Design, Development, and Evaluation of the HDE Demining Ensemble and Accessories, Final Report, Med-Eng Systems Inc., 2001.
- [3] Makris, A.; Nerenberg, J.; James, R.; Chichester, C.: Evaluation of Personal Protective Ensembles for Humanitarian Demining, UXO/Countermining Forum, Anaheim, California, 2000.
- [4] Nerenberg, J.; Islam, S.; Makris, A.; Dionne, J. P.: Comparative Study of Different Lightweight Head Protection Systems with Full-Face Visors for Humanitarian Deminers, Journal of Mine Action, James Madison University, Vol. 1, 2000.
- [5] Versace, J.: A Review of the Severity Index, Proceedings of the 15th Stapp Car Crash Conference, 1971.
- [6] Prasad, P.; Mertz, H. J.: The position of the United States Delegates to the ISO Working group 6 on the Use of HIC in the Automotive Environment, Society of Automobile Engineers, Warrendale, 1985.
- [7] Bass, C. R.: Development of a Procedure for Evaluating Demining Protective Equipment, Journal of Mine Action, James Madison University, Vol. 4, 2000.

MERNA METODA ZA ANALIZU RADARSKE POVRŠINE ROTIRAJUĆEG OBJEKTA*

UDC: 621.396 : 969.3 : 53.083

Rezime:

U radu je opisana merna metoda za analizu radarske površine rotirajućeg objekta. Predstavljeni su merni sistem i postupak obrade izmerenih rezultata. Dobijeni rezultat je radarska slika rotirajućeg objekta.

Ključne reči: merenje radarske površine, visokorezoluciona radarska slika.

RADAR CROSS SECTION ANALYSIS OF ROTATING OBJECTS

Summary:

In the paper the radar cross section of rotating objects is analyzed. The measurement systems and data processing are described. The result is a cross range imaging of rotating objects.

Key words: radar cross section measurements, high resolution radar imaging.

Uvod

Realni radarski ciljevi imaju složeni geometrijski oblik. Sposobnost refleksije elektromagnetskih talasa je osobina karakteristična za svaki radarski cilj, i opisuje se pojmom radarske površine σ . Zavisnost karakteristika refleksije elektromagnetskih talasa od ugaonog zakreta radarskog cilja opisuje se dijagramom refleksije $\sigma(\theta, \phi)$.

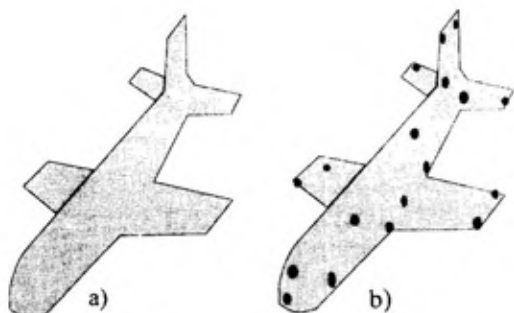
Razvoj radarskih senzora i njihova primena u izviđačkim sistemima i sistemima sa radarskim samonavodjenjem naglašava značaj radarske površine kao važnog parametra u funkciji „preživljavanja“ potencijalnog cilja. Poznavanje srednje

vrednosti radarske površine σ i dijagrama refleksije $\sigma(\theta, \phi)$ više nije dovoljno.

Složeni radarski ciljevi, sa stanovišta refleksije elektromagnetskih talasa, mogu se razložiti na konačan broj elementarnih reflektora, koji postaju sekundarni izvori zračenja [1]. Mesta maksimalne refleksije elektromagnetskih talasa, nazivaju se blještave tačke [2]. U slučaju poznavanja njihove pozicije na objektu, u procesu razvoja moguće je promenom oblika konstrukcije, ili promenom konstruktivnog materijala, uticati na njihovu veličinu radi umanjivanja radarske površine. Metode analize položaja blještavih tačaka često se nazivaju metode analize radarske slike.

Kod ovih metoda koriste se merni radarski sistemi, koji u zavisnosti od predaj-

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.



Sl. 1 – a) Radarski cilj, b) Položaj „blještavih tačaka“

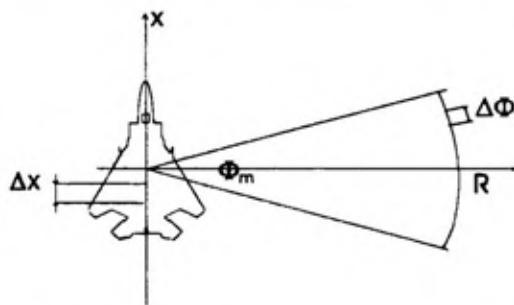
nog signala mogu biti: radar sa kontinuiranim zračenjem (CW), frekventno modulisan (FM-CW) radar, CW radar sa upravljivim pomičnim vremenskim vratima i amplitudno modulisan CW radar [3].

U ovom radu opisan je merni sistem za analizu radarske slike rotirajućeg objekta, i na odabranim objektima izvršena je eksperimentalna verifikacija metode.

Metoda eksperimentalne analize radarske slike rotirajućeg objekta

Geometrijske koordinate, koje se vezuju za objekat u odnosu na merni sistem, su daljina i azimut.

Distribucija „blještavih tačaka“ po azimutu dobija se na osnovu relativnog



Sl. 2 – Geometrija mernog mesta i dobijanje sintetizovanog otvora

kretanja između antene mernog sistema i objekta, bilo da se antena kreće uz nepokretan cilj, ili da je ona nepokretna a cilj rotira u određenom ugaonom opsegu, slika 2. Odabiranjem signala (amplituda i faza) reflektovanog od objekta u više ugaonih pozicija, formira se sintetizovan otvor. Primljeni signal i distribucija „blještavih tačaka“ objekta povezani su Furijeovom transformacijom. Potrebni ugaoni interval u kome se vrši odabiranje reflektovanog signala, zavisi od željene rezolucije. Za interval odabiranja $\Delta \Phi < \lambda / (2\Phi)$, gde je D širina objekta, rezolucija po azimutu iznosi [3]:

$$\Delta x = \frac{\lambda}{4 \sin(\Phi_m / 2)} \quad (1)$$

gde je:

λ – talasna dužina,

Φ_m – ugaoni opseg odabiranja.

Korišćenjem signala frekventnog opsega B i odabiranjem reflektovanog signala u jednakim frekvencijskim intervalima, Furijeovom transformacijom omogućena je distribucija „blještavih tačaka“ po daljini. U tom slučaju rezolucija po daljini iznosi [3]:

$$\Delta R = \frac{c}{2B} \quad (2)$$

gde je:

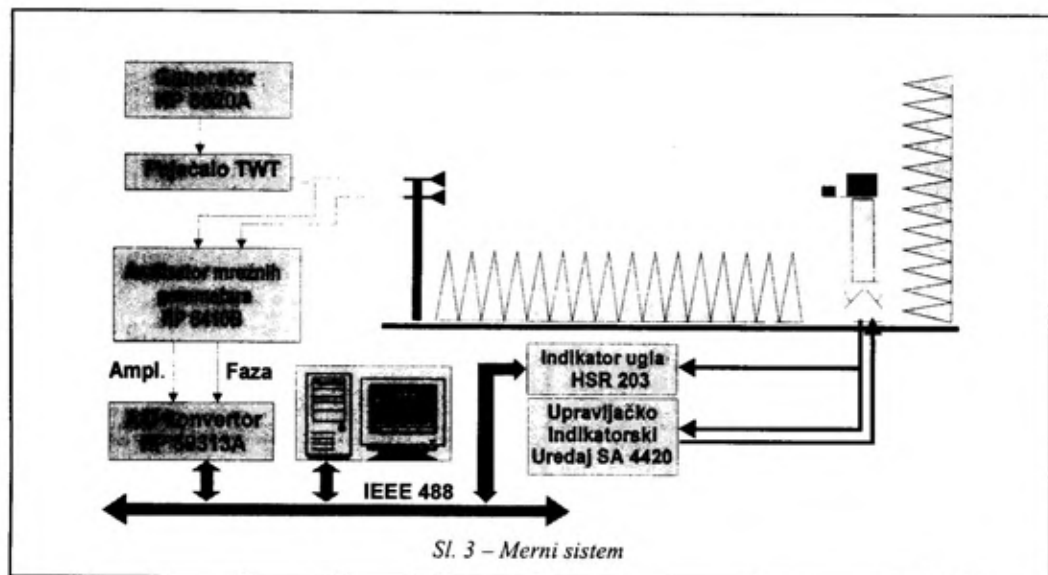
ΔR – rezolucija po daljini,

c – brzina svetlosti,

B – širina frekventnog opsega.

Merni sistem

U okviru eksperimentalne provere merne metode, realizovan je merni sistem prema slici 3.



Sa generatora HP 8620A signal se preko pojačavača Varian TWT VZX 698F vodi na predajnu levak antenu. Deo signala se preko usmerenog spreznika vodi na analizator mrežnih parametara HP 8410B sa indikatorom amplitude i faze HP 8413A. Reflektovano polje od cilja prima se prijemnom levak antenom, i vodi na ulaz analizatora mrežnih parametara. Sa indikatora amplitude i faze HP 8413A signal amplitude i faze polja vodi se na A/D konvertor HP 59313A. U merni sistem je uključen računar sa IEEE-488 karticom koji na osnovu informacije o uglu sa digitalnog davača ugla DDC HSR 203 upravlja A/D konvertorom HP 59313A i prikuplja podatke koji se nakon završenog merenja obrađuju.

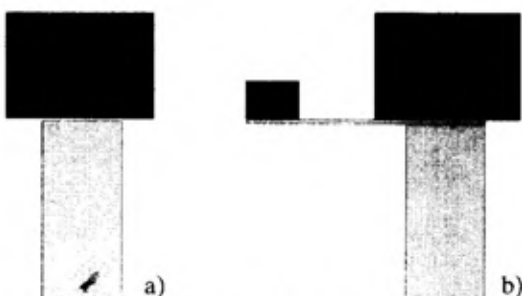
Upravljanje sa azimut-elevacionim postoljem SA M5301 vrši se pomoću upravljačko-indikatorskog uređaja SA 4620.

Obrada izmerenih podataka i njihov prikaz realizovana je u programskom paketu MATLAB [4].

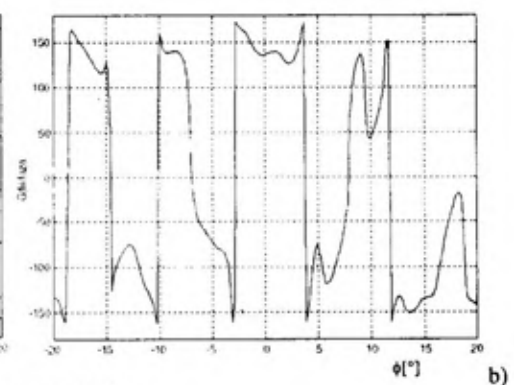
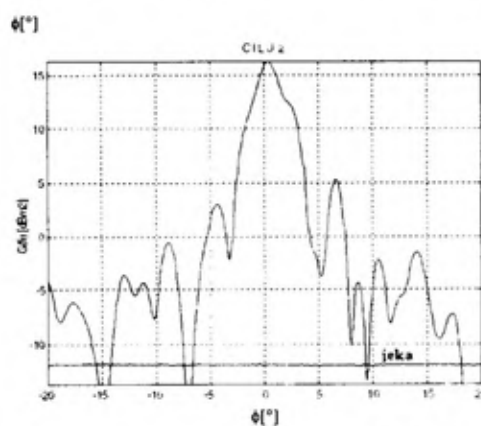
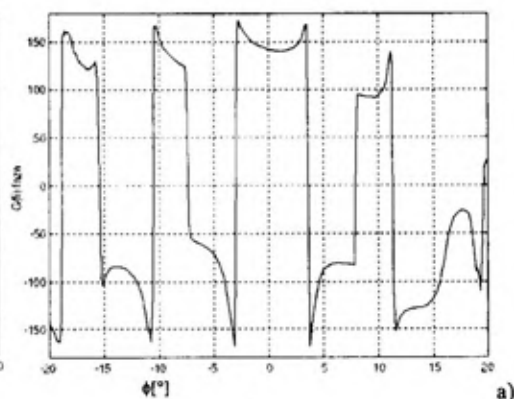
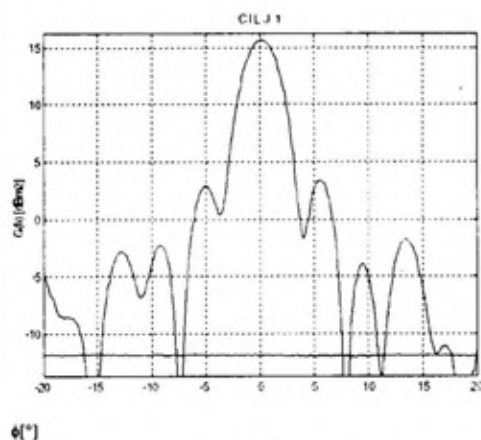
Eksperimentalni rezultati

Pomoću opisanog mernog sistema izvršena je analiza dva radarska cilja: pravougaone ploče stranica $0,223 \text{ m} \times 0,23 \text{ m}$, koja je ujedno služila kao etalon, i cilja koji se sastoji od iste pravougaone ploče i dodate male ploče stranice $0,08 \text{ m}$ na rastojanju od $0,17 \text{ m}$, slika 4.

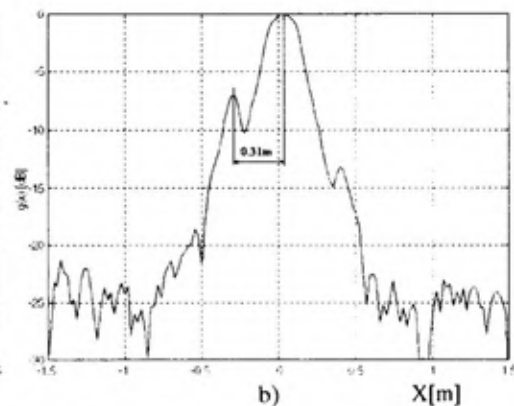
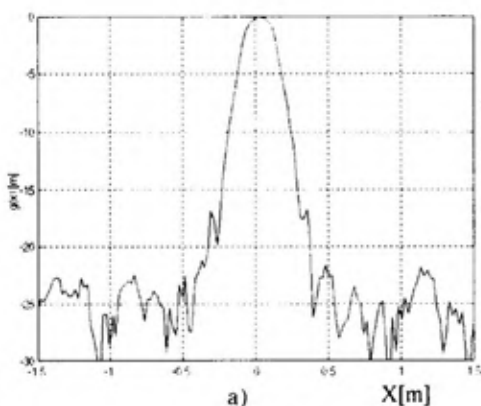
Merenje je izvršeno na mernom mestu delimično prekrivenom elektromagnetskim apsorberima. Rastojanje između antena i postolja od stiropora na kome su se nalazili ciljevi, je $5,40 \text{ m}$. Merenje je



Sl. 4 – a) cilj 1, b) cilj 2



Sl. 5 – Dijagram refleksije



Sl. 6 – Distribucija „blještavih tačaka”: a) cilj 1, b) cilj 2

izvršeno na frekvenciji 10,049 GHz u ugaonom opsegu od 40° u 256 tačaka.

Izmereni dijagrami refleksije cilja 1 i 2 prikazani su na slici 5.

Na izmerenim podacima uočava se da dodavanje manje pločice cilju 1 izaziva manje promene u dijagramu refleksije, koje se ogledaju u većem maksimumu cilja 2 za 0,54 dB u odnosu na cilj 1. Postavljanje male ploče dovelo je do povećanja nivoa desnog boka dijagrama refleksije za 1,9 dB. Promene se ogledaju i kod faznog dijagrama u centralnom delu, ali uz očuvanje tačaka promene predznaka faze.

Izvršena je obrada izmerenih podataka čiji je rezultat distribucija blještavih tačaka po osi x, prikazan na slici 6. Distribucija blještavih tačaka prati fizičke dimenzije ciljeva, tako da se za cilj 1 može proceniti da na nivou od -3 dB njegova širina iznosi 0,25 m. Greška u dimenzijama, za oko pola talasne dužine sa obe strane, posledica je efekta ivice ploče.

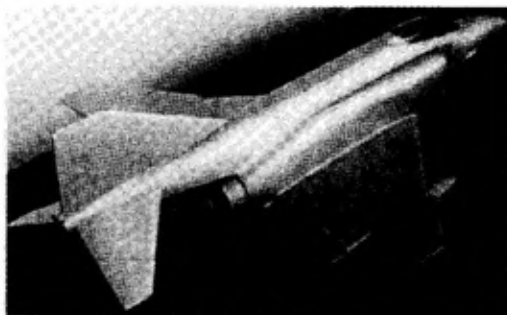
Na distribuciji blještavih tačaka cilja 2 uočava se dodata pločica kao veoma izražen bok sa leve strane. Razmak između položaja maksimuma iznosi 0,31 m što se slaže sa fizičkim dimenzijama razmaka između centra velike i male ploče.

Sličnim mernim sistemom, gde se koristi generator HP 4420 i kao A/D konvertor digitalni analizator signala HP 5420 izvršena je dvodimenzionalna analiza modela aviona od aluminijuma, dužine 0,90 m i širine 0,60 m, slika 7. Merenje je izvedeno u kontrolisanim uslovima u antieho komori. Objekat, model aviona, nalazio se na postolju od stiropora na visini 1,54 m, bočno postavljen na udaljenosti od 6,30 m od predajne i pri-

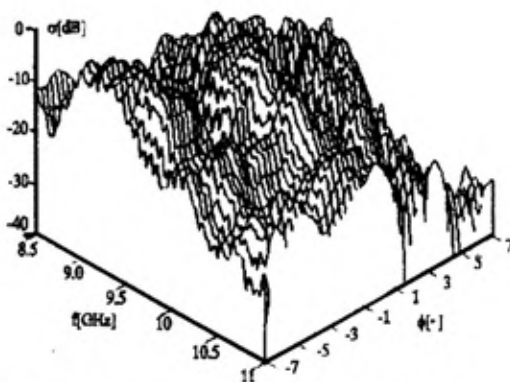
jemne levak antene postavljene na visini od 1,80 m.

Cilj je rotirao po uglu u opsegu $\pm 7^\circ$, diskretno pomeran u 128 tačaka. Za svaki ugaoni položaj vršeno je merenje dijagrama refleksije, uz diskretnu linearnu promenu frekvencije predajnog signala u 128 tačaka pri čemu je ostvaren frekventni opseg 2,5 GHz (početna frekvencija $f_1 = 8,5$ GHz, krajnja frekvencija $f_2 = 11$ GHz). Dobijeni dijagram refleksije prikazan je na slici 8.

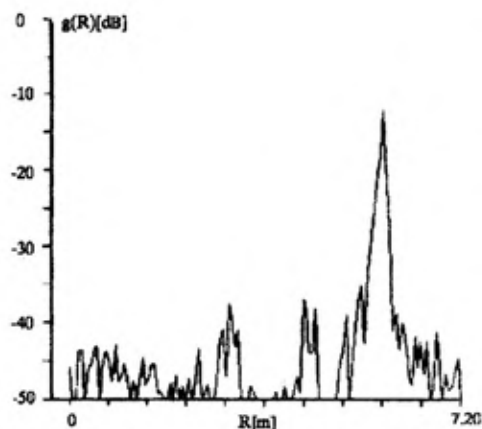
Izmereni podaci amplitude i faze primljenog signala pretvoreni su u dvodimenzionalno kompleksno polje. Nakon izvršene FFT, dobijena je distribucija „blještavih tačaka“ površine komore i modela aviona prostorno raspoređenih po



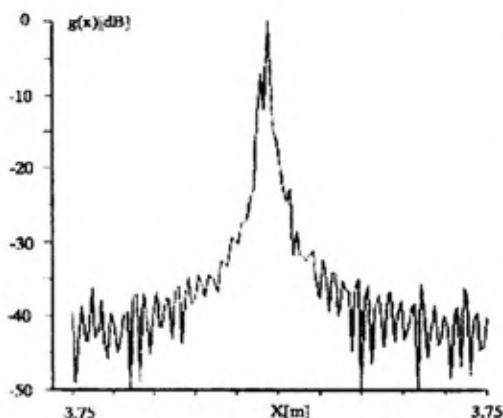
Sl. 7 – Model aviona



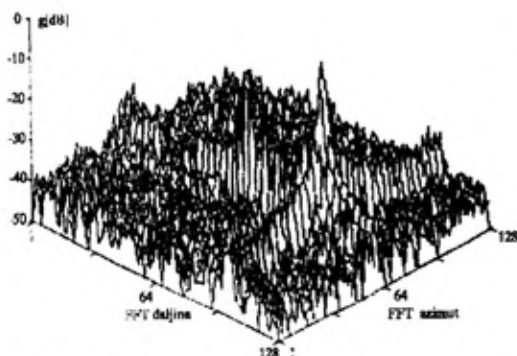
Sl. 8 – Izmereni dijagram raspršenja modela aviona (normalizovana amplituda)



Sl. 9 – Normalizovana radarska slika modela aviona
128 × 128 tačaka



Sl. 10 – Distribucija „blještavih tačaka“ po daljini
dobijena iz preseka normalizovane radarske slike



Sl. 11 – Distribucija „blještavih tačaka“ po azimutu
dobijena iz normalizovane radarske slike

azimutu i daljini, koja je normalizovana po intenzitetu i prikazana na slici 9. Na osnovu uslova merenja potencijalna rezolucija po daljini je $\Delta R = 0,06$ m, a po azimutu od $\Delta x_1 = 0,056$ m za frekvenciju 11 GHz do $\Delta x_2 = 0,072$ m za frekvenciju 8,5 GHz. U tom slučaju prostor podataka odgovara po daljini 7,20 m, a po azimutu od 7,16 m do 9,21 m.

Na slici 10 prikazan je presek radarske slike po daljini. Sa slike se može odrediti položaj modela, koji prema maksimumu iznosa „blještavih tačaka“ odgovara daljini od 6,12 m, uz širinu od 0,66 m.

Na slici 11 prikazan je presek radarske slike po azimutu. Sa slike se vidi da je položaj modela u centru, dok je procenjena dimenzija na osnovu „blještavih tačaka“ oko 0,90 m.

Zaključak

U radu je opisana metoda eksperimentalne analize radarske slike rotirajućeg objekta.

Opisanim mernim sistemom moguće je izvršiti jednodimenzionalnu analizu „blještavih tačaka“ po poprečnom preseku (x osi). Merenjem dijagrama refleksije u određenom frekventnom opsegu (primena generatora sa automatskom promenom frekvencije), moguće je izvršiti dvodimenzionalnu analizu blještavih tačaka po poprečnom preseku (x osi) i po daljini.

Iz dobijenih rezultata može se zaključiti da distribucija „blještavih tačaka“ odgovara fizičkim dimenzijama analiziranih objekata.

Ovako dobijeni podaci o radarskoj slici nekog objekta mogu se iskoristiti kao polazna osnova za modelovanja i si-

mulaciju radarske karakteristike cilja radi analize odziva radarskih senzora.

Na osnovu analize „blještavih tačaka“ moguće je izračunati fazni centar i radarsku površinu objekta, simulirati doprinos svakog raspršivača i na osnovu toga preduzimati konkretne aktivnosti radi smanjenja radarske vidljivosti sredstva.

Literatura:

- [1] Zatkalik, A.: Radiolokacija I deo, Nauka, Beograd, 1995.
- [2] Razingar, A.: Elektronsko izviđanje i maskiranje, VINC, Beograd, 1989.
- [3] Mensa, D. L.: High Resolution Radar Imaging, Artech House, Dedham, MA, 1984.
- [4] Signal Processing Toolbox User's Guide, The Math Works, Inc., Natick, MA, 1992.

Dr Živko Stjelja,
dipl. inž.
Zoran Jelenković,
dipl. inž.
Slobodan Dželetović,
dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

OCENSKA ISPITIVANJA SLOŽENIH TEHNIČKIH SISTEMA*

UDC: 62.004.15

Rezime:

U radu se prikazuju globalni problemi ispitivanja složenih tehničkih sistema, od izrade programa ispitivanja, plana ispitivanja, sprovođenja ispitivanja pojedinih performansi, i/ili podsistema, do ocene sredstva na osnovu rezultata ispitivanja i zahteva korisnika. Ukazuje se na novi pristup pojmu kvaliteta sredstava, na nedostatak metoda ispitivanja i kriterijuma za ocenu, a posebno se naglašava problem ocenjivanja složenih tehničkih sistema na bazi rezultata ispitivanja specijalističkih laboratorija. Na osnovu izloženih analiza daju se smernice za razvoj metoda za ispitivanje i razvoj metoda za ocenu složenih tehničkih sistema.

Ključne reči: ispitivanje, ocenjivanje, tehnički sistemi, upotrební kvalitet.

QUALIFICATION TESTING OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS

Summary:

The paper presents a global approach to problems of qualification testing of complex technical systems, from programming and planning, through test performing of various performances and/or equipment, to the evaluation on the basis of test data and requirements specified by the customer. The new approach to the device quality concept is characterized by deficiency of test methods and proper evaluation criteria. The problem of proper evaluation for CTS based on test results from specialized laboratories is emphasized in particular. The paper has identified main tasks for further research and development of testing methods and evaluation of CTS based on shown analyses.

Key words: qualification test, evaluation, technical systems, quality of service.

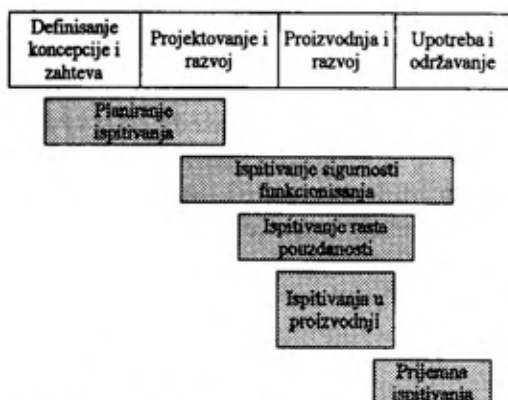
Uvod

Kvalitet proizvoda danas se sve manje posmatra sa stanovišta tehničko-tehnoloških performansi, a sve više sa stanovišta sposobnosti proizvoda da zadovolji potrebe korisnika. Današnje poimanje kvaliteta nameće i novi pristup ispitivanju proizvoda, posebno složenih tehničkih sistema.

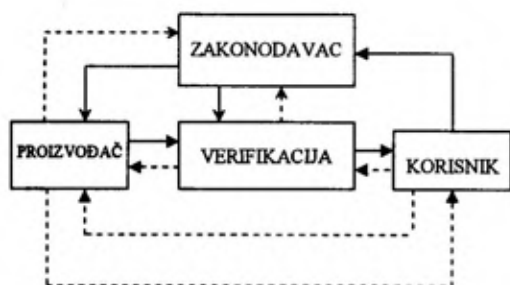
Standard ISO 9000 definiše kvalitet kao nivo do kojeg skup karakteristika proizvoda ili usluge ispunjava zahteve korisnika. Iz ovakvog pristupa kvalitetu proistekla je potreba ispitivanja u svim fazama životnog ciklusa proizvoda, kao što je prikazano na slici 1.

Zakonodavac se, u principu, bavi samo delom prijemnim ispitivanjima proizvoda, gde reguliše međusobne odnose proizvođača, korisnika i države, slika 2.

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.



Sl. 1 – Faze ispitivanja u životnom ciklusu proizvoda



Sl. 2 – Blok šema verifikacije proizvoda

Osnovni zadatak zakonodavca je da kroz sistem verifikacije i sertifikacije proizvoda, štiti opšti društveni interes (ekologija, bezbednost, kompatibilnost sa okruženjem, terminologija, ergonomija i slično), a ne da proizvodu obezbedi kvalitet u toku njegove upotrebe.

U slučajevima kada zakonodavac propisuje ispitivanje performansi radnih mogućnosti proizvoda (na primer kod vozila – brzina kretanja, potrošnja goriva, vučna sila i slično), jednoznačno se propisuju svi uslovi ispitivanja, koji se po mnogo čemu razlikuju od stvarnih uslova upotrebe proizvoda i služe isključivo za uporednu ocenu proizvoda.

Za saznanja o kvalitetu proizvoda, radi donošenja odluke o nabavci, potreb-

no je izvršiti odgovarajuća ispitivanja prema propisanim metodama, odnosno sprovesti prijemna ispitivanja.

Za jednostavnije tehničke proizvode i proizvode široke potrošnje, prijemna ispitivanja realizuju se sistemom ispitivanja gde ovlašćene institucije, zastupajući interes korisnika i zakonodavca, vrše verifikaciju proizvoda ispitivanjem.

Veći poslovni sistemi poseduju ili koriste specijalizovane institucije koje za njihove potrebe sprovode ispitivanja pre donošenja odluke o nabavci. Tokom ispitivanja složenih tehničkih sistema sprovodi se veliki broj utvrđivanja performansi sistema i podsistema proizvoda.

Analizom rezultata ispitivanja ukazuje se na kvalitet proizvoda u upotrebi. Propisani sistem sertifikacije za ovakve proizvode nije pogodan, već se umesto sertifikata daje sveobuhvatna ocena proizvoda. Ovakva ispitivanja predstavljaju ocenska ispitivanja, a u Vojski SCG to su završna i verifikaciona ispitivanja koja sprovodi Tehnički opitni centar.

Zahtevi kvaliteta

Pod pojmom kvaliteta danas se podrazumeva sposobnost proizvoda da zadovolji potrebe korisnika. Da bi se dala ocena kvaliteta potrebno je da se, pored ispitivanja radnih performansi, obuhvate i ispitivanja ostalih performansi kvaliteta u toku upotrebe. Iz tih razloga danas se sve više posvećuje pažnja upotrebnom kvalitetu, koji je definisan standardom IEC 60300 kao: „ukupni efekat radnih performansi koji obezbeđuje stepen zadovoljenja korisnika“.

Peformanse upotrebnog kvaliteta prikazane su na slici 3.

Performanse logističke podrške radu sistema je sposobnost organizacije da obezbedi rad tehničkog sistema i pomoćne izvršavanju njegovog zadatka.

Performanse operativnosti u upotrebi je sposobnost tehničkog sistema da bude uspešno i lako korišćen.

Celovitost upotrebe je sposobnost sistema da po stupanju u rad funkcioniše bez značajnih pogoršanja.

Performanse upotrebljivosti predstavljaju sposobnost sistema da funkcioniše u granicama dozvoljenih odstupanja i pod drugim uslovima koje zahteva korisnik, u toku propisanog (zahtevanog) vremena. Performanse upotrebljivosti se dele na performanse dostupnosti i na per-

formanse postojanosti, koje se definišu na sledeći način:

– performanse dostupnosti: „sposobnost tehničkog sistema da po stupanju u rad propisno funkcioniše, u granicama dozvoljenih odstupanja, i pod drugim uslovima koje zahteva korisnik“;

– performanse postojanosti: „sposobnost tehničkog sistema da po stupanju u rad propisno funkcioniše, pod datim uslovima i u toku propisanog (zahtevanog) vremena“.

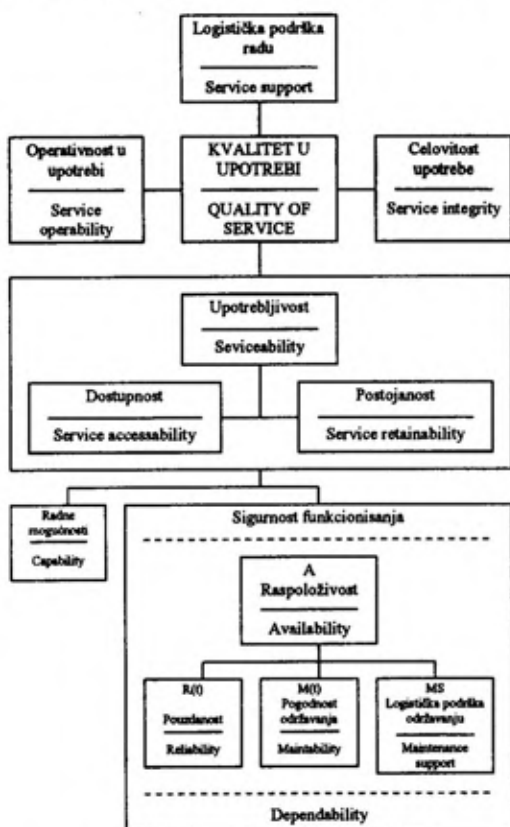
Radne mogućnosti (potencijal) su sposobnost tehničkog sistema da zadovolji zahteve korisnika izražene u vidu kvantitativnih karakteristika, pod datim uslovima.

Performanse sigurnosti funkcionisanja su zbirni pojam koji se koristi za opisivanje performansi raspoloživosti i činilaca koji određuju performanse pouzdanosti, pogodnosti održavanja i logističke podrške održavanju.

– performanse raspoloživosti: „sposobnost tehničkog sistema da bude u stanju u kome može da izvršava zahtevanu funkciju, pod datim uslovima i u datom trenutku vremena, odnosno u toku datog intervala vremena, a pod pretpostavkom da je obezbeđeno potrebno snabdevanje (spoljni resursi)“;

– performanse pouzdanosti: „sposobnost tehničkog sistema da izvršava zahtevanu funkciju, pod datim uslovima i u datom intervalu vremena“;

– performanse pogodnosti održavanja: „sposobnost tehničkog sistema da u datim uslovima korišćenja bude u stanju u kome može da izvršava zahtevanu funkciju, ili da se može ponovo dovesti u takvo stanje, a u slučaju da se održavanje sprovodi pod datim uslovima, po utvrđenim postupcima i sa datim resursima“;



Sl. 3 – Performanse upotrebnog kvaliteta

– performanse logističke podrške održavanju: „sposobnost sistema održavanja, odnosno organizacije koja vrši održavanje, da pod datim uslovima obezbedi zahtevano održavanje tehničkih sistema, u skladu sa strategijom (političkom) održavanja“.

Korisnik unapred definiše ispitnoj organizaciji zahteve koje očekuje od proizvoda. Dosadašnja iskustva pokazuju da su iskazani zahtevi naručioca ispitivanja nedovoljni za ocenu performansi upotrebnog kvaliteta. Zadatak ispitne organizacije nije samo da izvrši ispitivanje iskazanih zahteva (TTZ, PKP, deklarisane karakteristike i slično), već da izvrši i ispitivanje neiskazanih zahteva. U neiskazanim zahtevima, svakako, ima elemenata koji se odnose na performanse upotrebnog kvaliteta proizvoda.

Metode ispitivanja

Za ispitivanja se koriste standardizovane metode definisane ISO, JUS, MIL, DIN, GOST, SNO i drugim standardima, propisima i pravilnicima. Bez obzira na veliki broj standarda – propisa, oni u principu ne obuhvataju kompletne zahteve upotrebnog kvaliteta, odnosno iskazane i neiskazane zahteve korisnika.

S obzirom na opredeljenje zakonodavca da standardima štiti opšti društveni interes, kao i na složenost tehničkih sistema, broj standarda kojima se propisuju metode ispitivanja nikada ne može da zadovolji potrebe ispitivača. Ispitna ustanova često ima potrebu da sama sačini metodu ispitivanja za pojedine performanse sistema ili podsistema proizvoda. Metoda ispitivanja mora biti usaglašena sa naručiocem ispitivanja ili korisnikom sredstva.

Za proveru većine performansi upotrebnog kvaliteta, kod nas i u svetu, ne postoje standardizovane metode ispitivanja, niti postoje kriterijumi za ocenu ovih parametara. Znači, zadatak ustanove koja vrši ispitivanja je da razvija ove metode ispitivanja prateći tehnološki razvoj, zahteve korisnika, interese društva, mogućnosti proizvođača, itd.

Program i plan ispitivanja

Za ispitivanja složenih tehničkih sistema izrađuju se programi ispitivanja, kao jedan vid istraživačkog rada. Program ispitivanja poziva se na postojeće standardne metode, a ako nema standardnih metoda programom se propisuju metode za ispitivanje pojedinih karakteristika (performansi) proizvoda ili njegovog podsistema. Program treba da obuhvati sva potrebna ispitivanja za ocenu ispunjenja iskazanih i sagledanih neiskazanih zahteva naručioca.

Ako se vrši ispitivanje složenih sistema, posebno ako se ispituje više ispitnih komada, neophodno je da se za uspešnu realizaciju plana izradi mrežni plan aktivnosti.

Da bi se sagledala ozbiljnost izrade i realizacije programa i plana ispitivanja, ovde se daje analiza programa i plana ispitivanja jednog složenog sredstva koje je ispitivao Tehnički opitni centar:

- broj ispitnih komada – 4 (tri iz sopstvenog razvoja, jedan iz uvoza);
- broj lokacija na kojima su vršena ispitivanja – 5 (ne računajući poligonske i laboratorijske kapacitete TOC-a);
- planirano vreme trajanja ispitivanja – 7 meseci;

- realizovano vreme trajanja ispitivanja – 16 meseci, posle čega je usledio prekid ispitivanja;

- broj stručnih ekipa za ispitivanje – 19 (17 iz TOC-a, 1 ekipa proizvođača i 1 ekipa taktičkog nosioca);

- broj stručnih lica – neposrednih ispitivača:

- inženjera 33,

- tehničara 22,

- mehaničara i vozača 6;

- broj planiranih aktivnosti ispitivanja po jednom ispitnom komadu – 199;

- broj laboratorijskih izveštaja – 22;

- broj saradničkih laboratorija van TOC-a – 2;

- logističku podršku ispitivanju su pružali TOC, proizvođač, nosilac razvoja i korisnici.

Ispitivanje

Pojam ispitivanja ISO 9000 definiše kao: „utvrđivanje jedne ili više karakteristika po proceduri“. Pojam verifikacije definiše se kao: „potvrđivanje pružanjem objektivnog dokaza da su ispunjeni specifikovani zahtevi“.

Pored datih definicija, Zakon o standardizaciji ispitivanje proizvoda definiše kao izvođenje jedne ili više operacija kojima se, po određenom postupku, utvrđuje jedna ili više karakteristika određenog proizvoda. Sertifikacija je definisana kao postupak u kome se potvrđuje da su određeni proces, proizvod ili usluga usaglašeni sa tehničkim ili drugim propisima ili tehničkom specifikacijom.

Na osnovu prikazanih definicija, vidljivo je da ispitivanje i verifikacija, odnosno sertifikacija proizvoda, nisu do-

voljni da bi se dala ocena upotrebnog kvaliteta, kao i da bi se dao predlog naručiocu ispitivanja za dalje aktivnosti. Za ovo je potrebno obaviti kompleksnija ocenska ispitivanja.

Ispitivanje složenih tehničkih sistema sprovode specijalizovane ustanove sa velikim ljudskim, laboratorijskim i poligonskim resursima.

Za realizaciju ispitivanja formira se radni tim na čelu sa rukovodiocem radnog tima, koji je odgovoran za sprovođenje programa i plana ispitivanja.

O izvršenim ispitivanjima stručne ekipe (laboratorije) izrađuju izveštaje o ispitivanju sa svim potrebnim elementima (uslovi ispitivanja, metode, rezultati, nalazi, analize, ocene, itd.). Nakon preispitivanja i verifikacije ovih izveštaja na nivou organizacionih celina, izveštaji se dostavljaju rukovodiocu radnog tima.

U verifikaciji laboratorijskog izveštaja učestvuju i stručna lica koja nisu direktno učestvovala u realizaciji ispitivanja, čime se znatno povećava broj učesnika u ocenjivanju proizvoda.

Za složene tehničke sisteme uzorak ispitivanja je najčešće vrlo mali, što otežava statističku obradu rezultata ispitivanja.

Ocene rezultata ispitivanja

Rezultati ocenskih ispitivanja služe naručiocu ispitivanja da donese odluku o nabavci, odnosno o daljim aktivnostima sa proizvodom. Korisnik proizvoda sa svojim raspoloživim saznanjima, kadrom i iskustvom, najčešće nije u stanju da već u fazi ispitivanja sagleda sve aspekte upotrebe proizvoda.

Kako je krajnji korisnik vrhovni arbitar kvaliteta proizvoda, potrebno je da

taj isti korisnik ima što više saznanja o proizvodu pre nabavke. U toku upotrebe proizvoda kvalitet treba samo da se potvrđuje na osnovu ranije definisanih očekivanja.

Zadatak ispitivača je da izvrši analizu rezultata ispitivanja. Analiza se radi prvo za podsisteme proizvoda, a potom za proizvod kao celinu. Za ocenu podсистema proizvoda koriste se nalazi dobijeni ispitivanjem većeg broja performansi. Na primer, kod borbenih i neborbenih vozila za ocenu transmisije koriste se izveštaji o ispitivanju:

- brzine kretanja,
- ubrzanja vozila,
- pouzdanosti,
- potrošnje goriva,
- prohodnosti,
- sposobnosti rada u ekstremnim uslovima,
- pogodnosti rukovanja,
- pogodnosti održavanja,
- dokumentacije za rukovanje i održavanje, itd.

Ocene podсистema na osnovu laboratorijskih izveštaja daju ispitne laboratorije.

Da bi se mogla dati ocena o upotrebnom kvalitetu proizvoda, potrebno je pored performansi (radnih mogućnosti) sagledati i druge aspekte upotrebe.

Na osnovu ocena podсистema i performansi sistema u celini, izrađuje se ukupna ocena upotrebnog kvaliteta složenog tehničkog sistema.

Zbog velikog broja rezultata ispitivanja potrebno je posebnu pažnju posvetiti načinu donošenja ukupne ocene. Ocena ne može biti prosti zbir loših i dobrih rezultata ispitivanja, pa se njeno donošenje ne može prepustiti samo ispitivačima uskih specijalnosti i rukovodiocu radnog tima.

Bez obzira na stručnost i objektivnost ispitivača, za donošenje merodavne ocene potrebno je da grupa najstručnijih, multidisciplinarno obrazovanih lica, sagleda i druge performanse koje nisu u njihovoj uskoj stručnoj nadležnosti, i da na osnovu naučnih metoda donesu objektivnu ocenu rezultata ispitivanja proizvoda. Učesnici ocenjivanja moraju biti svesni da je ukupna ocena kompromis zahteva i ostvarenih performansi upotrebnog kvaliteta.

Zaključak

Na osnovu izloženih razmatranja ispitivanja složenih tehničkih sistema zaključuje se sledeće:

- u ispitivanju složenih tehničkih sistema ustanova koja se bavi ocenskim ispitivanjima ne sme da se ograniči samo na ispitivanje iskazanih zahteva naručioaca, već mora da izvrši i ispitivanje niza neiskazanih zahteva;
- za ocenu ispitivanja složenih tehničkih sistema potrebno je raditi na izradi metodologije ocene rezultata ispitivanja;
- ustanova sa velikim ispitivačkim potencijalima i sa velikim iskustvom u ispitivanju proizvoda treba da radi na razvoju metoda za ispitivanja performansi upotrebnog kvaliteta.

Literatura:

- [1] Jovičić, S.; Todorović, J.: Sigurnost funkcionisanja – Standardi IEC TC 56, Klub NT, Beograd, 1996.
- [2] JUS ISO 9000:2001: Sistem menadžmenta kvalitetom – Osnove i rečnik.
- [3] Interna dokumentacija TOC.
- [4] Stijelja, Ž.: Upotrebnost kvaliteta traktora guseničara sa stanovišta poboljšanja vučnih karakteristika, doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad 2002.
- [5] Zakon o standardizaciji, Sl. list SRJ broj 30/96.

Mr Dragan T. Stanković,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

SIMULACIJA PRELAZNIH POJAVA ASINHRONOG MOTORA NA PERSONALNOM RAČUNARU*

UDC: 621.313.333 : 519.876.5

Rezime:

U radu je predstavljena simulaciona blok-šema asinhronog motora, dobijena uz pomoć jednačina prostora stanja, namenjena za analizu prelaznih pojava raznih režima rada asinhronog motora. Analiziran je primer simulacije zaletanja neopterećenog asinhronog motora.

Ključne reči: asinhroni motor, prelazne pojave, zaletanje, simulacija.

SIMULATION OF TRANSIENT BEHAVIOR OF AN INDUCTION MOTOR USING PERSONAL COMPUTER

Summary:

The simulation block diagram, obtained by using the state-space model of an induction motor, is presented in this paper. The simulation block diagram is intended for transient behaviour investigation of an induction motor. The transient behavior of an unloaded induction motor during simulated run-up is analysed.

Key words: induction motor, transient behavior, run-up, simulation.

Uvod

Ponašanje asinhronog motora (AM), kao dinamičkog sistema, može se opisati sistemom nelinearnih diferencijalnih jednačina koje nije moguće matematički egzaktno rešiti. Ove jednačine mogu se rešiti korišćenjem metoda numeričke integracije primenom nekog od poznatih aplikacionih programa za simulaciju dinamičkih sistema na personalnom računaru [1].

U radu je uz pomoć jednačina prostora stanja AM obrazovana simulaciona blok šema AM, a zatim je prikazana njena primena pri analizi prelazne pojave zale-

tanja neopterećenog AM. Pri tome, primenjen je program za simulaciju koji koristi integrator Runge-Kuta 4-tog i 5-tog reda.

Matematički model asinhronog motora

Za opis dinamičkog ponašanja AM koristiće se opšte jednačine AM u algebarskom BTs modelu [2]. Pri tome, referentni koordinatni sistem, u odnosu na koji će se posmatrati sve pojave, izjednačen je sa sinhronim osama, odnosno sa koordinatnim sistemom obrtnog polja izvora napajanja sa učestanošću $f_s = \omega_s / 2\pi$. Osim toga, izvršena je i transformacija nivoa veličina: sve veličine su svedene na stator (Ts transformacija).

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

Jednačine koje opisuju pojave u AM u realnoj B transformaciji imaju sledeći oblik:

$$u_{sd} = R_s \cdot i_{sd} + \frac{d\psi_{sd}}{dt} - \omega_k \cdot \psi_{sq} \quad (1)$$

$$u_{sq} = R_s \cdot i_{sq} + \frac{d\psi_{sq}}{dt} + \omega_k \cdot \psi_{sd} \quad (2)$$

$$u_{rd} = R_r \cdot i_{rd} + \frac{d\psi_{rd}}{dt} - (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rq} \quad (3)$$

$$u_{rq} = R_r \cdot i_{rq} + \frac{d\psi_{rq}}{dt} + (\omega_k - \omega) \cdot \psi_{rd} \quad (4)$$

$$\psi_{sd} = L_s \cdot i_{sd} + L_{sr} \cdot i_{rd} \quad (5)$$

$$\psi_{sq} = L_s \cdot i_{sq} + L_{sr} \cdot i_{rq} \quad (6)$$

$$\psi_{rd} = L_r \cdot i_{rd} + L_{sr} \cdot i_{sd} \quad (7)$$

$$\psi_{rq} = L_r \cdot i_{rq} + L_{sr} \cdot i_{sq} \quad (8)$$

$$m_m = J \frac{d\omega}{dt} + K \cdot \omega - P \cdot m \quad (9)$$

$$m = \frac{k}{\sigma \cdot L_s} (\psi_{sq} \cdot \psi_{rd} - \psi_{sd} \cdot \psi_{rq}), \quad (10)$$

gde su:

$\psi_{sd}, \psi_{sq}, \psi_{rd}, \psi_{rq}$ – magnetni fluksevi statora i rotora po podužnoj (d) i poprečnoj osi (q),

$u_{sd}, u_{sq}, u_{rd}, u_{rq}$ – naponi statorskog i rotorskog namotaja po podužnoj i poprečnoj osi,

$i_{sd}, i_{sq}, i_{rd}, i_{rq}$ – struje statorskog i rotorskog namotaja po podužnoj i poprečnoj osi,

R_s, R_r – otpornosti statorskog i rotorskog namotaja,

L_s, L_r, L_{sr} – samoinduktivnosti statorskog i rotorskog namotaja i međuinuktivnost između ovih namotaja,

$k = L_{sr} / \sqrt{L_s \cdot L_r}$ – koeficijent sprege između statorskog i rotorskog namotaja,

$\sigma = 1 - k^2$ – koeficijent ukupnog rasipanja između statora i rotora,

m, m_m – moment konverzije (po paru polova) i mehanički (otporni) moment AM, J, K, P – moment inercije po paru polova, koeficijent trenja po paru polova i broj pari polova,

ω_k, ω – relativne uglovne brzine statora u odnosu na obrtno polje izvora napajanja, i rotora u odnosu na stator, respektivno.

Za obrazovanje modela AM koristiće se jednačine prostora stanja, sa magnetnim fluksovima (ψ_s, ψ_r) kao promenljivih stanja:

$$\frac{dx}{dt} = Ax + Bz \quad (11)$$

$$y = Cx \quad (12)$$

gde su:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{\rho_s}{\sigma} & k \frac{\rho_s}{\sigma} & \omega_s & 0 & 0 \\ k \frac{\rho_r}{\sigma} & -\frac{\rho_r}{\sigma} & 0 & \omega_k - \omega & 0 \\ \omega_s & 0 & -\frac{\rho_s}{\sigma} & k \frac{\rho_s}{\sigma} & 0 \\ 0 & \omega - \omega_k & k \frac{\rho_r}{\sigma} & -\frac{\rho_r}{\sigma} & 0 \\ -\frac{k \cdot P}{J \cdot \sigma \cdot L_s} \psi_{rq} & \frac{k \cdot P}{J \cdot \sigma \cdot L_s} \psi_{sq} & 0 & 0 & -\frac{K}{J} \end{bmatrix}$$

matrica sistema,

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{J} \end{bmatrix} \quad \text{matrica ulaza,}$$

$$C = \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma \cdot L_s} & -\frac{k}{\sigma \cdot L_s} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{k}{\sigma \cdot L_s} & \frac{1}{\sigma \cdot L_s} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma \cdot L_s} & -\frac{k}{\sigma \cdot L_s} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{k}{\sigma \cdot L_s} & \frac{1}{\sigma \cdot L_s} & 0 \\ -\frac{k}{\sigma \cdot L_s} \psi_{rq} & \frac{k}{\sigma \cdot L_s} \psi_{sq} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

matrica izlaza,

$x = [\Psi_{sd} \ \Psi_{rd} \ \Psi_{sq} \ \Psi_{rq} \ \omega]^T$ vektor stanja,

$z = [u_{sd} \ u_{rd} \ u_{sq} \ u_{rq} \ m_m]^T$ vektor ulaza,

$y = [i_{sd} \ i_{rd} \ i_{sq} \ i_{rq} \ m \ \omega]^T$ vektor izlaza,

$\rho_s = R_s/L_s, \rho_r = R_r/L_r$ – faktori prigušenja statora i rotora.

Na slici 1 predstavljena je blok šema za simulaciju AM, dobijena transformacijom jednačina prostora stanja ((11), (12)).

Blok-šema je sačinjena od četiri funkcionalna elementa: od integratora (INT), množitelja konstantom (MK), množitelja promenljivih (MP) i izvora signala (IZV).

U svakom pravougaoniku na blok-šemi, koji označavaju navedene funkcionalne elemente, uneti su i karakteristični parametri funkcije, kao što su:

- početni uslovi (kod integratora),
- konstanta množenja (kod množitelja konstantom),
- veličine ulaznih promenljivih (kod izvora signala).

U toku simulacije moguće je menjati pojedine parametre i posmatrati njihov uticaj na izlazne veličine. Izlazne veličine se u korišćenom računarskom programu dobijaju na monitoru računara grafički ili numerički u funkciji vremena.

Zaletanje neopterećenog asinhronog motora

Primena simulacione blok šeme AM sa slike 1 prezentirana je na primeru analize dinamičkog ponašanja pri zaletanju trofaznog AM sa kratko spojenim rotorom [3].

Karakteristike AM su sledeće: nazivni napon $U_n=220$ V, nazivna struja

$I_n=2,1$ A, nazivna učestanost $f_n=50$ Hz, nazivni stepen iskorišćenja $\eta_n=0,818$, nazivno klizanje $s_n=4,9\%$, nazivni faktor snage $\cos\varphi_n=0,672$.

Osnovni parametri AM su: $R_s=10$ Ω , $L_s=0,462$ H, $R_r=6,3$ Ω , $L_r=0,462$ H, $M=0,422$ H, $J_m=0,01$ kgm².

Zanemareni su koeficijent trenja ($K=0$) i nelinearnost induktivnosti.

Simulacioni ogled zaletanja neopterećenog AM ($m_m=0$), napajanog nazivnim naponom sa nazivnom učestanošću ($\omega_s=1$), izvršen je sa sledećim ulaznim parametrima:

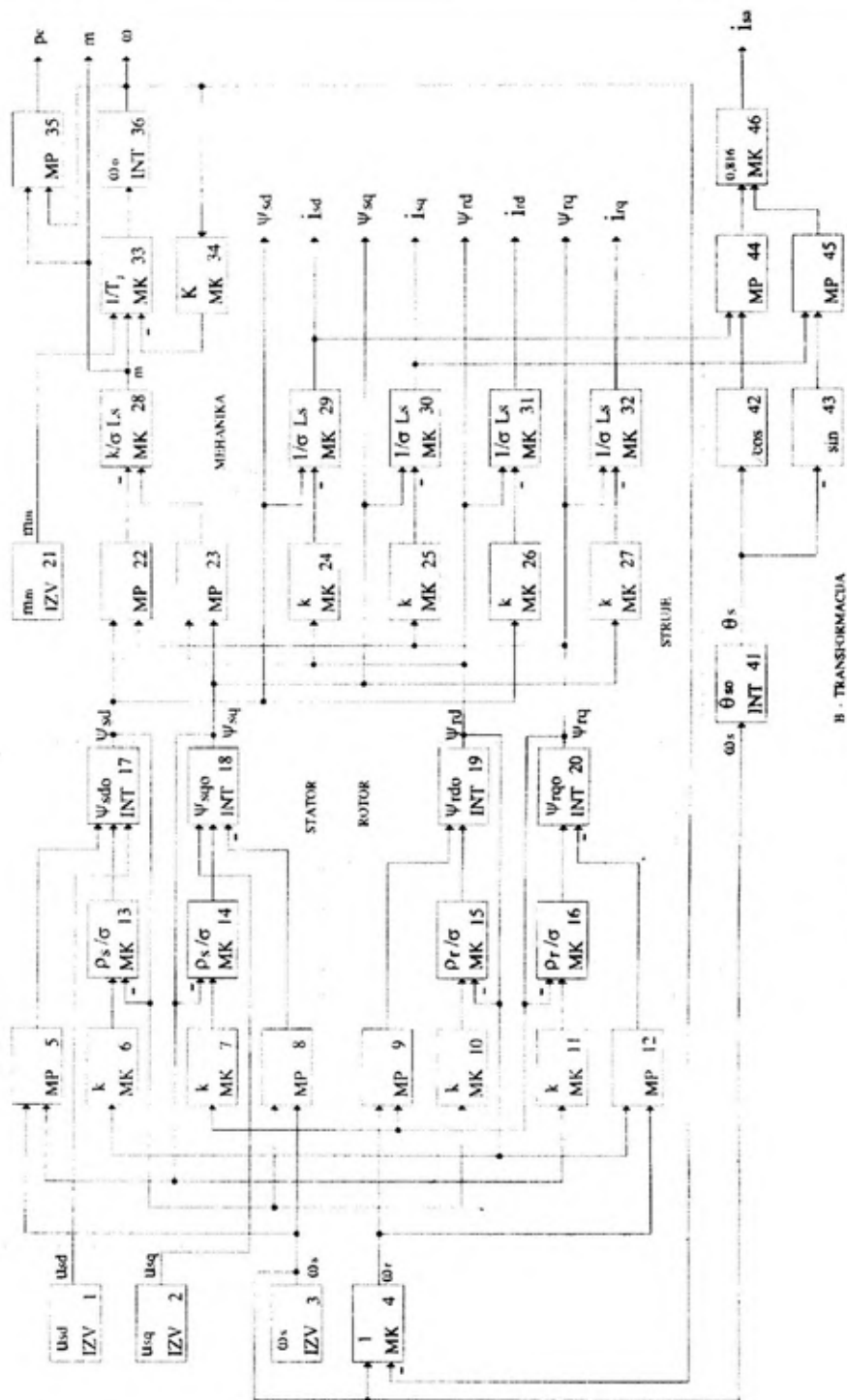
- $u_{sd}=0$, $u_{sq}=1$ (usvojeno je da se referentna osa poklapa sa poprečnom komponentom statorskog napona),
- $u_{rd}=0$, $u_{rq}=0$ (budući da se radi o motoru sa kratko spojenim namotajem rotora),
- početne vrednosti na integratorima su nule,
- interval integracije integratora je $\Delta t=0,4$ ms.

Svi ulazni parametri su uneti u relativnim jedinicama, pa su i izlazne veličine, takođe, u relativnim jedinicama.

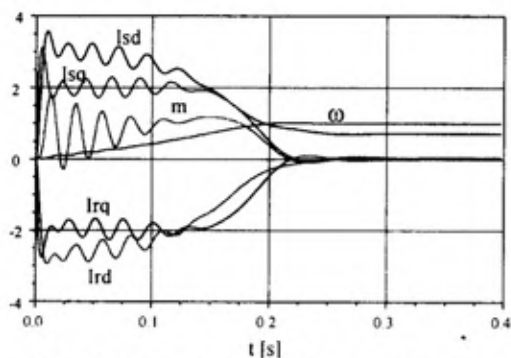
Na slici 2 predstavljene su karakteristike prelazne pojave razmatranog AM pri njegovom zaletanju.

Na slici 2a predstavljene su vremenske promene veličina vektora izlaza: podužne i poprečne komponente statorske i rotorske struje (i_{sd} , i_{sq} , i_{rd} , i_{rq}), moment motora (m) i brzina rotora (ω).

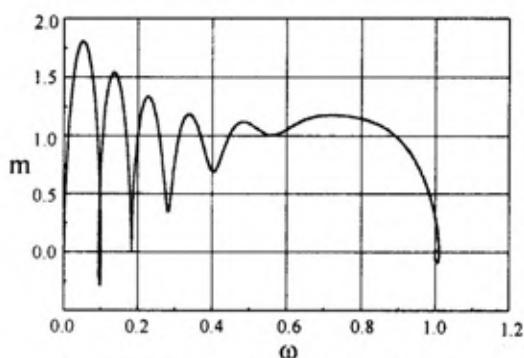
Na slici 2a zapaža se da se posle oko 150 ms od početka zaletanja AM završava elektromagnetna prelazna pojava koja se odlikuje izrazitim, ali prigušenim oscilacijama statorske učestanosti. Oscilacije se zapažaju pri promeni komponenti statorske i rotorske struje i elektro-



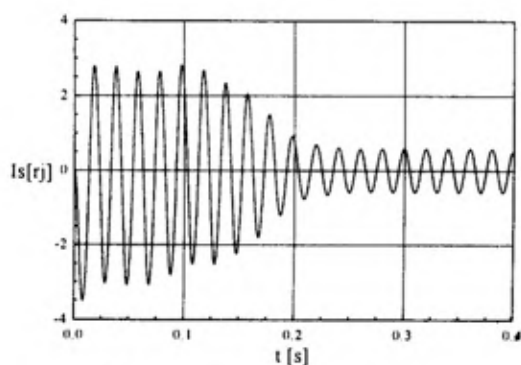
Sl. 1 – Blok šema za simulaciju asinhronog motora



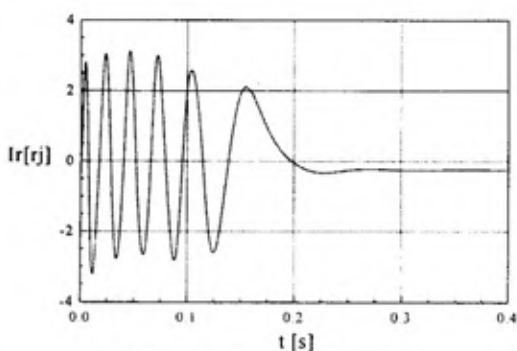
a) Podužne i poprečne komponente statorske i rotorske struje i krive momenta (m) i brzine rotora (ω)



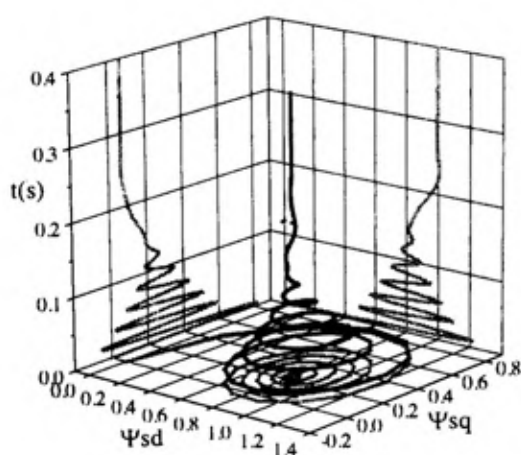
b) „Dinamička“ mehanička karakteristika $m=f(\omega)$



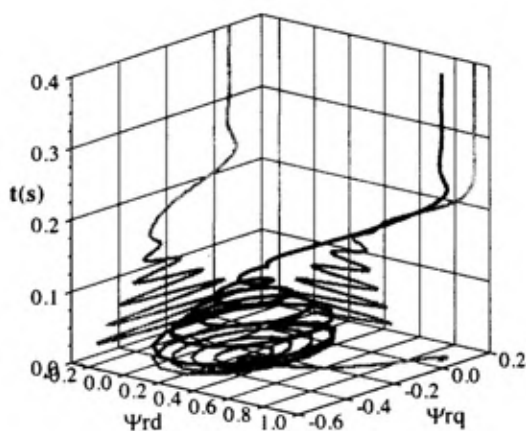
c) Vremenski tok struje statora



d) Vremenski tok struje rotora



e) Uspostavljanje obrtnog polja statora



f) Uspostavljanje obrtnog polja rotora

Sl. 2 – Karakteristike prelazne pojave zaletanja neopterećenog asinhronog motora

magnetnog momenta mašine. Oscilacije su prisutne i kod promene brzine, ali u znatno manjoj meri, jer su prigušene mehaničkom inercijom obrtno mase rotora.

Budući da je AM neopterećen, to moment AM (sl. 2a) savlađuje ubzavanje rotora, i kada brzina dostigne vrednost definisanu statorskom učestanošću (sinhronu brzinu) on opada na nulu (nakon oko 250 ms).

Na slici 2b predstavljena je takozvana „dinamička“ mehanička karakteristika AM koja predstavlja promenu momenta motora u funkciji brzine rotora. Zapažaju se oscilacije momenta u početku zaletanja, a i prebačaj brzine preko sinhrone pri kraju zaletanja.

Na slikama 2c i 2d predstavljeni su vremenski tokovi struja statora i rotora (dobijeni uz pomoć njihovih komponenti). Zapažaju se karakteristične oscilacije koje se izražavaju kroz promenu envelope statorske i rotorske struje.

Polazna struja AM se menja u procesu zaletanja od struje kratkog spoja (koja se javlja u početku procesa zaletanja) do struje praznog hoda (koja se javlja u ustaljenom stanju nakon što motor dostigne praktično sinhronu brzinu). Struja rotora u početku procesa zaletanja ima učestanost struje statora, odnosno izvora napajanja, a nakon što se uspostavi ustaljena vrednost brzine rotora, ona opada do nule uz istovremeno postepeno smanjenje učestanosti (sl. 2d).

Na slikama 2e i 2f prikazan je proces uspostavljanja obrtnih polja statora i rotora (predstavljenih polifazorima statorskog i rotorskog fluksa) u toku zaletanja neopterećenog AM. Na bočnim stranama dijagrama 2e i 2f predstavljene su projekcije polifazora statorskog i rotorskog fluksa po

podužnoj (realnoj) i poprečnoj (imaginarnoj) osi. Na bazisnim površinama dijagrama predstavljene su projekcije ovih polifazora u kompleksnoj ravni.

Oba obrtna polja (polifazora fluksa statora i rotora) obrću se u istom smeru i u ustaljenom stanju, praktično, istom brzinom.

Obrtno polje statora (slika 2e) u početnom periodu priključenja AM na mrežu za napajanje značajno se pomera iz početnog stanja, određenog koordinatama polifazora fluksa u kompleksnoj ravni $\Psi_s(0,0)$, do u blizinu položaja $\Psi_s(0,8, 0,25)$ koji će imati u ustaljenom stanju $\Psi_s(1, 0,05)$, kada se završe karakteristične oscilacije prelaznog procesa. Time, ovo polje ukazuje da zavisi, uglavnom, od karakteristika izvora napajanja i njemu se prilagođava početnim položajem, koji bitno ne menja u toku daljeg procesa (isključujući prigušene oscilacije) do uspostavljanja konačnog položaja karakterističnog za dato radno stanje AM.

Nasuprot ovome, obrtno polje rotora (slika 2f) se uspostavlja u početnom periodu oko položaja početne vrednosti polifazora rotorskog fluksa $\Psi_r(0,2; -0,2)$, a tek pred kraj prelaznog procesa polifazor fluksa se značajno pomera ka položaju koji će imati u ustaljenom stanju $\Psi_r(0,9; 0,07)$.

Zaključak

U radu je predstavljena blok šema za simulaciju ponašanja AM, koja je dobijena pogodnom transformacijom jednačina prostora stanja ((11), (12)).

Uz pomoć simulacione blok-šeme AM, simulirana je pojava zaletanja neopterećenog AM. Izvršena je analiza svih značajnih karakteristika AM pri zaletanju.

Dobijena blok šema za simulaciju AM može poslužiti i za analizu prelaznih pojava i pri promeni radnih režima AM. Simulacija se vrši pogodnim izborom ulaznih parametara, odnosno početnih i krajnjih uslova, koji karakterišu početna i krajnja analizirana radna stanja AM.

Prezentirana blok šema može biti korisno pomoćno sredstvo pri projektovanju AM željenih izlaznih karakteristika. Ona, takođe, može u određenim okolnostima, ukoliko su poznati osnovni parametri njene konstrukcije, da nadomesti

nedostatak poznavanja određenih karakteristika AM, do kojih se obično dolazi ogledom, jer se one mogu vrlo uspešno da simuliraju na personalnom računaru koristeći vrlo dobre i konforme aplikacione programe.

Literatura:

- [1] Antić, D.; Golo, G.: Programski paketi za simulaciju dinamičkih sistema, Kantakuzin, Kragujevac, 1996.
- [2] Vučković, V.: Opšta teorija električnih mašina, Nauka, Beograd, 1992.
- [3] Stanković D.: Prelazne pojave kod asinhronog motora, Seminarski rad, ETF Univerziteta u Beogradu, 1996.

Rezime:

U ovom radu opisana je komparacija grupe sekundarnih etalona mikrotalasne snage kao način za održavanje metrološke sledljivosti u nedostatku primarnog etalona mikrotalasne snage. Obavljene su dve komparacije i to sa termopretvaračkim glavama, 2000. godine, a 2002. godine prošireno i na termistorske glave u opsegu frekvencija 18 do 26,5 GHz.

Ključne reči: metrologija, komparacija, mikrotalasna snaga, termistorske glave, termopretvaračke glave.

COMPARISON OF MICROWAVE POWER SECONDARY STANDARDS

Summary:

In absence of primary standards for microwave power, a group of microwave power secondary standards was compared as a method of sustaining metrological traceability. The comparison included thermoelectric and thermistor mounts in the frequency range from 18 to 26,5 GHz.

Key words: metrology, comparison, microwave power, thermistor mounts, thermoelectric mounts.

Uvod

U nacionalnim metrološkim laboratorijama razvijenih zemalja primarni etaloni mikrotalasne snage su mikrokalorimetri, a transfer etaloni termostatisane termistorske glave (u poslednjih nekoliko godina razvijen je novi sekundarni etalon zasnovan na otpornom elementu od galijum arsenida i to za frekvencijski opseg od DC do 50 GHz). Mikrokalorimetri su razvijeni do frekvencije 110 GHz, s tim da je za svaki talasovodni opseg ostvaren poseban etalon,

a nesigurnost merenja mikrotalasne snage je u opsegu od 0,1 do 1%.

Metrološka laboratorija ML-02 u sastavu TOC poseduje transfer etalon mikrotalasne snage (termostatisana termistorska glava) za opseg frekvencija od 0,05 do 18 GHz, koji je i primarni etalon u metrološkom sistemu Vojske SCG. U laboratoriji ML-02 se pomoću navedenog etalona etaloniraju svi tipovi standardnih termistorskih i termopretvaračkih glava koje su razvrstane kao sekundarni i radni vojni etaloni. Treba napomenuti da i civilni metrološki sistem koji je pod jurisdikcijom ZMDM, koristi

* Rad je saopšten na stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 18. novembra 2003. u Beogradu.

usluge naše laboratorije za oblast mikrotalasne snage.

Za opseg frekvencije od 18 do 26,5 GHz, laboratorija ML-02 ne poseduje odgovarajući etalon pa je neophodno vršiti komparaciju raspoloživih glava za merenje mikrotalasne snage, a to su komercijalne termistorske talasovodne glave HP486A i termopretvaračke HP8485A.

Navedeni tipovi glava koriste se u još nekoliko metroloških laboratorija drugog stepena. Prva komparacija obavljena je 2000. godine sa manjim brojem termopretvaračkih glava u metrološkoj laboratoriji ML-02 u TOC Beograd. Za komparaciju koja je ovde opisana obezbeđeno je sedam termopretvaračkih glava (HP8485A) i pet termistorskih talasovodnih glava (HP486A), iz nekoliko metroloških laboratorija, a komparacija je obavljena takođe u laboratoriji ML-02 u toku novembra 2002. godine.

Komparacija

U svetskim razmerama vrše se povremene komparacije između vodećih nacionalnih metroloških laboratorija za primarne etalone mikrotalasne snage. Komparacija se izvodi tako da specijalni putujući etalon (obično posebna termistorska glava) kruži kod svih učesnika, a polazi i vraća se u pilot laboratoriju.

Komparacija koja je ovde opisana obavljena je u laboratoriji ML-02, a princip je bio da se na svaku glavu dovede isti nivo mikrotalasne snage, obračuna stvarna snaga koristeći faktore etaloniranja proizvođača, zatim proračuna vrednost srednje snage grupe i u odnosu na nju određuje odstupanje pojedinačnih glava.

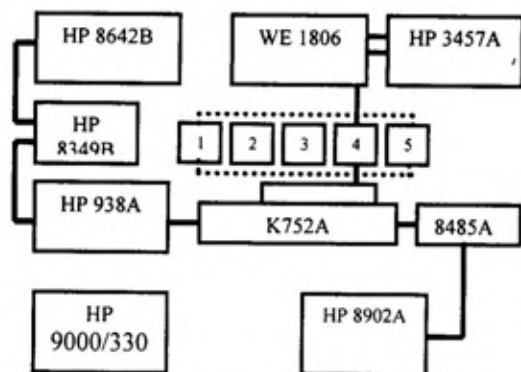
Komparacija termistorskih glava

Blok šema komparacije talasovodnih termistorskih glava data je na sl.1. Za generisanje mikrotalasnog signala koristi se generator HP8673E sa udvajanjem frekvencije HP 938A i mikrotalasnim pojačavačem HP 8349V. Svi rezultati izmereni na glavama koje se kompariraju korriguju se snagom iz kontrolne grane (HP8485A i HP8902A), čime se eliminiše greška stabilnosti izlazne snage generatora i obezbeđuje praktično ista snaga na glavama koje se kompariraju.

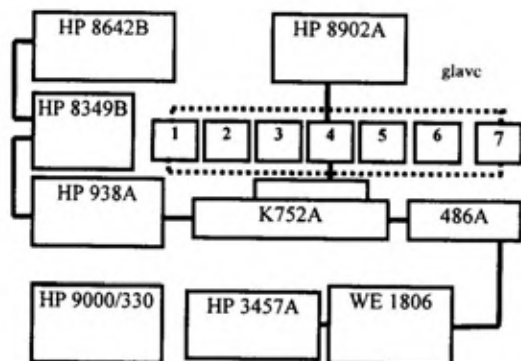
Na sprežnu granu sprežnjaka vezuju se redosledno glave koje se kompariraju. Snaga realizovana na termistorskim glavama meri se vatmetrom WE 1806 i multimetrom HP 3457A. Pre svakog merenja potrebno je da glava bude vezana na vatmetar (tj. u granu mosta) najmanje 10 minuta, zbog temperaturne stabilizacije. Pošto vatmetar poseduje dva nezavisna mosta jedna glava je uvek u pripremi, pa nema zastoja u merenju.

U toku jednog ciklusa merenja mere se snage na svim termistorskim glavama učesnicama komparacije, normalizuju sa snagom iz kontrolne grane i obračunava stvarna snaga za svaku glavu korekcijom sa faktorom etaloniranja proizvođača. Zatim se izračunava srednja vrednost snage grupe na svakoj frekvenciji, standardna devijacija srednje vrednosti grupe i odstupanja fabričkog faktora etaloniranja svake glave u odnosu na srednju vrednost grupe. Merenja se obavljaju na frekvencijama: 18 GHz, 19 GHz, 20 GHz, 21 GHz, 22 GHz, 23 GHz, 24 GHz, 25 GHz, 26 GHz i 26,5 GHz.

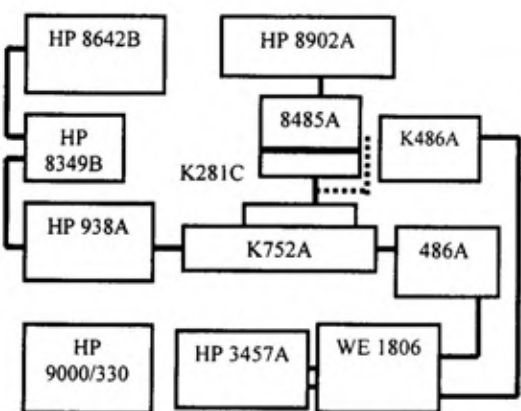
Na kraju se iz više ponovljenih ciklusa merenja obračunava najverovatnije



Sl. 1 – Blok šema komparacije termistorskih glava



Sl. 2 – Blok šema komparacije termopretvaračkih glava



Sl. 3 – Blok šema međusobne komparacije termistorskih i termopretvaračkih glava

odstupanje faktora etaloniranja svake glave u odnosu na srednju vrednost grupe.

Komparacija termopretvaračkih glava

Blok šema merenja faktora etaloniranja termistorskih glava data je na sl. 2. Za razliku od šeme na sl. 1 u direktnoj grani talasovodnog usmerenog spreznjaka vezana je termistorska glava K486A, koja služi za kontrolu izlazne snage generatora. Svi rezultati izmereni na glavama koje se kompariraju koriguju se snagom iz kontrolne grane. Na sprežnu granu spreznjaka vezuju se redosledno glave koje se kompariraju. Pre svakog merenja potrebno je da se svaka termopretvaračka glava prethodno nuluje i kalibriše referentnim izvorom 50 MHz, 1mW. Obavljeno je više ciklusa merenja sa spajanjem i raspajanjem, da bi se smanjila greška ponovljivosti pri spajanju i raspajanju glava.

Komparacija grupe termopretvaračkih i grupe termistorskih glava

U trećem delu komparacije urađena je međusobna komparacija između grupe termopretvaračkih i grupe termistorskih glava. Međusobno odstupanje dve grupe pokazuje nivo poverenja komparacije. Na sl. 3 prikazana je blok šema međusobne komparacije grupe termopretvaračkih i grupe termistorskih glava. Za kontrolu snage generatora koristi se jedna termistorska glava K4786A, a u sprežnu granu usmerenog spreznjaka vezuje se prvo jedna izabrana termistorska glava (faktor etaloniranja najpribližniji srednjoj vre-

dnosti grupe), a potom takode izabrana termopretvaračka glava preko preciznog talasovodno koaksijalnog adaptera K281C.

Rezultati merenja

Neki rezultati merenja prikazani su na slikama 4 (komparacija termistorskih glava), 5 (komparacija termopretvaračkih glava), i 6 (komparacija grupe termistorskih i grupe termopretvaračkih glava).

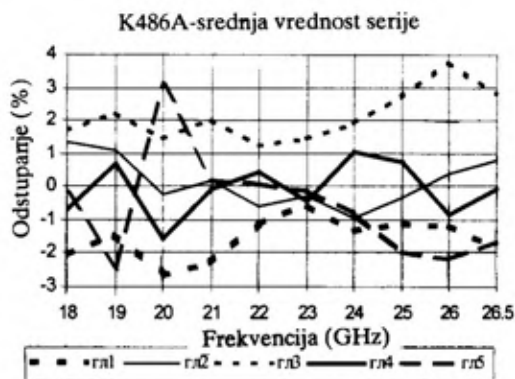
Rezultati merenja dati su u formi odstupanja faktora etaloniranja proizvođača od srednje vrednosti grupe.

Standardna nesigurnost srednje vrednosti merenja snage grupe termistorskih glava je u granicama 0,3 do 0,8%, termopretvaračkih 0,15 do 0,27% što ukazuje na dosta dobru ponovljivost merenja. Iako su glave već dugo u eksploataciji, 15 do 20 godina, odstupanje faktora etaloniranja termopretvaračkih glava od srednje vrednosti grupe nije veće od $\pm 2\%$, a termistorskih u granicama -3% do $3,6\%$.

Ovde bi mogla da se stavi primedba, za glave istog tipa, da je njihov drift sa vremenom isti što bi značilo da ovi rezultati nemaju „veliku težinu“. Radi toga je i urađena međusobna komparacija dve grupe glava, pošto su njihovi senzorski elementi različiti:

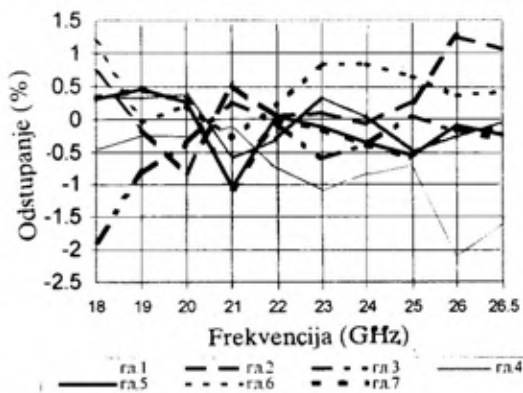
- termoparovi – termopretvaračke glave,
- termistori – termistorske glave.

Prilikom međusobne komparacije dve grupe glava koristi se talasovodno/koaksijalni adapter K281C, čije je slabljenje po podacima proizvođača (HP, sadašnji „Agilent“) tipično manje od 0,14 dB. Ako se potvrdi da je odnos snaga termistorske glave i termopretvaračke u grani-

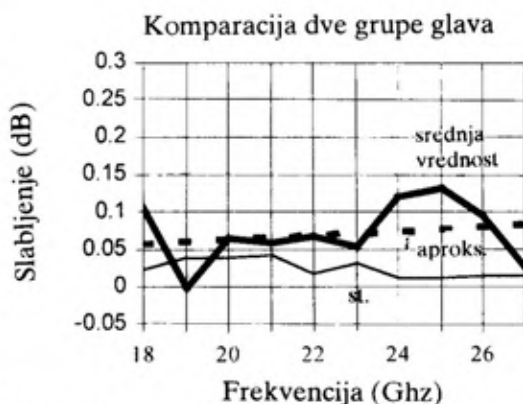


Sl. 4 – Rezultati komparacije termistorskih glava

Termopretvaračke glave - srednja vrednost serije



Sl. 5 – Rezultati komparacije termopretvaračkih glava



Sl. 6 – Rezultati komparacije grupe termistorskih i termopretvaračkih glava

cama od 0,14 dB onda su rezultati komparacije dobri. Termistorske glave vezuju se direktno na sprežnjak, a termopretvaračke (SMA konektor) preko adaptera.

Rezultati komparacije (slika 6) dati su u formi slabljenja, koje ako se posmatra srednja vrednost serije merenja varira između 0 i 0,14 dB. Na dijagramu je data i aproksimativna kriva slabljenja adaptera dobijena linearnom aproksimacijom srednje vrednosti merenja. Ako se posmatra razlika srednje vrednosti i krive aproksimacije zaključuje se da je poklapanje rezultata komparacije dve grupe glava u granicama $\pm 1\%$.

Nesigurnost merenja

Nesigurnost merenja računata je na osnovu ISO preporuke [3]. U tabeli je dat proračun ukupne merne nesigurnosti pri komparaciji termopretvaračkih glava pri čemu su:

– U_{uk} , ukupna merna nesigurnost (faktor poverenja 1);

– U_n , nesigurnost zbog neprilagođenja između glave i usmerenog sprežnjaka, koja se izražava relacijom $(|\Gamma_g| \cdot |\Gamma_s|) / \sqrt{2}$, gde su $|\Gamma_g|$ i $|\Gamma_s|$ moduli koeficijenta refleksije glave i sprežnjaka. Ovaj izraz je dobijen korišćenjem Monte Karlo simulacije pošto oba koeficijenta refleksije imaju različitu raspodelu (faktor poverenja 1) $(|\Gamma_g| \cdot |\Gamma_s|) / \sqrt{2}$, gde su $|\Gamma_g|$ i $|\Gamma_s|$ moduli koeficijenta refleksije glave i sprežnjaka;

– U_{fb} , nesigurnost fabričkog faktora etaloniranja termopretvaračkih glava, koja je na osnovu podataka iz kataloga proizvođača 3,6 do 4% (faktor poverenja 2);

– U_{1806} , nesigurnost zbog nestabilnosti i drifta vatmetra WE1806 koji je na osnovu podataka proizvođača manji od $2 \mu W$ (0,2% za snagu od 1 mW pri kojoj se vrši komparacija);

– U_{8902} , nesigurnost zbog nestabilnosti i drifta mernog prijemnika HP 8902A, koji je na osnovu podataka proizvođača 0,021% za opseg 1 mW;

– U_{8485} , nesigurnost zbog nestabilnosti i drifta termopretvaračke glave HP8485A za period od 1h je 0,02%;

Proračun merne nesigurnosti pri komparaciji termopretvaračkih glava

Parcijalna nesigurnost	Vrednost (%)	Raspodela	Kol.	Δ_1 (%)
U_n	0,9	$ \Gamma_g $ – normalna raspodela modula $ \Gamma_s $ – normalna raspodela faze	1	0,9
U_{fb}	3,6 do 4	Gausova	2	1,8 do 2
U_{1806}	$2 \times 0,2$	pravougaona	$\sqrt{3}$	0,24
U_{8902}	0,02	pravougaona	$\sqrt{3}$	0,012
U_{8485}	0,02	pravougaona	$\sqrt{3}$	0,012
U_{486}	$2 \times 0,05$	pravougaona	$\sqrt{3}$	0,06
$U_{1 mW}$	0,05	pravougaona	$\sqrt{3}$	0,03
U_{prt}	0,3	Gausova	2	0,15
σ_p	0,26 do 1,2		$\sqrt{4}$	0,13 do 0,6
σ_s	0,24 do 0,71		$\sqrt{7}$	0,15 do 0,27
Ukupna nesigurnost, U_{uk}		faktor poverenja K=1		2,04 do 2,31
Proširena nesigurnost, $2 \times U_{uk}$		faktor poverenja K=2		4,08 do 4,62

– U_{486} , nesigurnost zbog nestabilnosti i drifta termistorske glave HP K486A za period od 1h je 0,05%;

– U_{1mW} , nesigurnost zbog nestabilnosti i drifta referentnog izvora snage (u mernom prijemniku HP8902A) za period od 1h je 0,05%;

– U_{prt} , nesigurnost pri spajanju SMA konektora, koja je za opseg frekvencija 18 do 26,5 GHz procenjena na 0,3%;

– σ_p , standardna devijacija merenja snage jedne glave a n_p broj ponovljenih merenja. Na osnovu eksperimentalnih rezultata vrednost σ_p se kreće u granicama 0,21 do 0,4%, a standardna nesigurnost srednje vrednosti se računa na osnovu izraza $\sigma_p / \sqrt{n_p}$;

– σ_s , standardna devijacija srednje vrednosti serije merenja a n_s broj serija. Standardna nesigurnost srednje vrednosti serije merenja računa se na osnovu izraza $\sigma_s / \sqrt{n_s}$.

Ukupna merna nesigurnost pri komparaciji termistorskih glava, koja je računata na isti način kao za termopretvaračke glave je 2,34 do 2,45% sa faktorom poverenja 1, a za međusobnu komparaciju dve grupe glava je 3 do 3,2% takođe sa faktorom poverenja 1.

Zaključak

Na osnovu rezultata merenja može se zaključiti da je komparacija uspeła, s tim što bi za narednu komparaciju bilo korisno obezbediti veći broj termistorskih glava.

Glave koje su učestvovalе u komparaciji su isključivo korišćene u laboratorijskim uslovima sa relativno malim brojem radnih sati tako da nije došlo do efekta povećanja otpornosti tankoslojnog otpornika od tantal-nitrita na kome se vrši disipacija mikrotalasne snage kod termopretvaračkih glava i promene otpornosti termistora kod termistorskih glava.

Ova vrsta komparacija je u ovom trenutku verovatno i jedini način održanja metrološke sledljivosti etalona mikrotalasne snage u vojnom metrološkom sistemu u posmatranoj oblasti frekvencija, zbog sadašnje ekonomske situacije u zemlji.

Literatura:

- [1] Suruliz, S.: Merenje mikrotalasne snage, Opšti seminar iz metrologije, TOC, Beograd, 1995.
- [2] Fundamentals of RF and Microwave Power Measurements, AN-64-1, HP 1997.
- [3] ISO Guide to the Expressions of Uncertainty in Measurements, International Organization for Standardization, Geneva, ISBN 92-67-10188-9, 1995.
- [4] Suruliz, S.: Komparacija termistorskih i termopretvaračkih glava za opseg frekvencija (18 do 26,5) GHz, Etran, 2003.
- [5] Suruliz, S.: Komparacija termopretvaračkih glava za opseg frekvencija (18 do 26,5) GHz, Etran, 2000.

Dr Miljko Erić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

XLVII KONFERENCIJA ETRAN 2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U Herceg Novom (Igalu), od 8. do 13. juna 2003. godine, održana je XLVII konferencija ETRAN, pod pokroviteljstvom Ministarstva za nauku, tehnologije i razvoj republike Srbije i Ministarstva prosvjete i nauke republike Crne Gore, a u organizaciji društva za ETRAN, Elektrotehničkog fakulteta iz Podgorice i Elektrotehničkog fakulteta iz Beograda.

Konferencija ETRAN je prestižna sa reputacijom najjače stručne konferencije kod nas iz oblasti elektronike, telekomunikacija, računarske tehnike, automatike i nuklearne tehnike. Na konferencijama se tradicionalno izlažu najvredniji rezultati istraživanja pojedinaca i istraživačkih timova u protekloj godini.

Na svečanoj ceremoniji konferenciju je otvorio predsednik ETRAN-a profesor dr Ninoslav Stojadinović, a učesnike je pozdravio i profesor Antony Davies, direktor IEEE regiona 8. Na svečanom otvaranju uručena je i nagrada ETRAN-a za životno delo akademiku Miomiru Vukobratoviću, kao i plakete autorima nagrađenih radova mladih istraživača.

Nakon svečanog otvaranja akademik Vukobratović održao je predavanje po pozivu na temu „Aktivni sistemi: izazov savremenog inženjerstva“ koje je izazvalo zapaljeno interesovanje učesnika konferencije.

Program rada ETRAN 2003 bio je, kao i do sada, sadržajan, i obuhvatio je: plenarnu sednicu, 65 sednica stručnih komisija, jedan okrugli sto i više radnih sastanaka organa ETRAN-a.

I ove godine ETRAN je okupio brojne stručnjake, najvećim delom iz zemlje, ali i iz inostranstva.

U okviru plenarne sednice održana su tri predavanja po pozivu. Posebnu pažnju uskostručne automatičarske javnosti privuklo je izlaganje profesora dr Petra Kokotovića, sa univerziteta u Santa Barbari, Kalifornija, svetski priznatog stručnjaka iz oblasti automatike, na temu „Nonlinear control: Some recent results and their application“ („Nelinearno upravljanje: Neki noviji rezultati i njihove primene“).

U okviru rada sekcije za akustiku održan je i okrugli sto na temu „Prva godina naše akustike u Asocijaciji evropskih akustičkih društava“, na kojem su zainteresovani učesnici popunili pristupnicu Asocijaciji evropskih akustičkih društava.

Na ovogodišnjem ETRAN-u prihvaćeno je preko 450 radova koji su izloženi u okviru 16 stručnih komisija i to: Elektronika, Telekomunikacije, Računarska tehnika i informatika, Automatika, Nuklearna tehnika i tehnologije, Akustika, Antene i prostiranje, Veštačka inteligencija, Elektroe-

nergetika, Elektronska kola, sistemi i procesiranje signala, Biomedicinska tehnika, Metrologija, Mikroelektronika i optoelektronika, Mikrotalasna i submilimetarska tehnika, Novi materijali i Robotika.

Treba napomenuti da je broj izloženih radova bio veći nego na prethodnim konferencijama ETRAN, što svedoči o tome da naučnoistraživački rad u nas iz šire oblasti elektronike, uprkos svim materijalnim i drugim problemima koji ga prate, kao što je odliv mlade istraživačke populacije u inostrane razvojne i istraživačke centre, prati savremene trendove u svetu i visokoproduktivan je po pitanju publikovanja rezultata istraživanja. Takođe, treba napomenuti da najbrojniji deo autora izloženih radova pripada mlađoj istraživačkoj populaciji.

U okviru stručnih komisija izložen je veći broj radova po pozivu, od kojih se posebno izdvajaju dva referata iz oblasti telekomunikacija, i to: „Pregled i komparativna analiza algoritama za frekvencijsko planiranje savremenih ćelijskih radio-sistema“, autora Đorđa Paunovića, Nataše Nešković i Aleksandra Neškovića sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, i „Račun telekomunikacionih mreža: pregled teorije i primene“, autora Grozdana Petrovića i Zorana Čiče sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu. U ovom radu izložen je matematički aparat koji na potpuno nov način omogućava analizu telekomunikacionih mreža.

Od radova izloženih u stručnim komisijama za vojne istraživačko-razvojne projekte posebno su interesantni sledeći:

– „Dizajniranje automatskog sistema za vođenje bespilotne letelice“, grupe autora iz instituta IMTEL;

– „Procesna mogućnost efikasnog ometanja TV signala“, Vladimira Matića i Mladena Mileusnića iz instituta „IRITEL“;

– „Primena kvantne kriptografije u distribuciji tajnih ključeva u simetričnim kriptografskim algoritmima“ Borisa Zekaka i Mihaila Kneževića iz Ministarstva inostranih poslova.

Rad pod naslovom „GPS generator sinhro signala“ Vladimira Pavlovića iz EI Pupin Telekom i Grozdana Petrovića sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu zavređuje posebnu pažnju. U njemu je prikazano praktično realizovano tehničko rešenje za sinhronizaciju OSOH-a oscilatora sa GPS prijemnikom. Rešenje je važno za sve distribuirane sisteme u kojima je potrebno obezbediti jedinstvenu vremensku referencu.

Grupa autora sa Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu izložila je rad na temu „Jedno rešenje realizacije modema prema preporuci ITU-T V32 na DSP-u MAS 3508F“ koji je proistekao iz projekta univerzalnog modema, koji vodi VTI, a na kojem je FTN angažovan kao spoljni kooperant.

U radu „Generalizovani potiskivač bočnih petlji mikrofonskog niza u prostori sa reverberacijom“ Zorana Šarića i Slobodana Jovičića iz Instituta bezbednosti, predložen je algoritam za potiskivanje bočnih lobova pri korišćenju mikrofonskog niza u uslovima višestrukog prostiranja akustičkog signala u zatvorenoj prostoriji.

Učešće pripadnika Vojske SCG na konferenciji ETRAN bilo je brojno i zapaženo. Radove su izložili autori iz različitih struktura GŠ VSCG i MO (Uprava EI i PED, Uprava informatike, Tehnička upra-

va, ToC KoV, VoC, Institut IPME, Vojnotehnički institut, Remontni zavod iz Tivta).

U radu „Optimizacija sistema daljinskog vođenja i upravljanja protivoklopne rakete po laserskom snopu“ Milorada Milovanovića i Miloja Đekića iz VTI, izvršena je analitička sinteza optimalnog zakona upravljanja koji obezbeđuje minimalnu zonu mogućih odstupanja rakete od ose laserskog snopa. Izvršeno je testiranje predloženog zakona upravljanja unutar referentnog matematičkog modela sistema vođenja i upravljanja protivoklopne rakete srednjeg dometa, modifikovanog po specijalnim zahtevima vođenja i upravljanja po laserskom snopu.

U radu „Dehoping signala sa frekvencijskim skakanjem na bazi prostorno-vremensko-frekvencijske analize signala“, Ivana Pokrajca iz Uprave EI i PED GŠ VSCG, Miljka Erića iz VTI i Miroslava Dukića sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, izložen je originalni algoritam za dehoping signala sa frekvencijskim skakanjem koji je primenljiv u situaciji kada je u zadatom frekvencijskom opsegu i vremenskom intervalu istovremeno aktivno više emisija sa frekvencijskim skakanjem i klasičnih uskopojasnih emisija.

U radu „Ciklostacionarna analiza OFDM signala“ Desimira Vučića i Branke Igrić iz VTI prikazani su rezultati istraživanja autora iz oblasti metoda za kontinualnu i diskretnu ciklostacionarnu analizu OFDM signala.

U radu pod nazivom „Merenje vibracija na transportnom helikopteru MI-8“, Vojislava Devića iz VTI, Predraga Kovačevića i Veljka Rakonjca iz VOC-a, izloženi su rezultati i iskustva stečena pri mere-

nju vibracija na helikopteru MI-8 korišćenjem sistema PULSE. Ovaj rad nastao je kao rezultat izuzetno plodne saradnje i zajedničkih napora stručnjaka VTI i VoC-a.

Takođe, treba napomenuti da je VoC, kao istraživačka jedinica od svega 20 istraživača na ETRAN-u imao 7 izloženih radova, što je, svakako, rezultat vredan pažnje. Uz to, skoro svi radovi su rezultat praktičnih ispitivanja sredstava iz nadležnosti i delatnosti VoC-a.

U radu „Bispektralna analiza plovne hidroakustičke karakteristike plovnog objekta“, Miodraga Vračara iz VTI, izloženi su teorijski i praktično dostignuti rezultati istraživanja autora u oblasti karakterizacije hidroakustičkih karakteristika plovnih objekata primenom bispektralne analize.

U radu „Implementacija distribuiranog procesora signala radara za osmatranje objekata na moru“ Zorana Đorđevića iz Mornaričkotehničkog remontnog zavoda iz Tivta, izloženi su praktično dobijeni rezultati vezani za projekat implementacije i ispitivanja radarskog procesora signala koji je baziran na primeni savremenih signala procesorskih tehnologija i softverski definisanih algoritama za procenu parametara radarskih signala. Ovaj rad privukao je pažnju kako zbog prezentiranih rezultata, tako i zbog činjenice da su rezultati ostvareni u okviru projekta modifikacije radara za osmatranje objekata na moru, a koji je po složenosti problematike i po primenjenoj tehnologiji na nivou istraživačko-razvojnih projekata.

Pored toga što su prezentirali svoje radove, stručnjaci Vojske SCG i predsestavali su radom dve sekcije (telekomunikacije i metrologija).

Na inicijativu sekcije za akustiku, a uz iskazano gostoprimstvo komande korpusa ratne mornarice, za učesnike ETRAN-a organizovana je poseta Hidrografskom institutu Ratne mornarice i Mornaričkotehničkom remontnom zavodu „Sava Kovačević“ u Tivtu. Pri obilasku deo učesnika ETRAN-a imao je priliku da poseti podmornicu RM, kroz ko-

ju ih je vodio potpukovnik Vojislav Rapajić, oficir mornaričkotehničke službe, a koji je na konferenciji izložio rad pod naslovom „Uticaj refleksija na zvučno polje u reci“.

Ovogodišnja konferencija ETRAN-a bila je u znaku mladih istraživača, čiji je veliki broj izloženih stručnih i naučnih radova bio na zavidnom nivou.

Dr Dragoljub M. Brkić,
dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

VI MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM-2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Međunarodna konferencija „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću“ (Dependability and Quality Management – DQM) održava se svake godine, i ima karakter naučne i stručne smotre novih rezultata razvojnih istraživanja i primena u oblasti kvaliteta i sigurnosti funkcionisanja sistema (pouzdanosti, raspoloživosti i pogodnosti održavanja), kao i konkurentnog inženjerstva (projektovanja).

Radovi koji se prezentuju na ovoj konferenciji mogu biti analize eksperimentalnih rezultata, kao i primena novih ili već poznatih teorijskih postavki u rešavanju aktuelnih problema kvaliteta, pouzdanosti i konkurentnog inženjerstva.

Ova, šesta po redu, međunarodna konferencija „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću“ DQM-2003, u organizaciji DQM Istraživačkog centra, održana je 18. i 19. juna na Građevinskom fakultetu u Beogradu. Konferenciju je otvorio ministar za nauku, tehnologiju i razvoj Vlade Republike Srbije, profesor dr Dragan Domazet.

Na konferenciji je bilo prijavljeno oko 140 radova, koji su razvrstani u tri

tematske sekcije, pod nazivima: Inženjerstvo kvaliteta, Inženjerstvo pouzdanosti i Konkurentno inženjerstvo. Svi prihvaćeni radovi štampani su u zborniku radova.

Učesnici ovog naučno-stručnog skupa bili su iz naučnih instituta, sa fakulteta, iz Vojske, državne administracije, kao i privrede. Međunarodni karakter konferenciji dali su učesnici iz Rusije, Španije, Bosne i Hercegovine i Makedonije.

Pre početka izlaganja radova po sekcijama dodeljene su dve nagrade za najuspešnije radove sa prethodne konferencije DQM. Priznanje za najuspešniji rad dodeljuje se svake godine i svakako predstavlja određeni stimulans za uloženi trud autora u rasvetljavanju problema iz ove značajne oblasti.

Na završetku konferencije učesnicima su uručeni pozivi za učešće na narednoj VII konferenciji DQM-2004, koja je planirana za 16 i 17. jun 2004. godine na istom mestu. Radove treba slati na adresu predsednika programskog odbora konferencije DQM-2004: DQM Istraživački centar, akademik dr Ljubiša Papić, p.fah 132, 32102 Čačak.

VIII KONGRES JISA 2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Kongres Jugoslovenskog informatičkog saveza (JISA) održan je od 9. do 14. juna 2003. u Herceg Novom. Skup su otvorili Đorđe Dukić, generalni sekretar JISA i Olivera Stanković iz Privredne komore Srbije, kao predsednik Kongresnog odbora.

Kongres i njegova prateća manifestacija „e-Balkan“ organizovani su u saradnji sa asocijacijama iz oblasti informaciono-komunikacionih tehnologija i privrednim komorama zemalja u tranziciji istočne Evrope, ali i nekoliko gostiju iz zapadne Evrope, kao oblik razmene iskustava i dostignuća u oblasti informatičkih tehnologija.

Od programskih tema na skupu su bile zastupljene sledeće oblasti:

- E-business, tokovi elektronske prirode, kao i pitanja elektronske zaštite;
- virtuelne studije i virtuelna nastava;
- izdavaštvo, elektronska knjiga, multimedija;
- digitalna arhiva, dokument menadžment, rešenja za velike sisteme,
- E-banking, bankarski informacioni sistemi, kartičarstvo;
- digitalne karte – GIS sistemi;
- proizvodnja i rešenja u privredi, zdravstvu, obrazovnim institucijama;
- telekomunikacije;

- strani partneri na našem tržištu;
- kompjuterski kriminal, problemi i rešenja;
- telemedicina, TV produkcija, Internet, itd.

Na početku skupa predstavljen je veći broj teorijskih razmatranja i praktičnih iskustava u savremenom obrazovanju uz primenu informacionih tehnologija na području Republike Slovenije (izlagali su predstavnici Gimnazije iz Kranja i Srednje škole iz Jesenica). Slovenački autori bili su zastupljeni tokom celog skupa, radovima u oblasti proizvodnih informacionih sistema, upotrebe „elektronskih kioska“ u turizmu, zdravstvu, upravi, itd. Mogla su se čuti i njihova iskustva u vezi ispunjavanja tehnološko-organizacionih uslova kao kriterijuma za uključanje u Evropsku Uniju. Tehnološki fakultet iz Banje Luke predstavio se radom „Sistemi plaćanja na Internetu“, a Narodna banka Srbije projektom „Dijagnostika rada i problema u LAN i WAN mrežama“. Predstavnici firme „NORT d.o.o.“ iz Zagreba prikazali su antivirusni softver „NOD32“, koji bi po njihovim tvrdnjama trebalo da ima znatne prednosti u odnosu na postojeće sisteme zaštite („NOD32“ koristi manje računarskih resursa i radi brže, antivirusne tzv. „update“ definicije

su manje veličine od konkurentskih proizvoda, postoje verzije za radne stanice i servere, kako za operativni sistem Windows, tako i za Linux, itd.).

Domaća preduzeća u oblasti hemijske industrije (Zavod za farmaciju Srbije, „Galenika a.d.“, „Župa – Hemijska industrija“ Kruševac i dr.) prikazala su informacione sisteme svojih kompanija, i neka rešenja u oblasti elektronske trgovine kao vidove saradnje sa poslovnim partnerima i krajnjim kupcima.

Metode elektronskog arhiviranja i skeniranja dokumentacije prikazale su firme „DM Dokumenten Management“ (Kragujevac) i „Meridian Skener Centar“ (Beograd). Javna preduzeća „Telekom Srbija“, „PTT Srbija“ i RTS prikazala su neke od svojih informatičkih projekata, kao i kompanije „Meridijan“, „Luka Bar“, „Atlas Banka“, „Mobtel“ i Nacionalna štedionica.

Profesor Stevica Krsmanović sa Univerziteta BK nastavio je prošle godine započetu seriju izlaganja u vezi sa „menadžmentom znanja u web okruženju“. Kompanija „BK“ planira osnivanje novog fakulteta za informacione tehnolo-

gije, koji bi trebalo da predstavlja neku vrstu „kompilacije“ svega onoga što danas postoji na domaćem tržištu ICT obrazovanja. Po mišljenju profesora Krsmanovića, nema opasnosti od konkurencije, jer je interesovanje kandidata za studije u tim oblastima dovoljno veliko. Pored toga, prioritet Kompanije „BK“ bili bi menadžment i upravljanje u ICT oblastima, dok bi preostalim visokim školama bili prepušteni inženjersko-tehnički i programerski pravci kompjuterskog obrazovanja. Tehnički fakultet iz Zrenjanina prikazao je veći broj projekata u oblasti učenja na daljinu, i obrazovnog softvera za osnovne i srednje škole, koji su nastali kao rezultat rada studenata i nastavnika tog fakulteta.

Dvadesetak autorskih radova je i ove godine privuklo pažnju stručnog dela publike. Najveće preimućstvo ovakvih skupova je upravo razmena iskustava sa informatičarima iz različitih organizacionih i informacionih sistema. Oko 250 registrovanih učesnika nije veliki broj u odnosu na broj učesnika nekih drugih manifestacija tog tipa, što je, verovatno, posledica visokih troškova učešća.

Mr Slavko Muždeka,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd

NAUKA I MOTORNA VOZILA 2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

U hotelu Interkontinental u Beogradu, u organizaciji Jugoslovenskog društva za motore i vozila (JUMV) od 26. do 28. maja 2003. godine održan je 19. Međunarodni naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila 2003. Skup je održan pod pokroviteljstvom FISITA – Međunarodne federacije automobilskih inženjera, EAEC – Evropske kooperacije automobilskih inženjera i SANU – Srpske akademije nauka i umetnosti. Skup su podržali i Mašinski fakultet univerziteta u Beogradu, Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj Srbije i Ministarstvo prosvjete i nauke Crne Gore.

Naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila prvi put je organizovan 1967. godine od kada se redovno održava svake dve godine. Skup je održan i 1999. godine za vreme agresije NATO-a na našu zemlju. Od samog osnivanja skup je postao najvažniji međunarodni forum inženjera automobilske tehnike u Srbiji i Crnoj Gori, na Balkanu i u jugoistočnoj Evropi. Njegov cilj je da doprinese povećanju kvaliteta razmene naučnih i stručnih znanja i iskustava između stručnjaka iz naše zemlje i iz inostranstva.

Veliki broj prijavljenih radova iz inostranstva dao je poseban pečat i ovogodišnjem skupu, a posebno je bitno nagla-

siti činjenicu da su svi prihvaćeni radovi i saopšteni. Cilj ovogodišnjeg skupa bio je, pored ostalog, i obeležavanje 100 godina automobilizma u Srbiji i Crnoj Gori.

Posle pozdravne reči profesora dr Čedomira Duboke, predsednika Društva, skup su pozdravili Philippe Marcangeli, potpredsednik FISITA za Evropu, dr Pedro de Esteban, predsednik EAEC, i prof. dr Nikola Hajdin, predsednik SANU. Skup je otvorio mr Srećko Nijemčević, i v.d. generalnog direktora IKARBUS-a, koji je bio generalni sponzor manifestacije.

Uvodna predavanja održali su profesori dr Egon Christian fon Glasner iz kompanije Daimler Chrysler, dr Jovan Todorović sa Mašinskog fakulteta u Beogradu i dr Dušan Gruđen iz kompanije Porsche AG.

Profesor Glasner je, po tradiciji (prišutan na skoro svim skupovima NMV), podneo „izveštaj“ o stanju i perspektivama razvoja aktivne bezbednosti komercijalnih vozila u Evropi, dok je profesor Gruđen u svom izlaganju ukazao na stanje izdovne emisije motora SUS i perspektive smanjenja emisije CO₂, kao i primene alternativnih goriva u motorima. U izlaganju profesora Todorovića o konceptu rizika u automobilskom inženjerstvu prezentovan je pristup razvoju vozila na bazi koncepta rizika.

U okviru konferencije na engleskom jeziku prihvaćena su 33 rada autora iz renomiranih univerzitetskih centara i firmi automobilske industrije iz Nemačke (Visteon, Opel, Knorr-Bremse, BASF, Porsche, Daimler Chrysler), Austrije (AVL), Italije (University of Palermo), Francuske (University of Orleans), Grčke (National University of Athenes), Mađarske (IdB, GTE), Češke (Technical University Prague, University of Pardubice), Slovačke (University of Bratislava), Rumunije (Politechnica University Timsoara), Slovenije (University of Maribor), SAD (The University of Texas) i naše zemlje (MF u Beogradu, MF u Kragujevcu, VTI, DMB, IMR Institut, INNI Vinča, Zastava – Institut za automobile, Rafinerija Pančevo).

U prezentovanim radovima predstavljeni su rezultati najnovijih istraživanja iz oblasti kočnih sistema i stabilnosti vozila, klimatizacije, aerodinamike, sistema za prenos snage, simulacija, kao i izduvne emisije, konstrukcije i ekonomičnosti motora SUS. I pored nesumnjivog kvaliteta svih radova, poseban utisak ostavio je rad dr J. Quarga u vezi s proizvodnjom novih ECOTEC motora, dr L. Strauba o doprinosu ESP (Electronic Stability Program) u komercijalnim vozilima bezbednosti putnog saobraćaja, kao i radovi „naših stranaca“ dr B. Basare (AVL) iz oblasti aerodinamike vozila i dr S. Čučuza iz oblasti klimatizacije vozila (Visteon).

Domaći autori takođe su predstavili vrlo kvalitetne radove, a posebno interesantan bio je rad profesora Duboke o stanju i budućnosti automobilske i prateće industrije u Srbiji.

Iz Vojske SCG su predstavljena tri rada iz oblasti automatizacije sistema za

prenos snage i kočnih sistema motornih vozila, i to:

– „Novi sistem upravljanja sistemom za prenos snage brzohodnih guseničnih vozila sa dva planetarna menjačka prenosnika“, autora dr Zlatomira Živanovića, dipl. inž. i Gorana Jerkina, dipl. inž. iz Vojnotehničkog instituta;

– „Termička opterećenja višelamelastih kočnica i spojnice potopljenih u ulje“, autora Dragane Lazarević, dipl. inž. i dr Zlatomira Živanovića iz Vojnotehničkog instituta;

– „Predviđanje raspodele pritiska na disk kočnicama“ autora Gordane Džipković, dipl. inž. iz Vojnotehničkog instituta, mr Dragana Aleksendrića, dipl. inž. i profesora dr Čedomira Duboke sa Mašinskog fakulteta u Beogradu.

U okviru konferencije na srpskom jeziku prihvaćeno je 14 radova. U radovima su prezentovani rezultati istraživanja iz oblasti prenosnika snage, ispitivanja i homologacije motora i vozila, održavanja, proračuna i dr. Vojsku SCG predstavljali su radovi pripadnika Vojne akademije i Tehničkog opitnog centra, i to:

– „Eksperimentalno određivanje mehaničkih gubitaka u motorima sus“, autora mr Zorana Građina iz TOC-a, profesora dr Miroljuba Tomića sa Mašinskog fakulteta u Beogradu i Dragoljuba Đurice iz TOC-a;

– „Analiza prenosnih odnosa i stepena iskorišćenja u transmisijama sa hidrostatičkom transformacijom kinematskih i dinamičkih parametara i njihova optimizacija metodom recirkulacije“ autora docenta dr Zorana Popovića iz Vojne akademije, profesora dr Slobodana Milidraga sa Fakulteta tehničkih nauka u

Novom Sadu i mr Velizara Blagojevića iz VRS, Bijeljina;

– „Virtuelno ispitivanje planetarnih prenosnika“, autora mr Slavka Muždeke iz Vojne akademije, profesora dr Živana Arsenića sa Mašinskog fakulteta u Beogradu, docenta dr Zorana Popovića i Milana Krsmanovića iz Vojne akademije.

Pored konferencija na engleskom i srpskom jeziku, u toku skupa održana je i promotivna konferencija firme WABCO – Austrija, gde su prezentovana najnovija dostignuća iz oblasti razvoja i proizvodnje elemenata kočnih sistema motornih vozila. Takođe, održan je i seminar o akreditaciji u organizaciji JUAT – nacionalnog akreditacionog tela Srbije i Crne Gore.

Seminar je izazvao veliko interesovanje, a u okviru diskusija pokazalo se da u ovoj veoma značajnoj oblasti, koja predstavlja i jedan od bitnih tehničkih uslova za izlazak na tržište Evropske unije, u našoj zemlji ima mnogo problema. Svakako da ovakvi seminari predstavlja-

ju doprinos prevazilaženju problema i razumevanju potreba za akreditacijom.

Značajno je napomenuti da je na ovogodišnjem skupu omogućeno da studenti svih mašinskih fakulteta u zemlji, koji završavaju studije iz oblasti motora i vozila, bez kotizacije prisustvuju skupu. Ovu priliku iskoristili su uglavnom studenti sa fakulteta u Beogradu, kao i studenti i slušaoci za rezervne oficire Odseka logistike Vojne akademije koji su prisustvovali svim predavanjima. Ova odluka organizatora naišla je na veliko interesovanje studenata i umnogome doprinela proširivanju znanja i povećanju motivacije za studiranje u oblasti za koju se školuju.

Kao dokaz uvažavanja JUMV-a prihvaćeno je da 2005. godine naše društvo bude organizator sledećeg Međunarodnog simpozijuma EAEC, tako da će se 20. Međunarodni naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila održati zajedno sa ovim renomiranim evropskim skupom.



prikazi iz inostranih časopisa

ELEKTROMAGNETNI TOPOVI: REVOLUCIJA U VATRENOJ PODRŠCI*

Prema nekim stručnjacima SAD „hemijski topovi“ ili „barutni topovi“ su tehnološki ograničeni, pa je neophodna primena novih tehnologija.

Elektromagnetno oružje predstavlja primer takvih promena (napuššana je primena baruta koji je počeo da se primenjuje od 7. veka) jer podrazumeva primenu novih generacija sredstava za ubrzanje masa.

Za oko 15 godina rada stručnjaka mornarice SAD, elektromagnetni topovi koji ispaljuju 15 kg volframovih i čeličnih projektila u kosmički prostor, koji zatim ponovo ulaze u atmosferu da bi udarile u cilj udaljen 200 nautičkih milja pri brzini od 5 do 6 Maha, dovoljni su za razmatranje da se takva sredstva uvedu i u upotrebu.

Kinetička energija tih projektila veća je od energije eksplozije postojećih projektila. Uz određena poboljšanja elektromagnetni topovi bi mogli da postignu čak i veće brzine i domete i do 1000 nautičkih milja. Međutim, dostizanje tog ni-

voa zahtevaće još mnoge godine razvoja i savlađivanje tehničkih poteškoća. Razvoj topovske municije biće težak kao i kompletiranje samog topa. Na primer, dok kreiranje inertne probojne municije za ove topove ne bi trebalo da bude skupo i komplikovano, municija za dejstvo protiv žive sile predstavlja izazov za konstruktore.

Osim toga, tehnologija vođenja i upravljanja za municiju koja leti tako velikom brzinom i napušta atmosferu, takođe će da iziskuje dalji razvoj. Jedna oblast kreiranja takvog sistema vođenja, koji može da izdrži g-opterećenje, ostvareno pri opaljenju iz cevi elektromagnetnog topa, trebalo bi da se zasniva na tehnologijama za vođenu municiju ekstremno velikih dometa.

Međutim, i armija SAD radila je na razvoju borbenih vozila sa ugrađenim elektromagnetnim topom, ali već dekadama bezuspešno. Problem je kako ogromnu količinu energije potrebne za opaljenje elektromagnetnog topa, oko 64 MJ za velike domete, smestiti na dovoljno malom prostoru na vozilu.

Mornarica nema problema što se tiče prostora i mase za primenu na svojim ratnim brodovima. Planira se jedan inte-

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 16. april 2003.

gralni elektropogonski sistem za njihovu DD(X) familiju brodova. Izrada jednog prototipa elektronskog broda bila bi cena ulaska u jednu takvu oblast naoružanja.

Mornarica bi trebalo da kapitalizira rezultate koje je postigla armija SAD, rešavajući probleme vezane za cev topa, kao što su povećanje trajnosti, raspored mase i dimenzije. Uz sve to, još mnogo rada treba uložiti da bi najveći današnji elektromagnetni top imao energiju oko 8 MJ. Mornarica je uložila sredstva za narednih pet godina, kako bi se u laboratoriji postiglo zahtevanih 64 MJ. Ako se to postigne moći će se pristupiti razvoju prototipa.

Postoje i druge mogućnosti za raniju primenu ove tehnologije u režimu neposredne vatre i sa dometom od samo nekoliko kilometara. Jedna od ideja je korišćenje elektromagnetnog topa za samoodbranu broda u obalskim uslovima.

Pošto elektromagnetni topovi nude veću ubojnost, tačnost i brzinu leta, oni imaju potencijalno ograničenu kolateralnu štetu u odnosu na druga sredstva.

Elektromagnetni top za neposredno gađanje trebalo bi da bude manjih dimenzija i mogao bi biti spreman za upotrebu za 5 do 10 godina.

M. Krbavac



SAVREMENI SAMOHODNI MINOBACAČI*

Sve armije sveta koriste minobacače, bilo da su ugrađeni na vozila ili se koriste sa zemlje. Svi oni, a posebno sa-

mohodni minobacači, prolaze fazu tehnološkog razvoja u nameri da im se poveća ukupna pokretljivost i ubojitost.

Korišćenje konvencionalnih samohodnih minobacača ima prednosti i nedostatke. Prednost im je, na primer, mogućnost uništenja raznovrsnih ciljeva na većim rastojanjima, a glavni nedostatak što dejstvuju iznad krova vozila, ostavljajući, tako, posadu i oružje nezaštićeno od NBH napada, kao i od vatre streljačkog oružja i parčadi granata.

Dok su neki konvencionalni minobacači montirani na obrtnim kupolama i mogu dejstvovati kružno za 360°, drugi imaju ograničeno okretanje u pravcu gađanja. Da bi se amortizovalo jako trzanje pri opaljenju minobacača s punjenjem odozgo, potreban je masivan protivtrajući sistem, posebno kada se koriste platforme na vozilu.

Mnogi su uočili ta ograničenja i, kao rezultat toga, danas se jasno uočava trend razvoja minobacača koji su montirani u kupoli. Ključna prednost takvih minobacača jeste da se obezbeđuje kompletna zaštita posluge od NBH dejstva, dejstva streljačkog naoružanja i od parčadi pri eksploziji granata. Za razliku od konvencionalnih samohodnih minobacača kupola može brzo da se usmeri na cilj, sve dok minobacač ima mogućnost direktne vatre.

Pod normalnim okolnostima samohodni minobacač bi trebalo da se razmešta iza borbene grupe, a ne na liniji neposrednog gađanja neprijatelja. Međutim, buduća dejstva biće znatno drugačija od prošlih, često sa nedefinisanim linijom fronta. Na bliskom rastojanju samohodni minobacači su osjetljiviji za napad. Me-

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 2. april 2003.

đutim, ispaljujući granate 120 mm u režimu neposrednog gađanja sa minobacača ugrađenih u kupolu, moguće je neutralisati bilo koje lako oklopljeno vozilo ili kamion, ili oštetiti jače oklopljena vozila. Mogućnost neposrednog gađanja trebalo bi da bude vrlo korisno u vojnim operacijama u urbanim sredinama pri neutralisanju otpora iz zgrada ili bunkera.

U kupolu ugrađeni minobacači su, međutim, mnogo skuplji od tradicionalnih samohodnih minobacača koji dejstvuju iznad krova vozila. Oni povećavaju i ukupnu masu i visinu kompletnog sistema. Ta dva faktora su ključna za zemlje koje imaju potrebe za vazдушnim transportom ovih minobacača do bojišta.

Brojna su unapređenja u oblasti minobacačke municije i upaljača. Tradicionalno, minobacači koriste trenutnoeksplozivne, osvetljavajuće i dimne projektele. Međutim, proteklih godina uvedeni su brojni novi minobacački projektili. Jedan od novih projektila sadrži punjenje koje izbacuje bombice koje su efikasne protiv jedinica na otvorenom prostoru, kao i protiv lakooklopljenih vozila. Bombice su opremljene i protivtenkovskim bojnim glavama koje mogu probiti i do 50 mm klasičnog čeličnog oklopa. Najčešće se koriste bombice sa samouništavajućim upaljačima, radi sprečavanja dejstva neeksploziviranih bombica u naknadnom napredovanju sopstvenih snaga.

Švedska firma Boffors razvila je prvu precizno vođenu municiju za minobacače 120 mm Strix, koja je danas u upotrebi u švedskoj i švajcarskoj vojsci.

Nadležnosti u upravljanju vatrom

Neko vreme samohodni minobacači razvijani su sa kompjuterima kojima se

ubrzavao postupak uništenja cilja, i da se očekuje taj trend i ubrza.

Minobacači se danas navode na cilj pomoću kompleta za upravljanje vatrom minobacača koji obično sadrži uređaj za dnevno-noćno osmatranje, laserski daljnomer, radio-sistem i navigacioni sistem. Međutim, neke zemlje drugačije posmatraju ulogu upravljanja minobacačkom vatrom, i sistem za upravljanje vatrom zamenjuju kompletom za upravljanje vatrom koji može preuzeti ulogu i tradicionalnih isturenih artiljerijskih posmatrača i osmatrača iz vazdušnog prostora. Neke druge države uvažavaju povezivanje senzora direktno do strelca.

U najvećem broju zemalja minobacači su u nadležnosti pešadije i, kao takvi, razvijeni su na bataljonskom nivou za potrebe vatrene podrške. Pojedine zemlje ih stavljaju u nadležnost artiljerije, što se posebno odnosi na minobacačke sisteme 120 mm, koji funkcionišu u sprezi sa radarskim i bespilotnim sistemima.

Primeri i karakteristike razvoja samohodnih minobacača

Kineska armija već dugo godina razvija samohodne minobacače 82 mm i 120 mm na šasijama postojećih, uglavnom guseničnih vozila. U novije vreme korporacija NORINCO razvija i nudi za izvoz novi u kupoli ugrađeni 120 mm minobacački sistem, izrađen na bazi oklopnog transportera WZ551 6 × 6, koji ima široku primenu u kineskoj vojsci.

Taj sistem sličan je ruskom samohodnom minobacaču 120 mm 2S23, a, prema dostupnim izveštajima, Rusija snabdeva Kinu tehnologijama potrebnim

za razvoj ovog sistema. Kineski sistem ima mnogo dužu cev, sličnu onoj na najnovijem ruskom sistemu 2S31 Vena.

Prema podacima firme NORINCO, sistem ima maksimalni domet od 8,5 km sa standardnim minobacačkim minama ili 9,5 km sa HE projektilima. Opremljen je i poluautomatskim sistemom za punjenje. Kompletan sistem ima masu od 16,5 t i, kao i ruski 2S23, i potpuno je amfibijski.

Krajem osamdesetih godina prošlog veka kompanija ZTS iz Slovačke Republike razvila je samohodni minobacački sistem 120 mm PRAM-S na bazi modifikovane šasije BMP-2, koja se proizvodi po licenci.

PRAM-S je opremljen sa zadnje strane punjenim minobacačem 120 mm, kojim može da se nišani, da se puni i gađa pod punom oklopnom zaštitom. Njegov maksimalni domet je 8,03 km, uz maksimalni režim vatre od 18 do 20 zrna u minuti. Sistem nosi 80 granata, od kojih su 21 u konvejeru, a 59 u magacinima.

Francuska kompanija TDA razvila je i proizvela kompletnu familiju minobacača, a njihov minobacač sa izolacionom cevi 120 mm MO-120T isporučen je u više od 20 zemalja. Sistem vuče kamion ili oklopno vozilo točkaš.

Samohodni minobacački sistem 120R2M, koji su, takođe, samostalno razvili u kompaniji TDA, ugrađuje se na brojne šasije guseničnih vozila ili točkaša. Dok su se neke kompanije odlučile za kupole, TDA se opredelila za obrtno postolje. To rešenje je jednostavnije i kada je minobacač spušten ispod oklopa potencijalni protivnik teško može raspoznati da li se radi o samohodnom minobacačkom sistemu ili standardnom oklop-

nom transporteru. Okretanje za 360° i zauzimanje elevacije omogućeno je pomoću upravljačke ručice. Ovaj minobacač je balistički identičan sa standardnim vučnim minobacačem 120 mm MO-120RT, i koristi istu familiju municije. Maksimalni domet za standardnu municiju iznosi 8,13 km, a povećava se na 13 km, kada se koriste raketni projektili. Sistem je modularne konstrukcije i može da se opremi sistemom za lokaciju i pozicioniranje i sistemom za upravljanje vatrom.

Nemački standardni samohodni minobacač već godinama je 120 mm glatkocevni sistem montiran na zadnjem delu modifikovanog oklopnog transportera M113. Međutim, ovaj sistem zaostaje u pokretljivosti za borbenim vozilom pešadije Marder-1. Možeće je da će se novi sistem, koji se sada razvija ugrađivati u kupoli.

Pre nekoliko godina Rheinmetall Landsysteme je za nemačku armiju razvio samohodni minobacač 120 mm na bazi šasije oklopnog vozila Wiesel. Na ovom minobacaču pre borbene upotrebe postavljaju se stabilizatori iza vozila i sa strane. Posada i 30 bombi koje nosi potpuno su zaštićeni pri rukovanju i gađanju. Nemačka armija je naručila 96 ovih sistema za svoje avioprenosne i brzo razvijajuće snage.

Konzorcijum Alvis Hägglunds iz Švedske i Patria Vammass iz Finske razvijaju novi, u kupolu ugrađeni, 120 mm glatkocevni minobacački sistem nazvan AMOS (Advanced MOrtar System). Finska je naručila 24 ova sistema koja će ugraditi na svoja nova modularna oklopna vozila AMV (Armoured Modular Vehicle). Ova vozila odabrala je i Poljska za svoje potrebe.

Firma Alvis je u ovom projektu odgovorna za razvoj kupole, a Patria Vammäs za minobacač 120 mm. Sistem je već ugrađen na finska vozila Patria XA-203 6 × 6 radi sprovođenja opsežnih ispitivanja vatrenih mogućnosti i pokretljivosti. Nedavno je AMOS ugrađen i na švedsko gusenično vozilo iz serije Alvis CV-90, i Švedska očekuje 50 do 70 takvih sistema. Kupola AMOS PT ima masu 5800 kg, ali pojedine verzije bi zavisile od nivoa oklopne zaštite, i od toga da li je ugrađen sklop za manipulaciju municijom. Domet zavisi od vrste minobacačkih bombi, ali maksimalni domet od 10 km ostvaruje se municijom Vammäs 120VAM15.00.

Kompanije RO Defence i Delco Systems među prvima su razvili minobacački sistem AMS (Armoured Mortar System), pri čemu je Delco Systems odgovoran za razvoj kompjuterizovanog sistema za upravljanje vatrom i nišana.

Belgijska kompanija MECAR razvija je i proizvodi municiju za taj sistem. Sistem je testiran i za municiju RUAG, a borbeni komplet čine 32 granate 120 mm, svaka sa HEAT bojnom glavom.

Kompanije RO Defence i Delco Systems rade na razvoju sledeće generacije kupole koja će imati određene specifičnosti, uključujući električni pogon kupole i elevacije oruđa i novi kompjuter za upravljanje vatrom.

Soltam Systems je vodeća izraelska firma za razvoj i proizvodnju artiljerijskog i minobacačkog oružja. Njihov najnoviji sistem je autonomni samohodni minobacač 120 mm CARDOM, koji je do sada već testiran na brojnim šasijama točkaša i guseničara.

Na minobacaču je ugrađen specijalni protivtrajući sistem koji smanjuje opterećenje pri dejstvu, što je posebno važno za vozila točkaše. Ugrađeni su i uređaj za pozicioniranje, balistički sistem i sistem za upravljanje vatrom. Maksimalni domet je 7,2 km, a gotovost za paljbu je 45 sekundi nakon zaustavljanja vozila.

Ruska armija razvila je brojne topovsko-minobacačke samohodne sisteme. Jedan od prvih sistema, predviđen za vazdušno-desantne divizije, bio je minobacač 120 mm 2S9 Anona, koji se intenzivno koristio u Avganistanu. Ovaj sistem izrađen je na modifikovanoj šasiji borbenog vozila BMD-1, opremljen je kupolom naoružanom topom 120 mm koji se puni odozdo i nosi oznaku 2A51. Municija se puni ručno. Hod kupole levo i desno je 35°, a najviša elevacija je +80°. Sa standardnim granatama maksimalni domet je 8855 m, dok sa raketnim projektilima dostiže i 13 km.

Rusija je razvila samohodni minobacač NONA-SVK 2S23 na šasiji oklopnog transportera BTR-80 8 × 8, koji ima veliku stratejsku pokretljivost.

Najnoviji ruski samohodni minobacač je 120 mm 2S31 VENA, koji je ugrađen na modifikovanoj šasiji borbenog vozila pešadije BMP-3. Vena ima novu, potpuno zatvorenu kupolu, naoružanu 120 mm dugocevnim izoliranim oružjem, koje može imati elevaciju do +80°. Ugrađen je automatski sistem za pretraživanje i orijentaciju, a optički sistem sadrži nišan sa pojačavačem slike i laserski daljinomer. Osposobljen je za neposredno i po-

sredno gađanje i može da koristi istu municiju kao 2S9/2S23 ili iz porodice nove pojačane municije.

Novi projektili imaju maksimalni domet do 18 km, a postoje i projektili sa punjenjem od 35 bombica. Sistem nosi ukupno 70 minobacačkih bombi, od kojih su 22 spremne za upotrebu. Maksimalni režim vatre je 8 do 10 zrna/min. Mogu se koristiti i laserski vođeni projektili 120 mm Kitolov-2M sa maksimalnim dometom 13 do 14 km. Ciljevi mogu biti određeni sa vozila Vena ili sa pokazivača cilja montiranog na tronošcu.

Singapurska firma Singapore Technologies Kinetics razvila je superbrzi savremeni minobacački sistem 120 mm za ugradnju na gusenična vozila ili oklopni automobil. Opremljen je poluautomatskim sistemom za prenos municije, a ima i specijalni sistem za hlađenje. Maksimalni domet sa standardnom municijom je 9 km ili 13 km sa raketnim projektilima. Integrisan je sa sistemom za upravljanje vatrom koji omogućava autonomne vatrene zadatke.

RUAG Land Systems iz Švajcarske razvio je minobacački sistem 120 mm Bighorn za ugradnju u gusenična vozila ili točkaše. Sistem ima poluautomatski punjač i ostvaruje visok režim vatre. Opremljen je navigacionim i pozicionim sistemom, a hidrauličkim i električnim pogonom upravlja se pomoću ručice (joystick).

Armija SAD je godinama razvijala samohodne minobacače 81 mm i 107 mm (4,2 inča), ali se oni zamenjuju minobacačima 120 mm uz razvoj i novih vrsta municije i upaljača. Nedavno je razvijen novi višenamenski upaljač

M734A1, a na putu je razvoj vođene minobacačke municije XM395. Uvode se i novi sistemi za upravljanje vatrom.

Nesumnjivo, minobacači su do danas prošli veoma dug put razvoja i upotrebe. Nove tehnologije će uveliko povećati njegove operativne mogućnosti, posebno kada je reč o samohodnim minobacačkim sistemima.

M. Krbavac



KINESKI „SUPERTENK“ VELIKOG KALIBRA*

Kina je od devedesetih godina prošlog veka razvijala novi osnovni borbeni tenk, koji bi, ako bude uveden u upotrebu, trebalo da bude najmoćnije vozilo te vrste na svetu.

Očekivalo se da će novi tenk biti naoružan topom 152 mm i automatskim punjačem. Trebalo bi da ima savremeni dnevno-termalni nišanski sistem, koji će omogućiti da se pokretni ciljevi uništavaju sa velikom verovatnoćom prvim hicem, bilo da je tenk u stacionarnom položaju ili pokretu.

Još nije poznato da li će novi tenk imati konvencionalnu kupolu sa posadom ili spolja ugrađeni top, čime bi se omogućilo da posada bude unutar oklopnog tela uz maksimalnu zaštitu. Savremeni oklop i aktivni sistem zaštite trebalo bi da omogući povećanu održivost tenka na bojištu.

Prema nekim izvorima, pojedine tehnologije za razvoj ovog tenka Kina je obezbedila iz Rusije. Pogonska grupa ba-

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 23. april 2003.

zira se na kineskom dizel motoru od 1840 kW (2500 KS) sa visokim odnosom snaga/masa i brzina. Radi postizanja visoke terenske pokretljivosti tenk je opremljen hidropneumatskim ovešenjem. Inače, najmoderniji osnovni borbeni tenk kineske armije je Tip 98, koji je prvi put prikazan na paradi u Pekingu 1999. godine. Koristeći sličnu šasiju kao ruski tenk T-72, Tip 98 ima novu čeličnu varenu kupolu, naoružanu glatkocevnim topom 125 mm/50 kalibra. Ovaj tenk je opremljen automatskim punjačem smeštenim ispod kupole kojim se projektili kompletiraju sa polusagorivim metkom. Posle opaljenja ostaje samo ostatak sagorele čaure.

Druge osobine tenka Tip 98 su: kompjuterizovani dnevno-termalni sistem za upravljanje vatrom, sistem za NBH zaštitu, sistem za otkrivanje i sprečavanje požara i uređaj za lasersko zaslepljivanje, montiran na krovu kupole. Dok su druge zemlje eksperimentisale sa uređajima za lasersko zaslepljivanje, kineska armija veruje da je prva koja ga je uvela u operativnu upotrebu na osnovnom borbenom tenku. Tenk će, takođe, biti opremljen IC ometačem, koji je sličan ruskom sistemu Štora. Nedavno je potvrđeno da tenk Tip 98 može da koristi i laserski vođene projekte. Raketa je identična ruskoj 9K119 koja ima maksimalni domet do 5000 m.

Tenk Tip 98 nije u ponudi za izvoz. Najnoviji osnovni borbeni tenk namenjen tržištu je 2000. On ima borbenu masu od 46 t, a naoružan je glatkocevnim topom 125 mm sa automatskim punjačem. Tenk 2000 je sličan tenku Al Khalid koji je razvio Pakistan.

Tenkovi zapadnih armija Ariete, Leklerk, Leopard 2 i M1A1/M1A2 Abrams naoružani su glatkocevnim topom 120 mm i svi, izuzev Leklerka, imaju ručno punjenje. Francuska, Velika Britanija, Nemačka i SAD radile su na razvoju topa 140 mm za osnovni tenk, ali su, završetkom hladnog rata i u nedostatku jasno definisanih pretnji, odustale.

M. Krbavac



SLOVAČKO AMFIBIJSKO OKLOPNO VOZILO ALIGATOR*

Slovačko oklopno amfibijsko vozilo 4 × 4 Aligator prošlo je dug put od svog prvog nastupa na Evrosalonu 1996. godine. Posle uspešnih ispitivanja prototipa, slovačka armija i policija danas koriste devet primeraka patrolnog vozila 4 × 4 Aligator, u dve različite verzije, a treća varijanta se priprema za slovačke jedinice u sastavu međunarodnih mirovnih snaga.

Ova vozila su predviđena i kao potencijalna zamena za ruska izviđačka vozila od 8 t 4 × 4 BRDM-2. Slovačka armija za svoje potrebe dugoročno planira oko 60 primeraka ovih vozila. Prva partija od osam vozila isporučena je novembra prošle godine u konfiguraciji pokretnog komandnog mesta, a jedno vozilo u policijskoj varijanti koristi slovačka policija kao transportno vozilo za odeljenje od šest ljudi.

Prostor za posadu je potpuno zavarane konstrukcije, sa vratima na bočnim i

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

zadnjoj strani vozila, kao i tri otvora sa poklopcima za izlaz na krovu. Unutrašnji prostor dovoljan je za smeštaj 4 do 6 članova posade.

U konfiguraciji pokretnog komandnog mesta Aligator prevozi četiri člana.

Prazno vozilo (bez goriva, dodatnog oklopa, oružja, sredstava veze, namenske opreme i posade) ima masu 5410 kg, dok potpuno opremljeno i punjeno gorivom teži 6000 kg, a sa posadom od četiri člana 6700 kg.

Policijski model za šest članova prepoznatljiv je po dodatnim puškarnicama na prozorskim štitnicima sa strane i na zadnjim vratima, a u svojoj opremi mogu imati prednji odstranjivač prepreka, svetlosne signale, razglasni sistem i punjenja sa suzavcem.

Radi balističke zaštite vozilo Aligator konfiguracije MPC (pokretno komandno mesto) koristi kombinaciju čeličnih ploča debljine 6 mm i tvrdoće 500 do 540 HB (švedski čelik SSAB) i 460 kg modularnih keramičkih oklopnih ploča. Umesto keramičkih Aligator PCM (policijska varijanta) koristi kombinaciju čeličnih ploča od 4 mm i 6 mm. Oklopna struktura pruža zaštitu posadi od dejstva pancirnih zrna $7,62 \times 51$ mm na svim rastojanjima, kao i potpunu zaštitu od parčadi granata i svih vrsta protivpešadijskih mina.

Konstrukcija vozila dozvoljava ugradnju raznih rešenja za oklopnu zaštitu, bez dodatne modifikacije sistema ovešanja.

Vizuelna zaštita obezbeđuje se pomoću dva trostruka lansera dimnih patrona koja su montirana sa svake strane vozila. Zaštita od požara je automatska za

motorni prostor, a u odeljenju za posadu koriste se dva ručna aparata za gašenje požara.

Vrata i drugi otvori su hermetizovani, što u kombinaciji sa sistemom natpritisaka i sistemom za filtraciju obezbeđuje kolektivnu zaštitu posade od bioloških i hemijskih agensa i radioaktivne prašine.

Vozilo ima klima-uređaj za temperaturni interval od -30 do $+50^{\circ}\text{C}$, a kao rezerva služi kontejner za vodu od 10 litara.

Za smanjenje nivoa spoljašnje i unutrašnje buke nisu predviđene posebne mere, tako da posada koristi šlemofone. Nivoi buke variraju od brzine vozila i vibracija (75 dB iznad 800 Hz, 80 dB na 800 Hz, 85 do 90 dB ispod 300 Hz), a prema nekim ispitivanjima u granicama su za tu vrstu vozila.

Standardnu pogonsku grupu čini 6-cilindarski dizel motor Deutz BF6M 1013 i automatski 6-brzinski hidromehanički menjač Renk Reco 606. Sadašnji motor, koji razvija snagu od 141 kW pri 2300 o/min i ima prosečnu potrošnju goriva od 20 litara na 100 km, spada u kategoriju standarda Euro II, ali može da se ugradi i verzija Euro III.

Maksimalna brzina iznosi 120 km/h. Identične osovine, sa blokirajućim diferencijalima, ugrađene su i za prednje i zadnje točkove. Radijus okretanja je 6 metara. Pneumatika su tubeles sa centralnom regulacijom, što omogućava usklađivanje površinskog pritiska sa opterećenjem i vrstom terena. Na auto-putevima pritisak u pneumaticima od 6,25 bara ostvaruje površinski pritisak od 0,4 do 0,5 MPa; za utrte puteve pritisak može da se smanji na 3,8 bara radi stvaranja

površinskog pritiska od 0,24 do 0,5 MPa, a za kretanje po pesku pritisak se može smanjivati do 1,7 bara što daje površinski pritisak od 0,19 do 0,25 MPa.

Klirens vozila iznosi 375 mm.

Dodavanjem jednog nastavka na izduvnu cev, koja izlazi na levu stranu vozila, Aligator postaje amfibijsko vozilo bez drugih priprema. Koristeći raspoloživi propulzor na hidraulični pogon i upravljački sistem vozila, Aligator postiže brzinu na vodi oko 6 km/h, ali može da ostvari i samo 2 km/h ako koristi samo točkove.

Vozilo se može opremiti i prednjim čekrkom sa sajlom od 30 m za potrebe samoizvlačenja.

Razmatrana su mnoga rešenja za naoružanje vozila. Glavno među njima predstavlja kupolica za jednog člana MBK2, koja se već koristi na izviđačkim vozilima Eagle II danske i švajcarske armije. Glavnu karakteristiku daje joj prednji osmatračko-izviđački termovizijski sistem Siemens/Leica 8 do 12 μ m FORTIS (Forward Observation Reconnaissance Thermal Imaging System) i mitraljez 7,62 $\times$ 51 mm koji može da se zameni teškim mitraljezom 12,7/14,5 mm ili topom 20 mm.

Pored ispitivanja sa sistemom FORTIS, Aligator je ispitan i sa BAA elektrooptičkim izviđačkim sistemom, koji je ranije razvila firma STN Atlas Elektronik za potrebe izviđačkog vozila Fennek nemačke armije. Ispituje se i mogućnost ugradnje pojedinih elemenata ili kompletnog senzorskog sistema Snezka, koji razvija Češka Republika za potrebe artiljerijskog osmatranja, a u koji su pored radara uključeni laserski

daljinomer, termo-kamere sa dometom 7 do 9 km kao i tri kamere za dnevne i noćne zadatke.

Za sada su ugovorene inženjersko-izviđačka varijanta vozila i varijanta za funkciju kontrole minskih polja. Za ovu poslednju namenu ispred vozila se montira metalni detektor Vallon VMV-8, koji je spojen sa sofisticiranom veoma preciznom elektronskom kartom.

Brzina napredovanja vozila tada je 5 km/h, a sigurnosni uređaj zaustavlja vozilo ispred bilo kojeg ubojnog objekta.

Sistem za upravljanje na vozilu sadrži laptop Getac sa softverom Vallon i vektorskim elektronskim kartama, koje je obezbedio Geografski institut Slovačke. Laptop je povezan sa na krovu montiranim sistemom za globalno pozicioniranje, spoljašnjom procesorskom jedinicom i dva kontejnera za markiranje koja su ugrađena na prednjoj strani vozila.

Operator sistema ima zvučnu i vizuelnu indikaciju o sumnjivim metalnim objektima koje je otkrio senzor VMV-8.

Standardna radio-oprema sadrži dva radio-primopredajnika DICOM RF 13/14 VHF RF sa pojačivačem 50 W i kompatibilni ručni radio DICOM RF 20 VHF koji služi za zadatke izvan vozila.

Demontažni pomoćni generator služi za punjenje baterija i podršku ostalih inženjerskih potreba (dva detektora za mine i ronilačka oprema).

Početkom aprila završena su fabrička ispitivanja. U međuvremenu, vode se pregovori sa češkim Ministarstvom odbrane o saradnji na izradi verzije za hemijsku detekciju. Inače, slovačke snage u Kuvajtu koriste hemijski detektor na bazi lasera

sa dometom od 3 km, ali je on ugrađen na vozilu UAZ/Land Rover ili bRDM-2.

*Osnovni podaci amfibijskog oklopnog vozila
Aligator*

Posada (članova)	3 do 6
Konfiguracija	4 × 4
Borbena masa	6,7 t
Korisni teret	1,2 t
Maksimalno opterećenje:	
– na prednju osovinu	3 t
– na zadnju osovinu	3,7 t
Odnos snaga/masa	22 kW/t
Dužina vozila	4,340 m
Širina vozila	2,370 m
Širina sa retrovizorima	2,500 m
Visina vozila	1,950 m
Visina sa antenskim postoljem	2,330 m
Klirens	390 mm (max)
Širina kolotraga	1,925 m
Razmak osovina	2,820 m
Ugao prilaženja/odstupanja	70°/42°
Maksimalna putna brzina	120 km/h
Maksimalna brzina unazad	25 km/h
Kapacitet rezervoara za gorivo	160 l
Putni resurs	660 km (min)
Dubina gaza	1,2 m
Brzina na vodi	6 km/h
Savladivanje uspona	do 60%
Savladivanje nagiba	do 40%
Vertikalne prepreke	0,4 m
Širina rova	0,6 m
Radius okretanja	6,0 m
Motor	dizel Deutz BF6M 1013, 6 cilindara u liniji hlađenje tečnošću, turbopunjač, direktno ubrizgavanje;
Transmisija	automatska Renk Reco 606, 6 brzina napred, jedna nazad, hidrodinamički pretvarač sa blokirajućom spojnicom, planetarni prenos;
Ovešenje	nezavisno ovešenje sa spiralnim oprugama i teleskopskim amortizerima;
Kočenje	dvokružni kočioni sistem sa unutrašnjim disk kočnicama, parking i nožna kočnica;
Pneumatici	Mišelin 11,00 R 16 XL TL tjubeles;
Elektrosistem	Alternator Magnet Marelli, 28 V, 80 A, akumulatori 2×12 V 180 Ah.

M. Krbavac

INOVACIJE MUNICIJE SREDNJEG KALIBRA*

Top srednjeg kalibra, prečnika cevi od 20 do 40 mm, bio je rešenje za naoružavanje izviđačkih vozila, borbenih vozila pešadije, oklopnih transportera i sličnih sredstava sve do kraja 20 veka. Međutim, odnedavno, nova eksplozivna punjenja, pogon i upaljači, znatno su poboljšali potencijalne mogućnosti u pogledu ubojnosti, korisnosti i sigurnosti topa srednjeg kalibra, ugrađenog na borbeno oklopna vozila (BOV), kako za dejstva zemlja–zemlja, tako i zemlja–vazduh.

Topovi za municiju 20 mm, na primer, Rheinmetall RH 202 ili Giat M693 koji koriste zrno 20 × 139 mm, na upotrebi još od 1960. godine na nemačkom vozilu Marder 1 i francuskom AMX-10P, iako još u širokoj upotrebi, nisu više značajni po dometu i ubojnosti za mehanizovanu pešadiju. Međutim, potpomognuti odgovarajućim sistemom za upravljanje, laki topovi koji koriste municiju 20 × 82 mm ili 20 × 102 mm, mogu se koristiti za laka jurišna vozila. Najčešće korišćeni projektili su visokoeksplozivni fragmentacionog tipa, ali, po uzoru na vazduhoplovstvo, i zrna inertnog fragmentacionog tipa mogu da se prilagode za primenu protiv lakih oklopnih vozila i ciljeva u urbanim sredinama. Jedan takav projektil je PELE (Penetrator with Enhanced Lateral Efficiency) koji je izrađen u nemačko-francuskoj koprodukciji.

Za sada, još u početnoj fazi ispitivanja, ovaj projektil stvara nivo fragmentacije uporediv sa konvencionalnim polu-

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.



pancirim projektilom 20 mm, ali je u prednosti zbog cene, pouzdanosti i sigurnosti, jer poseduje ne samo inertno punjenje, već je i bez upaljača. Komponente projektila PELE su čelično telo sa trodelnim plastičnim umetkom i čeonom kapicom. U suštini, projektil se deformiše udarom u cilj, pri čemu plastični umetak prouzrokuje da se telo razmrskava. Ukupna masa projektila je 102,2 g, a probija oklop debljine 10 do 17 mm na rastojanju od 1 km. Projektil je u početku razvijan u konfiguraciji 20×102 mm i 27×145 mm, ali bi, prema postojećoj koncepciji, kalibar trebalo da se proširi do 40 mm (pa čak i do kalibra za naoružanje osnovnog tenka).

Iako prvobitno namenjen za PVO, ruski top sa municijom 23×152 mm (dvocevni ZSU-23) često se koristi i protiv zemaljskih ciljeva. Firma Oerlikon je krajem devedesetih godina uvela u upotrebu pojačano zrno 23 mm FAPDS-T (Frangible Armour Piercing Discarding Sabot – Tracer). Njegov potkalibarni penetrator izrađen od volframove legure, mase 150 g, ima povećanu početnu brzinu (1180 m/s u odnosu na 1000 m/s za zrno punog kalibra), omogućavajući veću verovatnoću pogađanja i povećani efikasni domet, posebno protiv helikoptera i lako oklopljenih vozila.

Top 25 mm sa zrnima 25×137 mm danas se pretežno koristi u armijama NATO, ugrađen na vozila kao što su borbeno vozilo pešadije Bradley i Dardo i oklopni transporter ZAV-25 8×8 . Oni koriste municiju širokog spektra, kao što je trenutna, polupancirna zapaljiva, udarna, višenamenska i vežbovna.

Ranih devedesetih godina prošlog veka američka vojska i mornarica uvele

su u upotrebu pancirno stabilizovano zrno sa traserom APFSDS-T i penetratorom od osiromašenog urana, radi povećanja protivoklopnih mogućnosti. U otprilike isto vreme zrno 25 mm sa volframovim penetratorom uvode firme ATK, Mear i Oerlikon. Njihovo zrno PM090 probija oklop debljine 31 mm pri 60° i sa udaljenosti 2 km.

Firma GDOTS (General Dynamics Ordnance and Tactical Systems) danas nudi varijantu sa volframovim penetratorom (WKE25). Međutim, radi prevladavanja problema trošenja cevi i povećanja početne brzine sa 1385 m/s na 1405 m/s, sa ranije smeše nitramin/RDX prešlo se na nitrocelulozni barut. Isti jednobazni barut korišćen je i za zrno WKE25.

Nesumnjivo, najatraktivniji kalibar za mnoga ulaganja je 30 mm. Zrno 30×173 mm prihvatile su mnoge zemlje. Armije Finske, Norveške i Švajcarske prihvatile su ga za topove na svojim borbenim vozilima pešadije ALVIS, a nedavno i Nemačka i Poljska za svoja borbeno vozila pešadije sa topovskim sistemima Mauser MK30, Bushmaster II i Oto Melara.

Britanska i Ruska armija koriste topovske sisteme 30 mm od pre 20 godina, čak pre najvećeg prodora sistema 25 mm.

U Britanskoj armiji u toku je preorijentacija na veće kalibre. Kao privremeno rešenje razvijeno je pojačano KE zrno sa volframovim penetratorom 30×170 mm L14A2/A3 APDS-T, koje se sada koristi za top RARDEN na vozilu Warrior i izviđačkom vozilu Scimitar/Sabre.

Metak L14A3, koji ima masu projektila od 300 g i početnu brzinu 1170 m/s, probija čeličnu ploču debljine 40 mm pod uglom 45° , na rastojanju 1500 m.

Tokom 1996. godine započet je razvoj zrna APEP (AP Enhanced Performance) koje je imalo za 57% bolje performanse u odnosu na L14A3, ali je 1998. godine razvoj prekinut. Danas se ovo zrno usavršava pod oznakom KERR (KE Reduced Risk) i to u dve varijante – 30×173 mm APFSDS-T sa mesinganom čaurom i L15A1 DSRR vežbovno zrno.

Ruski topovi 2A42 i 2A72, koji koriste municiju 30×165 mm, ugrađeni su na borbena vozila pešadije BMP-2 i BMP-3 i predstavljaju rešenje i za druga oklopna vozila sa naoružanom kupolom. Standardna municija ovog kalibra proizvodi se u Češkoj, Slovačkoj, Ukrajini, Srbiji i Crnoj Gori, kao i Rusiji koja dodatno proizvodi i potkalibarni metak 30×165 mm APDS-T, koji ispaljuje projektil mase 400 g početnom brzinom od 1120 m/s. Njegov penetrator mase 220 g može probiti oklopnu ploču debljine 25 mm pod uglom 60° i sa udaljenosti 1500 m.

Zrna za top 2A42/72 sa poboljšanim mogućnostima, danas proizvode u koprodukciji firma Mauser Oerlikon i industrija Češke. Tu spada metak PMC303 APFSDS-T koji izbacuje projektil mase 195 g početnom brzinom od 1325 m/s (probija čeličnu ploču debljine 47 mm pri 60° i sa udaljenosti 1 km) i zapaljivo zrno sa traserom PMC304 namenjeno za uništavanje „mekih“ ciljeva i lakših oklopa. Mada je namenjen da se rasprši iza ploče, penetrator mase 235 g, koji se kreće početnom brzinom od 1220 m/s, ima 70% probojnih mogućnosti u odnosu na standardne APDS penetratore.

Dominantna vrsta municije 30×173 mm, prema proceni korisnika, obezbeđuje pogodan balans mase, veličine, cene, reži-

ma vatre, smeštaja punjenja, energije trzanja, mogućnosti i ubojnosti, a koristi se na najvećem broju borbenih platformi. Ključna prednost municije kalibra 30 mm je što njihov projektil obezbeđuje dovoljan prostor za smeštaj novih generacija programiranih upaljača i eksplozivnog punjenja. Ipak, sumnje u njihovu protivoklopnu dugovečnost inicirala je neke korisnike da preferiraju veće kalibre (Holandija 35 mm, Francuska, Koreja, Švedska i Velika Britanija 40 mm).

Za sada, vodeće zrno 30×173 mm KE ima konvencionalan oblik a KE APFSDS-T zrno sredinom devedesetih godina razvila je firma Mauser Oerlikon i Nammo.

Zrno PMC 287 postiže početnu brzinu od 1405 m/s, kada se ispaljuje iz topa Bushmaster II, i 1385 m/s kada se ispaljuje iz topa sa kraćom cevi Mauser MK30. Njegov penetrator od legure volframa, koji ima gustoću 18 g/cm^3 i odnos l/d 13,5 može prodrati kroz čeličnu ploču debljine 55 mm, pri uglu 60° i sa udaljenosti većoj od 1 km.

Metak sa čeličnom čaurom NM 225 ima maksimalni pritisak u komori od 460 MPa i veću početnu brzinu (1430 m/s). Njegov penetrator mase 153 g ispoljava određene prednosti pri dejstvu na vertikalne ploče, dok je PMC 287 bolji kod kosih ploča.

Istraživačka laboratorija Armije SAD ispitujući elektrotermičke hemijske adaptacije postojećeg topa, utvrdila je da dodatna pogonska energija pruža poboljšanje performansi slično onim koje se postižu povećanjem kalibra topa za 5 mm. Međutim, radi održanja ubojnosti budućih topovskih instalacija Mk44, po-

novo se oživljava koncept „supermetka“, koji je osamdesetih godina zastupala nemačka firma Rheinmetall za svoj nerealizovani projekat topa 35/50 mm Rh 503. Čaura supermetka nije sužena oko osnove projektila, već je proširena napred, stvarajući povećani prostor za pogonsko punjenje bez promene dužine ili maksimalnog prečnika zrna. U isto vreme prečnik projektila može se povećati više nego što je njegova čaura. Cev topa i elementi za punjenje treba da se menjaju radi promena u konstrukciji čaure i prečniku projektila, ali ležište zatvarača i protivtrzajući sistem mogu da se zadrže.

Radi procene opcije srednjeg kalibra za poboljšanje naoružanja na borbenim vozilima Bradley i Stryker, kao i pomoći pri selekciji naoružanja za konačnu varijantu budućih borbenih sistema u pešadiji, Armija SAD sačinila je studiju naoružanja srednjeg kalibra.

Kao podrška tome, konvencionalni metak i „supermetak“ demonstrirani su oktobra 2002. godine. Tada su izdvojene tri vrste municije 30 × 173 mm od firmi ATK, GDOTS i Mauser Oerlikon. Mauser Oerlikon predstavio je zrno PMC308 KE sa vremenskim upaljačem, koje koristi programirajuće uređaje na upaljaču i ustima cevi. ATK-ov metak u razvoju HETF (High Explosive Time-fused) koristio je uređaje za programiranje na zadnjem delu topa u kombinaciji sa hibridnim vremenskim upaljačem. GDOTS-ov koncept HETF ABM koristi kontaktne elektronski vremenski upaljač koji je programiran u sklopu mehanizma za donošenje metka neposredno pre punjenja.

Sva tri metka ispaljena su iz topa Mk44 30/40 mm ugrađenog na vozilo

Bradley umesto topa 25 mm M242 Bushmaster.

Pored ostalog, pokazalo se da zrno PMC 308 može probiti kose ploče na oklopnom transporteru BTR-80 na udaljenostima 1500 m.

Sa kalibrom 35 mm takode su postignuti dobri rezultati. Tako, na primer, Oerlikonovo zrno 35 mm PMD060 APFSDS-T probija sa udaljenosti od 1500 m čeličnu ploču debljine 61 mm pod nagibom 60°, dok Rheinmetallovo zrno 35 × 228 mm APFSDS-T može da probije sve savremene američke (SNR-TGL) ciljeve na rastojanjima preko 2000 m.

Holandska armija odabrala je kalibar 35 mm za svoja borbena vozila pešadije.

Međutim, kalibar 40 mm sve je više favorizovan. Pored Švedske, prisutan je u mnogim projektima Francuske, Koreje i Velike Britanije.

Prošle godine firma Bofors je sklopila ugovor sa švedskom armijom za razvoj zrna 40 mm Mk2 APFSDS-T kao zamenu za zrno Mk1, koje se danas koristi. Vatrene probe planiraju se u ovoj godini, a proizvodnja u 2006. godini.

Zrno koje se koristi ima početnu brzinu 1480 m/s, a volframov penetrator mase 300 g pobija ploču RHA debljine 120 mm na rastojanju 1,5 km. Radi upoređenja, zrno Mk2 ima početnu brzinu od 1500 m/s i obećava 25% veću probojnost kada se ispaljuje iz topa L/70 B. Granično poboljšanje ide i do 50% (do 180 mm RHA) ako se zrno optimizira za top 40 mm Bushmaster IV (koji se ne izlaže gubicima energije trzanja).

Među mnogim drugim standardnim veličinama metka 40 × 365 mm za top Bofors 40 mm L/70, u Republici Koreji se za njihovo borbeno vozilo pešadije slede-

će generacije koriste tipovi zrna 3P, HE-T, PFHE-T, MP, TPDS-T i TP-T. Na primer, zrno MP ima pouzdan efikasan domet protiv ciljeva na zemlji i helikoptera udaljenih do 4 km. Projektil 3P je, u stvari proširena verzija PFHE sa blizinskim upaljačem, opremljen daljinskim programiranim upaljačem sa najmanje šest režima rada (blokirani blizinski, prioritetno udarni, vremenski udarni, pancirni). Projektil ima masu 975 g, uključujući 120 g eksploziva PBX i 1100 volframovih kuglica prečnika 3 mm. Pri dejstvu stvara ukupno 3000 parčadi, koji pokrivaju ubojnu zonu od 140 m i eksploziju visine 5 m.

Od novijih programa kalibra 40 mm pažnju zaslužuje zajednički program Francuske i Engleske CTWS (Case Telescoped Weapon System) namenjen za buduće borbene izviđačke sisteme i borbena oklopna vozila.

Top CT 200 ima rotirajuću komoru i ispaljuje teleskopsku municiju 40 mm sa metkom sastavljenim iz čeličnih čaura. To su višecilindrično oblikovane čaure koje se iz komore izbacuju jednostavnim postupkom. Metak ima dimenzije 65 × 225 mm i znatno je kompaktniji od Boforsovog zrna 40 × 365 mm, uz istovremeno znatno veći prostor za pogon u odnosu na „superzrno“ 40 mm.

Zrno APFSDS-T ima metak mase 1,8 kg, uključujući projektil mase 450 g sa aluminijumskim vodećim prstenom i penetratorom prečnika 12,7 mm. Koristeći konvencionalni jednobazni barutni granulat za pogon, ono postiže početnu brzinu od 1600 m/s, a deklarirano je za proboj RHA ploče debljine 150 mm na daljini od 1,5 km, za razliku od oko 115 mm koliko može da se ostvari superzr-

nom 40 mm. Opcije za povećanje mogućnosti, koje se već razvijaju, uključuju uvođenje komprimirane smeše za potisak i postizanje početne brzine od 1730 m/s, lake kompozitne vodeće prstene i volfrmove materijale za penetrator.

Dok je kalibar 40 mm među najvećim koji se koriste za topove sa visokim režimom vatre, odnedavno je ponovo aktuelan i ruski top 57 mm. Kompanija iz Nižnjeg Novgoroda ponudila je poboljšanu verziju lakog tenka PT-76B opremljenog automatskim topom 57 mm koji koristi metak 57 × 348 mm AP i parčadna zrna sa traserom. Top ima maksimalni režim vatre od 120 zrna/min i deklarirani efikasni domet od 2,5 km protiv oklopnih vozila 2,5 km protiv pešadije i 4 km protiv helikoptera. Standardno zrno AP sadrži mala eksplozivna punjenja 10 do 13 g za pojačane efekte iza oklopa, a probija RHA ploču debljine 96 mm na rastojanju od 1000 m. Prema tvrdnjama proizvođača razvijaju se nove vrste ove municije sa višestruko boljim karakteristikama od municije 40 mm.

M. Krbavac



RAZVOJ ROBUSTNIH KOMPJUTERA*

Idealni terenski vojni kompjuter treba da odoleva ekstremnim uslovima u kojima može da se nađe njihov operater, kao što su: toplota, hladnoća, pesak, voda, velike vibracije i udarci. Takođe, on mora da bude malih dimenzija i masa, pogodan za upotrebu sa opremom za

* Prema podacima iz časopisa Janes Defence Weekly, 21. maj 2003.

noćno osmatranje, i da poseduje elektromagnetnu kompatibilnost sa moćnim sistemima. Vojska još nema takav kompjuter, ali mnoge kompanije rade na realizaciji strogih zahteva.

Najveći izazov predstavlja realnost da poboljšanja zavise od tehnologije, pa se povećanja mogućnosti i memorije realno događaju istovremeno sa prodorima u veličini i masi.

Mnoge zemlje imaju nacionalne vojne standarde, kao što su francuski GAM-13, nemački VG i engleski Def Std. Američki standard Mil-Std je najzastupljeniji za upoređivanje, pomoću kojeg mnoge druge oružane snage donose sud o svojim proizvodima.

Opšti program za hardver-sofтвер američke vojske CHS (Common Hardware/Software) predstavlja desetogodišnji pokušaj službi u vojsci da standardizuju terensku opremu. To ilustruje evolucija taktičkih proračuna i promena neophodnih za buduće zahteve. CHS obezbeđuje hardver-sofтвер i servis prema listi ili meniju, koji za sada sadrži preko 5000 stavki. Koristi se pomoću više od 30 individualnih programa radi zadovoljenja njihovih proračunskih zahteva. To je smanjilo cenu i obezbedilo povećanu međusobnu operativnost.

CHS proizvodi su grupisani u tri verzije: V1, V2, i V3. Verzija V1 su komercijalni kompjuteri, V2 su robustne (terenske) verzije proizvoda iz grupe V1, a V3 imaju poboljšanu robustnost i trenutno su jedini ručni – prenosivi i imaju oznaku RHC (Ruggedised Handheld Computer).

Izraelska kompanija Tadiran Communications snabdevala je službe SAD svojim kompjuterima Tacter 31 AHTU, koji su predstavljali ručne terminalske jedinice.

Prvi CHS-2 kompjuteri isporučeni za isturenje artiljerijski taktički informacioni sistem, bili su ultraračunarske jedinice, prenosive u rancu, sa napajanjem preko sunčevih baterija, ravnim ekranom 51 cm, kao i stalnim spoljašnjim energetskim napajanjem. On je zamenjen takođe kompaktnom računarskom jedinicom 2, smeštenom u jedinstven portabl paket, ali sa još uvek velikih 22 kg mase.

Najnoviji zahtev je da već u 2004. godini ovi kompjuteri imaju masu od oko 7 kg, i da budu tipa beležnice. Želja za manjim uređajem, sa potrebnim podacima za vatru oružja i vlastiti položaj, usloveli su zahteve za program CHS-3. On će, za sada, koristiti PDA (Personal digital assistant) i laptop sa uređaja iz grupe V3, ali se očekuju nova bolja rešenja.

Na vozilu ugrađeni borbeni upravljački sistem BMS (battle-management systems) zahteva veći broj kompjutera. Borbena komanda brigade i nižih jedinica američkih snaga XXI veka koriste kompjuter za taktički sistem V4 Appliqué +.

Prva digitalizovana divizija, 4. pešađijska divizija, imaće oko 7500 sistema V4 kada bude potpuno opremljena.

Logističke aplikacije

Aplikacije frontovske digitalizacije dosežu i do logistike. Engleska kompanija MBM Rugged Systems ugovorila je, u septembru 1998. godine, da isporuči tenkovskom puku u Čelindžer 2 oko 100 kompjutera LT586 – po dva za svaki vod, koje bi jedinice nosile stalno sa sobom. To je omogućilo primenu dijagnostike u svakom vozilu prema Mil-Std

1553. Kompanija će zatim kompjutere LT586 zameniti svojim kompjuterima LT600. LT586 je baziran na laptopu Panasonic CF25. Suprotno njemu, LT600 će, koristeći mnoge komponente koje je razvio BMB, biti od početka razvijan za vojne uslove primene prema najvišem Land Class A standardu.

Obezbeđenje logističke podrške za proizvode razvijene izvan kompanije, kada je to bilo neophodno, zahtevalo je više vremena i mnogo veću cenu.

Trajnost baterije kritično je za demontažne aplikacije. Splet faktora, uključujući temperaturu, formate čvrstih (hard) diskova, priključivanje na lokalne mreže, brzinu procesora i osvetljenje ekrana, utiče na vek baterije. Razvoj baterija kretao se od spoljašnjih olovno acidnih do najnovijih koje su unutrašnje i od litijum polimera.

Na nivou portabl i ručnih kompjutera koriste se ćelije od tečnog etanola od 5W, za aplikacije od 30 do 50 W. Sistemi ugrađeni na vozila mogu koristiti napajanje sa vozila, a neki mogu raditi i izvan vozila ograničeno vreme.

Vojni kompjuteri skoro isključivo koriste pojačane mehaničke rotacione čvrste diskove. Alternativa su čvrste fleš memorije, ali su skupe, jer, dok 40 GB rotacionog čvrstog medija košta oko 350 USD, samo 1 GB fleš memorije košta oko 600 USD.

Toplota, koju najviše stvara procesor, kritična je za konstrukciju kompjutera. Brzina upisa podataka, pored ostalog, zavisi od mogućnosti kompjutera da savlada toplotu koju sam generiše. Funkcionalni limit danas iznosi približno 1 GHz, što je vremenski za oko 12 do 18 meseci iza realizacije ekvivalentnog br-

zog procesora za komercijalne potrebe. Za vojne taktičke proračune, krajem 2004. godine, predviđaju se kompjuteri od 1,4 do 2 GHz.

Tehnika hlađenja zahteva direktno sprovođenje toplote sa komponentata na kućište. Pomak u tome učinjen je kod računara sa periferno smeštenim procesorima, koje je danas moguće komercijalizovati. Oni odvođe toplotu preko pločica elektronskih komponentata na kućište. Očekuje se da će proći tri do četiri godine dok ova tehnologija ne bude primenljiva i za vojsku.

Odvođenje toplote mora da bude izbalansirano sa zagrevanjem. Na temperaturama mnogo nižim od -20°C čvrsti diskovi zahtevaju dodatno zagrevanje za pokretanje, mada oni mogu normalno da rade na tim temperaturama nakon pokretanja. Ovo dodatno povećava masu i cenu, iako svi korisnici ne zahtevaju rad pod takvim uslovima.

Ekрани moraju da budu prilagođeni tako da njihovo osvetljenje ne ispoljava negativne efekte na naočare za noćno osmatranje. Modifikacije na CHS-2 uključuju selektirane displeje, zatamnjenje i premazivanje ekrana. Pojedini proizvođači izbegavaju premazivanje ekrana jer umanjuje njegove performanse.

Kao elektromagnetno kompatibilni, metalna kućišta stvaraju zaštitni Faradejev kavez protiv elektronskog zračenja, ostavljajući samo ekran kao izvor zračenja. Dva su sredstva korišćena za zaštitu: indijum-kalaj-oksidni premaz ekrana ili efikasniji način fina metalna mrežica postavljena ispred ekrana. Mrežica može negativno da utiče na optičke performanse u vidu moiré efekta, i više se koristi kod visoko specificirane avionike.

Naredne generacije kompjutera

Robustni (terenski) kompjuteri sledeće generacije moraju da budu manji, ručni, personalni i digitalno podržavani.

U SAD je GD4CS-ov Ipaq, kao osnovni komandirski digitalno podržavani kompjuter, sada u fazi praktičnog ispitivanja. Za takve aplikacije od velikog značaja su mala masa i izdržljivost, što podstiče i razvoj nosećih varijanti kompjutera. U integraciji sa čovekom – platformom, moć kompjutera može da se postigne jednodelnom „zelenom kutijom“, pa sve do izdvojenih paketa raspoređenih oko tela operatera u odeći, radi maksi-

malnih ergonomskih pogodnosti. Novi softveri sa mogućnošću na primeni prepoznavanja govora, takođe će zahtevati modifikaciju hardvera.

Upotreba robustnih kompjutera evoluirala je kao pogodnost u komunikacionoj tehnologiji, i sa manjom cenom omogućava da ih vojnik nosi, uz sva ograničenja u pogledu mase, veličine i snage.

Povećanje robustnosti nije samo problem tehnologije. Ona mora da bude prilagođena psihologiji i potrebama savremenog vojnika, jer kompjuterski sistemi povećavaju ionako veliko borbeno opterećenje.

M. Krbavac





tehničke novosti i zanimljivosti

SISTEM ZA OTKRIVANJE DEJSTVA SNAJPERA*

Komanda za specijalne operacije SAD SOCOM (Special Operations Command) nabavila je 56 primeraka najnovijih sistema za otkrivanje pucnja PILAR-W, koji je razvila francuska firma Metravib RDS. Takođe, predviđena je i nabavka narednih 56 sistema.

Originalna verzija sistema PILAR prvi put je bila korišćena za potrebe Francuskih mirovnih snaga u Sarajevu 1995. godine u vidu uređaja za registraciju snajperske paljbe, a posle toga korišćen je na Kosovu, Makedoniji i Jordanu, kao i za Australijske mirovne snage u Istočnom Timoru.

PILAR je nova modularna konstrukcija sa tri glavna elementa, uključujući: sklopivi niz akustičkih senzora koji podržavaju grupu pretvarača sa integralnom elektronskom obradom; modul za interfejs podataka DIAM (Data Interface Acquisition Module) i robustni ili specijalni vojni personalni računar opremljen sopstvenim softverom za upravljanje sistemom i vizuelizaciju cilja. Ako je potrebno, na računar se može povezati kamera PIVOT radi obezbeđenja vizu-

elne pomoći pri prepoznavanju i identifikaciji. Svaki sistem za potrebe Komande za specijalne operacije sadrži dva senzora, DIAM i ojačani prenosni PC.

Asortiman akustičkog niza, za izdvojene vojne ili civilne aplikacije na vozilima, može se povezati sa modulom DIAM koji sadrži nekoliko različitih algoritama, od kojih sistemski softver automatski izdvaja najprihvatljiviji za date uslove.

Radi proširenja pokrivenosti sistemom, nekoliko modula DIAM može da se kombinuje sa radio ili žičnom vezom, i izlaz sistema može da se ugradi u sistem za upravljanje borbom, radi poboljšanja obaveštenosti o situaciji.

Sistem je potpuno pasivan, i u jednoj sekundi će otkriti i locirati pucanj iz oružja kalibra 5,45 do 20 mm, bilo da je ispaljen u pojedinačnom ili automatskom režimu paljbe.

Svaki snop antena pokriva prostor radijusa 1500 m, sa tačnošću $\pm 2^\circ$ ($\pm 5^\circ$ sa vozila u pokretu), ili $\pm 10^\circ$ kada se koristi niskoprofilni jedinstveni senzor za vozilo, i ima tačnost po dometu od ± 10 do 20%, u zavisnosti od konfiguracije zemljišta.

M. K.

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.



NATO ODLAŽE IZBOR LIČNOG NAORUŽANJA*

NATO je odložio primenu planirane preporuke za standardni kalibar novog ličnog odbrambenog naoružanja iz klase streljačkog oružja.

Izbor između Heckler & Kochovog $4,6 \times 30$ mm i FN Herstalovog $5,7 \times 28$ mm SS190 zna trebalo je da bude završen krajem prošle godine. Zvaničnici alijanse se nadaju da bi konsenzus mogao da bude postignut krajem ove godine.

Nova klasa kompaktnog streljačkog naoružanja namenjena je za opremanje ljudstva, kao što su posade vozila i radio-operateri, čije su obaveze takve da su im standardne puške neprikladne, a potrebna im je preciznija vatra od one koju ostvaruje standardni pištolj. Novi kalibar trebalo bi uspešno da probija i savremene vojne zaštitne prsluke, što postojeća zna 9×19 mm za pištolj i automat ne mogu.

NATO je formirao radnu grupu sa zadatkom da preporuči izbor grupaciji za naoružanje KoV NATO. Razmatrani su engleski i francuski pokušaji u toj oblasti. NATO je dao i izvesnu finansijsku podršku za svaki od tih pokušaja, kako bi u ta razmatranja uključio i svoje tehničke uslove.

Francusko istraživanje završeno je u prvoj polovini 2002. godine, a rezultati su prosledeni u NATO u trećem kvartalu. Radna grupa se nadala da će moći da da preporuku do decembra 2002. godine. Međutim, nije se moglo sporazumeti koji faktori u razvoju treba da budu dominantni. U razmatranja se uključila i nacionalna industrija kako bi se krenulo sa

mrtve tačke. Grupa NAAG (NATO Army Armament Group) usmerila je sopstvena istraživanja na tim eksperata, odvojeno od prve radne grupe. Taj tim je formiran februara 2003. godine, i od njih se očekuje preporuka sredinom ove godine. Pri tome nisu planirana nova ispitivanja i testovi.

Ukoliko konsenzus na tom nivou ne bude na vidiku, implikacije će se podići na nivo Konferencije direktora za nacionalno naoružanje, a možda i do Saveta Severne alijanse. Rezultat ovoga odlaganja može da stvori potrebu da neke nacionalne oružane snage same selektiraju „pobednike“.

FN Herstal i Heckler & Koch (H&K) razvili su sisteme oružja koja koriste njihovu respektivnu municiju, i pošli su sa vojnim i državnim ponudama.

Familija oružja FN, zasnovana na zrnju SS190, obuhvata P90 – deklarisan kao automat od strane kompanije i FN pištolj (Five sevenN). Isporuke automata P90 za sada se vrše u preko 25 zemalja sveta. Brojne bezbednosne agencije SAD, uključujući Tajnu službu, koriste danas to oružje. FN potvrđuje da i piloti poverljivih vazduhoplovnih snaga NATO imaju iste pištolje, a i američko Ministarstvo odbrane pokazuje interes za ovo lično odbrambeno naoružanje. Po 12 primeraka svakog H&K i PN90 isporučeno je mornaričkim jedinicama. U Ministarstvu se predviđa ispitivanje i alternativnog rešenja za avione i posade vozila. Karabinka $5,56$ mm M4 armije SAD takode je uključena u ova razmatranja.

M. K.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 21. maj 2003.



PRVA BORBENA UPOTREBA RAKETA TOW 2B*

Tešku protivtenkovsku raketu TOW 2B (Tube-launched, Optically-tracked, Wire-guided) prvi put je ispalila mornarička pešadija SAD za vreme operacije „Sloboda Iraku“ („Iraqi Freedom“).

Raketa TOW 2B (oznaka BGM71F) proizvodi se od 1992. godine radi zamene rakete TOW 2A (BGM71E) za potrebe armije i mornarice SAD. Zbog svoje cene raketa BGM71F je predviđena kao ratna rezerva, a ne za vatrena uvežbavanja i vežbe. Kada su snage za borbe u Iraku već bile razvijene prihvatljivo je bilo da se stvori uvid i u njene kvalitete pri borbenoj upotrebi.

Za razliku od rakete TOW 2A, kod koje ciljna tačka korespondira sa tačkom udara, raketa TOW 2B leti iznad cilja i u određenom momentu dvorežimski laserski daljinomer-sistem magnetnog senzora aktivira dve bojne glave koje se spuštaju na cilj odozgo. Kao i kod TOW 2A i ovde su operatori uvežbavali nišanje u centar cilja.

Kada se ovaj način dejstva pokazao neefikasnim u prvoj fazi operacije u Iraku, posumnjalo se da je raketa TOW 2B letela suviše visoko da bi senzori bojne glave prepoznali cilj. Pošto postoji optimalni zaštitni detonujući pojas, koji bi se narušio gađanjem u centar mase cilja, pristupilo se korekciji gađanjem na manjoj visini, bez potrebe menjanja softvera. Takođe, naišlo se i na probleme održavanja jer svaki pojedinačni sistem TOW zahteva složene zahvate održavanja na bojištu kako bi bio borbeno sposoban.

Jedinice koje su koristile rakete TOW 2B protiv komercijalnih lakih kamiona koji su u Iraku korišćeni za transport oružja i jedinica pretrpele su kritiku zbog korišćenja raketa za dejstvo po ciljevima koji su mogli da se unište i mitraljezima 12,7 mm. Međutim, upotreba TOW 2 sa dometom do 3750 m omogućava uništenje ciljeva izvan dometa neprijateljevih teških mitraljeza, a sa 13-x optičkim i 12-x termalnim nišanom TOW može da ostvari veću preciznost od mitraljeza.

Slaba strana korišćenja mitraljeza u borbama u urbanim sredinama je njegova velika zona opasnosti koja je široka i do 5600 m. Iako domet mitraljeza 12,7 mm M2 iznosi 1840 m, njegovo zrno može prodreti kroz lake konstrukcije i transportna vozila i narednih 1000 m, sa rizikom za kolateralnu štetu.

Mornarička pešadija je po prvi put koristila nove bojne glave povećanog udara za sa ramena lansirajuće višenamensko oružje (SMAW), iako njihova upotreba nije široko rasprostranjena. Bojna glava je prvobitno bila namenjena za operacije u Avganistanu, ali tamo nije korišćena. Ovo oružje se koristilo sa ograničenom efikasnošću, što bi se moglo dovesti u vezu sa prirodom cilja. Zrna su korišćena za forsirani ulazak u složnije stambene prostore i na nepoznat broj vojnika. Zbog prirode iračkih građevina zrna su, pre udara u cilj, prolazila kroz prednja vrata i dvorište objekta. Udarom u vrata aktivira se inicijalni eksplozivni lanac dovoljno rano i sa ograničenim konačnim efektom. Bojna glava detonira za 60 nanosekundi, za razliku od standardnog zrna koje detonira za 0,6 sekundi.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 21. maj 2003.

Bojna glava povećanog udara ne proizvodi visoku toplotu, što je tipično za termobarično oružje, već umesto toga stvara veliki udar. Međutim, slično drugom termobaričnom oružju, efekat je potpuno pustošenje u ograđenom prostoru, a moguće je i rušenje dvospratnih građevina.

M. K.



NOVI NEMAČKI PROJEKTIL 155 mm Rh 40*

Nemačka firma Rheinmetall (Rajnmatal) uspešno je isprobala nove artiljerijske projekte 155 mm Rh 40 BB, postavši maksimalne domete preko 40 km.

Projektili su ispaljeni iz samohodne haubice 155 mm/52 kal. PzH 2000, koje u svom naoružanju imaju četiri zemlje NATO-a – Nemačka, Italija, Grčka i Holandija. Ispitivanjima, koja su izvršena na švedskom poligonu Vidsel, prisustvovali su predstavnici iz Danske, Nemačke, Finske, Norveške i Švedske.

Novi projektil optimiziran je za opaljenje iz vučnih ili samohodnih haubica 155 mm/52 kal. koje koriste šestodelno modularno punjenje kakvo je Rajnmetalovo DM 72, koje je na upotrebi u nemačkoj vojsci.

Dugo godina standardni projektil 155 mm bio je trenutno fugasni L15, koji je razvijan za vučne haubice 155 mm/39 kal. FH-70, koje su u Nemačkoj i Velikoj Britaniji povučene iz upotrebe. Projektil

L15 se ne može ispaljivati iz haubica sa cevima dužine 52 kalibra koje koriste sistem modularnog punjenja DM 72.

Projektil Rh 40 BB koristi BB jedinicu (base-bleed) sa projektila DM 662 koji je već izdržao temperature od -46° do $+63^{\circ}\text{C}$. Novo telo projektila sadrži nešto manje eksploziva kako bi se omogućilo dodavanje BB jedinice. Vodeći prsten i zaptivka isti su kao na projektilu DM 111.

Projektili Rh 40 BB komplementarni su sa postojećim projektilima Rh 30, koji u Nemačkoj imaju oznaku DM 111. To je konvencionalni projektil 155 mm, koji se može ispaljivati iz 39-kalibarskih ili 52-kalibarskih cevi.

Takođe, Rajnmetal prema ugovoru sa Ministarstvom odbrane Nemačke, razvija i verziju projektila pod oznakom Rh 30 IHE. Taj projektil će imati pojačani balistički udar na cilju.

Sistem modularnog pogonskog punjenja, kada se koristi iz haubice 155 mm/39 kal, sa maksimalnih pet modula, na ustima cevi postiže brzinu od 827 m/s, dok se sa šest modula koji se koriste na oruđu 155 mm/52 kal postiže maksimalna brzina od 945 m/s.

Uporedni podaci projektila za tromblone 155 mm

Tip	Rh 30 (DM 111)	Rh 30 HE	Rh 40
Masa projektila	43,4 kg	43,5 kg	44,5 kg
Dužina sa upaljačem	875 mm	865 mm	899 mm
Masa eksploziva	11,4 kg	11,4 kg	9,2 kg
Maksimalni domet (oruđe 39 kal.)	24,7 km	24,7 km	31,5 km
Maksimalni domet (oruđe 52 kal.)	30,3 km	30,3 km	40 km

M. K.



* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 23. april 2003.

AUTOMATIZOVANI MINOBACAČKI SISTEM „ISPALI I UTECI“*

Južnoafrička firma Naschem razvila je automatizovani minobacački sistem za otkrivanje i gađanje ciljeva za potrebe rešavanja zadataka specijalnih snaga po principu „ispali i uteci“.

Sistem oznake IMADSS (Integrated Mortar Advanced Digital Sighting System) predstavlja kombinaciju automatizovanog nišanskog sistema sa minobacača 60 mm ili 81 mm, koji su ugrađeni na motorizovane minobacačke lafete.

Nišanski sistem koristi ručni minobacački balistički kompjuter, sa kojim je spojen ili pomoću elektroopreme na vozilu, ili RF spojem. Kontroler minobacačke vatre obezbeđuje podatke o cilju za minobacač na vozilu putem radija, koristeći kompjuterski terminal spojen sa laserskim daljinomerom koji nije štetan za oči i GPS prijemnikom.

Budući da je montiran na vozilu i ne zahteva posebno postavljanje, minobacački sistem IMADSS može neposredno i odmah da se koristi, oslanjajući se na efikasnu vatru.

Firma Neschem je već ugovorila 14 ovakvih sistema za kupca na Srednjem Istoku, a uskoro će demonstrirati sistem za oružane snage Ujedinjenih Arapskih Emirata.

M. K.



PRECIZNO VOĐENE KASETNE BOMBE*

Kompanija Lockheed Martin, poučena iskustvom iz rata u Avganistanu 2001. godine, planira da pridoda sisteme za precizno vođenje svojim avio bombama, što će im dati nove performanse, posebno u planinskom području.

Strategijski bombarderi B-52H bacili su u Avganistanu oko 700 bombi WCMD (Wind-Corrected Munitions Dispenser) za vreme operacija 2001. godine. Pored iskustava tada stečenih želja je da se ugradi i vođenje pomoću GPS u repni komplet bombe WCMD, kako bi se pojačao njihov postojeći inercioni merni uređaj.

Dodavanjem sistema GPS obezbediće se bolje korišćenje ovog oružja na planinskim terenima. Umesto dosadašnje dve, sada će se moći imati uvid u tri dimenzije položaja oružja i ostvariti vrlo precizno određivanje brzine i položaja u vazdušnom prostoru iznad zone cilja. Inercioni merni uređaj kompenzira uticaj vetra i omogućava, uz ostale sklopove, usmeravanje bombe na cilj sa tolerancijom 30,5 m, kada se baca sa visine do 12 000 metara (40 000 ft) i pod bilo kojim vremenskim uslovima. GPS navigacija omogućiće povećanje preciznosti bombe na oko 9 metara.

Dok je prvobitna bazna bomba WCMD pojedinačno koštala 14 000 USD, očekivana cena nove verzije sa GPS bila bi 20 000 USD.

Nove verzije očekuju se za nekoliko narednih godina. Nema još planova za reopremanje baznih bombi sa GPS. Lockheed Martin planira da koristi GPS/IMU

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 30. april 2003.

komplet i sa varijantom WCMD povećanog dometa. Takva verzija, označena kao WCMD-ER, imaće domete do 64 km, a očekuje se da počne sa proizvodnjom 2005. godine. Njihova cena biće između 50 000 i 60 000 USD.

Bombe WMCD, opremljene senzorskim upaljačem CBU-97, oznake CBU-105, prvi put su početkom aprila ove godine upotrebljene u Iraku, dejstvom na oklopnu kolonu.

M. K.



LASERSKI MINOČISTAČ ZA AVGANISTAN*

Armija SAD šalje u Avganistan svoj prototip minočistača „Zeus“ s korišćenjem usmerene energije, kako bi pripomogle u oslobađanju od površinskih mina i neeksploziviranih artiljerijskih projektila zaostalih posle decenijskih sukoba.

Minočistač „Zeus“ razmešten je u jednoj od operativnih zona, sa ciljem da se iskoriste njegove unikatne laserske mogućnosti u operacijama čišćenja mina i neeksploziviranih granata.

To je oklopno višenamensko vozilo točkaš velike prohodnosti, koje na krovu ima montiran čvrsti laser snage 500 W. Posada ovog vozila ima dva člana.

Princip dejstva ogleda se u tome što laser zagreva spoljašnji omotač površinske mine, na bezbednom rastojanju od 250 m, sve dok mina ne eksplodira.

M. K.



RAZVOJ SISTEMA ZA RAZMINIRANJE U EGIPTU*

Sistem za neutralisanje protivtenkovskih mina sa magnetnim upaljačem razvila je egipatska firma Sakr. Ovaj sistem se pod nazivom SMAS-1 već upotrebljava u egipatskoj armiji.

Prema dostupnim informacijama SMAS-1 je veoma efikasan i može brzo da se prilagodi za različita borbena vozila, pošto poseduje sopstveno napajanje energijom. Sastoji se od dve kutije ugrađene na prednjoj oklopnoj ploči vozila. Svaka kutija sadrži impulsni generator koji emituje magnetne impulse, slično tenku, i tako izaziva eksploziju ukopanih i površinski postavljenih PT mina na rastojanju ne manjem od 5 m ispred vozila.

Kompanija Sakr nudi tržištu i familiju sistema za daljinsko aktiviranje linearnih punjenja za razminiranje PT i PP mina. Natpritisak eksplozije usmeren je na detonaciju bilo kojih mina. Za razminiranje PT mina Sakr nudi tipove ovih sistema pod imenom Fateh-2, 3 i 4.

Sistem Fateh-2, koji je na upotrebi u Egiptu, Kuvajtu i Saudijskoj Arabiji, ugrađen je na prikolicu koju vuče tenk. Trasa razminiranja je dužine 150 m i širine 8 m. Fateh-3 obično se ugrađuje na krov tenka sa dva lansera sa svake strane, od kojih svaki ispaljuje linijsko eksplozivno punjenje dužine 165 m. Kada se koriste obe rakete može se stvoriti prolaz dužine 300 m i širine 8 m.

Fateh-4, ugrađen na laka vozila 4 × 4, ispaljuje linijsko eksplozivno punjenje dužine 100 m, koje može da očisti prostor dužine 90 m i širine 4 m.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 2. april 2003.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 7. maj 2003.

Razvoj sistema Fateh-3 i Fateh-4 je završen, a proizvodnja zavisi od ispostavljenih zahteva. Svi sistemi opremljeni su sigurnosnim uređajima koji isključuju električno kolo za lansiranje u toku transporta.

Za potrebe obuke postoje i vežbovne varijante ovih sistema za razminiranje.

Za uklanjanje PP mina nudi se sistem Fateh-1, koji razvijaju dva čoveka, a ima jednu raketu koja može da očisti stazu dužine 120 m i širine 0,6 m.

M. K.

<<<◇>>>

UKRAJINSKI SISTEM AKTIVNE ZAŠTITE TENKA*

Ukrajinska armija je za svoj novi tenk T-84 isprobala novi sistem za aktivnu zaštitu Zaslon, koji je razvila firma Immersion Hi Tech iz Kijeva zajedno sa firmom Microtech.

Sistem Zaslon sastoji se od brojnih autonomnih jedinica, od kojih svaka sadrži senzor i ubojni mehanizam, koji se mogu pridodati na stacionarna ili pokretna oklopna sredstva radi njihove zaštite od protivtenkovskih raketa, vođenog oružja ili penetratora na bazi kinetičke energije.

Svaki modul, mase 50 do 130 kg, u zavisnosti od stepena zahtevane zaštite, sadrži radarski senzor, koji otkriva prilazeći projektil kada dođe na rastojanje 2 m od štite ploče, i izbacuje na njega granate napunjene zasečenim fragmentima. Presretanje cilja je efikasno na rastojanjima od oko 20 cm. Svaki modul pokriva

segment od 150 do 180°, pri elevaciji od -6° do +20°.

Ranije verzije sistema Zaslon bile su osposobljene za presretanje projektila sa ograničenim brzinama, u rasponu od 70 do 1200 m/s, dovoljne za PT višenamenske projekte 120 mm. Novi model sistema Zaslon biće sposoban da se suprotstavi projektilima sa maksimalnom brzinom od 1800 do 2000 m/s, a vreme reagovanja sistema biće dovoljno da obezbedi otklon penetratora pri njegovom optimalnom uglu napada pre udara.

Šest modula sistema Zaslon dovoljno je za zaštitu tenka, a dodatnim sedmim modulom obezbeđuje se potpuna zaštita i zadnjeg dela vozila.

M. K.

<<<◇>>>

PROTOTIP VOZILA MUNGO ZA NEMAČKU ARMIJU*

Nemačka armija primila je prvi od osam prototipova vozila Mungo, koji je izradila firma Krauss-Maffei Wegmann (KMW). Vozilo je odabrano od više ponuđenih lakih zaštićenih vozila, a namenjeno je za potrebe nemačkih snaga za brza dejstva.

Firma KMW razvila je ovo vozilo u saradnji sa firmom Multicar, koja je obezbedila šasiju i motor. Firma Multicar ranije je proizvela 300 vozila Mungo za armiju bivše DR Nemačke. Mungo je sada redizajniran, tako da je dobio novu zaštitu u skladu sa novim zahtevima. U vozilu može da se smesti 10 vojnika sa punom opremom, koji su zaštićeni u vozilu

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 7. maj 2003.

od dejstva municije 7,62 mm i parčadi ručnih granata. Takođe, vozilo ima i neobavezan zaštitni komplet za zaštitu od protivpešadijskih mina.

Osnovni podaci vozila Mungo

- dužina	4,24 m
- širina	1,85 m
- visina	2,25 m
- masa praznog vozila	3300 kg
- koristan teret	2000 kg
- maksimalna masa	5300 kg
- maksimalna brzina	110 km/h
- putni resurs	500 km
- savlađivanje uspona	60°
- savlađivanje nagiba	30°
- snaga motora	78 kW
- posada	2 + 8 putnika

Sa korisnom nosivošću od 2 t Mungo može da se koristi i za logističke zadatke. U sklopu toga u toku je razvoj sistema za paletizovano rukovanje teretom.

Zadovoljavajući armijske zahteve, vozilo može da se transportuje srednjim transportnim helikopterima CH-53, ukoliko mu se nadgradnja presloži, za manje od 5 minuta.

Vozilo Mungo koristiće nemačke jedinice u sastavu međunarodnih snaga ISAF (International Security Assistance Force) u Avganistanu.

Prva proizvedena vozila očekuju se za isporuku u 2004. godini.

M. K.



MODERNIZACIJA TENKOVA T-72M1 U ČEŠKOJ*

Državno preduzeće VOP 025 počelo je da modernizuje prvu partiju borbenih tenkova češke armije iz serije T-72M1,

kojom bi se oni poboljšali do standarda sa oznakom T-72M4 CZ. Armija će dobiti 30 poboljšanih konfiguracija T-72M4 CZ, od kojih će pet biti kompletirano do oktobra, a 25 do kraja 2003. godine.

Ranije se očekivalo da će znatan deo armijske flote od 540 tenkova serije T-72M1 biti modernizovan, ali to je kasnije smanjeno na samo 30 jedinica. Narednih 120 tenkova biće u rezervi, a preostali će biti ponudeni za prodaju.

Preduzeće VOP 025 je svoj paket poboljšanja za tenk T-72M4 CZ ponudilo i potencijalnim kupcima, uključujući i opciju modernizacije viška čeških tenkova T-72M1.

Tržište za modernizaciju sovjetskih tenkova T-72M1 veoma je kompetentno, jer je Rusija ponudila poboljšanja koja uključuju i neke podsisteme najnovijeg tenka T-90.

Modernizovani češki tenk T-72M4 ima poboljšani oklop, povećanu pokretljivost i vatrenu moć, kao i nove sisteme za vezu i međusobni razgovor.

Nova generacija samostalno razvijenog eksplozivnog reaktivnog oklopa „dina“ biće ugrađena sa prednje strane tenka. Uključen je i poljski laserski sistem za upozorenje u kompletu sa lanserima za dimne granate, a obezbeđen je i novi sistem za maskiranje.

Nova pogonska grupa, koju je razvila firma NIMDA iz Izraela sadrži dizel motor Caterpillar CV-12 snage 736 kW i automatsku transmisiju Allison XTG-411, kojima se ostvaruje poboljšana pokretljivost. Vatrena moć će se poboljšati ugradnjom italijanskog kompjuterizovanog sistema za upravljanje vatrom Galileo Avionica TURMS. Sistem ima stabi-

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 14. maj 2003.

lizovani dnevno-termalni nišanski sistem koji pruža veliku verovatnoću pogađanja prvim hicem, kako stacionarnih, tako i pokretnih ciljeva.

M. K.



BUDUĆI BORBENI AVIONI KOMPANIJE „LOCKHEED MARTIN“*

Kompanija Lockheed Martin objavila je koncept „nevidljivog“, supersoničnog jurišnog aviona, namenjenog za proboj snažno branjenog vazdušnog prostora u početnoj fazi sukoba, uz upotrebu precizno vođene municije na vremenski osetljive ciljeve i ciljeve od posebnog značaja.

Kompanija je razvila koncept koji se odnosi na vrstu jurišnog aviona velikog doleta, kao podršku studiji o budućim borbenim platformama koju vodi Vazduhoplovna istraživačka laboratorija SAD AFRL (Air Force Research Laboratory).

Iako Vazduhoplovne snage SAD predviđaju da koriste svoje bombardere B-1B, B-2A i B-52H do 2040. godine, istražuju se i komplementarne mogućnosti. Tehnološka ulaganja usmerena su ka tome da se oko 2012–2015. godine lansiraju programi sledeće generacije jurišnih aviona, sa ciljem da se ti sistemi uvedu u upotrebu oko 2020. godine. Sistem koji se odabere ne mora da bude avion, već određena mogućnost za savlađivanje vazdušnog prostora, ili neki drugi nekonvencionalni pristup. Ipak, istražuje se i domet nacionalnih subsoničnih, supersoničnih i

hipersoničnih avionskih projekata, prema zacrtanim tehnološkim planovima.

Lockheed Martinov avion pripada sistemu klase M2,0-M4,0 sa velikim razmahom krila i zamašnim motorima. Posada bi mogla da se sastoji od pilota i operatora sistema naoružanja.

Kompanija istražuje opcije odnosa korisnog tereta i doleta. Razmatra se i kapacitet korisnog tereta između 6800 i 18 140 kg (15 000 i 40 000 lb), ali najverovatnija je opcija između 9000 kg i 11 250 kg (20 000 i 25 000 lb). Planirani borbeni radijus iznosi 3000 milja (4827 km) bez popune u vazdušnom prostoru.

U kompaniji smatraju da mnoge od ključnih tehnologija danas već postoje za takav sistem, ali treba da se prilagode tako da se dobiju manja, lakša i prihvatljivija rešenja. Kompanija ima bogato nasleđe u razvoju supersoničnog aviona, poput bombardera B-58 klase M2,0 i izviđačkog aviona klase M3,2 SR-71 Blackbird (Crna ptica).

Jedna od oblasti koju treba poboljšati predstavlja efikasnost krstarenja supersoničnih mašina, za koju se smatra da treba da bude jedna polovina do dve trećine od potrošnje goriva postojećih sistema.

Studijom se istražuju i mogućnosti da se i postojeće i projektovane snage ojačaju u vremenu do 2020. godine.

Glavno poboljšanje trebalo bi da bude u mogućnostima korišćenja automatizovanog informatičkog sistema C4ISR (command, control, communication, computers, intelligence, surveillance, reconnaissance) koji bi trebalo da bude mnogo efikasniji od postojećih sistema.

M. K.

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 4. jun 2003.



NAJNOVIJI PROJEKAT BESPILOTNOG AVIONA U SAD*

Kompanija Northrop Grumann objavila je projekat letelice koja će biti ponudena mornarici SAD u sklopu programa razvoja bespilotnih borbenih letelica UCAV-N (Unmanned Combat Vehicle). Ističe se da je i ova letelica deo usvojenog koncepta operativnog sistema za borbene bespilotne letelice. I ona ima bezrepreni, zmajoliki trup kao i mornarički model X-47A Pegasus, ali sa dodatkom krila radi povećanja doleta, izdržljivosti i nosivosti. Zbog krila koja su sklopiva, radi operacija prevoženja avionom, dobila je nadimak „cranked kite“.

U ovom projektilu ima dosta rešenja koja su direktno uzeta sa letelice Pegasus.

Northrop Grumann se takmiči sa Boeingom u izradi bespilotne borbene letelice po programima mornarice SAD i Agencije DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency).

Dok mornarica još uvek revidira svoje zahteve, zvaničnici najavljuju da će naglasak biti na „steltnosti“, održivosti na velikim rastojanjima, drugim izviđačkim misijama sa nosača aviona, ali i na sposobnosti udara i neutralisanja protivničke PVO. Vazduhoplovni puk na nosaču aviona imaće 6 ovakvih letelica.

Sve dok se čekaju definitivni zahtevi mornarice, ne daju se egzaktni podaci o letelici, ali je izvesno da će njena masa biti u granicama od 13 608 do 18 114 kg (30 000 do 40 000 lb). Trup letelice je duži i u određenoj razmeri predstavlja povećanu verziju Pegasusa sa krilima.

Radi poredenja, Pegasus spada u klasu od 5500 lb (2490 kg), a njegove dimenzije su približno 8,5 m sa 8,5 m.

Projekat je težišno usmeren na dolet i izdržljivost u izvršenju izviđačkih zadataka. Međutim, značajna je i sposobnost udara i neutralisanja PVO neprijatelja, kao i drugi potencijalni zadaci.

Od razvoja bespilotnih borbenih letelica mnogo se očekuje, zbog čega Ministarstvo odbrane namerava da u oktobru formira združeni programski tim radi izbora resursa za kontinuirani razvoj programa za vazduhoplovstvo, mornaricu i kopnene snage.

M. K.



RAZVOJ MINIJATURNIH LETELICA U SAD*

Odsek za taktičko-elektronsko ratovanje mornaričke istraživačke laboratorije SAD nastavlja radove na istraživanju familije biomimetičkih (koji oponašaju ptice i insekte) minijaturnih letelica koje je projektovao istraživač David Cylinder sa Univerziteta Princeton. On je iskoristio svoj dugotrajni interes za ptice i insekte kako bi izgradio i testirao inovacije na eksperimentalnim i lakim letelicama. Mornarička istraživačka laboratorija, pod pokroviteljstvom Biroa za mornarička istraživanja, sprovodi testiranje u aerodinamičkom tunelu, i radi kompjutersku dinamiku za potrebe obrade projekta.

Istraživač Cylinder ukazuje da ptice, zbog svoje sposobnosti da lete, poseduju mnoge željene osobine. One su snažne,

* Prema podacima iz Janes Defence Weekly, 16. april 2003.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

reaguju brzo na stimulanse, a često imaju i dobru pokretljivost na zemlji. Drugi aspekti njegovog rada upućivali su na insekte, kao što su leptiri.

Projekti se svrstavaju u tri opšte kategorije, a to su:

– „vazdušno plivajuće“ mikroletelice sa osnovnim dimenzijama od 150 mm i manje, koje mogu ostvariti brzinu od približno 10 m/s. One zahtevaju aerofolije sa ekstremnoniskim Reynoldsovim brojem, a repno reverzivno mahajuće krilo obezbeđuje podizanje i potisak;

– „definopteri“ mase 4,5 g predstavljaju kombinaciju repnog mahanja i fiksnog prednjeg krila kojim se upravlja. Takav koncept otklanja potrebu za elisom koja bi mogla da ometa rad krila. Letelica se kreće mahanjem i lebdenjem, što čine i mnogi insekti kako bi sačuvali energiju. Početna verzija letelice koristila je gumene trake, kao rezervu energije, a sada je u fazi razvoja varijanta sa elektropogonom;

– „pektinometri“ mase 6,5 g koriste mahanje krilima kao leptiri i drugi insekti. Kada repne površine zamahnu zajedno, vazduh je potisnut iz zadnjeg dela prostora između njih. Drugi potisak dobija se usisavanjem ostvarenim pri bočnom razmicanju površina. Ovaj koncept posebno je pogodan za letelice male brzine.

U toku je razvoj tandem mahajuće „ptice plivačice“, mase 19,5 g. Ova letelica koristi četiri reverzivne savijene aerofolije, koje mašu jedna prema drugoj u paru, sa pokretnim podižućim površinama. Elektro-uređaj, pomoću kojeg se radio-putem upravlja brzinom i kormilom, uravnotežen je tako da se centar mase ne pomera za vreme leta ni gore ni

dole. Ova letelica sposobna je i za kretanje po zemlji, i to u skokovima.

Buduće varijante, koje će se izradivati od ugljeničnih vlakana, biće sposobne da lete ili da skaču po zidovima prilikom izviđanja ili postavljanja senzora.

Takođe, projektovano je i jedno veće sredstvo – Samara, sa rasponom krila od 70 cm i masom od 300 g, koje je inspirisano skakavcima. Zaustavni rotor koristi kontraobrtne krila, radi podizanja, koja se zatim blokiraju i sredstvo leti kao klasični avion sa fiksnim krilima, koristeći repni propeler. Verzija sa dva elektromotora – jedan koji obezbeđuje rotaciju krila, i drugi koji pogoni propeler – još je u razvoju. Kada se glavni motor ne koristi za vertikalno podizanje, može se koristiti u tandemu sa drugim motorom. Litijumske baterije treba da ostvare izdržljivost od 10 do 15 minuta pri brzini većoj od brzine hodanja.

M. K.



NOVI ITALIJANSKI ELEKTRONSKI I SENZORSKI SISTEM*

Novu familiju integrisanih elektronskih sistema za oklopna vozila i aplikacija za mornaricu razvila je italijanska kompanija Galileo Avionica.

Poznata kao integralna sistemska elektronika za vozila SVI (Sistema Vetrone Integrata), Galileova modularna oprema vremenom je obuhvatila ceo asortiman senzora, uključujući nišanske uređaje za gađanje i praćenje, panoram-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

ske uređaje za pretraživanje i osmatranje, nišane za opremu budućeg vojnika, hemijske detektore i integralno praćenje cilja za istureno osmatranje. Senzori mogu da se povežu i sa sistemom za upravljanje u borbi BMS (Battle Management System) putem lokalne mreže ili taktičke radio-mreže.

Integralna sistemska elektronika uključuje napajanje baze podataka za male brzine (DC do 0,1 MHz), velike brzine (<1MHz) i video (>100 MHz). U sistem su ugrađeni brojni sopstveno razvijeni „pametni“ senzori koji imaju integralne mogućnosti, i koji su projektovani tako da minimiziraju količinu nepotrebnih podataka i pripreme za analizu i interpretaciju zahtevanih podataka na nivou senzora.

Tipični termovizor SVI automatski će izvršavati skeniranje, detekciju, praćenje, x-y pozicioniranje i kompresiju podataka, stvarajući komprimiranu verziju od 0,77 MB neobrađene slike cilja, kao i koordinate cilja, tako da su prenošeni podaci samo 6% od originala.

Sistem će stvarati i mešovite slike sa raznih pametnih senzora koji rade u vidljivom i IC talasnom području. Obrada slike vrši se pomoću Galileovog integrisanog signal-procesora. Jedinstveni displej može da se koristi za upravljanje vatrom, za sistem upravljanja u borbi, kao i za informacioni sistem vozila. Modul displeja SVI je opšti za sve posadne stanice, a sastoji se od aktivnog ekrana od 12 inča sa rezolucijom za prikaz slike SVGA, digitalnih karata i baze podataka. Sistem ima meni zasnovan na Windowsu, sa mogućnošću aktiviranja, po izboru, sa tastature ili glasom.

U asortiman senzora SVI spadaju i senzori razvijeni za potrebe integralnih bor-

benih sistema oružja, koji čine deo sistema italijanske vojske za budućeg vojnika, zatim dnevno-noćni panoramski nišan Janus za osmatranje na zemlji i njegove aplikacije za PVO, nišane za naoružanje Colibri i Lothar na vozilima, multisenzorska platforma Mozaik za isturena osmatranja, sistem za IC pretraživanje i praćenje SASS za aplikacije na zemlji i za momaricu, i sisteme za hemijsku detekciju DGGAS.

Detektor DGASS koristi IC tehniku za alarmiranje posade o prisustvu agensa, kao što su GA (tabun), GB (soman), GD (sarin), VX i HD (iperit), na udaljenosti-ma većim od 3 km.

Galileo nudi i verziju lakog digitalizovanog tenkovskog sistema za upravljanje vatrom TURMS-T, sposobnog za potpunu integraciju u opštu mrežu sistema za upravljanje u borbi BMS.

M. K.



POLJSKI KOMUNIKACIJSKO- -OBAVEŠTAJNI SISTEM NOVE GENERACIJE*

Poljska armija dobila je prve komplete iz nove generacije komunikacijsko-obaveštajnih sistema za elektronsku borbu COMINT (communications intelligence). Pod oznakom Przebisnieg, ovaj novi sistem je rezultat zajedničkog rada Vojne baze za elektroniku i Vojne akademije za tehnologiju (WAT), uz korišćenje određenih podsistema firme Thales nabavljenih 2001. godine.

Program je započet sredinom 1999. godine na osnovu odluke i sporazuma

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

Ministarstva odbrane, Vojne baze (WZE) i Državnog naučno-istraživačkog komiteta (KBN). Primarni zadatak sistema je da obezbedi brigadni i divizijski nivo komandovanja sa sveobuhvatnom komunikacijsko-obaveštajnom podrškom, uključujući i precizne mogućnosti ometanja.

Za vreme razvoja sistema Vojna akademija za tehnologiju (WAT) bila je odgovorna za softver i izradu baze podataka za nacionalne opasnosti. Akademija je blisko sarađivala sa obaveštajnim sektorom generalštaba, industrijskim partnerima u zemlji i inostranim kompanijama, kao što je Thales.

Kompanija Thales i WAT potpisali su ugovor o namerama u 2002. godini, kojim je pokrivena izrada studije o poljskim nacionalnim autonomnim elektronsko-obaveštajnim mogućnostima, uključujući kompilaciju sveobuhvatne baze podataka koja pokriva zahteve za protiv-elektronsku borbu.

Svaki sistem Przebisnieg sastojaće se od sedam vozila – tri za potrebe veze i obaveštavanja (COMINT), tri za protiv-elektronsku borbu i jedno komandno vozilo koje je povezano sa komandnim me-

stom taktičkog nivoa putem HF radio i zaštićenim vezama. Komandno vozilo služi i kao komandno mesto za brigadnu signalno-obaveštajnu četvu SIGINT. Kao takvo ono je opremljeno sa tri radne stanice: jedna za komandovanje u PEB, jedna za koordinaciju rada sistema i jedna za kontrolu saradnje sa drugim sistemima. Ti drugi sistemi mogu biti taktički na oklopnim vozilima ELINT (elektronik intelligence) tipa MUR-20 Bren-2, i na helikopterima SIGINT sistemi tipa SRR-10 Procion-3. U slučaju sistema na helikopterima, sadejstvo sa sistemom Przebisnieg odvija se preko zemaljske stanice ugrađene na terensko vozilo velike prohodnosti Tarpan Honker, konfiguracije 4×4.

Mada nema više detalja o sistemu Przebisnieg, spoljašnji izgled sistema ukazuje da bi se podsistem za elektronska dejstva mogao sastojati od prilagođenih elemenata sa sistema Thales. Vozilo za ometanje koristi antenu sa digitalnog, višenamenskog modularnog ometača TRC 274 HF/VHF/UHF, dok je vozilo za prijem opremljeno antenom sa sistema Thales TRC 6100 VHF/UHF/HF.

M. K.



„Vojnotehnički glasnik“ je stručni i naučni časopis Vojske Srbije i Crne Gore, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove, prikaze naučno-stručnih skupova kao i tehničke informacije o savremenim sistemima naoružanja i savremenim vojnim tehnologijama.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata jedinstvenu intervidovsku tehničku podršku Vojske na principu logističke sistemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i razvoj, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Vojske Srbije i Crne Gore.

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 priloz originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), sa ključnim rečima na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica A4 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 Vojske Srbije i Crne Gore.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, tekući 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

Dobriša Miletić, profesor

Korice

Milojko Milinković

Korektor

Bojana Uzelac

Cena: 220,00 dinara

Tiraž 1.000 primeraka

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 09. 2001. godine, časopis „Vojno-tehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)