

Direktor

Pukovnik
SLAVOLJUB JOVANČIĆ

UREDIVAČKI 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. 846-277)

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 2641-795, vojni 22-431)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekuci račun:
840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ,
poziv na broj 054/963.

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štampanja – Beograd, Resavska 40b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K

Vojnotehnički glasnik je,
povodom 50 godina rada,
odlikovan Ordenom VJ
trećeg stepena



6

*Čitaocima
i saradnicima
čestitamo
novu
2004.
godinu*

Redakcija

SADRŽAJ

Dr Petar Stanojević, major, dipl. inž.	STRATEGIJE ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA	537
Dr Vasilije Mišković, pukovnik, dipl. inž.		
Mr Dušan Ostojić, dipl. inž.	VIŠEKRITERIJUMSKI IZBOR OPTIMALNOG TTZ ZA MO-	
Zoran Jelenković dipl. inž.	DERNIZACIJU TENKOVA T-72, M-84 I M-84A	555
Mr Sreten Jaksimović, pukovnik, dipl. inž.		
Se Dragan Čosović, potpukovnik, dipl. inž.	ISPITIVANJE POGODNOSTI ZA ODRŽAVANJE ELEKTRON-	
	SKIH UREĐAJA	563
Zoran Filipović, pukovnik, dipl. inž.	OSNOVNE PERFORMANSE PCM/FM TELEMETRIJSKIH	
Maja Marković, dipl. inž.	SISTEMA ZA MERENJE PARAMETARA VAZDUHOPLO-	
Milorad Pavlović, potporučnik, dipl. inž.	VA I FIZIOLOŠKIH KARAKTERISTIKA PILOTA	578
Dr Slobodan Janićijević, pukovnik, dipl. inž.	MODEL ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE ARHITEKTU-	
	RE INERCIJALNOG MERNOG BLOKA I OPTIMALNE	
	ORIJENTACIJE SENZORA SA STANOVIŠTA TAČNOSTI	
	IZLAZNIH SIGNALA	585
Mr Miroslav Savanović, potpukovnik, dipl. inž.	SOFTVERSKO REŠENJE ZA PODRŠKU METROLOŠKOM	
Novka Mandić, inž. inf.	OBEZBEĐENJU U TEHNIČKOM OPITNOM CENTRU	
	VOJSKE SCG	597
Profesor dr Đurđe Perišić, dipl. inž.	SIMULACIJA STOHAŠTIČKIH PROCESA U REALNOM	
Dr Dragoljub Brkić, dipl. inž.	VREMENU POMOĆU PC RAČUNARA	604
Ilija Botić, dipl. inž.		
Gavrilo Despotović, dipl. inž.		
Đorđe Perišić		

Mr Lajoš Tot, dipl. inž.	METODA ODREĐIVANJA ČVRSTOĆE NA SMICANJE VEZE IZMEĐU DVOBAZNOG RAKETNOG GORIVA I INHIBITO- RA	609
Mr Panto Maslak, dipl. inž.	KATALITIČKA AKTIVNOST OKSIDA OLOVA I BAKRA U REAKCIJI SAGOREVANJA DVOBAZNIH RAKETNIH GORIVA	617
Dr Petar Stanojević, major, dipl. inž.	SYMOPIS 2003 – prikaz naučno-stručnog skupa –	623
Miroslav Škorić, dipl. oec	INFOFEST 2003 – prikaz naučno-stručnog skupa –	625
Sc Stevan Josifović, pukovnik, dipl. inž.	KVALITET U RAZVOJU, PROIZVODNJI I PROMETU SREDSTAVA NVO – prikaz naučno-stručnog skupa –	628

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Budućnost oklopnih izviđačkih vozila – M. K.	630
Nemačko borbeno vozilo pešadije Puma – M. K.	634
Nova švedska oklopna vozila – M. K.	635
Slovačka kupola za borbeno vozila – M. K.	638
Buduća nesmrtonosna oružja – M. K.	639
Mogućnosti komercijalizacije bespilotnih letelica – M. K.	640

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Razvoj novog mobilnog sistema PVO u SAD – M. K.	644
Oružje za razaranje bunkera – M. K.	644
Puška za uništavanje neeksplozivnih bombi – M. K.	645
Amfibijsko sveterensko vozilo Iguana – M. K.	646
Novo korejsko borbeno vozilo – M. K.	646
Razvoj samohodnog minobacača 81 mm u Indiji – M. K.	647
Sistem PVO Antilopa u Tajvanu – M. K.	648
Letelica Predator sa kombinovanim raketama – M. K.	649
Minijature bespilotne letelice za nemačku armiju – M. K.	649
Demonstrator bespilotne letelice firme Alenia – M. K.	649
Pasivni avionski sistem za rano upozoravanje – M. K.	650
Novi laserski sistem usmerene energije – M. K.	651
Kina poboljšava mogućnosti elektronske borbe – M. K.	652
Plazma-antene bolje od metalnih konstrukcija – M. K.	652
Nova generacija radio-frekventne memorije – M. K.	653
Prenosni izviđački sistem MRS-2000 – M. K.	653
Novi koncepti za vazdušne udare – M. K.	654
Mobilni senzor Dragon Runner – M. K.	655

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.
Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – SNO,
Beograd

STRATEGIJE ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA

UDC: 62-7.001.26

Rezime:

U ovom radu dat je pregled novih naučnih saznanja koja su dovela do promena u sadržaju strategija koje se mogu primeniti u sistemu održavanja tehničkih sistema. Analizirana je suština relevantnih strategija održavanja, prednosti, nedostaci i efekti koje nosi njihova primena.

Ključne reči: tehnički sistem, održavanje, strategije održavanja, održavanje prema pouzdanosti, totalno produktivno održavanje.

TECHNICAL SYSTEM MAINTENANCE STRATEGIES

Summary:

This paper gives a survey of recent scientific achievements which has brought changes into the strategies applicable in technical system maintenance systems. The essence of relevant maintenance strategies has been analysed as well as the advantages, disadvantages and effects of their application.

Key words: technical system, maintenance, maintenance strategies, reliability maintenance, total productive maintenance.

Uvod

U vreme industrijske revolucije inženjeri su bili istovremeno projektanti i proizvođači tehničkih sistema, a često i njeni vrsti korisnici (vozači, piloti, artiljeri, ...) i održavaoci.

Međutim, napredak industrije i tehnologije, koja je postajala sve sofisticiranija, kao i organizovanje preduzeća na posebne organizacione celine radi povećanja efikasnosti i produktivnosti, dovele su do podele među poslovima projektovanja, proizvodnje, održavanja i korišćenja tehničkih sistema (TS). Nije bilo više osoba koje su imale toliko znanja i isku-

stva iz svih ovih oblasti. Održavanje je trpelo, jer se, na primer, nisu mogle ekspertski tačno odrediti potrebne akcije preventivnog održavanja.

Kako je složenost, na svim područjima, rasla i kako su se poslovi sve više razdvajali, problemi su narastali. Javila se potreba za organizacijom održavanja opreme (u smislu organizacione celine – podsistema, funkcije, službe) i njenim upravljanjem. Ciljevi i zadaci ove organizacije vremenom su se menjali. Te promene su [1]:

– sve veća očekivanja od funkcije održavanja (uvećanje obima zadataka);

– napredak na polju tehnika primenjenih u organizaciji i upravljanju održavanjem;

– bolje razumevanje procesa nastajanja otkaza TS.

Promene kroz koje je prošla organizacija održavanja mogle bi se klasifikovati u tri „generacije“, kao što je to prikazano na slici 1. Ova podela načinjena je prema promeni u zahtevima koji su se postavljali pred organizaciju održavanja. Sličan prikaz dat je na slici 2, gde je klasifikacija načinjena prema ključnim tehnikama za upravljanje održavanjem.

Može se uočiti da su fundamentalne razlike između druge i treće generacije sledeće:

– usmerenost na pouzdanost i raspoloživost TS;

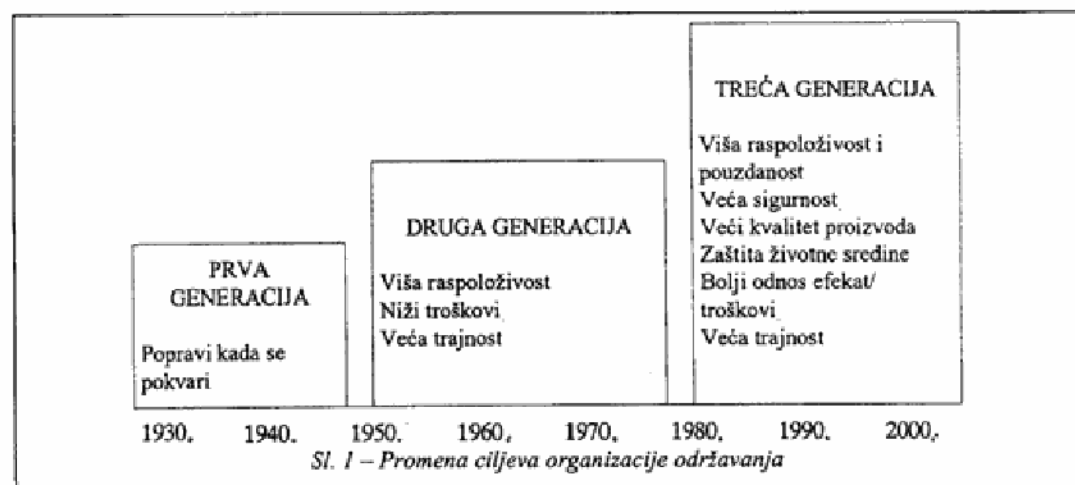
– trend ka postizanju 0-otkaza i 0-zastoja zbog održavanja;

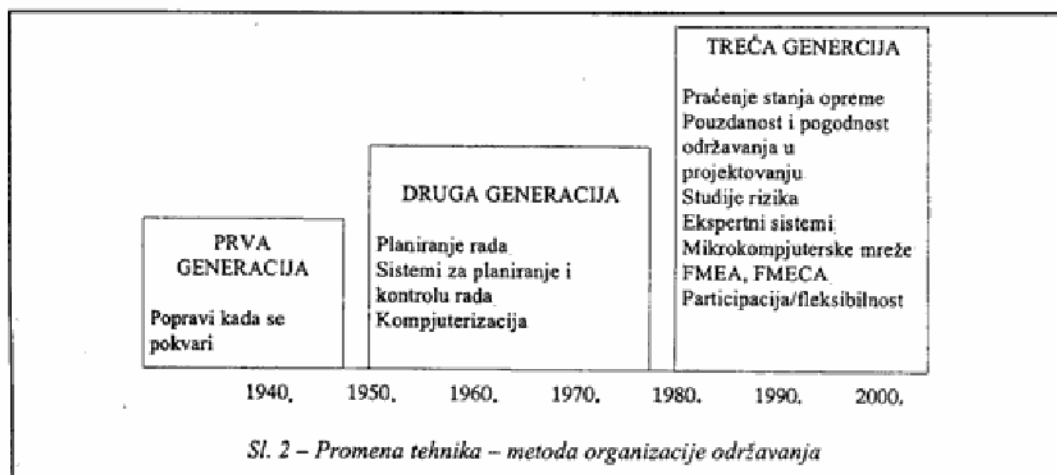
– primena održavanja prema pouzdanosti – Reliability Centred Maintenance (RCM), totalno produktivnog održavanja – Total Productive Maintenance (TMP) i drugih.

Problemi koji su se javljali na TS „prve generacije“ nisu zahtevali posebna

teoretska razmatranja, i uglavnom su uspešno rešavani blagodareći nagomilanom sveobuhvatnom iskustvu. „Druga generacija“ je već zahtevala ozbiljan naučni pristup.

Na polju teorije, četrdesetih i pedesetih godina 20. veka javilo se inženjerstvo pouzdanosti (teorija pouzdanosti). Rezultati njegove primene, koji će ovde biti apostrofirani, odnose se na određivanje oblika krive intenziteta otkaza. Prvi rezultati njene primene, na starijim elektronskim komponentama (cevi), pokazali su da kriva intenziteta otkaza ima oblik („kriva kade“ – kriva E na slici 3) koji ukazuje na to da delovi i tehnička sredstva u početnom periodu više otkazuju („period ranih otkaza“), da zatim nastaje dug period relativno niskog i konstantnog intenziteta otkaza („period normalne eksploatacije“), a na kraju ponovo rast intenziteta otkaza („zastarevanje, istrošenje ...“). Mnogi inženjeri, posebno oni iz oblasti koje nisu vezane za elektroniku, prihvatili su to kao osnovni postulat. Primena ovih rezultata u praksi znači da će svi delovi ući u tzv. treći period zastarevanja, i da zato za njih treba predvi-





deti odgovarajuće akcije preventivnog održavanja. Ove akcije preduzimaju se kada deo – sistem uđe u „treći period“, kako bi se otklonili efekti ubrzanog procesa otkazivanja. To je imalo za posledicu propisivanje velikog broja preventivnih akcija održavanja sa visokom učestanošću (obično prema tačno određenom – fiksnom vremenskom periodu), što je samo po sebi uvećavalo troškove održavanja. Smatralo se da TS tako postaju pouzdanija, jer se na vreme zamenjuje sve što bi moglo da otkaze, odnosno praktično postaju „kao nova“. Suština ovog pristupa je u stavu „što više održavanja to bolje“. Proizvođači TS imali su koristi od primene ovakvog pristupa, jer je on značio veću prodaju rezervnih delova i utisak kod korisnika da tehnika manje otkazuje, odnosno da je kvalitetnija.

Pri tome su se javili i problemi, jer proizvođači TS nisu mogli da predvide sve uslove u kojima će konkretna TS biti korišćena, kako i kojim intenzitetom. Zbog toga je održavanje koje je preporučio proizvođač postalo neadekvatno, sa previše radnji koje su se često izvodile, bez mogućnosti izmena u intenzitetu

(statično), a nije bio redak slučaj kopiranja održavanja starih TS.

Na polju razvoja teorije pedesetih i šezdesetih godina 20. veka javili su se koncepti integralne logističke podrške (ILS) i pogodnosti održavanja (Maintainability), ali oni ovde neće biti šire obrazlagani. Treba samo naglasiti da je npr. strategija RCM nastala u okviru koncepta ILS.

Krajem sedamdesetih i tokom osamdesetih godina 20. veka, na osnovu novih naučnih saznanja, došlo je do promena u sadržaju pristupa sistemu održavanja. Ove promene prvenstveno su vezane za uvođenje novih „strategija“ održavanja, kao što su RCM i TPM, i uvođenje nove tehnološke opreme za dijagnostiku i informatičku podršku.

Najpre je potrebno tačnije odrediti pojam „strategija održavanja“. 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 odnosi se na određivanje ili izbor akcija održavanja koje će biti sprovedene na nekim TS

da bi se na najbolji način iskoristila, odnosno da bi se maksimizirala njihova raspoloživost i pouzdanost.

Pojam akcije održavanja odnosi se na sve moguće preventivne i korektivne radnje (uključujući: preglede, negu opreme, zamene delova, modifikacije, itd.). Kod nas je uobičajeno 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. Pojam strategija mogao bi se adekvatno primeniti, u smislu naše naučne terminologije, i na RCM, TPM i druge savremene načine – pristupe za određivanje povoljnog skupa akcija održavanja za neka TS.

Mogućnosti primene novih trendova u održavanju kod nas su još uvek ograničene zbog nedovoljnog poznavanja njihove suštine i mogućnosti primene. Predmet ovog rada je analiza sadržaja i suštine relevantnih, savremenih strategija održavanja, a cilj je određivanje njihovih prednosti, mana i efekta koje nosi njihova primena.

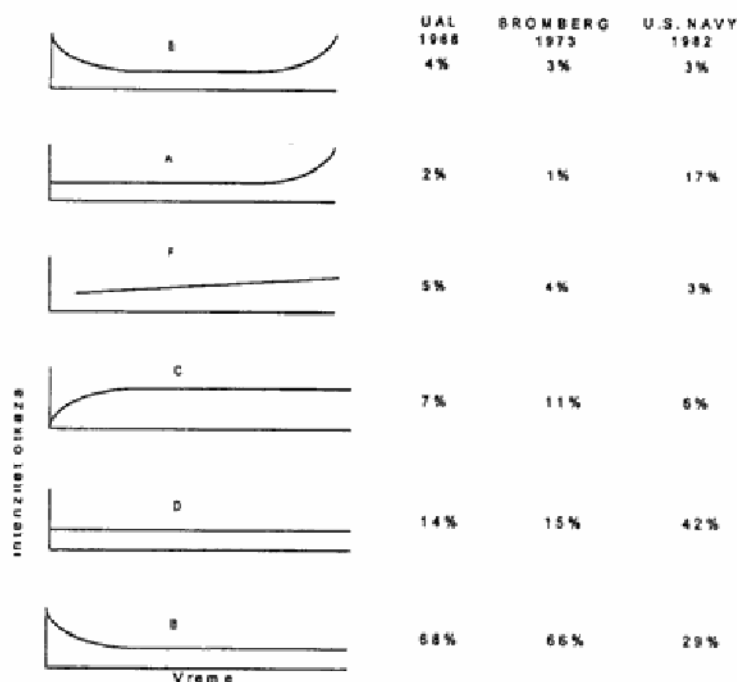
Karakter otkaza opreme i ciljevi održavanja

Istraživanja sprovedena u avio-industriji SAD šezdesetih, sedamdesetih i osamdesetih godina 20. veka (posebno u kompaniji United Airlines) dovela su do osnovnih rezultata na kojima se baziraju nove strategije održavanja, posebno RCM. Istraživanja koja su trajala četiri godine sprovedli su Nowlan i Heap [2]. Dokazano je da u praksi postoji 6 oblika krive intenziteta otkaza. Radilo se o elektonskim i mehaničkim komponentama. Oblici ovih krivih prikazani su na slici 3.

Kriva E je poznata „kriva kade“. Tako otkazuje 3 do 4% od svih delova (prema raznim autorima). Kriva A pokazuje da nema otkaza zbog „perioda ranih otkaza“. Tako otkazuje 1 do 17% od svih delova. Kriva F pokazuje postepeno povećanje intenziteta otkaza, i na njoj se ne mogu odrediti tri poznate zone. Tako otkazuje 3 do 5% od svih delova. Na krivoj C se vidi da delovi otkazuju sa povećanim prirastom kada su novi. Tako otkazuje 6 do 14% od svih delova. Delovi koji otkazuju sa konstantnim intenzitetom otkaza otkazuju po krivoj D. Tako otkazuje 14 do 42% od svih delova. Delovi koji otkazuju prema krivoj B pokazuju da nikada neće doći do njihovog zastarevanja ili istrošenja. Tako otkazuje 29 do 68% delova. Što je još značajno, oblike krivih E, A i F imali su jednostavniji delovi, dok su ostale oblike imale složene i kompleksne celine, kao što su hidraulični, električni i pneumatski sistemi za kontrolu i upravljanje.

Uočava se da su ovi rezultati u kontradikciji sa tradicionalnim postavkama teorije pouzdanosti. Oni ukazuju da postoji slabija veza između vremena korišćenja dela – sistema i intenziteta otkaza i da ona, svakako, nije pravilo po kojem se mogu donositi rešenja.

Analizom je lako uočiti da svega do 4% delova (kriva E) pripada onima na koje se može primeniti tradicionalni pristup. U najgorem slučaju, do 26% (neki autori tvrde da je to samo 11%) delova treba menjati zbog „starenja – trošenja“, u stvari preventivno (krive E, A i F), odnosno veliku većinu ne treba održavati preventivno. Oko 72% delova ima fenomen „ranih otkaza“, što nameće značaj održavanja u garantnom roku.



Sl. 3 – Oblici krive intenziteta otkaza

Može se zaključiti da većina delova – sistema ima konstantni intenzitet otkaza koji je slučajan po prirodi (u stvari, nepoznat je mehanizam nastanka otkaza) i vremenu nastanka. Najveći deo je i nepredvidiv i pored savremenih dijagnostičkih sredstava. Ukoliko neki deo otkazuje sa konstantnim intenzitetom, to znači da njegova zamena posle izvesnog perioda neće praktično doneti nikakvo poboljšanje, jer će on otkazivati i dalje sa istim intenzitetom, iako je nov. Ukoliko su zamene češće troškovi su veći. Za delove koji otkazuju po krivoj B i E (a njih je najviše – oko 72%), to je čak i dodatno kontraproduktivno, jer počinju od faze, „perioda ranih otkaza“, što povećava broj otkaza. Kada se na to doda da izvesni delovi ne prouzrokuju značajne posledice po funkcionisanje sistema, dolazi se do

podataka da svega oko 20% delova treba održavati preventivno. U ovim slučajevima jedini ispravan pristup jeste da se ne rade preventivne zamene (ili eventualno vrše samo preventivni pregledi), sem u tačno određenim slučajevima (za delove E, A i F), i to onim za koje se dokaže da su troškovi preventivne zamene manji od troškova iznenadnog zastoja zbog otkaza. Takođe, to znači da je potpuna eliminacija otkaza (tzv. koncept 0-otkaza) za sada nerealna.

Poseban problem jeste određivanje vremena preventivne zamene, jer je cilj da se deo ne zameni prerano, kako ne bi bilo dodatnih troškova (da se iskoristi tzv. rezerva pouzdanosti). Obično ne postoji dovoljno podataka da bi se odredilo kada neki deo ulazi u „treću fazu“ svog životnog veka (to zahteva stvaranje siste-

ma za prikupljanje i obradu podataka, odnosno još troškova). Tako se vremena zamene određuju manjom preciznošću i uz uzimanje određenog „stepena sigurnosti“, što praktično dovodi do skraćivanja perioda zamene, odnosno češćih zamena nego što su potrebne. Izvesne optimizacije mogu se postići primenom tzv. matematičkih modela održavanja, koji su komplikovani za širu praktičnu primenu.

Sledeći problem mogao bi se odrediti pitanjem: „Da li je cilj održavanja da otkloni mogućnost pojave svih otkaza (odnosno da preventivno utiče na pojavu svih mogućih otkaza)?“ Odgovor na ovo pitanje može se ilustrovati sledećim primerom prikazanim na slici 4. To je inače ekstremno tumačenje ciljeva strategije TPM ili želje rukovodstva da se funkcioniše sa 0-otkaza u toku eksploatacije (održavanje se dozvoljava u vreme kada oprema ne radi).

Razmatraju se tri identične nove pumpe koje se nalaze na različitim postrojenjima. Pumpa A radi samostalno, pumpe B i C rade u paru i to tako da pumpa B radi, a C se uključuje u trenutku kada otkaze B, odnosno kada se nala-

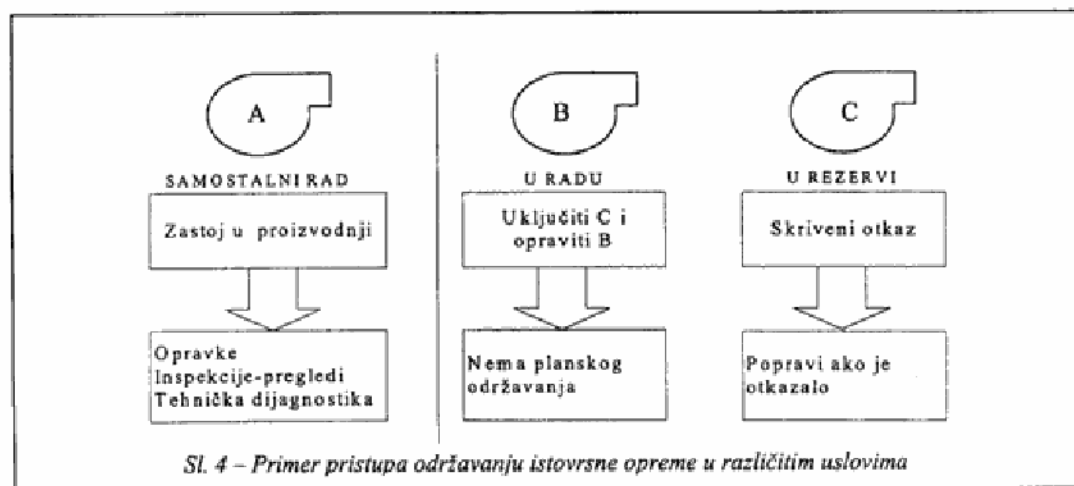
zi u rezervi. Ako se uzmu u obzir posledice koje otkaz svake od ovih pumpi ima po funkcionisanje šireg sistema, dolazi se do zaključka da će samo zastoj pumpe A izazvati zastoj u proizvodnji – funkcionisanju sistema (kao što je prikazano na slici). Zbog toga je tu pumpu potrebno održavati preventivno – planski, kako bi se smanjio broj njenih iznenadnih (neželjenih) otkaza. Druge dve pumpe ne zahtevaju preventivno održavanje, jer nema narušavanja funkcije šireg sistema.

Dakle, ako se u obzir uzme i funkcija koju neki od uređaja – opreme ima u širem sistemu, dolazi se do toga da neka oprema ne treba da se održava preventivno.

Pravi problem nije da se spreči pojava otkaza opreme, već kako da se izbegnu posledice koje taj otkaz izaziva u pojedinim slučajevima. Održavanje nije samo sebi cilj već je cilj otklanjanje štetnih posledica otkaza.

Svi otkazi, prema posledicama, mogli bi da se svrstaju u četiri grupe. To su:

- skriveni (ne utiče na funkciju – npr. pumpa C);
- operativni (gubitak radne sposobnosti – funkcije, npr. pumpa A);



– neoperativni (ne dovode do prestanka funkcije, npr. pumpa B);

– koji ugrožavaju bezbednost ljudi ili okoline.

Posledice otkaza iz prve tri grupe saniraju se ili umanjuju održavanjem, bilo korektivnim, bilo preventivnim. Posledice po bezbednost ljudi i okoline ne mogu se otkloniti samo održavanjem. Kao što je već naglašeno, 70 do 90% delova imaju konstantan intenzitet otkaza, tako da nikakve preventivne zamene neće umanjiti rizik od nastanka otkaza. U preostalom broju slučajeva klasično preventivno održavanje se podrazumeva. Ako, na primer, neki uređaj ima verovatnoću otkaza u zadatom periodu 1 u 1000 (0,999), i on otkazuje sa konstantnim intenzitetom otkaza, tu se ne može mnogo učiniti ukoliko je pristup usmeren samo na otklanjanje otkaza. Ukoliko se želi uticati na posledice otkaza, mora se pristupiti usavršavanju uređaja u konstrukcionom smislu. To podrazumeva npr. nov uređaj koji bi se sastojao od dva istovrsna paralelno vezana, prethodno spomenuta uređaja. Tada je verovatnoća otkaza 1 u 1 000 000, i još uvek nije nula, ali je veoma prihvatljiva.

Treba dodati da postoji i oprema koja je unapred projektovana da se koristi po principu „upotrebi i baci“, „upotrebi i zameni“, itd. za koju sigurno ne treba predviđati preventivno održavanje.

Tradicionalne strategije održavanja

Tradicionalne strategije održavanja su korektivno, preventivno i kombinovano održavanje, pri čemu kombinovano predstavlja kombinaciju prethodna dva.

Korektivno održavanje predstavlja potpuno reaktivnu strategiju koja se zasniva na stavu da kada se nešto pokvari tek ga tada treba opravljati.

Preventivno – plansko održavanje u svom osnovnom obliku znači zamenu delova pre nego što otkazu. Uglavnom se vrši po fiksnom vremenskom intervalu. Oprema se zaustavlja, rasklapa, pregleda i vrše se planirane i potrebne zamene. Određeno preventivno održavanje uvek je neophodno. Na primer, zakonskim odredbama regulisani su pregledi automobila, sudova pod pritiskom, merne opreme, itd. Ovakvo održavanje može biti veoma skupo, jer oprema 95% vremena radi ispravno.

Savremene strategije održavanja

Održavanje prema pouzdanosti¹ (RCM)

Kasnih šezdesetih godina 20. veka započela je era džambo-džetova, a prvi je bio Boeing 747. Ni jedan avion ne može biti prodat ukoliko nema specificiran program održavanja. Boeing 747 imao je tri puta više mesta za putnike nego prethodni 707, kao i nova rešenja u motorima, strukturi, avionici itd., i ako bi se primenilo klasično preventivno održavanje prema sertifikaciji FAA, ono bi bilo toliko obimno da ekonomska eksploatacija aviona ne bi bila moguća. To je uslovilo da kompanija United Airlines započne program redefinisavanja dotadašnje strategije održavanja (rezultati istraživanja prikazani su na slici 3) što je dovelo do nastanka novog pristupa poznatijeg kao

¹ Pojam je preveo profesor dr Jovan Todorović [5].

RCM, ali tek pošto ga je zvanično usvojilo ministarstvo odbrane SAD. Cilj se sastojao u racionalizaciji održavanja, s tim da se ne ugrozi bezbednost i funkcionisanje vazduhoplova. Primena ovog koncepta u vojne svrhe ostvarena je 1972. godine pri razvoju aviona P-3 i S-3, kao i 1974. pri razvoju Fantoma F-4. Ministarstvo odbrane SAD 1975. godine izdaje direktivu za obaveznu primenu ovog koncepta. Pilot-program njegove primene počinje 1983. godine u nuklearnim elektranama, a devedesetih započinje primena ovog koncepta i u drugim granama privrede. Poznate su primene u Electricite de France (EDF), termoelektranama u SAD (Westinghouse, Florida Power itd.), na evropskim železnicama, u brodskim kompanijama, itd. U tabeli 1 prikazan je kratak istorijat razvoja ovog koncepta.

Tabela 1
Istorijat razvoja koncepta RCM

Pedesete godine	Za tradicionalne pristupe održavanju utvrdilo se da su neadekvatni za savremene vazduhoplove;
Šezdesete	Program pouzdanosti vazduhoplovne industrije; Društvo za održavanje u proizvodnji;
Sedamdesete	Primena na Boingu 747, DC-10 i L-1011;
Osamdesete	Primena RCM u United Airlines i na avionima B-757 i B-767;
Devedesete	Primena RCM u nuklearnim elektranama; Primena RCM u različitim industrijskim granama; Uključivanje zaštite okoline u RCM programe.

Poznato je da istorijski podaci o održavanju ne pružaju dovoljno potrebnih informacija, pa se naglasak mora staviti na eksperte koji poznaju opremu. Održavanje prema pouzdanosti moraju sprovoditi eksperti za korišćenje, održa-

vanje, ali i projektovanje tehničkih sredstava, a rad mora biti timski.

U primeni ovog koncepta započinje se od stava da nije sva oprema jednako važna. Da bi se nešto nazvalo RCM, taj program mora dati odgovor na sledećih 7 pitanja, prema standardu SAE JA 1011:

1. Koje funkcije obavlja pojedino tehničko sredstvo – oprema, i koji su parametri – standardi za određivanje njegovog uspešnog funkcionisanja u kontekstu konkretnih radnih uslova?

2. Koji su mogući funkcionalni otkazi (oni koji su se već dogodili u prošlosti, oni koji se nisu dogodili, ali imali bi značajne posledice, i oni na koje se već, u praksi, deluje preventivno)?

3. Koji su uzroci funkcionalnih otkaza (npr. tvrdi se da je oko 30% posledica ljudskog faktora)?

4. Koji su efekti pojedinih otkaza?

5. Kako nastaje, šta je suština i kako se manifestuje pojedini otkaz?

6. Šta se mora uraditi da bi se preventivno otklonio svaki otkaz, i sa kolikom učestanošću to treba činiti?

7. Šta treba uraditi ako se ne može odrediti odgovarajuća preventivna akcija?

Analiziraju se svi mogući otkazi, čak i oni koji nikada nisu nastali u poznatoj praksi (zbog toga je proces duži), zbog toga što se smatra da postojeća praksa u održavanju može biti neadekvatna. Pri analizi funkcija, analiza se usmerava prema onim funkcijama koje su nužne za konkretnu praksu korisnika, a ne na sve moguće.

Radnje preventivnog održavanja, koje se određuju za pojedine delove, dele se na određene grupe. To su:

- periodični funkcionalni testovi;
- utvrđivanje stanja;

– planska zamena – „tačno utvrđeno vreme do otkaza“;

– planska zamena – „nesigurno utvrđeno vreme do otkaza“.

Neki principi koji se koriste pri primeni RCM su:

– otkaz je nezadovoljavajuće stanje opreme, a održavanje treba preventivno da otkloni ove pojave, posebno ukoliko one narastaju;

– posledice otkaza determinišu prioritet u održavanju;

– dupliranje opreme (redundanca) treba da bude eliminisano gde god je to moguće;

– održavanje prema stanju ili prediktivno održavanje uvek ima prednost pred tradicionalnim zamenama po fiksnom vremenskom intervalu;

– neprimenjivanje preventivnog održavanja prihvatljivo je ukoliko ne izaziva neprihvatljive posledice ili ukoliko

se ne isplati (troškovi održavanja su veći od troškova zastoja).

Primena RCM sastoji se u sprovođenju 7 logičkih koraka koji su prikazani na slici 5, što znači da je to, u suštini, jedan iterativan proces.

Ukratko, primenom RCM postiže se sledeće:

– očuvanje funkcija TS;

– identifikacija otkaza koji su ključni za funkcionisanje TS;

– određivanje prioriteta u sprovođenju akcija održavanja;

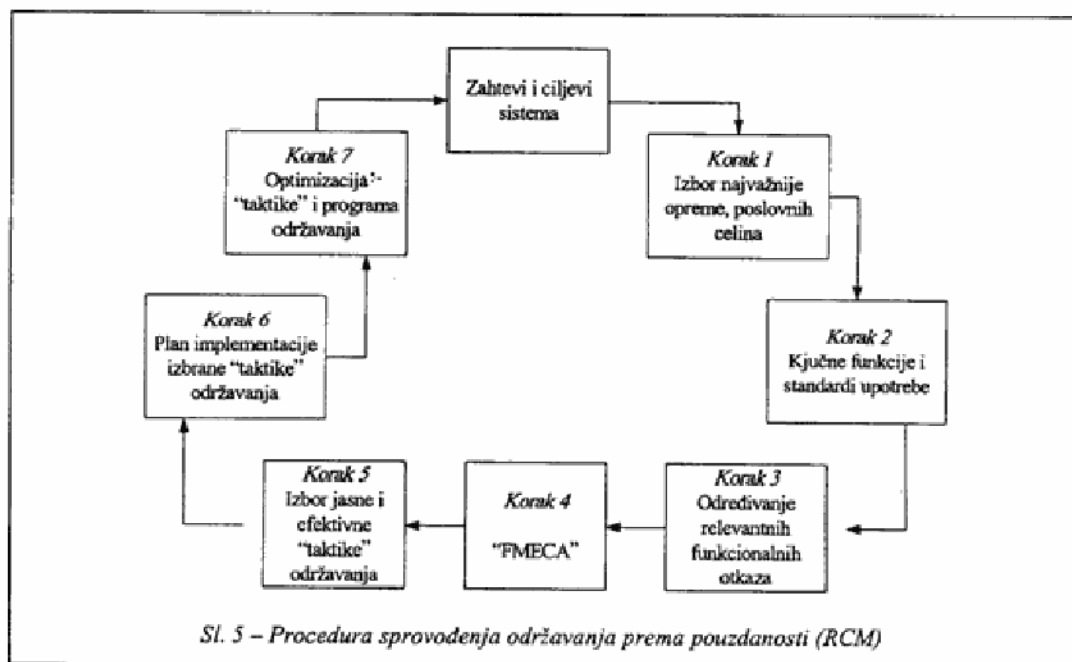
– izbor samo onih preventivnih akcija održavanja koje su moguće i efektivne;

– optimizacija zahteva za održavanje i povećanje pouzdanosti TS.

Suština primene RCM je u:

– efektivnom rešavanju svakog otkaza koji se razmatra pojedinačno;

– poboljšanju produktivnosti u održavanju, usmereno ka proaktivnom i planskom delovanju;



Sl. 5 – Procedura sprovođenja održavanja prema pouzdanosti (RCM)

– eliminaciji nepotrebnih preventivnih radnji;

– produžavanju intervala između preventivnih zamena i zastoja TS zbog održavanja;

– osiguranju aktivne podrške u kooperaciji između personala u funkcijama održavanja, proizvodnje, upravljanja materijalom, tehničko-razvojne funkcije, itd.

Na ovaj način praktično se prevazilaze nedostaci tradicionalnog pristupa, i postižu značajni efekti, kao što je prikazano na slici 6.

Rezultati postignuti primenom ove strategije, u različitim slučajevima, mogli bi se odrediti kao [1]:

– smanjenje broja radnih časova za preventivno održavanje za 87%;

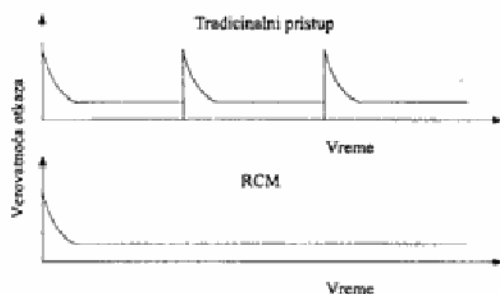
– smanjenje ukupnog broja radnih časova za održavanje do 29%;

– smanjenje troškova materijala za održavanje do 64%;

– povećanje raspoloživosti opreme do 15%;

– povećanje pouzdanosti opreme do 100%.

Rezultati su ograničeni konstrukcionim rešenjima opreme i uslovima njenog funkcionisanja. Zbog toga se glavni pritisak, posebno u vodećim industrijskim granama, vraća u smeru projektanata TS.



Sl. 6 – Suština promene pristupa održavanju

Poznato je da se investicije u RCM vraćaju za 3 do 6 meseci, eventualno godinu dana. Smanjuje se broj zahteva za održavanje 25 do 40%, ali, za njegovu primenu treba 2 do 6 godina. To je potrebno zato što su procedure analize, posebno FMECA vrlo komplikovane, pa time i dugotrajne.

Kritičari primene ove strategije ističu da je ona namenjena za projektovanje TS, i da su joj ograničene mogućnosti za TS koja se već eksploatišu. Neki smatraju da je njena primena prekomplikovana i duga, posebno kada se do detalja razrađuje FMECA. Pošto RCM ne uzima u obzir planirane i planske zastoje TS, smatra se da je pogodna samo za komplikovane i složene TS.

Totalno produktivno održavanje (TPM)

U okrilju japanske auto industrije sedamdesetih godina 20. veka (Nippon Denso, Toyota) nastalo je TPM. U početku se pretpostavljalo da japanska proizvodna filozofija (kako se to kod nas naziva) obuhvata totalnu kontrolu kvaliteta (TQM), Just in Time ili „u pravo vreme“ (JIT) i totalno učešće zaposlenih (TEI). Prva publikacija na engleskom jeziku koja razmatra TPM pojavila se 1988. godine, a njen autor je Seiichi Nakajama. Prvi simpozijum na ovu temu u SAD održan je 1990. godine, kada je postalo jasno da je to ona karika koja nedostaje i bez koje je teško sprovesti prethodne pristupe menadžmentu.

Nekada je bilo uobičajeno da se između mašina u proizvodnji nalaze određene količine materijala („bafer“ zalihe) koji čeka na obradu ili je njegova obrada

završena. Ukoliko bi otkazala neka mašina, u ovim uslovima, to ne bi imalo velike posledice po funkcionisanje ostalih, jer im je na raspolaganju uvek bilo dovoljno elemenata koje treba obraditi. Zadatak održavanja u tim uslovima bio je da održi raspoloživost pojedinačnih komada opreme na zadovoljavajućem nivou, npr. 90% u zadatom periodu. Svaki primerak opreme zasebno je tretiran u tim uslovima, a raspoloživost ukupnog proizvodnog procesa bila je jednaka raspoloživosti pojedinačnih elemenata opreme, npr. 90%. Ukoliko bi neka od mašina prouzrokovala grešku i smanjenje kvaliteta proizvoda, to bi bilo lako primećeno i delovalo bi se na pojedinačni komad opreme.

Uvođenje JIT koncepta imalo je za cilj da se oslobodi deo kapitala uložen u velike „bafer“ zalihe (među skladišta) u procesu proizvodnje. To se postizalo tako što su tačno planirana vremena isporuke robe na pojedina mesta, u vreme kada se ona mogla primiti i obraditi (od ulaza do izlaza iz procesa proizvodnje), što je rezultiralo praktičnim nestankom ili smanjenjem „bafer“ zaliha, a tok materijala od ulaza do izlaza se ubrzao.

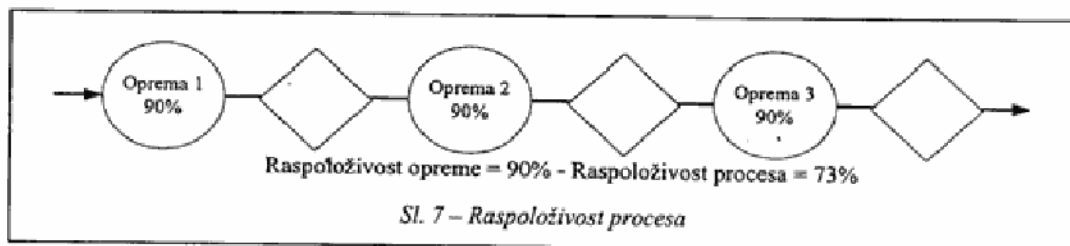
Primena koncepta TQM dodatno je smanjila potrebe za doradom i ubrzala tok materijala.

Prethodno je došlo do promena uslova delovanja za svaki komad opreme (TS). Sada je svaki pojedinačni komad

opreme (TS) znatno uticao na celokupan proces proizvodnje. Zastoj jednog uzrokovao je zastoj celog procesa, odnosno formirala se međuzavisnost. Tako da, ako se i dalje zahtevala raspoloživost svakog komada opreme od 90%, proces je imao daleko manju raspoloživost, jer se sastojao od grupe redno vezanih (zavisnih) komada opreme. To je ilustrovano primerom procesa sa tri komada opreme na slici 7. Ukupna raspoloživost takvog procesa je 73% za slučaj da svaki komad opreme (TS) ima raspoloživost 90% ($90\% \times 90\% \times 90\% = 73\%$).

Pritisak menadžmenta preneo se na službu održavanja od koje se zahtevalo da poveća raspoloživost celokupnog procesa. Iz perspektive službe održavanja ona je dobro radila, ali su se zahtevi povećali, pa je to uslovalo sukobe na liniji proizvodnja–održavanje. Tražila se nekadašnja raspoloživost procesa, što je podrazumevalo znatno povećanje napora službe održavanja i brže delovanje. Da bi raspoloživost procesa bila ranijih 90%, raspoloživost pojedinog komada opreme (TS) morala je da poraste preko 95%.

Tradicionalni prilaz službe održavanja bio je da se traži prihvatljiv odnos između raspoloživosti/pouzdanosti i troškova. Povećanje raspoloživosti/pouzdanosti, prema tome, zahteva povećanje troškova, a to nije mera koja snižava troškove proizvodnje već ih, naprotiv, povećava.



Rešenje je nađeno u primeni filozofije TQM koja, umesto na završnu kontrolu, stavlja težište na otklanjanje uzroka grešaka na mestima gde se one javljaju. To znači da svi zaposleni moraju biti uključeni u ovaj proces, kako bi se problemi uočili u najranijem stadijumu. Tako se prevazilazi i problem povećanja kontrolne službe, odnosno troškovi se ne povećavaju znatno. Podrazumeva se da se zaposleni dodatno obuče i motivišu za obavljanje poslova identifikacije problema i kontrole kvaliteta. Služba kontrole kvaliteta se u tim uslovima može koncentrisati na značajnije poslove koji traže specijalistička znanja, kao što su unapređenja procesa kontrole ili otklanjanje grešaka u procesu. Pokazalo se da ovakav pristup ne samo da ne povećava troškove, već ih značajno smanjuje.

Ova filozofija primenjena je i na službu održavanja. Svaki zaposleni angažovan je na prevenciji i otklanjanju otkaza u okvirima svojih mogućnosti i znanja. Cilj je da se traže uzroci otkaza. Ne čeka se da oprema otkaze da bi se intervenisalo, već se intervencije rade preventivno i to u što je moguće ranijoj fazi nastanka otkaza, kako bi se smanjile posledice i količina potrebnog rada na otklanjanju otkaza.

Od samog početka primene TPM rezultati su bili značajni. Povećana je raspoloživost procesa i smanjeni su troškovi održavanja. Do osamdesetih završena je prva faza primene ove strategije, a kasnih osamdesetih shvatilo se da dalja primena ove strategije nije moguća zbog značajnih manjkavosti u planiranju proizvodnje. Naredna faza primene nazvana je Total Proces Management i usmerena je na celokupan proces proizvodnje. Danas se ulazi u treću fazu primene ovog kon-

cepta nazvanu Total Productive Manufacturing, koja obuhvata eliminaciju gubitaka u četiri glavna područja (Ms): čovek, mašine, metode i materijal (ili 10 detaljnijih područja). Suština je u postepenom, ali konstantnom napredovanju u efektivnom i efikasnom izvršavanju poslova i smanjivanju troškova.

Osnovna mera za uspešnost primene TPM je tzv. ukupna efektivnost opreme (Overall Equipment Effectiveness – OEE) koja predstavlja proizvod raspoloživosti, performansi ili iskorišćenja opreme i nivoa kvaliteta, što se donekle razlikuje od tradicionalnog shvatanja efektivnosti opreme, iskazane kao proizvod raspoloživosti, pouzdanosti i funkcionalne podobnosti.

Osnovna tehnika koja se primenjuje u traženju izvorišta ili uzroka grešaka – otkaza je metodologija istraživanja uzroka otkaza (Root Cause Analysis – RCA), što bi se moglo tumačiti kao traženje uzroka (korena) otkaza, jer se smatra da jedan problem ima više uzroka, što bi se simbolično moglo prikazati kao koren stabla.

RCA bi se moglo odrediti kao sredstvo za sistematsko eliminisanje ponavljanja neželjenih događaja. Namenjeno je smanjenju troškova i poboljšanju produktivnosti kroz eliminaciju otkaza i problema. Smatra se da, u opštem slučaju, 20% ili manje otkaza uzrokuje 80% i više gubitaka. Smatra se da ako se otkazi ne pojavljuju nema potrebe da se istražuju. Uloženi novac u ovu aktivnost vraća se u rasponu od 600 do 1000% [6]. Što je najvažnije, menja se i odnos i ponašanje ljudi u organizaciji tako što se povećava motivacija i zainteresovanost personala da se sistem unapredi.

Problemi pri implementaciji RCA prvenstveno su „političke“ prirode. Dobra je da osobe koje su učestvovala u analizi RCA i predlagale rešenja budu zadužene za njihovu implementaciju.

Istražuje se, dakle, osnovni uzrok nekog otkaza. Dosadašnji pristup bio je usmeren na sanaciju otkaza, a ne na istraživanje uzroka. Smatra se da otkazu u radu mašine prethodi period postepenog narušavanja funkcije, što se obično ogleda u povećanju nivoa šuma, vibracija, zagrevanju, pojavi dima, itd. Što se kasnije nešto preduzme posledice otkaza su teže, a ubrzava se nastanak otkaza. Poznato je da je ubrzavanje nastanka nekog otkaza obično posledica: nepodmazivanja, lošeg maziva, zastarelosti maziva, zagađenja maziva, nedostatka vazduha pod pritiskom, nedostatka drugih eksploatacionih tečnosti i nečistoća.

Poznato je da uzrok otkaza mašinskih sistema u 30% slučajeva treba tražiti u nečistoći, a da npr. 30% pneumatika otkaze zbog neodgovarajućeg pritiska. Eliminacija ovih uzroka otkaza naziva se „Stvaranje osnovnih uslova za rad opreme“.

Na primer, podaci iz 30-godišnje eksploatacije neke opreme govore da jedan njen deo otkazuje prosečno na 12 meseci. U većini slučajeva radi se o normalnoj raspodeli vremena do otkaza, gde je srednja vrednost (matematičko očekivanje) 12 meseci. Šta ukoliko je standardna devijacija 2 meseca? To znači da se prva pojava otkaza može očekivati za 6 meseci, a polovina otkaza će se desiti do 12 meseci (3 sigma). Kako onda odrediti kada vršiti zamenu dela? Ukoliko se deo menja svakih 12 meseci, još uvek

postoji polovina otkaza koji će nastati pre tog vremena. Može se odlučiti da se deo menja i svakih 6 meseci, time će se praktično eliminisati pojava otkaza, ali će se višestruko povećati troškovi održavanja. Ukoliko se radi o eksponencijalnoj raspodeli vremena do otkaza situacija je još gora. Rešenje se nudi u primeni TPM u vidu:

- shvatanja uzroka koji dovode do varijacija u vremenu otkaza;
- redukovanja varijacije na minimum (prvi korak je kroz tzv. „Stvaranje osnovnih uslova za rad opreme (TS)“);
- sagledavanja mogućnosti unapređenja konstrukcije TS i održavanja.

Istraživanja u konkretnim uslovima (DuPont Chemicals, Suzuki i Japanese Institut of Plant Maintenance ...) govore da se samo „Stvaranjem osnovnih uslova za rad opreme“ varijacija smanjuje za 80%. Na osnovu ovih rezultata tvrdi se da nikakvo preventivno održavanje ne treba optimizirati ukoliko se prvo ne stvore osnovni uslovi za rad opreme [6].

Da bi se uvelo TPM potrebno je da program podrži najviše rukovodstvo, da se uključe svi zaposleni, kako bi se prikupile adekvatne ideje, i da proces mora biti koncipiran kao dugoročni. Velike prednosti imaju kompanije koje su prethodno uvele TQM ili neke druge programe kvaliteta. Za uvođenje TPM potrebno je formirati tim na čelu sa posebnim koordinatorom, a mora se sastojati od predstavnika najvišeg rukovodstva, inženjera, održavaoca, planera, korisnika, itd. Poseban kvalitet daje javnost rada i publicitet koji se daje programu uvođenja strategije. Neophodno je i intenzivno kursiranje svih učesnika programa.

Odlične rezultate [6] pokazala je praksa specijalizacije održavaoca za jednu vrstu opreme, ili za grupu opreme, na jednom mestu eksploatacije – lokaciji. Održavaoci se saživljavaju sa opremom, upoznaju je do detalja, uče i potrebno im je manje vremena i napora za njeno održavanje. Ukoliko je obuka vezana za rad na svim delovima opreme koju održavaju (višestruka specijalizacija, tzv. multi-skilled) ovakva radna snaga postaje i daleko fleksibilnija.

To važi i za korisnike TS koji tada više vode računa o TS i mogu se šire uključiti u održavanje TS koji su im dati na korišćenje. Proces se sprovodi posebno kroz stvaranje osnovnih uslova za rad TS, ranu signalizaciju da se nešto neuobičajeno događa, identifikaciju osnovnih uzroka otkaza, tačno iskazivanje manifestacije otkaza i jednostavnije opravke. Korisnici postaju praktično odgovorni za OEE, i preko tog pokazatelja može se meriti i njihov uspeh u poslu (ne samo preko ispunjenja norme). Ovaj pristup naziva se Operator Equipment Management. Mogućnosti primene koncepta TPM tada postaju veće.

Uvođenje TPM, nažalost, zahteva puno vremena i uloženog rada. Na početku potrebno je formirati posebne timove za uvođenje ove strategije, a zatim aktivnosti raširiti na celu organizaciju. Prvi efekti osećaju se već posle 6 meseci, dok puna implementacija traje više godina. Velike uspehe koncept je postigao pri primeni u kompanijama kao što su Ford, Kodak, Harley Davidson, Texas Instruments. Investicije se vraćaju za najmanje oko 3 puta. Proizvodnja se u nekim slučajevima povećava i do 80%, a zastoj zbog održavanja skraćuje se i preko 50% [6].

Održavanje prema stanju (CBM)

Održavanje prema stanju (Condition Based Maintenance – CBM) može se smatrati samostalnom strategijom.

Ovaj pristup održavanju razvio se sa pojavom opreme za tehničku dijagnostiku. Značajni rezultati postignuti su u detekciji otkaza upotrebom metoda za merenje vibracije, temperature, ultrazvukom, rentgenskim snimanjima, analizom stanja ulja, itd. Primenom sredstava tehničke dijagnostike moguće je detektovati pojavu otkaza u ranoj fazi i/ili bez potrebnih rastavljanja i zaustavljanja TS izvršiti dijagnostiku. Na taj način moguće je tzv. iskorišćenje „rezerve pouzdanosti“ delova, odnosno da se oni duže koriste nego kada je njihova zamena predviđena po fiksnom periodu, odnosno da se zamene vrše prema konkretnom stanju delova. To, uz mogućnost da se inspekcije – pregledi opreme izvrše bez njenog zastoja, donosi značajne uštede.

Primena opreme za tehničku dijagnostiku korisna je samo ako delovi daju „signal“ da može doći do otkaza. Mnoga od ovih sredstava nisu potpuno pouzdana ili ne pružaju informaciju o tome koliko deo još može raditi do otkaza. Zbog toga se pod CBM ne podrazumeva samo upotreba opreme za tehničku dijagnostiku, već i korišćenje specijalnih softvera kojima se određuje stanje opreme, uz korišćenje podataka sa periodičnih pregleda, testova, od drugih akcija održavanja i statističkih podataka o otkazima, kako bi se na osnovu prediktivnih matematičkih modela odredilo vreme za zamenu nekog dela. To praktično predstavlja posebnu strategiju održavanja – prediktivno održavanje.

Pristup CBM daje mnogo veće efekte kao sastavni element strategija RCM i TPM, koje podrazumevaju i naglašavaju njegovu primenu. U okviru ovih strategija postiže se veći efekat, jer su one namenjene optimizaciji celokupnog održavanja, posebno obima akcija održavanja, a ne samo detekciji otkaza, kao što je CBM u svom osnovnom obliku.

Efektivnost ovog pristupa može se ilustrovati podacima iz tabele 2. Kao što se vidi, u današnje vreme je održavanjem prema stanju i prediktivnim održavanjem obuhvaćeno 91% delova.

Ranije se upravljanje održavanjem fokusiralo na planiranje, raspoređivanje i izvršenje poslova održavanja. U tome je od velike pomoći CMMS (Computrised Maintenance Management System) informacioni sistem za upravljanje održavanjem. Ovaj pristup omogućava precizno određenje KAKO se posao održavanja obavlja, i delimično odgovara na pitanja KOJE su potrebe za održavanjem i

KADA ih treba izvršiti. Da bi se precizno odredilo KOJE su potrebne radnje održavanja i KADA se one moraju izvršiti potrebno je stvoriti informacionu vezu između sistema za praćenje stanja TS (pregledi, dijagnostika, otkazi, ...) i sistema za prikupljanje i obradu podataka i pretvoriti je u informacije. Najveći problem u primeni CBM, predstavlja efektivni menadžment u povezivanju iskorišćenja podataka sa organizacijom koja treba da izvrši poslove održavanja.

Proces CBM može se ilustrovati kao na slici 8.

Ovaj pristup zahteva stvaranje specifičnog, u odnosu na klasični CMMS, naprednog automatizovanog informacionog sistema i sistema za podršku odlučivanju. Time se omogućava proaktivni umesto reaktivni pristup održavanju. Osnova za to je stvaranje baze podataka koja uključuje podatke sa pregleda, testova, dijagnostike, upozorenja i sumnje korisnika, kao i istorijske podatke o otkazima. Poželjno je da se ovaj automatizovani sistem poveže, ili bude deo integrisanog sistema za upravljanje celokupnom organizacijom.

Jedan od prvih koraka u stvaranju ovakvog sistema jeste omogućavanje da se podaci dobiju u elektronskom obliku. Neke od mogućnosti su korišćenje CMMS i Automated Data Collection (ADC) tehnologija, Digital System Processing, barkodova, itd. Tehnologija ADC je uključena u današnje prenosne merno-dijagnostičke uređaje. Tvrdi se da se njenom primenom povećava produktivnost za 15%, i gotovo da nema greške u prenosu i interpretaciji merenih rezultata [7].

Tabela 2
Udeo komponenti u procesima održavanja

Procesi održavanja	Raspodela komponenti		
	1964.	1969.	1987.
Zamena po fiksnom vremenu	58%	31%	9%
Zamena prema stanju određenom na pregledu – inspekciji	40%	37%	40%
Zamena prema stanju određenom praćenjem	2%	32%	51%

Zamena po fiksnom vremenu² – smatra se da se deo zamenjuje pre tačno određenog vremena.

Zamena prema stanju određenom na pregledu – inspekciji – rade se periodične inspekcije (sa i bez specijalne dijagnostičke opreme) da se odredi stanje delova koji se zamenjuju prema njihovom konkretnom stanju.

Zamena prema stanju određenom praćenjem – sakupljaju se i analiziraju podaci o delovima. Potreba za održavanjem određuje se na osnovu modela za predikciju otkaza i nema, strogo uzevši, preventivni karakter, je dopušta mogućnost otkaza.

² Definicije prema: World Airlines Technical Operations Glossary – march 1981.

INFORMACIJE

- automatsko alarmiranje - upozoravanje;
- statističke analize i analize trendova;
- integracija podataka;
- određivanje uzroka otkaza;
- Cost/Benefit analiza;
- preporuke za održavanje.



PRIKUPLJANJE PODATAKA

- prediktivni i podaci iz dijagnostike;
- inspekcije-pregledi;
- testiranje, pokazatelji funkcionisanja;
- On-line monitoring.

AKCIJA

- lansiranje radnih naloga;
- prioriteti korektivnih akcija;
- izveštaji o održavanju;
- RCA (Root Cause Failure Analysis);
- usavršavanje programa održavanja.

Sl. 8 - Proces održavanja prema stanju (CBM)

Međutim, ovde se javlja problem da različiti isporučioi opreme za dijagnostiku imaju različita rešenja baza podataka i njihovog formata, tako da su povezivanja sa drugom opremom u jedinstvenu celinu često nemoguća. Zbog toga se najčešće koriste rešenja ODBC (Open Database Connectivity Drivers) i MIMOSA (Machinery Information Management Open System Alliance).

Sledeći važan korak je u stvaranju modela za predikciju otkaza. Za ovaj posao većina današnjih organizacija nema odgovarajuća stručna znanja. Mogućnosti su u korišćenju potencijala određenih stručnih organizacija ili softverskih kuća koje nude tzv. Application Service Providers (ASP), tj. obrađuju podatke za korisnika i predlažu odluke.

Važan korak je prilagođavanje organizacione strukture, tako da potrebne podatke i informacije dobiju oni koji su nadležni da donose odluke i sprovode akcije. Danas se u ovom poslu često koriste LAN i WAN (lokalne i globalne) računarske mrežne tehnologije.

Prediktivno održavanje

Prediktivno održavanje podrazumeva korišćenje prediktivnih mogućnosti, kako onih iz arsenala CBM, tako i matematičkih i drugih modela za predikciju otkaza.

Sušтина se može shvatiti ako se uoči razlika između prediktivnog održavanja i održavanja prema stanju. Nešto se održava prema stanju kada se stanje utvrđuje dijagnostičkom opremom, a glavno je da se vodi računa o tome koliko se neka veličina, koja se meri, približila unapred određenoj kritičnoj granici. Predikcija je predviđanje vremena nastanka otkaza uz korišćenje matematičkih i drugih aparata za predviđanje trenda, procenu vremena otkaza, statističku analizu postojećih podataka u memoriji, relativnu komparaciju podataka, prepoznavanje pravaca razvoja oštećenja, itd. Prema tome, održavanje prema stanju je stariji pristup, gde se koriste dijagnostički aparati pojedinačno. Kasnije su nastale proaktivne strategije, sistemski pristup, računari, veštačka inte-

ligencija i ostalo što se koristi u predviđanju otkaza.

„Ubrzane“ strategije održavanja

Ove metode nastale su kao mogući odgovor na nedostatke osnovnih strategija održavanja, posebno RCM.

Cost Minimisation Alghorithm Program namenjen je za efikasno i tačnije određivanje intervala preventivnog održavanja, što je nedostatak RCM. Zasnovan je na statističkim podacima i troškovima.

Preventive maintenance optimisation (PMO) je praktično veoma primenljiva procedura zasnovana na RCM, ali za svoje sprovođenje traži mnogo kraće vreme (3 do 6 meseci, a 6 puta je brže od RCM), jer vrši određena pojednostavljenja RCM metodologije [8]. Sastoji se u sprovođenju procedure u sledećih 9 koraka:

1. Određivanje ukupnog zadatka preventivnog održavanja (uključujući prioritete). Vršiti se kompilacija akcija održavanja, odnosno skupljanje i dokumentovanje postojećeg programa održavanja (formalnog i neformalnog);

2. Analiza otkaza (onih koje postojeći sistem otklanja);

3. Racionalizacija otkaza i revizija da li su obuhvaćeni svi relevantni otkazi;

4. Funkcionalna analiza TS (po potrebi);

5. Analiza posledica;

6. Određivanje politike održavanja;

7. Grupisanje i pregled;

8. Prihvatanje i implementacija;

9. Funkcionisanje programa.

Cilj procedure je da se:

- racionalizuju sve preventivne radnje održavanja, tako da su svrsishodne i

da su isplative (da ne koštaju više od zastoja opreme), kao i periodičnost njihovog izvođenja;

- eliminišu dupliranje radova koje sprovode različite organizacione celine na istim TS;

- što više uključi oprema koja će omogućiti održavanje prema stanju;

- dodaju one radnje preventivnog održavanja koje će ekonomično otkloniti pojavu zastoja koji su se javljali u proteklom periodu (time se ujedno povećava pouzdanost TS);

- podeli rad na održavanju između korisnika i održavaoca.

Ovaj pristup imao je velike uspehe u 12 australijskih kompanija. Danas se u svetu vodi velika stručna rasprava o tome šta je efikasnije i efektivnije da se primeni – RCM ili PMO.

Statističke metode održavanja su zasnovane na standardu MIL STD 2173 i pretpostavci da su rezultati pregleda opreme 100% efektivni (što nije baš slučaj). Cilj je da se odrede najniži troškovi održavanja. Ove metode uzimaju Weibulovu analizu za polaznu osnovu, ali se često zaboravlja loš kvalitet ulaznih podataka.

Američka vojska i mornarica koriste još neke ubrzane strategije, u osnovi zasnovane na RCM, kao što su: „streamlined RCM“, „backfit RCM“ ili „RCM in reverse“.

Strategije održavanja u budućnosti

Tačno održavanje (Precision Approach) predstavlja futuristički koncept [9]. Postavlja se pitanje zašto se neki otkaz ponovo desio i kako eliminisati njegovu pojavu? Kada se otkloni uzrok

pojave otkaza nema potrebe za održavanjem, zbog činjenice da samo oko 11% delova otkazuje zbog trošenja.

Totalno preventivno održavanje zastupa ideju da bi idealno bilo da se sistemi sami opravljaju, što je u malom obimu postignuto na kosmičkim sistemima. U današnjoj praksi to nije relevantna strategija.

Zaključak

Strategija RCM prvenstveno služi za potrebe projektovanja TS, ali se može koristiti i u slučajevima postojećih TS, dok je TPM veoma koristan u stvaranju osnovnih uslova za rad TS i uključivanju korisnika u proces održavanja. Jedna strategija dopunjuje drugu. Takođe, TPM omogućava smanjenje varijacija u vremenu otkaza TS, a prema toj strategiji smatra se da ne može samo održavanje da poboljša pouzdanost, već se problem posmatra i sa aspekta korisnika i načina korišćenja TS. Strategija TPM podrazumeva učešće svih zaposlenih u održavanju, za razliku od RCM koji se fokusira prvenstveno na službu održavanja, mada ipak zahteva uključivanje dela zaposlenih.

„Skracene“ strategije daju mogućnost da se neki dugotrajni postupci RCM skrate, ali se postavlja pitanje kvaliteta rešenja. Pri tome je osnovno pravilo da

ni jednu preventivnu akciju održavanja ne treba preduzimati ukoliko ona ne košta manje od troškova zastoja.

Bitno je uočiti i redosled kojim treba započeti proces usavršavanja sistema održavanja. U domenu strategija ne treba izgubiti iz vida da je svaki sistem održavanja specifičan, i da zahteva posebna rešenja. Zbog toga se danas sve više teži kombinovanju postojećih strategija održavanja i drugih metoda radi iskorišćenja njihovih prednosti i smanjivanja nedostataka, kako bi se dobili adekvatni i u konkretnoj praksi primenljivi rezultati, što podrazumeva da takav put treba tražiti i u našem vojnom sistemu održavanja.

Literatura:

- [1] Sandy Dunn: Re-inventing the Maintenance Process, Queensland Maintenance Conference, 1998.
- [2] Nowlan, F. S.; Heap, H.: Reliability-Centred Maintenance, National Technical Information Service, US Department of Commerce, Springfield, Virginia, 1978.
- [3] Anthony, M.; Smith, P. E.: Reliability-Centred Maintenance, reliability_centred_maintenance01.htm
- [4] Steve Turner: PM Optimisation (Maintenance Analysis of the Future), www.pmoptimisation.com
- [5] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema. Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd 1993.
- [6] Ross Kennedy: Examining the Processes of RCM and TPM, Plant Maintenance Resource Center, 2002.
- [7] Jeffrey P. Evans: An Integrated Approach Towards Condition Based Maintenance, Reliability.web.com
- [8] Steve Turner: PM Optimisation (Maintenance Analysis of the Future), pmoptimisation.com, 2000.
- [9] Robert J. Latino: The Future Dilemma: How to Move Towards Proaction when Working in a Reactive Environment, Reliability Center, 2001.

Mr Dušan Ostojić,
dipl. inž.
Zoran Jelenković,
dipl. inž.
Mr Sreten Joksimović,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd

VIŠEKRITERIJUMSKI IZBOR OPTIMALNOG TTZ ZA MODERNIZACIJU TENKOVA T-72, M-84 I M-84A*

UDC: 623.438.3 : 519.863

Rezime:

U radu je predložena metodologija definisanja optimalnih taktičko-tehničkih zahteva (TTZ) za projektovanje savremenog tenka ili usavršavanje, odnosno modernizaciju postojećih. Osnovne karakteristike koje definišu ovaj složeni tehnički sistem po konstrukcionim i tehnološkim svojstvima, su: vatrena moć, zaštita i pokretljivost. U polaznom razmatranju svaka od navedene tri karakteristike definisana je određenim brojem parametara – kriterijuma, koji opisuju ovako složen sistem. Odabranim parametrima, po svakoj od karakteristika, procenjen je i dodeljen odgovarajući težinski koeficijent proporcionalan stepenu važnosti u sistemu. Za poredenje postavljenog TTZ modernizacije tenkova sa realizovanim rešenjima najsavremenijih tenkova stranih proizvođača, primenjena je višekriterijumska metoda optimizacije IKOR (Iterativno KOMPromisno Rangiranje).

Ključne reči: tenk, karakteristike i parametri tenka, višekriterijumska optimizacija.

MULTICRITERIA CHOICE OF OPTIMUM TACTICAL TECHNICAL REQUIREMENTS FOR T-72, M-84 AND M-84A TANK MODIFICATIONS

Summary:

In the paper a methodology for making optimum tactical-technical requirements is suggested for the modification of existing tanks. The tank, as a system, is described by three main characteristics: FIREPOWER, PROTECTION AND MOBILITY. Each characteristic is defined by a determined number of parameters-criteria which described this complex system. For all characteristics, a corresponding weight coefficient is estimated and given to a chosen parameter in accordance with the importance of this parameter for the system. In order to compare the established tactical-technical requirements for the modified tanks with the realised characteristics of modern tanks, the ICOR (Iterative COMPromise Ranking) method of optimisation is used.

Key words: tank, tank characteristics and parameters, multicriteria optimisation.

Uvod

Problem modernizacije tenkova u našoj vojsci, definisan u jednom od dokumenata taktičkog nosioca, naveo je na

razmišljanje kako na najjednostavniji način rešiti problem, odnosno definisati TTZ za modernizaciju. Ovakav prilaz problemu može se primeniti i za druge vrste sredstava naoružanja i vojne opreme. Opredelili smo se za šest tipova tenkova, čije se poslednje verzije nalaze u

* Rad je saopšten na naučno-stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 2. decembra 2003. u Beogradu.

operativnoj upotrebi nekih od svetskih armija. Izabrani su sledeći tenkovi:

- a) LEOPARD-2 A5,
- b) T-90,
- c) LECLERC,
- d) CHALLENGER 2E,
- e) MERKAVA Mk4,
- f) ABRAMS M1 A2.

Posmatrane su tri osnovne karakteristike borbenih oklopnih sredstava: vatre-na moć, zaštita i pokretljivost. Svako od ovih karakteristika dodeljen je odgovarajućim težinski koeficijent. Težinski koeficijenti, u rasponu od 1 do 10, dodeljeni su na bazi saznanja i iskustava taktičkog nosioca razvoja, i to:

- *vatre-na moć*, težinski koeficijent 8,
- *zaštita*, težinski koeficijent 6,
- *pokretljivost*, težinski koeficijent 5.

Ulazni podaci

Za svaku od karakteristika odabrani su odgovarajući parametri – kriterijumi, i to: za *vatre-nu moć* 20 parametara, za *zaštitu* 13 parametara i za *pokretljivost* 15 parametara (ukupno 48 parametara).

Za neke od navedenih podsistema i tenkovskih uređaja (SUV, PP uređaj, ABHO uređaj, radio-uređaj, itd.), u dostupnoj literaturi, nije bilo moguće doći do podataka koji ih deklarišu, što svakako ima uticaja na opis sistema kao celine, a time i na dobijanje relevantne ocene primerene realnim tenkovima.

Karakteristika *vatre-na moć* definisana je preko sledećih parametara [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11]:

1. Kalibar topa (mm),
2. Probojnost projektila (mm) na daljini od 2000 m,

3. Probojnost POVR (Protiv Oklon-nih Vođenih Raketa) (mm) na daljini od 5000 m,

4. Brzina gađanja topa (n/min),

5. Elevacija topa (°),

6. Borbeni komplet topa (kom.),

7. Broj tipova municije (n),

8. Vođena raketa (da/ne),

9. Način punjenja topa (ručno – automatski),

10. Kalibar spregnutog mitraljeza 7,62 mm (da/ne),

11. Kalibar spregnutog mitraljeza 12,7 mm, (da/ne),

12. Broj spregnutih mitraljeza (n),

13. Bojevi komplet spregnutog mitraljeza (n),

14. Kalibar PAM-a (Protiv Avi-onskog Mitraljeza) (mm),

15. Mitraljez člana posade 7,62 mm (da/ne),

16. Bojevi komplet PAM-a (n),

17. SUV Sistem Upravljanja Vatrom (da/ne),

18. Broj članova posade (n),

19. Termovizija (da/ne),

20. Prvenstvo komandira (da/ne).

Prvih deset parametara *vatre-ne moći* prezentirani su u tabeli 1, a drugih deset u tabeli 2, s tim što su u prvoj koloni tenkovi pod istom slovnom oznakom kako je to dato u uvodu. U ostalim kolonama su napred definisani parametri pod istim rednim brojem. Težinski koeficijent dodeljen svakom od parametara *vatre-ne moći* prezentiran je u osmom redu tabela. Ove koeficijente procenili su autori rada i nalazi se u rasponu od 1 do 10, što se odnosi i na preostale dve karakteristike.

Karakteristika *zaštita* posade i tenka opisana je sledećim parametrima:

1. Ekvivalent zaštite od kumulativnih projektila (mm),

2. Ekvivalent zaštite od potkalibarnih projektila (mm),

3. Eksplozivno-reaktivni oklop (da/ne),

4. Protivkumulativne zavesе (da/ne),

5. Detekcija laserskog i IC (InfraCrveno) zračenja (da/ne),

6. Sistem za detekciju protivnika (da/ne),

7. Bočna silueta (%),

8. Čeona silueta (%),

9. Uređaj ABHO (Atomsko Biološko Hemijske Odbrane) (da/ne),

10. PP (ProtivPožarni) uređaj (da/ne),

11. Dimne kutije (da/ne),

12. Uređaj za stvaranje dimne zavesе (da/ne),

13. Uređaj za samoukopavanje (da/ne).

Vrednosti parametara zaštite posade i tenka [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11] prezentirani su u tabeli 3.

Za karakteristiku pokretljivost izabrani su sledeći parametri:

1. Specifična snaga (kW/t),

2. Borbena masa (t),

3. Najveća brzina (km/h),

4. Najveća snaga motora (kW),

5. Krstareća brzina (km/h),

6. Broj stepeni prenosa transmisije (n),

7. Autonomija kretanja (km),

8. Najveći uspon (%),

Tabela 1

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
a	120	640	0	5	29	42	2	0	1	1
b	125	560	770	7	27	43	5	1	2	1
c	120	640	0	11	23	40	2	0	2	0
d	120	250	0	5	30	50	6	0	1	1
e	120	400	0	5	28	50	3	0	1	1
f	120	720	0	5	30	40	2	0	1	1
Tež. koef.	10	10	10	8	7	8	8	9	7	6

Tabela 2

Tenk	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.
a	0	1	2000	7,62	1	2000	1	4	1	1
b	0	1	2000	12,7	1	300	1	3	1	1
c	1	1	800	7,62	1	2000	1	3	1	1
d	0	1	2000	7,62	1	2000	1	4	1	1
e	0	1	2000	7,62	2	4000	1	4	1	1
f	0	1	2800	12,7	1	1000	1	4	1	1
Tež. koef.	8	5	7	8	5	7	8	5	8	7

Tabela 3

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.
a	850	700	0	1	1	1	100	68,84	1	1	8	1	0
b	1120	795	1	1	1	1	73,25	55,04	1	1	12	1	1
c	950	750	0	1	1	1	81,05	88,37	1	1	9	1	0
d	1050	800	1	1	1	1	99,31	92,40	1	1	10	0	1
e	900	750	1	1	1	1	96,44	100	1	1	12	0	0
f	850	700	1	1	1	1	92,54	92,09	1	1	12	0	0
Tež. koef.	10	10	10	9	7,5	7,5	7,5	7,5	6	4,5	6	6	3

Tabela 4

Tenk	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
a	20,00	55,00	68,00	1100	50,00	6	550	60
b	15,83	46,50	65,00	736	40,00	8	500	60
c	19,47	56,50	71,00	1100	50,00	6	720	60
d	14,52	62,00	60,00	900	50,00	7	500	60
e	17,00	65,00	65,00	1100	45,00	7	500	70
f	15,83	69,50	67,00	1100	48,00	6	465	60
Tež. koef.	10	9	7,5	9	7	5	5	6,5

Tabela 5

Tenk	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
a	3,00	1,20	0,54	0,80	4,00	0,89	1
b	2,80	0,80	0,47	1,20	5,00	0,87	1
c	3,00	1,70	0,50	1,00	4,00	0,98	1
d	2,34	0,90	0,50	1,07	1,07	0,93	2
e	3,50	1,00	0,53	1,38	2,00	0,96	1
f	2,74	1,06	0,48	1,20	4,00	1,055	2
Tež. koef.	6,5	6,5	6,5	6	6	6,5	4

9. Širina rova (m),

10. Visina vertikalne prepreke (m),

11. Klirens (m),

12. Dubina vodene prepreke bez pripreme tenka (m),

13. Dubina vodene prepreke sa OPVT (Oprema za Podvodnu Vožnju Tenka) (m),

14. Specifični pritisak na tlo (bar),

15. Sistem za navigaciju (da/ne).

Vrednosti parametara karakteristike *pokretljivost* tenka [1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11] date su u tabelama 4 i 5.

Višekriterijumsko rangiranje tenkova

Ulaznim podacima (48 parametara) iz prethodne celine ovoga rada, detaljno je opisano šest najsavremenijih tenkova. Višekriterijumskom optimizacijom, izvršeno je višekriterijumsko rangiranje tenkova po kvalitetu, na osnovu brojčanih vrednosti za svaki od parametara. U radu je primenjena metoda višekriterijumske optimizacije IKOR [2]. Rangiranje tenko-

va po datim parametrima, primenom programskog paketa IKOR, odvijalo se u nekoliko koraka – iteracija:

– rangirani su tenkovi po sve tri karakteristike zajedno bez težinskih koeficijenata (svih 48 parametara ima isti značaj – težinu), a u sledećoj iteraciji uz primenu težinskih koeficijenata (svakom od 48 parametara dodeljen je odgovarajući težinski koeficijent);

– rangirani su tenkovi po karakteristikama *vatrena moć* po 20 parametara koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu. U sledećem koraku izvršeno je identično rangiranje ali uz primenu težinskih koeficijenata;

– rangirani su tenkovi po karakteristikama *zaštita* po 13 parametara koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu, a zatim uz primenu težinskih koeficijenata;

– rangirani su tenkovi po karakteristikama *pokretljivost* (15 parametara) koji opisuju ovu karakteristiku i imaju isti značaj – težinu, a zatim uz primenu težinskih koeficijenata.

Rezultati višekriterijumskog rangiranja

Dobijene rang liste tenkova realno odlikavaju kvalitet tenkova, vodeći računa samo o datim ulaznim parametrima.

U tabeli 6 prikazani su rezultati rangiranja tenkova po sve tri karakteristike bez težinskih koeficijenata.

Tabela 6

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	CHALLENGER 2E
4.	ABRAMS M1 A2
5.	LECLERC
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 7 prikazani su rezultati rangiranja tenkova po sve tri karakteristike sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 7

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	ABRAMS M1 A2
4.	LECLERC
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 8 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *vatrena moć* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 8

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	LECLERC
4.	ABRAMS M1 A2
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 9 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *vatrena moć* sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 9

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	MERKAVA Mk4
3.	ABRAMS M1 A2
4.	LECLERC
5.	CHALLENGER 2E
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 10 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *zaštita* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 10

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	CHALLENGER 2E
3.	LECLERC
4.	ABRAMS M1 A2
5.	MERKAVA Mk4
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 11 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *zaštita* sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 11

Rang	Tenk
1.	T-90
2.	CHALLENGER 2E
3.	LECLERC
4.	MERKAVA Mk4
5.	ABRAMS M1 A2
6.	LEOPARD-2 A5

U tabeli 12 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *pokretljivost* bez težinskih koeficijenata.

Tabela 12

Rang	Tenk
1.	LECLERC
2.	LEOPARD-2 A5
3.	MERKAVA Mk4
4.	T-90
5.	ABRAMS M1 A2
6.	CHALLENGER 2E

U tabeli 13 prezentirani su rezultati rangiranja tenkova po karakteristikci *po-*

kretljivost sa primenom težinskih koeficijenata.

Tabela 13

Rang	Tenk
1.	LECLERC
2.	LEOPARD-2 A5
3.	MERKAVA Mk4
4.	T-90
5.	ABRAMS M1 A2
6.	CHALLENGER 2E

Analiza rezultata rangiranja

Analizom rezultata rangiranja tenkova (tabele 6 do 13), kao najbolje rangirani tenk u većini tabela je tenk T-90. Ovaj tenk zauzima prvu poziciju u tabelama 6 i 7 (bez i sa težinskim koeficijentima) gde su tenkovi međusobno rangirani po 48 parametara. Takođe, T-90 je najbolje rangiran kada je u pitanju *vatrena moć* (tabele 8 i 9). Prvo mesto T-90 je zadržao i kod rangiranja po 13 parametara karakteristike *zaštita* (tabele 10 i 11). Po *pokretljivosti* (tabele 12 i 13) T-90 zauzima tek četvrtu poziciju. Uprkos četvrtom mestu po *pokretljivosti*, T-90 zadržava sveukupno prvu poziciju zahvaljujući velikoj superiornosti po preostale dve karakteristike.

Tenk MERKAVA Mk4 zauzima drugu poziciju kad su tenkovi rangirani po svih 48 parametara (tabele 6 i 7). Ovu poziciju mu obezbeđuju povoljni parametri karakteristike *vatrena moć* (druga pozicija u tabelama 8 i 9). Za karakteristiku *pokretljivost*, isti tenk, u tabelama 12 i 13, rangiran je na solidnoj trećoj poziciji. U tabelama 10 i 11 (karakteristika *zaštite*) isti tenk je rangiran na petoj, odnosno četvrtoj poziciji.

Iznenadjuće nepovoljno u ovom rangiranju je prošao tenk LEOPARD-2

A5. U tabelama 6, 7, 8, 9, 10 i 11 nalazi se na začelju rang lista. Očigledno je da su mu parametri karakteristika *vatrena moć* i *zaštite* inferiorni u odnosu na druge tenkove. Ovaj tenk raspolaže dobrim parametrima *pokretljivosti*, koji ga dovode na drugu poziciju u tabelama 12 i 13, ali mu to ne omogućava bolji rang u tabelama 6 i 7.

Za tenk LECLERC se analizom tabela od 6 do 13 mogu izvesti sledeći zaključci:

- u tabelama 6 i 7 u kojima su tenkovi rangirani po parametrima sve tri karakteristike, ovaj tenk nije najbolje rangiran. U tabeli 6 pozicija 5 i u tabeli 7 pozicija 4, očigledno da mu primena težinskih koeficijenata omogućava bolji rang;

- u tabelama 8 i 9, karakteristika *vatrena moć*, nalazi se na trećoj, odnosno četvrtoj poziciji. U ovom slučaju, primena težinskih koeficijenata pomerila ga je na nepovoljniju poziciju;

- kada je u pitanju karakteristika *zaštite*, tabele 10 i 11, ovaj tenk zauzima istu treću poziciju. U ovom slučaju primena težinskih koeficijenata nije imala uticaja na zauzeto mesto;

- po parametrima karakteristike *pokretljivost*, ovaj tenk, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, sigurno je rangiran na prvu poziciju.

Za tenk CHALLENGER 2E analizom tabela od 6 do 13 mogu se istaći sledeća zapažanja:

- sa promenom karakteristika rangiranja ovaj tenk upadljivo menja pozicije na prezentiranim rang listama;

- u tabelama 6 i 7, gde su rangirani parametri sve tri karakteristike, ovaj tenk

je na pozicijama 3, odnosno 5. Interesantno je to da je sa primenom težinskih koeficijenata ovaj tenk lošije rangiran za čak dva mesta;

- u tabelama 8 i 9, karakteristike *vatrene moć* ovaj tenk, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, uvek je rangiran na petoj poziciji.

- kada je u pitanju karakteristika *zaštite*, tabele 10 i 11, ovaj tenk zauzima drugu poziciju, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata tako da je po ovoj karakteristici najbolje rangiran;

- u karakteristici *pokretljivost*, tabele 12 i 13, ovaj tenk bez obzira na primenu težinskih koeficijenata, zauzima šestu, odnosno poslednju poziciju.

I na kraju, za tenk ABRAMS M1 A2, analizom tabela od 6 do 13, može se zaključiti da je relativno nepovoljno rangiran zbog sledećeg:

- i za ovaj tenk može se izvući zajednički zaključak da sa promenom karakteristika rangiranja i on menja pozicije na rang listama;

- u tabelama 6 i 7, u kojima su tenkovi rangirani po parametrima sve tri karakteristike, na rang mesto ovoga tenka imali su uticaja težinski koeficijenti. U tabeli 7, koja je formirana uz primenu težinskih koeficijenata ovaj tenk je na trećoj poziciji, a u tabeli 6, gde ovi koeficijenti nisu uzeti u obzir, tenk je rangiran na poziciji četiri;

- ista je situacija u tabelama 8 i 9, gde su tretirani parametri karakteristike *vatrene moć*, u tabeli 9, gde su u obzir uzeti težinski koeficijenti, ovaj tenk je na trećoj poziciji. U suprotnom slučaju, u tabeli 8 rangiran je na poziciji četiri;

- u tabelama 10 i 11, gde su razmatrani parametri *zaštite*, težinski koefi-

jenti imali su obrnuti efekat. U tabeli 10, gde nisu primenjeni težinski koeficijenti tenk je rangiran na poziciji četiri, a u tabeli 11, na poziciji pet;

- u tabelama 12 i 13, gde su tretirani parametri *pokretljivosti*, ovaj tenk je rangiran na poziciji pet, bez obzira na primenu težinskih koeficijenata.

Zaključak

Matricu formata 48×6 , sa 48 parametara za šest tenkova, jednostavnim posmatranjem nije lako sagledati, s obzirom na veliki broj parametara od kojih neki treba da imaju što veće vrednosti, a drugi, obrnuto što manje. Pogodnost primene metode višekriterijumskog rangiranja IKOR u toku izrade TTZ za modernizaciju i usavršavanje tenkova T-72, M-84 i M-84A, ogleda se u tome što analizira matricu od 48 parametara i daje rang listu tenkova po svim parametrima ili po pojedinim karakteristikama.

Skup superiornih rešenja za sve tri karakteristike čine tenkovi T-90 i MERKAVA Mk4 koji u većini tabela od 6 do 13 zauzimaju prvo, odnosno drugo mesto. Izvršena analiza preporučuje taktičkom nosiocu razvoja da taktičko-tehničke zahteve za modernizaciju i usavršavanje tenkova T-72, M-84 i M-84A prilagodi ostvarenim i primenjenim rešenjima na tenkovima T-90 i MERKAVA Mk4, po svim elementima konstrukcije i koncepcije tenkovskih sistema, sklopova i uređaja.

Tenk T-90 ostvaruje prednost u *vatrenoj moći* zahvaljujući najvećem kalibru topa i što jedini ostvaruje značajnu probojnost na 5000 m. Kao što se iz tabela 12 i 13 može uočiti tenk T-90 nema najbolje karakteristi-

ke *pokretljivosti*. Ovo je posledica nedovoljno snažnog motora, u odnosu na ostale tenkove, što za posledicu ima najmanju specifičnu snagu, najbitniji parametar *pokretljivosti*. Treba svakako imati u vidu da su tenkovi T-72, M-84 i M-84A prethodna generacija tenka T-90. Na ovim tenkovima će biti relativno lakše sprovesti izmene i poboljšanja konstrukcije, u duhu izvedene konstrukcije tenka T-90.

Literatura:

[1] Podaci o naoružanju, Tenkovi 3. deo, Vojnotehnički institut VSCG, 2001.

- [2] Opricović, S.: Višekriterijumska optimizacija, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [3] Dorđević, M.; Arsić, S.: Monografija Tenkovi 1945–2005. Novinsko-izdavački centar Vojska, 1997.
- [4] Stojaković, D.: Postavljanje i ugradnja ELEMENATA ITOb pri modifikaciji tenkova (specijalistički rad), Vojnotehnička akademija VJ, 2001.
- [5] Ostojić, D.; Đokić, D.; Knežević Z.: Prilog metodologiji prijema tehničkih zaštitnih sredstava višekriterijumskim rangiranjem, Zbornik radova sa simpozijuma SYM-OP-IS, Kupari, 1989.
- [6] Prospekti materijal proizvođača tenkova LEOPARD 2.
- [7] Prospekti materijal proizvođača tenkova MERKAVA Mk3.
- [8] Priručnik Naoružanje i oprema stranih armija, br. 12, od 2.11.2002.
- [9] Kočevar, I.: Savremeni tenkovi u svetu, Novinsko-izdavački centar Vojska, 1988.
- [10] Katalog namenske opreme francuskih OS za 2002. godinu, knjiga B.
- [11] Taktičko-tehnički podaci VTI sektor 09.

Rezime:

Ispitivanje pogodnosti za održavanje, u toku razvoja uređaja, sastavni je deo Programa i plana pogodnosti za održavanje. U toku ispitivanja proveravaju se kvantitativni i kvalitativni parametri pogodnosti za održavanje. Ispitivanje kvantitativnih parametara vrši se primenom određenih statističkih metoda. U radu je dat primer primene statističkih metoda za ispitivanje pogodnosti za korektivno održavanje jednog elektronskog uređaja i analizirani su rezultati ispitivanja.

Ključne reči: pogodnost za korektivno održavanje, parametri pogodnosti za održavanje, radio-uređaj, statističke metode ispitivanja, srednja i maksimalna vrednost vremena održavanja.

**DEMONSTRATION AND VERIFICATION OF
THE MAINTAINABILITY OF ELECTRONIC DEVICES**

Summary:

The demonstration and verification of maintainability during the development of a device is an integral part of the Maintainability Plan and Programme. During the demonstration and verification, the quantitative and qualitative parameters of maintainability are checked. The demonstration and verification of the maintainability parameters are done by applying certain statistical methods. An example of applying a statistical methods for testing the maintainability of corrective maintenance of radio is given in the work and the results of the demonstration and verification are analysed.

Key words: maintainability of corrective maintenance, maintainability parameters, radio, statistical test methods, mean and maximum maintenance task duration.

Uvod

Sa povećanjem složenosti i sve masovnijom upotrebom tehničkih sredstava poslednjih decenija ulagani su značajni naponi za povećanje njihove pouzdanosti. Međutim, u isto vreme došlo se do saznanja da će, bez obzira na uložene napore, dolaziti do pojave otkaza, i da se izlaz za razrešavanje problema povećanja

raspoloživosti i efikasnosti u celini mora tražiti izučavanjem problematike održavanja. Kvalitetan proces održavanja može se ostvariti samo ako se u fazi razvoja razreši problematika pogodnosti za održavanje.

Na kvalitet održavanja utiče veći broj činilaca (konstrukcija sredstva, radionica, radnici, snabdevanje i dr.), a njihovo ukupno dejstvo ogleda se u trajanju vremena održavanja.

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

Pogodnost za održavanje opisuje se kvantitativnim i kvalitativnim karakteristikama [1, 5]. Ona može kvantitativno da se meri vremenskim intervalima potrebnim za sprovođenje postupaka održavanja. Najčešće primenjivane kvantitativne mere karakteristika pogodnosti za održavanje jesu srednje vreme korektivnog i srednje vreme preventivnog održavanja, ili srednje vreme aktivnog održavanja, koje obuhvata obe pomenute kategorije.

Kvantitativne mere karakteristika pogodnosti za održavanje mogu biti i druge veličine, kao što su [4]: medijana raspodele vremena korektivnog održavanja, maksimalno trajanje korektivnog održavanja – obično 90% i procenat vremena korektivnog održavanja iznad specificirane vrednosti.

Pitanje pogodnosti za održavanje u toku razvoja tehničkog sredstva rešava se realizacijom Programa i plana pogodnosti za održavanje. Obavezan sastavni deo ovog programa je i ispitivanje i ocena pogodnosti za održavanje.

U standardima Vojske SCG ne postoji propisan način ispitivanja pogodnosti za održavanje. Za ispitivanje kvantitativnih karakteristika pogodnosti za održavanje koriste se određene statističke metode [11], a svaka od njih ima određene specifičnosti, tako da se postavlja pitanje koju od tih metoda treba izabrati i primeniti. U daljem tekstu dat je primer ispitivanja pogodnosti za održavanje pri-

mopredajnika radio-uređaja RUT-1, i sprovedena je mogućnost primene statističkih metoda za ispitivanje njegove pogodnosti za korektivno održavanje do nivoa komponenti.

Opis primopredajnika radio-uređaja RUT-1

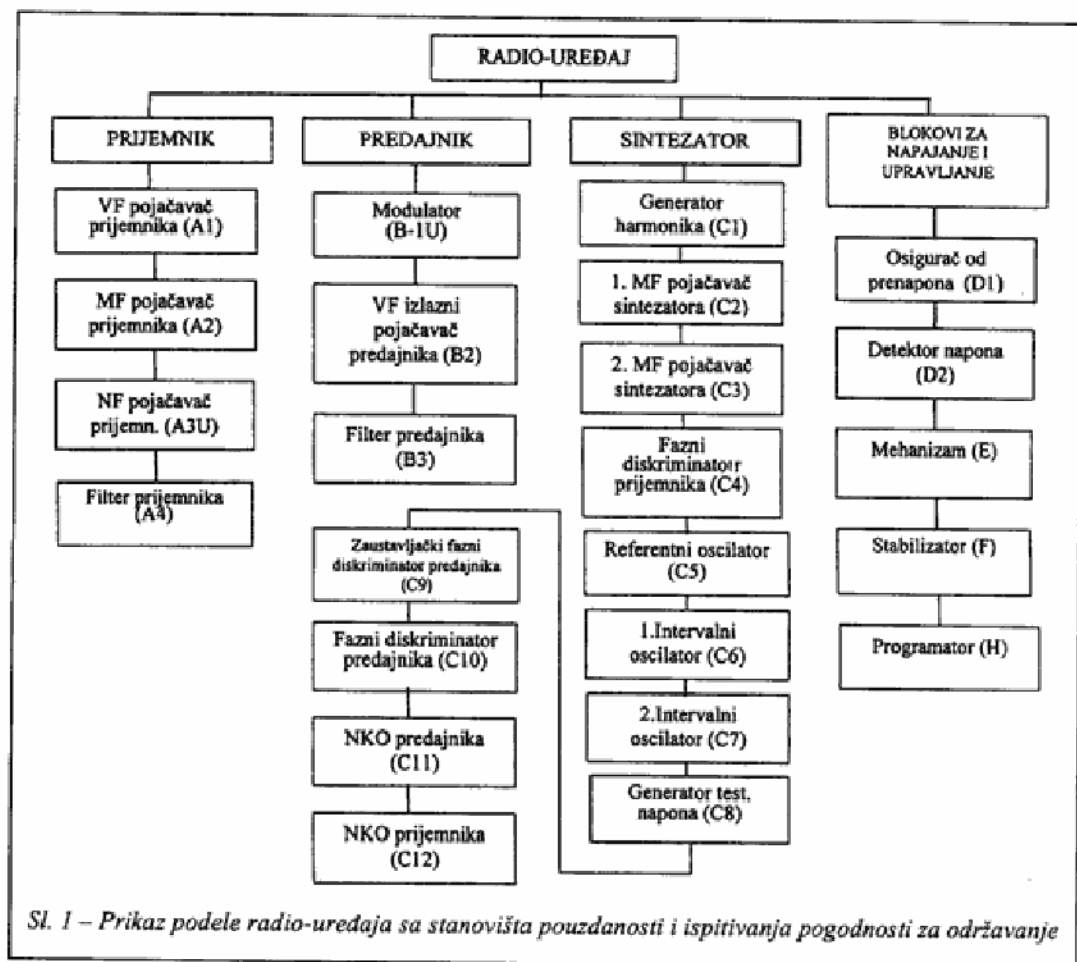
Primopredajnik radio-uređaja je modularne konstrukcije, to jest uređaj je podeljen na određene blokove koji, uglavnom, predstavljaju funkcionalne celine. Elementi skoro svih blokova montirani su na štampanim pločicama koje su sa odgovarajućim kutijama i poklopcima uobličene u fizički zasebne elektromehaničke celine – blokove.

Sa stanovišta proračuna intenziteta otkaza i ispitivanja pogodnosti za održavanje primopredajnik radio-uređaja može se predstaviti kao serijska veza blokova koji su grupisani kao što je prikazano na slici 1.

Za navedeni uređaj TTZ nisu formulisani pa će biti procenjeno da li uređaj ispunjava zahteve propisane standardom SNO-1096/92 [12].

U tom standardu srednje vreme opravke jedne neispravnosti, na nivou tehničkog održavanja za elektronska TMS, koja imaju od 3000 do 5000 sastavnih delova bez mikroprocesora, iznosi tri časa, a maksimalno vreme opravke 6 časova.

Na osnovu podataka navedenih u standardu SNO-1096/92, a radi primene metoda ispitivanja pogodnosti za održavanje, za radio-uređaj RUT-1 biće postavljeni zahtevi u odnosu na koje će se vršiti ispitivanje, i to:



Sl. 1 – Prikaz podele radio-uređaja sa stanovišta pouzdanosti i ispitivanja pogodnosti za održavanje

- srednje vreme korektivnog održavanja do nivoa komponenti – 180 minuta;
- maksimalno vreme korektivnog održavanja (95%) do nivoa komponenti – 360 minuta.

Opšti postupak ispitivanja i ocene pogodnosti za održavanje

Aktivnosti pogodnosti za održavanje, i samog održavanja, tokom različitih faza kroz koje sredstvo prolazi, od faze planiranja pa do upotrebe, planiraju se u Programu pogodnosti za održavanje, čiji

je sastavni deo i ispitivanje pogodnosti za održavanje.

Ispitivanje treba da obuhvati pripremu izvođača, podnošenje plana ispitivanja i izveštaj naručiocu. Plan ispitivanja treba da odgovara planu programa pogodnosti za održavanje. Ispitivanje pogodnosti za održavanje treba da bude integrisano sa ostalim ispitivanjima tehničkog sredstva, i treba ga obavljati u uslovima koji su približni uslovima predviđenim za upotrebu tehničkog sredstva.

Da bi uverio korisnika (naručioca) da su ispunjeni zahtevi pogodnosti za održavanje,

vanje, proizvođač je dužan da demonstrira ispunjenje tih zahteva, pa se u vezi s tim izrađuje poseban plan i program.

Planom ispitivanja, pored ostalog, treba da se regulišu: kvantitativni zahtevi pogodnosti za održavanje, metode ispitivanja, metode izbora i broj otkaza koji se imitiraju, metode registracije podataka i trajanje ispitivanja uređaja.

Osnovni ciljevi ispitivanja pogodnosti za održavanje su: dobijanje raspodele aktivnog vremena za karakteristične zadatke održavanja, određivanje srednjeg i maksimalnog vremena održavanja za te zadatke i njihovo statističko upoređivanje sa zahtevima postavljenim u TTZ.

Za sva ispitivanja statistički se vrši izbor imitirajućih otkaza, koji predstavljaju skup zadataka održavanja koji se očekuju za određeni uređaj u toku životnog veka. Određuju se metode izazivanja ili imitiranja svakog otkaza koji se sekvencijalno „uvode“ u uređaj. Posle uvođenja svakog otkaza proveravaju se njegove manifestacije, a zatim se za opravku uređaja određuje odgovarajuća ekipa. Kada ljudstvo iz ekipe za opravku izvršava poslove dijagnosticanja i otklanjanja neispravnosti, kontrolori registruju utrošeno vreme, preduzete aktivnosti, osobine uređaja i pomoćne opreme i sve to beleže. Beleže se, takođe, i sva odstupanja od propisanog postupka opravke.

Merenje vremena opravke počinje od momenta kada ekipa za opravku dobije informaciju o režimu rada uređaja i dođe do njega, a završava se kada se uređaj dovede u ispravno stanje.

Svi podaci ispitivanja se analiziraju. Dobijena opitna vrednost vremena zastoja, pri korektivnom održavanju uređaja, upoređuje se sa zahtevima naručioca ka-

da su zadati odgovarajući zahtevi. Na isti način ocenjuje se i vreme izvršavanja zadataka preventivnog održavanja, a opitna vrednost srednjeg vremena zastoja pri tom održavanju upoređuje se sa zahtevima naručioca. U većini slučajeva dobija se i ocena maksimalnog vremena zastoja pri korektivnom (i ako se zahteva pri preventivnom) održavanju i upoređuje se sa zahtevima naručioca.

Da bi se dokumentovali rezultati, doneli zaključci i odgovarajući predlozi, sačinjava se izveštaj o ispitivanju. Obim izbora za planirana ispitivanja zavisi od raznovrsnosti elemenata koji se mogu popraviti na licu mesta, vremena određenog za ispitivanje, TTZ, izabrane metode za ispitivanje pogodnosti za održavanje, kao i rizika proizvođača i naručioca. Biraju se samo neispravnosti koje se mogu otkloniti na mestu eksploatacije.

Utvrđeno je da je 50 opita u izboru obično dovoljan broj za sigurnu statističku procenu parametara [5]. Izbor većeg broja daje tačnije rezultate, ali prirast tačnosti u odnosu na gubitke usled rada sredstva i vremena brzo se umanjuje. Izbor manjeg obima povlači i znatno povećanje verovatnoće nepravilnog rešenja i netačnih rezultata. Ovaj obim zavisi i od metode koja se primenjuje za ispitivanje, i bira se u skladu sa tom metodom.

Imitacija zadataka korektivnog održavanja, u slučaju elektronskih uređaja, vrši se [5]: prekidom, uzemljenjem kola, ugradnjom u uređaj neispravnih elemenata umesto ispravnih, uklanjanjem štampanog kola ili provodnika, ubacivanjem delova koji se ne mogu lako uočiti, kao što je paralelni provodnik kojim se može simulirati stanje van tolerancija, razdešavanjem podesivih kola i korišće-

njem lemljenja sa hladnim spojevima, kako bi se izazvali prekidi. Imitacija se vrši tako što se izvode operacije za otklanjanje otkaza koje se, inače, izvode pri slučajnim prirodnim otkazima.

Izbor otkaza koji se simuliraju vrši se na osnovu prognoziranih podataka o pouzdanosti sistema (uređaja). Broj simuliranih otkaza po sastavnim delovima, sklopovima i blokovima treba da bude proporcionalan sa njihovom pouzdanošću [5]. Otkazi koje treba imitirati biraju se sledećim postupkom:

- nabrojati sve elemente uređaja koji podležu ispitivanju (tj. sve komponente, module i podskepeve koji se menjaju, podešavaju ili održavaju na mestu eksploatacije);

- grupisati elemente po klasama u skladu sa funkcijama koje izvršavaju, po metodama dijagnostike neispravnosti i nivoima montaže. Odrediti broj elemenata svake klase. Klase su oblika „tip komponente/modul“ (tabela 1). Iz razmatranja isključiti klase elemenata čiji otkazi neće uticati na vreme zastoja uređaja (kao što su drugostepene indikatorske sijalice, pomoćni kontrolno-merni uređaji, itd.);

- odrediti srednji intenzitet otkaza elemenata svake utvrđene klase (λ_{ij}), koristeći stvarne podatke o pouzdanosti ili ocene dobijene iz raznih priručnika (npr. iz MIL-HDBK-217A);

- sortirati intenzitete otkaza sastavnih elemenata po klasama, kao što je to prikazano u tabeli 1, odnosno, na mestu 1-1 nalaziće se klasa „tip komponente/modul“ čiji je intenzitet otkaza najveći;

- odrediti broj zadataka koji se simulira (n_{ij}) za svaku klasu, a na osnovu relativne težine λ_{ij}/λ_u i veličine određenog broja uzoraka n , prema obrascu:

$$n_{ij} = n \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_u} \text{ gde je } \lambda_u = \sum_i^p \sum_j^q \lambda_{ij} - \text{ukupni}$$

intenzitet otkaza uređaja;

q – ukupan broj tipova komponenti (integralna kola, otpornici, kondenzatori, itd.);

p – ukupan broj modula koji se razmatraju (ispravljač, fazni diskriminator, VF pojačavač, itd.);

λ_{ij} – srednji intenzitet otkaza razmatrane klase „tip komponente/modul“ (na primer, tranzistor/VF pojačavač);

n – određeni broj uzoraka koji treba da bude u skladu sa izabranom metodom ispitivanja.

Broj zadataka za svaku klasu mora se zaokružiti na ceo broj prema sledećim pravilima: ako je $n_{ij} > 1$ zaokružiti na sledeći veći broj, a ako je $n_{ij} < 1$ zaokružiti na 1, počevši sa najvećim vrednostima sve dok se ne dostigne ukupno n .

Izbor komponenti, kod kojih se simulira otkaz, iz grupe modul/komponenta može se izvršiti: slučajnim izborom n_{ij} komponenti ili izborom po opadajućoj vrednosti intenziteta otkaza komponenti u grupi do ukupno n_{ij} .

Način otkaza biće specificiran za zadatak u skladu sa iskustvima na sličnim komponentama iz eksploatacije. Ot-

Tabela 1
Prikaz intenziteta otkaza po klasama

Tip komponente	Modul (sklop)				
	1		i		p
1	λ_{11}		λ_{1i}		λ_{1p}
.	.		.		.
.	.		.		.
j	λ_{j1}		λ_{ji}		λ_{jp}
.	.		.		.
.	.		.		.
lj	λ_{lj1}		λ_{lji}		$\lambda_{lj p}$

kaz se simulira na sredstvu koje se ispituje, bez znanja lica koja vrše opravku. Indukovani otkaz ne sme biti evidentan (vizuelno ili na drugi način).

Ovako izabrani otkazi treba da se „uvedu“ u uređaj u odsustvu ekipe za popravku na ispitnom mestu. Posle uvođenja i provere otkaza ekipa za održavanje se poziva na ispitno mesto i ona počinje sa radom u izabranom režimu sredstva, a nakon otkrivanja neispravnosti pristupa održavanju (njenom otklanjanju). Kontrolor registruje vreme potrebno za svaku etapu procesa održavanja. Registrovanje se vrši ručno ili pomoću računara. Podaci o svakom imitirajućem otkazu i vreme izvršavanja zadataka održavanja unose se u odgovarajući obrazac.

Ispitivanje pogodnosti za održavanje radio-uređaja RUT-1

U skladu sa opisanim postupkom, a radi određivanja vrste i broja zadataka održavanja koji se simuliraju, za radio-uređaj RUT-1 najpre je izvršeno određivanje intenziteta otkaza.

Za prognozu otkaza sastavnih delova, kao izvor podataka korišćen je MIL-HDBK-217C (Military Standardization Handbook, Reliability Prediction of Electronic Equipment).

Model intenziteta otkaza sastavnih delova zavisi od tipa dela, a opšti oblik je:

$$\lambda_d = \lambda_b (\pi_E \pi_L \pi_A \dots \pi_N),$$

gde je λ_b – osnovni intenzitet otkaza koji zavisi od opterećenja pri očekivanoj radnoj temperaturi, a π su određeni parametri.

Uzeto je da su sastavni delovi (komponente) rasterećeni, a intenzitet otkaza

određen je po grupama [9]. Sa stanovišta pouzdanosti uređaj je predstavljen serijskim vezama. Nakon određivanja osnovnog intenziteta otkaza određene su vrednosti ostalih parametara za određeni tip – grupu sastavnih delova, a nakon toga izračunat je intenzitet otkaza delova λ_d , na osnovu kojeg su izračunati intenziteti otkaza pojedinih modula, a nakon toga izračunat je intenzitet otkaza kompletnog primopredajnika ($\lambda_{pd} = 200,1982 \cdot 10^{-6}$ otkaza/čas).

Matrica intenziteta otkaza, po modulima i sastavnim elementima, prikazana je u tabeli 2, koja je dobijena unošenjem zbirnih intenziteta otkaza za grupe (klase) „elementi/bloкови“ („tip komponente/modul“). U tabeli je izračunato i procentualno učešće pojedinih elemenata (komponenti) i blokova (modula) u ukupnom intenzitetu otkaza.

Na osnovu tabele 2 (sa zbirnim intenzitetima otkaza) vrši se izbor zadataka (grešaka) koji se simuliraju. Uzima se da broj simuliranih otkaza bude proporcionalan broju očekivanih otkaza u eksploataciji. Može se očekivati da će ovaj broj biti, u principu, proporcionalan prognoziranom intenzitetu otkaza klase (grupe). Zavisno od važnosti delova sistema može se odstupiti od ove proporcionalnosti i simulirati veći ili manji broj grešaka za određeni deo.

Broj simuliranih otkaza zavisi od preciznosti kojom se želi odrediti i oceniti parametar pogodnosti za održavanje. Za eksperimentalnu proveru u ovom primeru predviđeno je simuliranje 30 grešaka, kao kompromis između preciznosti, značaja uređaja, zahteva metoda koje će se primeniti i praktičnih mogućnosti.

Raspored broja simuliranih grešaka, po elementima i modulima, prikazan je u

Matrica intenziteta otkaza po sastavnim blokovima i elementima

Elementi		Kondenzatori	Tranzistori	Transformat.	Kristali	Diode	Zavojn. i prig.	Opornici	Konektori	Preklapnici	Magneti	Sijalice	Osigurači	Filteri	Ostalo	UKUPNO	Procenat (%)	
Blokovi	Pred.	B1-U	3,83	2,53	0,88	0,6	1,66	0,44	0,77	0,07						10,77	5,38	
		B-2	0,94	3,88	4,84		1,39	0,09	1,92	0,14						13,20	6,59	
		B3	7,75					1,64		0,14	0,58						10,12	5,05
	Pri.	A1	20,69	2,64	0,44		0,35	3,31	0,06	0,22							27,73	13,05
		A2	7,24	2,38	3,07	0,6	0,08	0,16	0,21	0,22				2,2			16,17	8,08
		A3-U	1,50	3,65	0,44		0,96	0,38	0,60	0,07							8,02	4,01
		A4	3,86					0,1		0,14							4,11	2,05
	Sinteza	C12	10,37	0,56	1,76		0,87	0,26	0,15	0,22	0,19						14,39	7,19
		C2	1,36	0,84	0,44		0,04	0,14	0,13								2,962	1,48
		C1	1,42	0,56	2,19	0,6	0,66	0,26	0,05								5,76	2,88
		C3	0,08	1,07	0,88		0,04	0,09	0,13								2,29	1,15
		C6	2,71	0,28	0,87	6	0,44	0,16	0,06								10,54	5,26
		C7	6,48	0,56	0,44	3	0,22	0,01	0,04								10,76	5,38
		C5	5,18	0,56	0,44	2,4	0,17	0,04	0,04								8,85	4,43
		C4	0,09	1,12	1,76		0,26	0,05	0,06								3,36	1,68
		C8	0,03	1,68	0,44		0,38		0,04								2,57	1,29
		C11	9,08	0,56			0,87	0,26	0,15	0,22	0,19						11,34	5,66
		C10	0,1	1,4	1,32		0,13	0,13	0,07								3,17	1,58
		C9	0,06	2,25	1,32		0,51	0,03	0,06								4,23	2,12
	Nap. i upr.	D1	0,15	0,56			0,63		0,19								1,54	0,77
		D2	0,01				0,04		0,09								0,15	0,07
		D	0,04						0,11	0,86	1,53		5,49	4,2			13,17	6,58
		F	0,06	2,53			1,53	0,05	0,3	0,07							4,54	2,28
		H								0,14	0,19						0,33	0,18
		E	0,03	3,09			0,33		0,34	0,07	0,57	2,95				0,96	8,38	4,18
		šas.	0,10				0,09		0,005	1,37							1,65	0,83
UKUPNO		83,19	32,76	21,54	13,20	11,75	7,64	5,64	3,96	3,26	2,95	5,49	4,20	2,20	2,38	200,1		
Procenat (%)		41,57	32,76	21,54	6,59	5,87	3,82	2,82	1,98	1,63	1,47	2,74	2,09	1,10	1,19		100	

Napomena:

Brojevi u tabeli, osim reda i kolone „%“, prikazuju zbiri intenzitet otkaza po klasama „tip komponente/modul“.

Da bi se dobio intenzitet otkaza brojeve treba pomnožiti sa 10^{-6} otkaza/čas.

tabeli 3. Za svaku grešku formira se lista sa opisom simuliranog otkaza, opisom rada i utvrđenim vremenima opravke. Ispitivanje uređaja vršeno je standardnim i specijalnim instrumentima za ispitivanje modula. S obzirom na to da je uređaj modularne strukture, obavljeno je postupno ispitivanje opravke do nivoa modula, a posle i do nivoa komponenti.

Za svaki otkaz određena su odgovarajuća vremena, i to [2]:

- vreme dijagnostike TD (TD = TD1 + TD2);
- lokalizacija greške na nivou komponenti TD1;
- lokalizacija greški na nivou modula TD2;
- vreme opravke, zamene TR;

Raspored simuliranih otkaza po sastavnim blokovima i elementima

Blokovi			Elementi	Kondenzatori	Tranzistori	Transformat.	Kristali	Diode	Zavojn. i prig.	Otpornici	Konektori	Preklopnici	Magneti	Sijalice	Osigurači	Filteri	Ostalo	UKUPNO
Sintezator	Pred.	B1-U		1				1										2
		B-2			1					1								2
		B-3	1							1								2
	Nap. i upr.	A1	2							1								3
		A2	1	1	1													3
		A3-U		1														1
		A4	1															1
		C12	2															2
		C2																0
		C1			1													1
		C3																0
		C6	1				1											2
		C7	1				1											2
		C5	1															1
		C4																0
		C8																0
		C11	1															1
		C10																0
		C9		1														1
		Pred.	D1					1										
D2																	0	
D											1						1	
F			1														1	
H																	0	
E			1									1					2	
šas.										1							1	
UKUPNO			11	6	3	3	1	2	1	1	1	1	0	0	0	0	30	

– vreme kontrole TC.

Ukupno vreme na osnovu popravke do nivoa komponenti je:

$M_{ci} = TD + TR + TC + \text{rasklapanje} + \text{sklapanje}$.

U tabeli 4 prikazani su dobijeni rezultati koji se dalje koriste za analizu pogodnosti održavanja.

Analiza podataka ispitivanja radio-uređaja

Zadatak analize podataka o vremenima održavanja sastoji se u tome da se

odredi raspodela vremena izvršenja zadatka, i da se dobiju srednje i maksimalne vrednosti, disperzija, dopuštene granice i objašnjenje o tome da li zadovoljavaju postavljene zahteve u skladu sa TTZ i izabranom metodom ispitivanja.

U skladu sa navedenim potrebno je [10]:

– odrediti tačno vreme izvršenja svakog zadatka i vreme svake etape procesa održavanja (otkrivanje, određivanje, otklanjanje i provera);

– rasporediti vrednosti vremena izvršavanja zadataka po rastućem redosle-

Rezultati merenja vremena korektivnog održavanja

Greška broj	Modul/sklop	Komponenta	$\Sigma \lambda_i$ 10 ⁻⁶ o/h	TD			TR	TC 1+2+3	Rasklapanje	Sklapanje	M _{ci}	λ_i/M_{ci} (10 ⁻⁶) o/h
				TD1	TD2	TD1+TD2						
1	B1-U	Tr8	2,53	105	30	135	20	20	6	9	190	442,75
2	B1-U	D6	1,66	195	15	210	5	20	6	9	250	464,80
3	B2	R9	1,92	91	90	181	12	25	4	8	230	441,60
4	B2	T2	4,84	183	40	223	10	35	4	8	280	1645,60
5	B3	C13	7,75	25	45	70	25	20	5	10	130	930,00
6	B3	L12	1,64	33	50	83	27	20	5	10	145	209,92
7	B3	P1-B	0,58	40	45	85	30	25	10	10	160	78,30
8	A1	C24	20,69	62	55	117	25	25	8	10	185	3103,50
9	A1	C41	20,69	15	34	49	20	13	8	10	100	1779,34
10	A1	L23	3,31	16	35	51	23	13	8	10	105	304,52
11	A2	C57	7,24	51	55	106	22	20	4	8	160	999,12
12	A2	T7	3,07	45	43	88	30	25	4	8	155	405,24
13	A3-U	Tr12	3,65	92	40	132	15	28	10	15	200	730,00
14	A4	C5	3,86	5	10	15	8	3	3	3	32	96,50
15	C12	C8	10,37	25	40	65	10	20	10	10	115	1140,70
16	C12	C15	10,37	10	35	45	10	15	10	10	90	808,86
17	C1	T5	2,19	20	29	49	20	18	4	7	98	175,20
18	C6	C4	2,71	15	34	49	15	20	4	7	95	216,80
19	C6	H1	6,00	29	20	49	18	10	4	7	88	450,00
20	C7	C19	6,48	21	20	41	16	10	5	8	80	401,76
21	C7	H4	3,00	16	25	41	14	12	5	8	80	195,00
22	C5	C16	5,18	22	20	42	15	15	5	8	85	352,24
23	C11	C7	9,08	13	10	23	7	5	5	5	45	363,20
24	C9	Tr2	2,25	12	25	37	17	13	4	7	78	130,50
25	D1	ZD2	0,63	20	5	25	8	5	5	7	50	28,35
26	F	Tr2	2,53	50	62	112	25	20	5	8	170	354,20
27	D	P8g	1,53	5	24	29	20	3	4	9	65	73,44
28	E	Tr4	3,09	270	40	310	15	20	10	15	370	1158,75
29	E	EM-3	2,95	335	35	370	25	20	15	15	445	1312,75
30	šasija	PR 22	1,37	5	8	13	11	5	3	3	35	38,36
UKUPNO			153,16	1826	1019	2845	518	503	183	262	4311	18831,54

du i dobiti odgovarajuće gustine ili funkcije raspodele;

– aproksimirati u granicama propisanih i dozvoljenih granica dobijenu raspodelu teoretskom raspodelom (primenom grafičkih i/ili analitičkih metoda);

– izračunati srednju i maksimalnu moguću vrednost vremena održavanja i disperziju izabranog skupa ili drugu vrednost koju zahteva metoda ispitivanja;

– uneti ocenu parametara izbora u ranije razrađeni plan ispitivanja radi prihva-

tanja ili odbacivanja hipoteze da dobijeni parametri ne prelaze zadatu vrednost;

– izraditi izveštaj o rezultatima ispitivanja.

U okviru analize podataka za primopredajnik radio-uređaja prvo su, na osnovu tabele 4, podaci sortirani po rastućim vrednostima. Na osnovu njih je radi provere podataka i pretpostavke o lognormalnoj raspodeli, izvršeno određivanje funkcije raspodele vremena održavanja grafičkim i analitičkim putem. Kao gra-

fičke metode korišćeno je crtanje histograma i papir verovatnoće [10]. Za određivanje funkcije raspodele analitičkim putem primenjena je metoda Kolmogorov-Smirnov.

Na osnovu izvedenih izračunavanja utvrđeno je da funkcija gustine vremena za korektivno održavanje do nivoa komponenti odgovara lognormalnoj raspodeli, a izgled funkcije prikazan je na slici 2.

Primena metoda za ispitivanje pogodnosti za održavanje radio-uređaja

Na osnovu simulacije 30 grešaka (neispravnosti), utvrđene lognormalne raspodele vremena korektivnog održavanja, kao i karakteristika i mogućnosti primenjivosti opisanih metoda za ispitivanje pogodnosti za održavanje radio-uređaja, razmotrena je mogućnost primene pojedinih statističkih metoda za ispitivanje pogodnosti za korektivno održavanje do nivoa komponenti [11].

Imajući u vidu da u standardu SNO-1096/92 nisu propisani rizici proizvođača i potrošača, za primer će biti uzeti mini-

malni, jednaki rizici i za proizvođača i za potrošača ($\alpha, \beta = 0,10$).

Metoda 1 može se primeniti jer postoji zadato srednje vreme korektivnog održavanja do nivoa komponenti (180 minuta), i ustanovljeno je da se radi o lognormalnoj raspodeli, što je pretpostavka za ovu metodu.

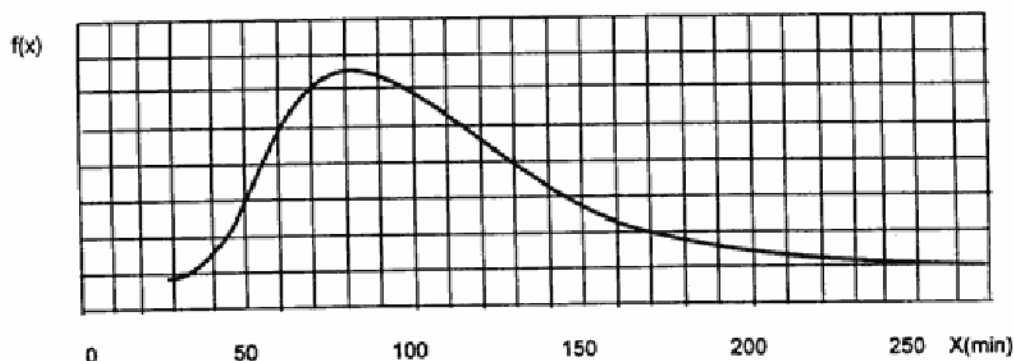
Disperzija logaritma vremena održavanja σ^2 nije poznata, i u ovom primeru će biti uzeta vrednost koja je određena grafičkim i analitičkim putem:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(\ln x - \bar{\theta})^2},$$

$$\bar{\theta} = 4,7714; \bar{M}_c = 118,0844; \bar{M}_c = 144,3296; \\ M_0 = 79,0436; M_{c,0,9} = 265,6766$$

Metoda 2 može se primeniti, ali pošto se ova metoda koristi kada nije poznata raspodela, pošto ispituje isti parametar kao i metoda 1 i koristi iste ulazne podatke, ona neće biti razmatrana.

Metoda 3 u ovom primeru nije primenjena, jer je potreban veliki broj uzoraka. Naime, ako se uzme da je zadato maksimalno dozvoljeno vreme korektiv-



Sli. 2 - Funkcija gustine lognormalne raspodele za korektivno održavanje do nivoa komponenti

nog održavanja jednako 360 minuta (za 95%), da je željena vrednost tog vremena, na primer, 280 minuta, i ako se uzme u obzir lognormalna raspodela sa disperzijom $\sigma^2 = 0,4$, za broj uzoraka za ovu metodu [11], dobija se:

H_0 : 95-ti procenat = $X_p = X_{0,05} = 280$ minuta = T_0 ;

H_1 : 95-ti procenat = $H_p = H_{0,05} = 360$ minuta = T_1 ;

$\ln T_0 = 5,63$; $\ln T_1 = 5,886$; $1-p = 0,95$; $p = 0,05$; $Z_p = 1,65$; $Z_\alpha, Z_\beta = 1,28$;

$$n = \left(1 + \frac{z_p^2}{2}\right) \cdot \left(\frac{z_\alpha + z_\beta}{\ln T_1 - \ln T_0}\right)^2 \cdot \sigma^2 = 94$$

Vidi se da je broj potrebnih uzoraka 94, a u ovom primeru simulirano je samo 30 zadataka.

Metoda 4 biće primenjena samo radi ilustracije, jer u zahtevima nije dat procenat vremena održavanja. Kao primer biće uzete orijentacione vrednosti vremena održavanja za 50 i 25 procenata.

Metoda 5, takode, biće primenjena radi ilustracije, jer ni za ovu metodu nije postavljen zahtev u pogledu medijane. Biće uzeto, kao i kod *metode 4*, da medijana vremena korektivnog održavanja (ERT) iznosi 110 minuta.

Metoda 6 biće primenjena, jer se radi o sekvencijalnom ispitivanju, mada će za ispitivanje maksimalnog vremena održavanja biti potrebna dodatna ispitivanja.

Metoda 7 biće primenjena samo kao primer za ispitivanje maksimalnog vremena korektivnog održavanja za dati procenat.

Metoda 8 neće se razmatrati, jer zahteva simulaciju najmanje 50 zadataka.

Ispitivanje srednjeg vremena korektivnog održavanja primenom metode 1

Zadate su i poznate određene vrednosti.

Rizik proizvođača $\alpha = 0,10$ da će sistem biti odbačen ako mu je stvarno vreme korektivnog održavanja do nivoa komponenti jednako željenoj vrednosti $\mu_0 = 130$ minuta.

Rizik kupca (naručioca) $\beta = 0,10$ da će sistem biti prihvaćen ako mu je stvarno vreme korektivnog održavanja do nivoa komponenti jednako maksimalno dopuštenoj vrednosti $\mu_1 = 180$ minuta.

Iz grafičkih i analitičkih proračuna utvrđeno je da je u slučaju korektivnog održavanja do nivoa komponenti $\sigma^2 = 0,4$.

Nulta hipoteza H_0 : srednja vrednost = $\mu_0 = 130$ minuta;

Alternativna hipoteza H_1 : srednja vrednost = $\mu_1 = 180$ minuta; $\sigma^2 = 0,4$ (0,63); $\alpha = \beta = 0,10$; $z_\alpha = z_\beta = 1,28$ (tabela 2 [11]).

Veličina uzorka je:

$$n = \frac{(z_\alpha \mu_0 + z_\beta \mu_1)^2}{(\mu_1 - \mu_0)^2} (e^{\sigma^2} - 1) = 30,86 \approx 30.$$

Zadaci su uzeti prema tabeli 4. Primenom izraza (2) i (3) [11] dobija se aritmetička sredina uzorka i varijansa;

$$\bar{X} = 143,7; \hat{d}^2 = 9222,079; \hat{d} = 96,03$$

Na osnovu hipoteze H_0 uređaj se prihvata ako je zadovoljena nejednakost data izrazom:

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

Vremena korektivnog održavanja za primenu u metodi 4

R. b. zad.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Otkaz br.	1	3	5	6	8	9	11	12	13	14	15	16	18	19	21	22	23	24	25	26	27	29	30
X_i	190	230	130	145	185	100	160	155	200	32	115	90	95	88	80	85	45	78	50	170	65	445	35

U ovom slučaju je $143,7 \leq 152,44$, pa se za korektivno održavanje do nivoa komponenti uređaj prihvata.

Ispitivanje procenata vremena korektivnog održavanja iznad specificirane vrednosti primenom metode 4

Smatra se prihvatljivim da vrednost medijane (50. procenat) u slučaju korektivnog održavanja do nivoa komponenti iznosi 110 minuta, a neprihvatljivim ako 25. procenat vrednosti vremena održavanja bude jednak 110 minuta. Ako je $\alpha = \beta = 0,10$ sledi da je:

H_0 : 110 minuta = $X_{0,50}$ = 50 procenata – medijana,

H_1 : 110 minuta = $X_{0,75}$ = 25 procenata vrednosti vremena održavanja,

$\alpha = \beta = 0,10$; $z_\alpha = z_\beta = 1,28$ (tabela 8);

$p_1 = 0,75$; $p_0 = 0,50$;

$q_0 = 1 - p_0 = 0,50$; $q_1 = 1 - p_1 = 0,25$

Pošto je $0,20 < p_0 < 0,80$ može se izračunati n i c

$$n = \left| \frac{z_\beta \sqrt{p_1 q_1} + z_\alpha \sqrt{p_0 q_0}}{p_1 - p_0} \right|^2 \approx 23$$

$$c = n \cdot \left| \frac{z_\beta p_0 \sqrt{p_1 q_1} + z_\alpha p_1 \sqrt{p_0 q_0}}{z_\alpha \sqrt{p_0 q_0} + z_\beta \sqrt{p_1 q_1}} \right| \approx 14$$

U tabeli 5 slučajnim su izborom (iz tabele 4) uzeta 23 vremena korektivnog održavanja.

Uočava se da broj zadataka koji prelaze specificirano vreme iznosi 11 ($r = 11$). S obzirom na to da je $r \leq c$ ($11 \leq 14$) prihvata se nulta hipoteza.

Ispitivanje medijane vremena korektivnog održavanja primenom metode 5

Usvaja se da je za korektivno održavanje do nivoa elemenata ERT = 110, a veličina uzorka = 20. U tabeli 6 slučajnim izborom je (iz tabele 4) uzeto 20 vremena korektivnog održavanja, a navedeni su i drugi podaci potrebni za ovu metodu.

Tabela 6
Vremena zadataka korektivnog održavanja za primenu metode 5

Br. zad.	Otkaz. br.	X_i	$\log X_i$
1	1	190	2,278753
2	3	230	2,361727
3	5	130	2,113943
4	6	145	2,161368
5	8	185	2,267171
6	11	160	2,204119
7	12	155	2,190331
8	13	200	2,301029
9	15	115	2,060697
10	16	90	1,954242
11	18	95	1,977723
12	19	88	1,944482
13	21	80	1,903089
14	22	85	1,929418
15	23	45	1,653212
16	25	50	1,698970
17	26	170	2,230448
18	27	65	1,812913
19	29	445	2,648360
20	30	35	1,544068
Σ		2758	41,23607
$\Sigma/20$		137,9	2,061803

Na osnovu podataka iz tabele 6 izračunava se:

$$\log MTTR_G = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log X_{ci})}{n_c} = 2,0618$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\log X_{ci})^2}{n_c} - (\log MTTR_G)^2} = 0,261$$

Nultu hipotezu treba prihvatiti ako je zadovoljena nejednakost:

$$\log MTTR_G \leq \log ERT + 0,397 \cdot S$$

U ovom slučaju je $2,0618 \leq 2,1436$, pa se nulta hipoteza prihvata.

Ispitivanje vremena korektivnog održavanja primenom metode 6

Zadato je maksimalno srednje vreme korektivnog održavanja do nivoa elemenata $M_e = 180$ minuta i maksimalno vreme održavanja $M_{cmax,0,90} = 360$ minuta. Uzeto je da je zadato maksimalno vreme za 90. procenat, a ne za 95. jer su po planu B1 blaži kriterijumi za ocenu.

Na osnovu metode 6 potrebno je izvršiti ispitivanje po planu A i po planu B1. Da bi se uređaj prihvatio potrebno je da budu ispunjeni zahtevi po oba plana.

Za ispitivanje korektivnog održavanja odabrano je za početak 20 zadataka koji su navedeni u tabeli 7.

Na osnovu podataka iz tabele 7 vidi se da je prvo vreme korektivnog održava-

nja do nivoa elemenata veće od specificiranog srednjeg vremena. Na osnovu dijagrama sa slike 1 [11] i kriterijuma prihvatanja za plan A (srednja vrednost) vidi se da je u ovom slučaju za prihvatanje potrebno minimalno 15 zadataka. Posle 15. zadatka, pošto više nijedno vreme nije veće od specificiranog, uređaj se prihvata.

Za ispitivanje po planu B1 (dijagram na slici 2 [11]) potrebno je najmanje 26 zadataka, pod uslovom da nijedno vreme ne bude veće od specificiranog. Iz tabele 7 vidi se da je vreme 19 zadataka veće od specificiranog, pa je tada potrebno nastaviti ispitivanje do najmanje 46 zadataka.

Da bi se donela odluka o prihvatanju uređaja moraju biti ispunjeni kriterijumi po oba plana, a imajući u vidu da je za ovaj primer vršena simulacija samo 30 zadataka, ne može se doneti odluka ni o prihvatanju ni o odbacivanju bez minimalno 16 dodatnih ispitivanja.

Ispitivanje maksimalnog vremena održavanja pri datom procentu primenom metode 7

Ova metoda primeniće se za ispitivanje maksimalnog vremena korektivnog održavanja za 95 procenata. U zahtevu za uređaj specificirano je da je maksimalno vreme korektivnog održavanja do nivoa komponenti 360 minuta. Za procentualnu tačku od 95% iz tabele 4 [11] dobija se da je $\phi = 1,65$.

Vremena korektivnog održavanja do nivoa komponenti za primenu u metodi 6

R. b. zad.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Otkaz br.	3	5	6	9	10	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	27	28	30
M_{ei}	230	130	145	100	105	32	115	90	98	95	88	80	80	85	45	78	50	65	370	30

Tabela 7

Za graničnu vrednost za kriterijum prihvatanja/odbacivanja za M_{maxc} za korektivno održavanje radio-uređaja do nivoa komponenti dobija se:

$$M_{maxc}^* = \text{anti log} \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{ci}}{n_c} + \phi \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (\ln X_{ci})^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^{n_c} \ln X_{ci}\right)^2}{n_c}}{n_c - 1}} = 341,57$$

Pošto je zadato $M_{maxc} = 360$ minuta veće od M_{maxc}^* , uređaj se prihvata.

Uporedni pregled rezultata ispitivanja primenom statističkih metoda

Uporedni pregled rezultata ispitivanja prikazan je u tabeli 8.

Tabela 8

Uporedni pregled rezultata ispitivanja

R. br.	Primenjena metoda	Parametar koji se ispituje za korektivno održavanje	Rezultat ispitivanja		Napomena
			Prihvati	Odbaci	
1	Metoda 1	Srednja vrednost vremena održavanja	*		
2	Metoda 4	Procenat vremena održavanja	*		(50 i 75%)
3	Metoda 5	Medijana vremena održavanja	*		
4	Metoda 7	Maksimalno vreme održavanja	*		

Iz tabele 8 vidi se da se ispitivanjem pomoću četiri metode uređaj može prihvatiti u svim slučajevima, pa se može

zaključiti da uređaj u celini zadovoljava zahteve pogodnosti za održavanje.

Zaključak

Izučavanje pogodnosti za održavanje elektronskih tehničkih sredstava treba započeti u fazama istraživanja, postavljanja TTZ i u ranim fazama razvoja. Posebno je značajno da se pravilno zadaju karakteristike pogodnosti za održavanje u TTZ, preko vrednosti parametara koji se, obično, kvantitativno izražavaju raznim vremenima održavanja, o čemu u našim vojnim standardima nema dovoljno podataka.

Ugradnja pogodnosti za održavanje ostvaruje se kroz program pogodnosti za održavanje, čiji je sastavni deo i ispitivanje i ocena karakteristika pogodnosti za održavanje preko nekih od parametara, a na osnovu zahteva definisanih u TTZ. Ispitivanje se realizuje kroz program ispitivanja. Za ispitivanje kvantitativnih pokazatelja pogodnosti za održavanje primenjuju se statističke metode. U Vojsci SCG ne postoje standardi u kojima se razmatra problematika i načini ispitivanja pogodnosti za održavanje.

U radu je vršeno ispitivanje pogodnosti za korektivno održavanje primopredajnika radio-uređaja RUT-1, i prikazan je kompletan postupak ispitivanja koji se može primeniti na bilo koji elektronski uređaj.

Najpre je grafički i analitički ispitivana funkcija raspodele vremena korektivnog održavanja, a zatim je vršeno ispitivanje primenom metoda: 1, 4, 5, 6 i 7 [1]. Postupkom ispitivanja procenjeno je da primopredajnik radio-uređaja, u celini, ispunjava postavljene zahteve pogodnosti za održavanje.

Pokazano je, takođe, da se isti eksperimenti (uzorci ispitivanja) mogu koristiti za primenu više metoda, odnosno da se ne mora za svaku metodu vršiti novo uzorkovanje i proveravanje. Na osnovu malog broja podataka, dostupnih iz eksploatacije ovog uređaja, vremena održavanja iz eksploatacije (vremena opravke iz radnih listi) znatno su veća od vremena dobijenih ispitivanjem. Obrazloženje se može tražiti u upisivanju u radnu listu i vremena logističkog čekanja, nedostatka r/d za zamenu, osposobljenošću ljudstva i dr. U svakom slučaju, posle razvoja i uvođenja sredstava u naoružanje treba nastaviti sa praćenjem podataka bitnih za pogodnost održavanja.

Literatura:

- [1] Petković, R.; Kokanović, M.; Ćirović, M.: Organizacija održavanja TMS, CVTŠ KoV, Zagreb, 1988.
- [2] Kokanović, M.; Ćirović, M.; Modrić, Z.: Logističko inženjerstvo, CVTŠ KoV, Zagreb, 1988.
- [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] Postavljanje i sprovođenje zahteva za pogodnost za održavanje u fazama razvoja TMS, Institut za nuklearne nauke „Boris Kidrič“, Beograd-Vinča, 1985.
- [5] Kanninghem, Koks, V.: Metodi obespečenja remontoprirodnosti (Prevod sa engleskog – Applied maintainability engineering, Sovjetskoje Radio, Moskva, 1978.
- [6] Radio-uređaj RTU-1 (opis, rukovanje, osnovno i tehničko održavanje i remont), TU SSNO, 1984.
- [7] Analiza i ocena pogodnosti za održavanje tehničkih sistema na primeru lakog terenskog automobila, VTI, Beograd, 1988.
- [8] Taktičko-tehnički zahtevi za razvoj tehničkih materijalnih sredstava, SNO 1096/85.
- [9] Ćirović, M.: Analiza i proračun pouzdanosti elektronskih uređaja, Vojnotehnički glasnik 4/1985, Beograd.
- [10] Cosović, D.: Statističke metode ispitivanja pogodnosti za održavanje, Specijalistički rad, VTA, Beograd, 2001.
- [11] Cosović, D.: Statističke metode ispitivanja pogodnosti za održavanje, Vojnotehnički glasnik 4/2003, Beograd.
- [12] SNO 1096/92: Taktičko-tehnički zahtevi za sredstva ili sisteme NVO.

Zoran Filipović,
pukovnik, dipl. inž.
Maja Marković,
dipl. inž.
Milorad Pavlović,
potporučnik, dipl. inž.
Vazduhoplovni opitni centar,
Batajnica

OSNOVNE PERFORMANSE PCM/FM TELEMETRIJSKIH SISTEMA ZA MERENJE PARAMETARA VAZDUHOPLOVA I FIZIOLOŠKIH KARAKTERISTIKA PILOTA*

UDC: 621.398 : [623.746 : 358.432-55]

Rezime:

U radu su prezentirane osnovne performanse PCM/FM telemetrijskih sistema koji se koriste za merenje fizičkih veličina letelice i fizioloških karakteristika pilota. Sistem se sastoji od mernog podsistema koji se integriše na vazduhoplovu i kompatibilnog zemaljskog prijemnog podsistema čija je osnovna funkcija obezbeđenje prijema i obrade mernih parametara u realnom vremenu ispitivanja, kao i detaljne posleletne analize izmerenih veličina.

Ključne reči: PCM/FM telemetrijski sistem, merenje fizičkih veličina vazduhoplova, fiziološke karakteristike pilota.

MAIN PERFORMANCES OF PCM/FM TELEMETRY SYSTEMS FOR MEASURING AIRCRAFT PARAMETERS AND PILOT'S PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS

Summary:

This paper describes an overall system design and performance characteristics of a PCM/FM telemetry system for measuring aircraft parameters and pilot's physiological characteristics. The system includes both an airborne data acquisition part and a ground telemetry system for real time data processing, test control, and a data processing system for post-flight analyses.

Key words: PCM/FM telemetry system, measurement of aircraft parameters, pilot's physiological characteristics.

Uvod

Jedna od osnovnih karakteristika savremenih vojnih aviona je njihova opremljenost sa multipleksnom serijskom magistralom podataka. Povezivanje senzora, sistema i podsistema posredstvom ove tehnologije, omogućilo je veliki stepen automatizacije razmene informacija, upravljanja i prikazivanja, čime je po-

stignuto znatno psihofizičko rasterećenje pilota. Ispitivanje manevarskih sposobnosti i pouzdanosti ovako složenih elektronskih sistema savremenih prototipova, veoma je kompleksan i višegodišnji proces. Prototipovi letelica (aviona ili projektila) se opremaju specijalnom ispitnomernom opremom (akviziciona oprema) pomoću koje se obavljaju merenja relevantnih parametara u različitim fazama opitnih letova. Savremena ispitivanja letelica zahtevaju merenje i obradu velikog

* Rad je saopšten na naučno-stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 2. decembra 2003. u Beogradu.

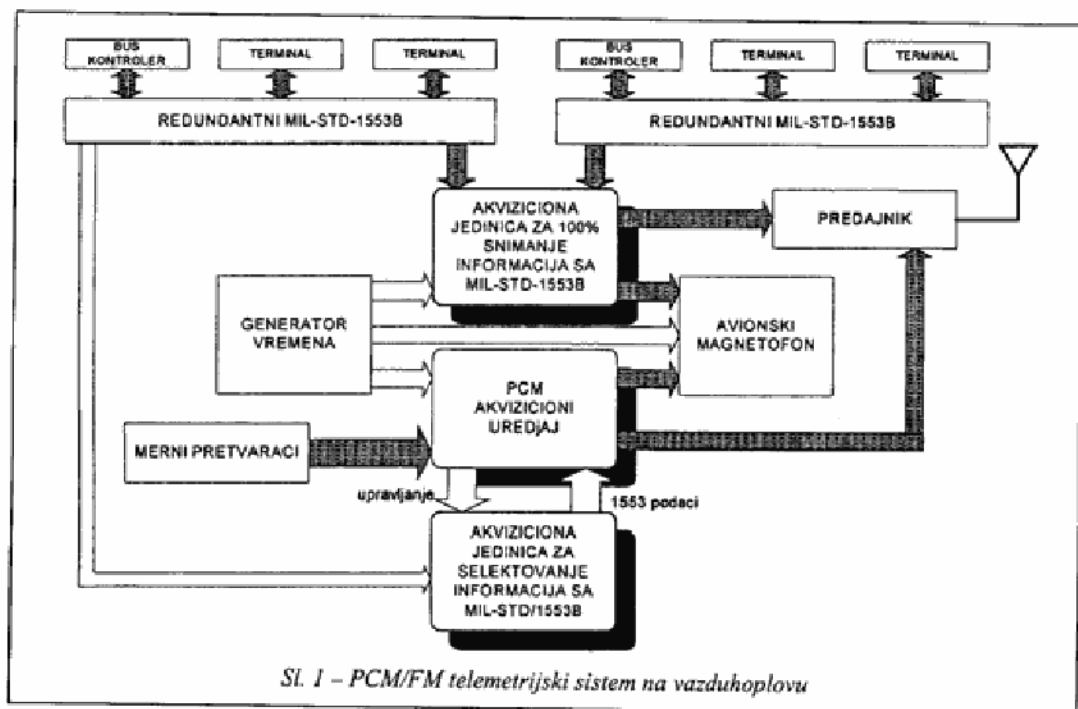
broja električnih i neelektričnih veličina. Merne fizičke veličine u ispitivanjima vazduhoplova u letu imaju veoma različitu širinu frekvencijskog spektra, počevši od dela Hz do desetine Hz, pa čak stotine kHz. Prenos izmerenih veličina sa letelice do prijemne stanice na zemlji vrši se PCM/FM (Pulse Code Modulation / Frequency Modulation) telemetrijskim multikanalnim akvizicionim sistemima.

Ovim telemetrijskim sistemom moguće je i ispitivanje fizioloških karakteristika pilota. Korišćenjem odgovarajućih biomedicinskih senzora i pretvarača mogu se dobiti informacije o radu srca, mišića, krvnom pritisku, temperaturi, stepenu „suženja“ vida (usled G opterećenja) pilota (odnosno kopilota), itd. Analogni izlazi biomedicinskih davača se digitalizuju i „utiskuju“, zajedno sa parametrima vazduhoplova, u PCM niz. Ovi podaci mogu se već u vazduhoplovu, memo-

risati na odgovarajućim magnetnim medijumima, ali se mogu i pratiti u realnom vremenu. Upravo zbog mogućnosti praćenja i fizioloških karakteristika pilota u toku leta, a ne samo vazduhoplova ili opreme, sam tok ispitivanja dobija veći stepen kvaliteta i sigurnosti.

Arhitektura telemetrijskog PCM/FM sistema

PCM/FM telemetrijski sistem sastoji se iz avionskog i zemaljskog podsistema. U avionskom podsistemu se pomoću većeg broja memih pretvarača vrši konverzija neelektričnih veličina (koje se mere) u odgovarajuće električne signale, koji se zatim multipleksiraju i digitalizuju (PCM), a zatim se preko jednog ili više predajnika šalju ka zemaljskoj prijemnoj stanici (stacionarnoj ili mobilnoj – u zavisnosti od toga gde se vrše ispitivanja).



Sl. 1 – PCM/FM telemetrijski sistem na vazduhoplovu

Stacionarna i/ili mobilna prijemna stanica, pomoću dvoosne ili jednoosne parabolične antene velikog pojačanja, „prihvataju“ veoma slabe signale sa letelice i vrše obradu (u smislu inverznog procesa od onog koji se obavlja u avionskom podsistemu) i memorisanje primljenih signala.

Obrada mernih signala u realnom vremenu (real time data processing) i post-operacionalna obrada mernih parametara (post-operational data processing) predstavljaju dva osnovna režima rada telemetrijskog sistema. Obradom mernih signala u realnom vremenu dobija se uvid u merne parametre sa dovoljno malim vremenom kašnjenja od trenutka njihovog događanja. Post-operacionalna obrada mernih parametara podrazumeva njihovu detaljnu analizu (rekonstrukcija leta, najbolja procena trajektorije letelice, korelisanje svih relevantnih događaja tokom eksperimenta, pronalaženje svih ne-regularnosti tokom testiranja, komparacija dobijenih realnih parametara sa podacima simuliranim u različitim fazama razvoja letelice) [1].

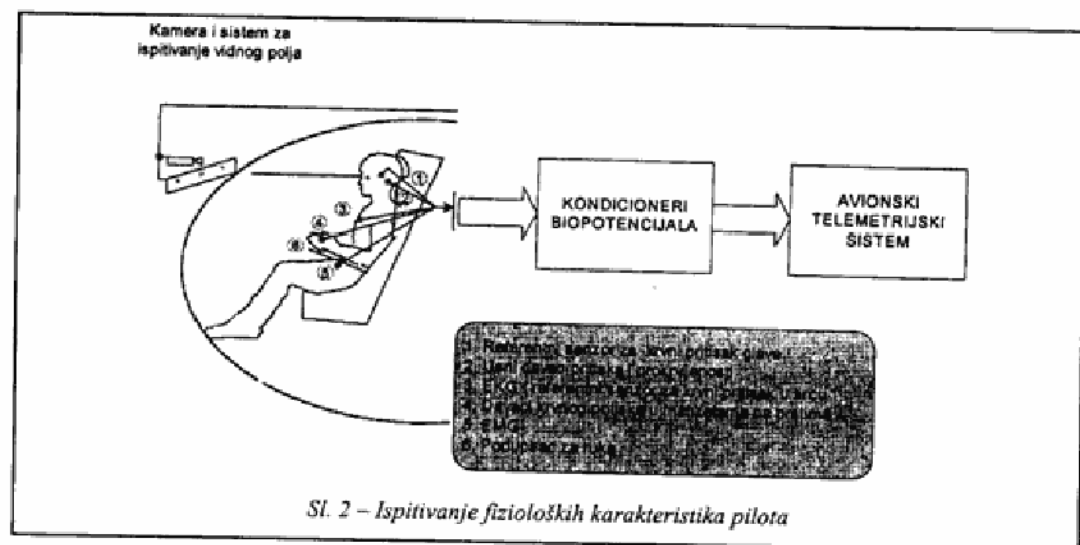
Avionski podsistem

Na slici 1 prikazana je arhitektura avionskog dela PCM/FM telemetrijskog sistema. Integracija kompletne elektronske opreme na letelicama vrši se putem više redundantnih magistrala podataka MIL-STD-1553B (Aircraft Internal Time Division Command/Response Multiplex Data Bus specification). To je standard koji obezbeđuje maksimalnu pouzdanost razmene informacija između pojedinih elektronskih sistema i podsistema, sa brzinom prenosa podataka od 1 Mbit/s.

Avionski merni podsistem sastoji se od PCM enkodera (3,2 Mbita/s) koji omogućuje akviziciju podataka sa mernih pretvarača, pojedinih sistema samog vazduhoplova i transmisionog dela, kojim se ostvaruje prenos podataka do zemaljskog telemetrijskog podsistema. Da bi se došlo do tačnih informacija o pouzdanosti rada pojedinih komponenti integrisanog elektronskog sistema na vazduhoplovima koji su međusobno povezani magistralama podataka MIL-STD-1553B, neophodno je snimiti podatke sa njih u različitim evolucijama vazduhoplova i naknadno vršiti njihovu analizu. Ovakva ispitivanja obavljaju se direktnim instaliranjem specijalnih ispitnih uređaja za monitoring protoka informacija na magistralama. Oni nemaju mogućnost bilo kakve komunikacije sa centralnim računarom i sa ostalim sistemima na magistrali. Na osnovu IRIG (Inter Range Instrumentation Group) 106-99 standarda (Chapter 8 MIL-STD-1553 ACQUISITION FORMATTING STANDARD), postoje dva načina za akviziciju parametara sa magistrala podataka avionskog integrisanog elektronskog sistema:

- akvizicija svih podataka sa bus-a (100% full traffic bus) pomoću posebnog uređaja (Bus Data Collector), a zatim se vrši njihova konverzija u PCM format definisan po IRIG standardu;

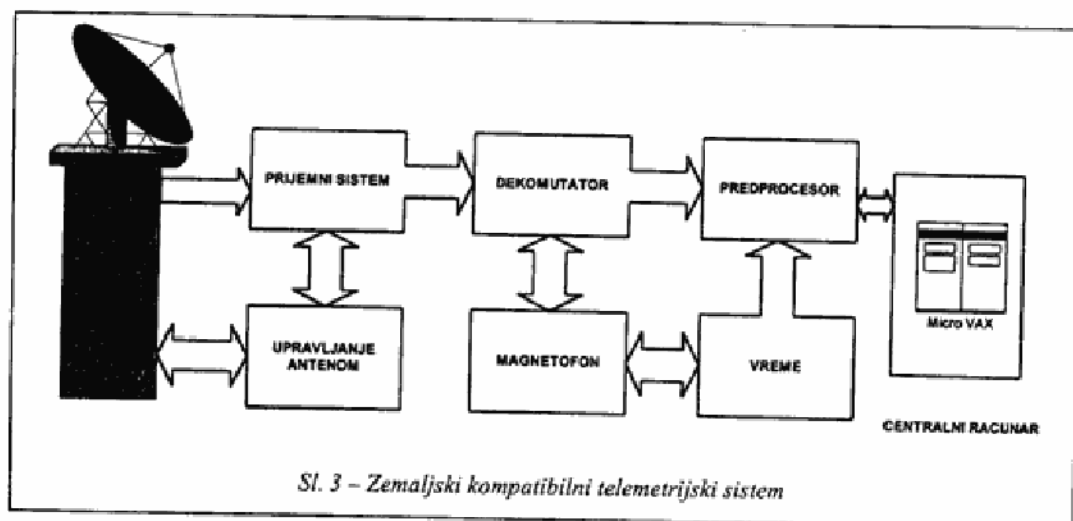
- akvizicija određenog broja parametara sa bus-a u vidu formata od 1 do 1024 reči/s. Ovu funkciju selektiranja određenog broja reči obavlja poseban uređaj (Data Selector Unit), koji vrši konverziju reči i njihovo insertiranje u generalni PCM format, koji nosi informaciju o svim mernim parametrima na



prototipu letelice. Podaci se uzimaju sa jednog od redundantnih bus-ova, a ne simultano; drugim rečima, samo je jedan bus aktivan u svakom trenutku [2].

Transmisioni podsistem se sastoji od predajnika telemetrijskog (PCM) signala i nekoliko antena. Predajnici rade u opsegu od 1435 MHz do 1545,5 MHz (L-opseg) i imaju dva izlaza različitih snaga (1 W i 10 W). Tipična konfiguracija sastoji se od dve antene, od kojih se jedna antena ugrađuje na gornju stranu

trupa (na nju se vodi izlaz predajnika od 1 W), a druga na donju stranu trupa (10 W) vazduhoplova, tako da prijemni antenski sistem za automatsko praćenje u zemaljskoj telemetrijskoj stanici uvek prima signal sa bar jedne predajne antene. Međutim, mora se voditi računa o tome da je izbor lokacija predajnih antena na letelici takav da je obezbeđen siguran i neprekidan prenos mernih podataka bez menjanja aerodinamičkih karakteristika letelice [3].



Avionski biomedicinski podsistem

Radi ispitivanja fizioloških karakteristika pilota (posebno uticaj G opterećenja) moguće je vršiti merenja pomoću biomedicinskih senzora čiji su analogni izlazni signali veoma malog naponskog nivoa (reda μV). Tako mali naponskinivoi najpre se kondicioniraju (pojačavaju, filtriraju, multipleksiraju i A/D konvertuju) u posebno dizajniranom signal-kondicioneru (kondicioner biopotencijala), da bi se, zatim, takav signal insertirao u PCM kompozitni signal koji sadrži informaciju o svim mernim veličinama na vazduhoplovu. Nakon toga se signali prenose predajnim delom avionskog telemetrijskog podsistema do zemaljske prijemne stanice, što omogućava posmatranje fizioloških karakteristika pilota u realnom vremenu. Na slici 2 prikazana je principijelna šema opisanog podsistema.

Pilot borbenog aviona često je izložen velikom opterećenju (naročito u pravcu z-ose - Gz) čiji se uticaj ublažava pomoću anti-G-odela. Tokom leta dolazi do tzv. „push-pull“ efekta koji nastaje kao posledica čestog prelaza iz negativnog opterećenja u pozitivno opterećenje (od -3G do $+7\text{G}$). Uočeno je da ovakvi manevri mogu prouzrokovati udes aviona jer dovode do gubitka svesti pilota zbog smanjenja krvnog pritiska u glavi.

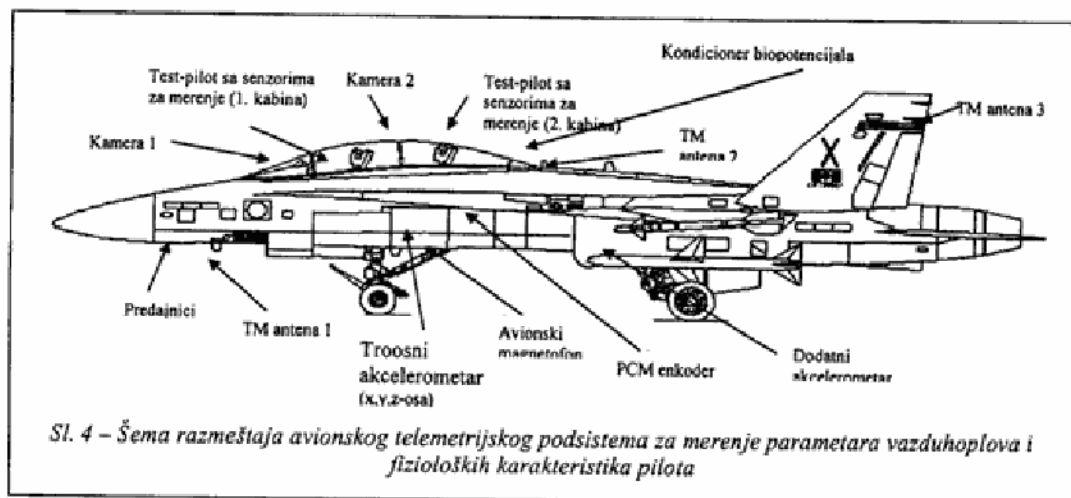
Biomedicinska merenja najčešće zahtevaju postavljanje odgovarajućih senzora na grudi (EKG – elektro-kardiogram), stomak i noge (EMG – elektromiogram), glavu i prste (merenje arterijskog krvnog pritiska) test-pilota (kopilo-

ta). Za ispitivanje se koristi i kolor videokamera kojom se snimaju pokreti očiju i mimika test-subjekta. Ovaj video signal takođe se preko predajnika video signala može u realnom vremenu slati ka prijemnoj telemetrijskoj stanici [5].

Prijemni podsistem PCM/FM sistema

Na slici 3 prikazan je uprošćeni blok-dijagram prijemnog kompatibilnog telemetrijskog sistema. Prijemni podsistem se sastoji od dvoosnog (ili jednoosnog) antenskog sistema, dva prijemnika PCM signala i jednog diversiti kombajnera. Prijemnici su superheterodini sa dvostrukom konverzijom (prva MF je 160 MHz, a druga MF je 20 MHz) i sklopom za automatsku kontrolu pojačanja. Moguće je korišćenje različitih oblika tehnika diversitija: frekvencijski, fazni, prostorni, vremenski i ugaoni. Signali sa izlaza prijemnika PCM signala vode se u diversiti kombajner optimalnog odnosa, koji ima mogućnosti simultanog predetekcijskog i postdetekcijskog kombinovanja i poboljšanje odnosa signal/šum od 2,5 dB.

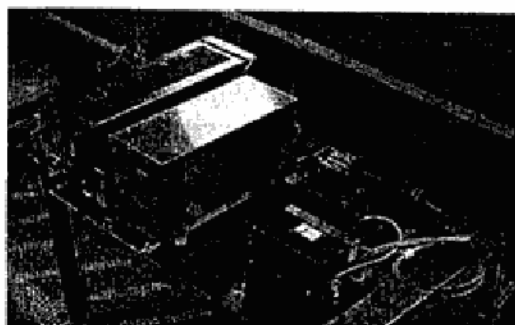
Dekomutacija i sinhronizacija PCM signala obavlja se u kompatibilnom dekomutatoru. Pretprocesor omogućuje konverziju izmerenih veličina u fizičke jedinice, sračunavanje izvedenih veličina i dekomutaciju podataka sa magistrala 1553. Centralni računar upravlja radom telemetrijske stanice omogućujući dva osnovna moda rada: obradu i prezentaciju izmerenih parametara u realnom vremenu i detaljnu obradu svih izmerenih veličina u posle-letnim analizama.



Praktične konfiguracije PCM/FM telemetrijskog sistema

Na slici 4 prikazana je šema razmeštaja kompletnog avionskog telemetrijskog podsistema za merenje parametara vazduhoplova i fizioloških karakteristika pilota na jednom vojnom vazduhoplovu.

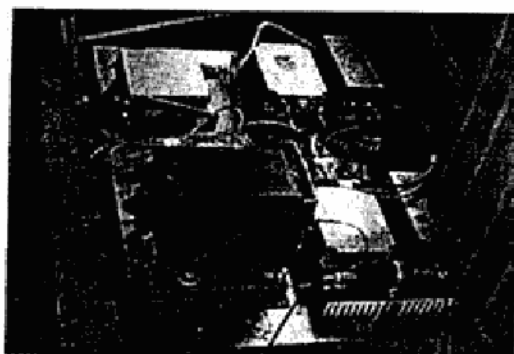
Na slici 5 prikazana je konfiguracija avionskog PCM akvizicionog sistema integrisanog na helikopteru, zajedno sa troosnim mernim pretvaračima ubrzanja i ugaonih brzina. Osnovna konfiguracija sastoji se od programabilnog akvizicionog računara i digitalnog magnetnog registratora koji omogućuje merenje oko 100 parametara.



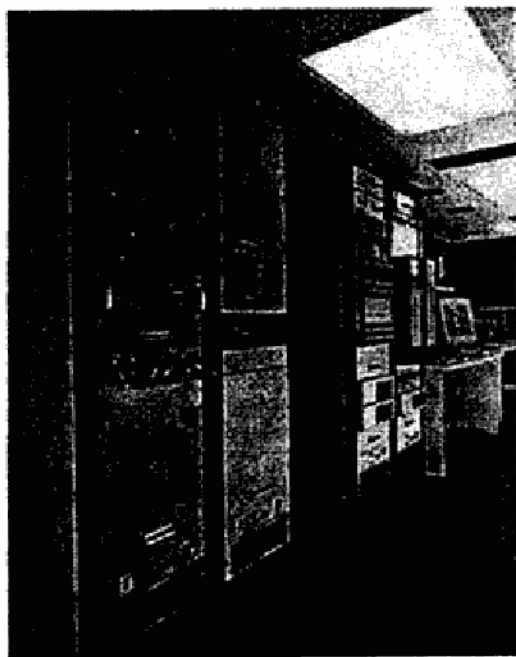
Sl. 5 – Avionski PCM akvizicioni sistem

Na slici 6 prikazana je konfiguracija transmissionog podsistema koji je integrisan na helikopteru, i koji omogućuje istovremeni prenos kompozitnog PCM/FM telemetrijskog signala koji sadrži informaciju o velikom broju mernih veličina, i video-signala sa kamere koja snima karakteristične detalje tokom letnih ispitivanja.

Na slici 7 prikazana je unutrašnjost mobilne telemetrijske stanice koja se sastoji od prijemnog podsistema i računarskog dela. Prijemni podsistem se sastoji od prijemne antene velikog pojačanja i više prijemnika koji omogućuju prijem i demodulaciju visokofrekventnog nosioca



Sl. 6 – Avionski transmissioni podsistem



Sl. 7 – Prijemna kompatibilna telemetrijska stanica

PCM i video-signala sa udaljenog vazduhoplova (100 km). Računarski deo omogućuje demultipleksiranje, procesiranje signala i prezentaciju mernih veličina u fizičkim jedinicama u realnom vremenu praćenja, na odgovarajućim grafičkim stanicama.

Tokom čitavog leta vrši se snimanje PCM i video signala koji se detaljno obrađuju tokom postletnih analiza upotrebom specijalnih softverskih paketa.

Zaključak

Osnovna funkcija PCM/FM telemetrijskog sistema je omogućavanje pouzdanog i neprekidnog prenosa signala izmerenih veličina, sa letelice koja se ispi-

tuje do zemaljske prijemne stanice. Ispitivanje prototipova savremenih vojnih vazduhoplova u letu veoma je složen i dugotrajan proces, i obavlja se primenom kompleksne ispitno-merne telemetrijske opreme.

Savremena ispitivanja letelica sa posadom podrazumevaju, pored praćenja njenih relevantnih parametara, i monitoring fizioloških karakteristika pilota. To se postiže upotrebom odgovarajućih biomedicinskih senzora koji u realnom vremenu, u toku leta, daju informacije o radu srca, mišića, krvnom pritisku i temperaturi pilota, koje su naročito interesantne u specifičnim manevrima letelice a što može uticati i na krajnje propisivanje njene upotrebe.

Neadekvatan izbor komponenata telemetrijskog sistema, i nepoznavanje tehnoloških postupaka u procesu njegove aplikacije na vazduhoplovima, prouzrokuje nekvalitetno praćenje ispitivanja vazduhoplova u realnom vremenu, što je nedopustivo kod ispitivanja prototipova vazduhoplova, jer može doći do ugrožavanja bezbednosti letelice i posade.

Literatura:

- [1] Marković, M.; Filipović, Z.; Pavlović, D.: PCM/FM telemetrijski sistemi za merenje parametara vazduhoplova i fizioloških karakteristika pilota, TELFOR 2002, Beograd, 2002.
- [2] Marković, M.; Filipović, Z.; Pavlović, D.: Dizajniranje parametara PCM/FM telemetrijskog sistema, TELFOR 2001, Beograd, 2001.
- [3] IRI document 106-86, Telemetry Standards, Telemetry Group, Range Commanders Council, 1986.
- [4] Pavlović, M.; Filipović, Z.; Marković, M.: Merenje parametara sa magistrala podataka MIL 1553B tokom procesa ispitivanja vazduhoplova u letu, ETRAN, Teslić, 2002.
- [5] Caballero, R.: Flight Test Instrumentation of the Push-Pull Effect on a CF-18 Aircraft, ITC/USA, Las Vegas, 1999.

MODEL ZA ODREĐIVANJE OPTIMALNE ARHITEKTURE INERCIJALNOG MERNOG BLOKA I OPTIMALNE ORIJENTACIJE SENZORA SA STANOVIŠTA TAČNOSTI IZLAZNIH SIGNALA

UDC: 629.7.052 : 527

Rezime:

*U članku je izložen model kojim se određuje uticaj arhitekture inercijalnog mernog bloka (IMB), kao dela besplatformskog inercijalnog navigacijskog sistema letelice, na tačnost izlaznih signala iz bloka. Nakon analize 11 mogućih arhitektura IMB, predložena je njego-
va optimalna arhitektura.*

*Ključne reči: besplatformski inercijalni navigacijski sistem, inercijalni merni blok, rezervira-
nje i orijentacija senzora, tačnost.*

MODEL FOR DETERMINING OPTIMAL ARCHITECTURE OF INERTIAL MEASUREMENT UNITS AND OPTIMAL ORIENTATION OF SENSORS FROM THE POINT OF VIEW OF ACCURACY OF OUTPUT SIGNALS

Summary:

This article analyzes a model for determining an optimal architecture of the inertial measurement unit (IMU), as a part of the strapdown inertial navigation system from the point of view of accuracy of output signals. After analysing 11 possible IMUS, an IMU optimal architecture has been proposed.

Key words: strapdown inertial navigation system, inertial measurement unit, redundancy and orientation of sensors, accuracy.

Uvod

Pojavom ekstremno brzih avionskih procesora, koji mogu da obave nekoliko miliona instrukcija u sekundi, hardver uporno nastoji da drži korak sa softverom. Naime, sada je postala moguća primena najsloženijih algoritama na bazi kvaterniona, fuzzy-logike, FT (fault-tolerant) analiza i obrada signala u mnogim sistemima višenamenskih borbenih aviona, a-u prvom redu radara i inercijalnih navigacijskih sistema (INS).

Pošto je problem softvera (algoritama) INS-a uglavnom rešen, veliku pa-

žnju konstruktora privlači problem optimalne konfiguracije IMB i orijentacije senzora u IMB, kao njegovom najskupljem i tehnološki najsloženijem delu sistema.

Postoji veliki broj radova koji se bave analizom konfiguracije i orijentacije inercijalnih senzora, žiroskopa i akcelometara, u okviru IBM [1-3]. Model izložen u ovom članku pokazuje da tačnost izlaznih signala senzora direktno zavisi od njihove konfiguracije i orijentacije u odnosu na ose aviona.

Model određivanja pokazatelja kvaliteta arhitekture inercijalnog mernog bloka

U normalnim radnim uslovima mnoge metode (Kalmana, Potera) koriste prethodna merenja pri proceni ugaonih brzina ili ubrzanja koordinatnog sistema (X, Y, Z) aviona u odnosu na inercijalni koordinatni sistem (X_p, Y_p, Z_p) . Koordinatni sistem mernih senzora vezan je sa koordinatnim sistemom aviona preko linearne jednačine merenja.

U slučaju merenja sa n senzora, jednačina merenja glasi:

$$m = Hx + \varepsilon \quad (1)$$

gde je:

m – n – dimenzionalni vektor merenja,
 H – matrica geometrije dimenzija $n \times 3$, čiji redovi sadrže kosinuse pravaca svake merne ose senzora u odnosu na koordinatni sistem aviona,

x – trodimenzionalni vektor stanja (ugaone brzine ili linearna ubrzanja) u pravcu osa X, Y i Z ,

ε – n – dimenzionalni vektor šuma pri merenju.

Pretpostavka je da su statističke osobine vektora ε sledeće:

$$E(\varepsilon) = 0; E(\varepsilon \varepsilon^T) = \sigma^2 I_n \quad (2)$$

gde je:

E – matematičko očekivanje,

I_n – jedinična matrica dimenzije $n \times n$,

σ – standardna devijacija greške šuma merenja.

Ova pretpostavka važi za senzor sa jednom mernom osom ili SDOF (single degree of freedom). Za senzor sa dve merne ose ili TDOF (two degree of free-

dom) ova pretpostavka ne važi, jer najčešće postoji korelacija mernih signala između dve merne ose. S druge strane, ova pretpostavka omogućuje da se sprovede analiza bez usložavanja matematičkih uslova zbog biranja tipa senzora.

Procena $\hat{x}$ vektora x po metodi najmanjih kvadrata data je jednačinom [6]:

$$\hat{x} = (H^T H)^{-1} H^T m \quad (3)$$

Ona, u stvari, predstavlja početnu jednačinu modela. Kovarijansna matrica greške vektora stanja tada glasi:

$$C = E[(x - \hat{x})(x - \hat{x})^T] = (H^T H)^{-1} \sigma^2 \quad (4)$$

Iz jednačine (4) sledi da kovarijansna matrica greške zavisi od matrice H i matrice varijanse σ^2 mernog šuma senzora. Radi ispitivanja uticaja konfiguracije ili orijentacije senzora u okviru IMB, može se, bez gubljenja opštosti, normalizovati matrica C sa σ^2 , pa je:

$$C = (H^T H)^{-1} \quad (5)$$

Ako se pretpostavi da je ε šum merenja sa normalnom (Gausovom) raspodelom, čija je srednja vrednost nula, iz teorije vektorske analize slučajnih promenljivih je poznato da je tada vektor gustine raspodele slučajnih promenljivih dat formulom:

$$p_\varepsilon(\eta) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} (\det C)^{-\frac{1}{2}} e^{-\frac{\eta^T C^{-1} \eta}{2}} \quad (6)$$

gde je:

η – slučajna normalno raspodeljena promenljiva čija je srednja vrednost nula,

n – broj senzora,

$\det$ – oznaka za determinantu.

Geometrijsko mesto tački η , koja predstavlja elipsoid, definisano je jednačinom:

$$\eta^T C^{-1} \eta = k \quad (7)$$

gde je k – konstanta elipsoida (gustina verovatnoće).

Površina elipsoida oivičena je konstantnom gustinom verovatnoće.

Zapremina tog elipsoida za proizvoljnu vrednost k je [6]:

$$V = \frac{4}{3} k^{\frac{3}{2}} \pi \sqrt{|C|} \quad (8)$$

Iz izraza (8) sledi da je zapremina elipsoida greške proporcionalna $\sqrt{|C|}$. Naime, što je manja zapremina elipsoida greške manja je i greška procene, tako da se $\sqrt{|C|}$ može uzeti kao pokazatelj kvaliteta tačnosti konfiguracije senzora F_p :

$$F_p = \sqrt{|C|} = \sqrt{|(H^T H)^{-1}|} \quad (9)$$

Pošto F_p zavisi od matrice H , čiji članovi zavise od orijentacije senzora, pri oceni orijentacije senzora matrica H može se koristiti kao pokazatelj kvaliteta raznih arhitektura IMB. Arhitektura IMB sa n senzora, koja ima minimalnu vrednost F_p , ima najbolju tačnost. Minimalna vrednost F_p proizvoljne arhitekture IMB sa n senzora odrediće se korišćenjem svojstva sopstvene vrednosti matrice.

Neka su $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ sopstvene vrednosti matrice $H^T H$. Jednačina (9) se tada može napisati kao [6]:

$$F_p = \left(\prod_{i=1}^3 \lambda_i \right)^{-\frac{1}{2}} \quad (10)$$

Pošto redovi matrice H predstavljaju kosinuse pravaca senzora u odnosu na ose referentnog koordinatnog sistema, trag matrice $H^T H$ jednak je zbiru njenih sopstvenih vrednosti [6]:

$$\text{tr}(H^T H) = \sum_{i=1}^3 \lambda_i = n \quad (11)$$

Ako se izračuna ekstremum jednačine (10) nije teško pokazati da F_p postaje minimalan ako je:

$$\lambda_i = \frac{n}{3}, \exists i \quad (12)$$

Smenom (12) u (10) dobija se da je minimalna vrednost F_p , za skup od n senzora, data izrazom:

$$\min F_p = \sqrt{\left(\frac{3}{n}\right)^3} \quad (13)$$

Uopšte, zavisnost F_p od H implicira da je kvalitet, a samim tim i veličina greške u određivanju izlaznih signala iz IMB sa SDOF u funkciji orijentacije mernih (izlaznih) osa senzora. Iz (13) nije teško zaključiti da je, što je više mernih osa (senzora), greška u izračunavanju signala manja. To znači da je IMB u obliku heksade bolji od tetrade, a tetrada bolja od triade.

S druge strane, kod arhitekture IMB sa TDOF sensorima može se pokazati da pokazatelj kvaliteta konfiguracije, u smislu tačnosti, zavisi samo od orijentacije spin ose (spin axes – ulazna osa obrtanja) senzora, a ne od orijentacije mernih osa senzora.

Određivanje pokazatelja kvaliteta kod arhitekture inercijalnog mernog bloka sa senzorima sa dva stepena slobode

Posmatraće se konfiguracija od N senzora TDOF, koji omogućuju $n = 2N$ merenja. Ako je H_s matrica geometrije IMB sa N TDOF senzora, dimenzije $N \times 3$, tada je:

$$H_s^T = [h_{1s} \ h_{2s} \dots \ h_{Ns}] \quad (14)$$

gde je h_{is} – jedinični vektor u pravcu spin ose i -tog TDOF senzora.

Ako je H matrica geometrije mernih osa IMB sa TDOF senzorima definisana kao:

$$H^T = [h_{11} \ h_{12} \ h_{21} \ h_{22} \dots \ h_{N1} \ h_{N2}] \quad (15)$$

gde su h_{i1} i h_{i2} – jedinični vektori u pravcima dve merne ose i -tog TDOF senzora, tada je:

$$H^T H = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^2 h_{ij} h_{ij}^T \quad (16)$$

Za bilo koji TDOF senzor, matrica $[h_{i1} \ h_{i2} \ h_{is}]$, $i=1, 2, \dots, N$, dimenzije 3×3 , ortogonalna je, jer je:

$$h_{is} h_{is}^T + h_{i1} h_{i1}^T + h_{i2} h_{i2}^T = I, i=1, 2, \dots, N \quad (17)$$

gde je I – jedinična matrica.

Zamenjujući (17) u (16) i imajući u vidu (14) dobija se da je:

$$H^T H = \sum_{i=1}^N (I - h_{is} h_{is}^T) = NI - H_s^T H_s \quad (18)$$

Takođe, imajući u vidu jednačinu (9), konstatacija da kod arhitekture IMB sa TDOF senzorima pokazatelj kvaliteta F_p , koji je u funkciji $H^T H$, zavisi samo od broja i orijentacije spin osa senzora je tačna, što se vidi iz izvedene jednačine (18).

Na osnovu jednačine (18) može se zaključiti sledeće:

- povećanje broja N TDOF senzora smanjuje vrednost pokazatelja kvaliteta (F_p) i time poboljšava tačnost u određivanju izlaznih signala iz senzora, jer je manja greška;
- za dve konfiguracije IMB sa N TDOF senzora, čije su matrice spin osa H_s i H'_s i ako je $H_s^T H_s = H_s'^T H'_s$, vrednost pokazatelja kvaliteta F_p je ista. Znači, kvalitet bilo koje konfiguracije IMB sa TDOF senzorima direktno je u funkciji orijentacije spin osa senzora.

Određivanje optimalne orijentacije senzora i varijanse greške u raznim arhitekturama inercijalnog mernog bloka

U bespilotnim letelicama, kosmičkim brodovima i raketama, gde se trajektorija leta unapred planira i kontroliše u toku misije, karakteristike sistema su u najvećem broju slučajeva najosetljivije na greške merenja u odnosu na neku osu letelica. U tom slučaju poželjno je orijentisati ose rezervisane konfiguracije senzora u pravcima koji daju minimalnu grešku u proceni u odnosu na te ose.

Kod arhitekture IMB vrednosti varijanse greške σ_u^2 u proceni, kao i pravac jediničnog vektora $\vec{u}$, duž kojega se greške sa takvim varijansama javljaju, određuju se izrazom:

$$\sigma_u^2 = \vec{u}^T \cdot C \cdot \vec{u} \quad (19)$$

Pošto je C kvadratna matrica trećeg reda data jednačinom (5), onda svaki vektor:

$$\vec{f} \in C^3, (f \neq 0) \quad (20)$$

koji zadovoljava uslov: $C \cdot \vec{f} = \lambda \cdot \vec{f}$ (21) predstavlja sopstveni vektor matrice C , a λ – sopstvenu vrednost matrice C [6].

Vektor $\vec{f}$ odgovara sopstvenoj vrednosti λ , pa je:

$$\lambda = \sigma_u^2 \quad (22)$$

$$\vec{f} = \vec{u} \quad (23)$$

gde su: $\sigma_u^{2T} = [\sigma_1^2 \ \sigma_2^2 \ \sigma_3^2]$ i

$u = [u_1 \ u_2 \ u_3]$, u_1, u_2, u_3 komponente vektora $\vec{u}$, a C je definisano u jednačini (5), uz uslov: $\vec{u}^T \cdot \vec{u} = 1$.

Vrednost varijanse σ_u^2 jednaka je sopstvenoj vrednosti matrice C , a pravci koji odgovaraju tim vrednostima predstavljaju kolone sopstvenog vektora matrice C . Sopstvene vrednosti i sopstveni vektori matrice C određuju kvalitet tačnosti i poželjnu orijentaciju senzora u arhitekturi IMB.

Primena modela na razne arhitekture inercijalnog mernog bloka

Vrednosti pokazatelja kvaliteta F_p i varijanse greške σ_u^2 biće izračunate za nekoliko arhitektura IMB, datih u literaturi ili koje predlažu proizvođači IMB, kod kojih senzori mogu biti jednoosni (SDOF) i dvoosni (TDOF).

Arhitekture sa SDOF senzorima

Posmatraće se slučaj arhitekture IMB u obliku pravilnog dodekaedra sa 6

SDOF senzora, pri čemu su merne ose SDOF senzora normalne na površine dodekaedra (slika 1), merne ose 1 i 4 senzora su u ravni H-Y i pod uglom od $58,28^\circ$ u odnosu na +X osu, merma osa 3 je u ravni X-Z i pod uglom od $31,72^\circ$ u odnosu na +Y osu, itd. Ugao između mernih osa senzora 1 i 4, 2 i 5 i 3 i 6 iznosi $63,44^\circ$, odnosno $\alpha = 58,28^\circ$ i $\beta = 31,72^\circ$. Transponovana matrica H_1^T glasi:¹

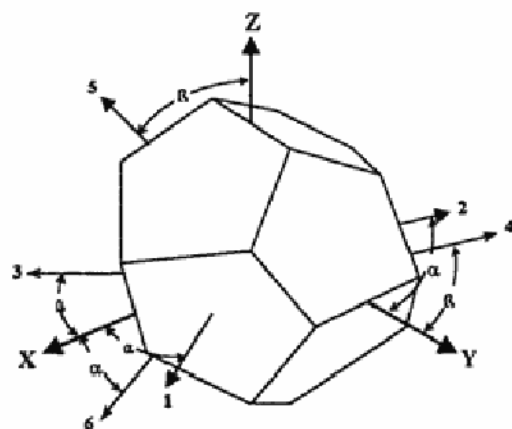
$$H_1^T = \begin{bmatrix} \sin\theta & 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 & \cos\theta \\ \cos\theta & \sin\theta & 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 & \cos\theta & -\sin\theta \end{bmatrix}$$

gde je:

$$\theta = \frac{1}{2} \arctg(2) \cong 31,71747^\circ$$

$$\sin\theta = \sin \sqrt{\frac{5-\sqrt{5}}{10}} \cong 0,526,$$

$$\cos\theta = \cos \sqrt{\frac{5+\sqrt{5}}{10}} \cong 0,851$$



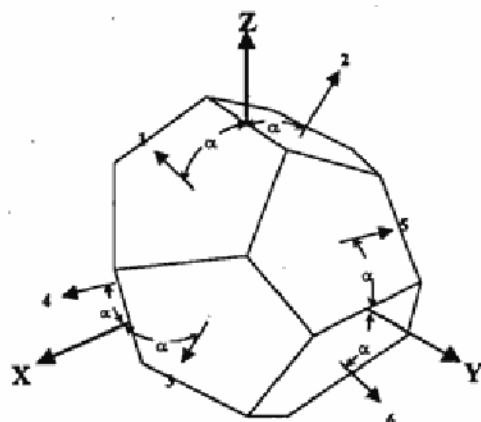
Sl. 1 – Arhitektura IMB sa SDOF senzorima u obliku pravilnog dodekaedra

¹ Arhitektura IMB predložena u [1].

U slučaju orijentacije mernih osa IMB sa 6 SDOF senzora u odnosu na površine pravilnog dodekaedra,² pri čemu su merne ose 1. i 2. senzora u ravni H-Z i pod uglom 58,28° u odnosu na X-osu i čine međusobni ugao od 90°, merne ose 3. i 4. senzora u ravni X-Y i pod uglom 58,28° u odnosu na Y-osu, pri čemu čine međusobni ugao od 90° i merne ose 5. i 6. senzora u ravni Z-Y i pod uglom 58,28° u odnosu na Z osu, pri čemu čine međusobni ugao od 90°, matrica H_2 glasi (slika 2):

$$H_2 = \begin{bmatrix} 0,52573 & 0 & 0,85065 \\ -0,52573 & 0 & 0,85065 \\ 0,85065 & 0,52573 & 0 \\ 0,85065 & -0,52573 & 0 \\ 0 & 0,85065 & 0,52573 \\ 0 & 0,85065 & -0,52573 \end{bmatrix}$$

Na slici 3 prikazan je pravilni oktaedar u kojem komplementarne ose senzora (1 i 2, 3 i 4 i 5 i 6) čine ugao od 90°, jed-



Sl. 2 – Druga varijanta arhitektura IMB u obliku pravilnog dodekaedra

ne sa drugom, i simetrične su u odnosu na ose aviona, odnosno, senzori 1 i 2 su nagnuti za 45° u odnosu na osu Z aviona, senzori 3 i 4 su pomereni za 45° u odnosu na osu X aviona i senzori 5 i 6 su pomereni za 45° u odnosu na osu Y aviona. Ovi senzori su ujedno ortogonalni u odnosu na ivice oktaedra. Za ovaj slučaj matrica H_3 ima vrednost:³

$$H_3 = \begin{bmatrix} \cos 45^\circ & 0 & \cos 45^\circ \\ -\cos 45^\circ & 0 & \cos 45^\circ \\ \cos 45^\circ & \cos 45^\circ & 0 \\ \cos 45^\circ & -\cos 45^\circ & 0 \\ 0 & \cos 45^\circ & \cos 45^\circ \\ 0 & \cos 45^\circ & -\cos 45^\circ \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,707 & 0 & 0,707 \\ -0,707 & 0 & 0,707 \\ 0,707 & 0,707 & 0 \\ 0,707 & -0,707 & 0 \\ 0 & 0,707 & 0,707 \\ 0 & 0,707 & -0,707 \end{bmatrix}$$

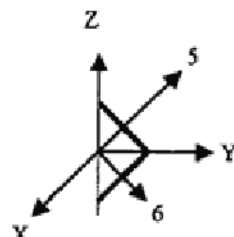
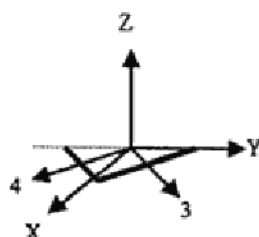
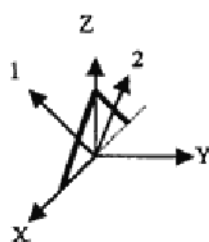
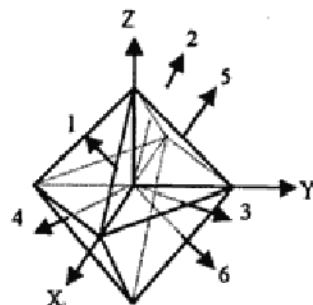
U slučaju ortogonalne arhitekture IMB sa SDOF kod koje su merne ose 3 SDOF senzora međusobno ortogonalne i usmerene u pravcu avionskih osa, matrica H_4 ima vrednost:

$$H_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

U slučaju konusne arhitekture (slika 4) za IMB sa 4 SDOF senzora sve merne ose senzora su u ravni konusa, pri čemu su merne ose SDOF senzora u pravcu avionskih

² Arhitekturu IMB predložili su naučnici sa Masačusetskog instituta J. Gilmore i R. McKern.

³ Arhitektura IMB predložena u [2].



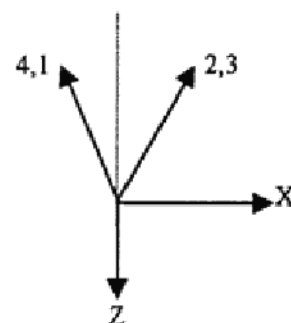
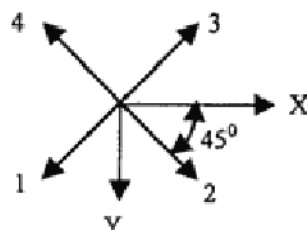
Sl. 3 – Razmeštaj senzora po oktaedru

osa i međusobno obrazuju konus pod uglom $54,75^\circ = \arccos\left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)$, H_5 matrica ima vrednost:⁴

$$H_5 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

U slučaju prikazanom na slici 5, H_6 matrica ima vrednost:⁵

$$H_6 = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \begin{bmatrix} 0 & \sqrt{2} & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & -1 \\ 0 & -\sqrt{2} & -1 \\ -\sqrt{2} & 0 & -1 \end{bmatrix}$$



Sl. 4 – Arhitektura IMB u obliku tetraedra

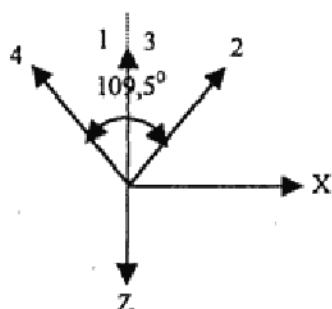
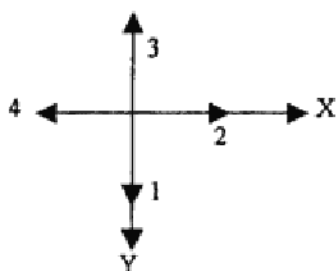
U slučaju konusne konfiguracije IMB sa 5 SDOF senzora čije su merne ose razmeštene oko konusa čiji je cen-

⁴ Arhitektura IMB predložena u [2].

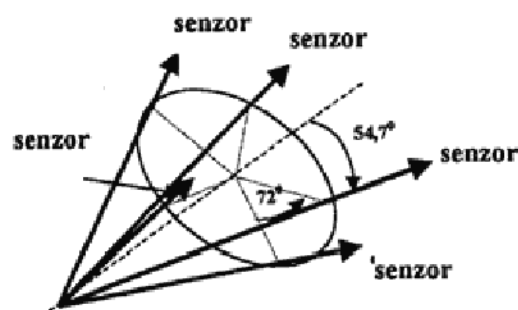
⁵ Arhitektura IMB predložena u [3].

tralni ugao $109,5^\circ$ (slika 6), H_7 matrica ima vrednost:⁶

$$H_7 = \begin{bmatrix} 0,97204 & 0 & -0,23482 \\ -0,60075 & -0,77653 & -0,18997 \\ 0 & 0,47992 & 0,87731 \\ 0 & -0,47992 & 0,87731 \\ -0,60075 & 0,77653 & -0,18997 \end{bmatrix}$$



Sl. 5 – Razmeštaj senzora u obliku tetrade



Sl. 6 – Konusna arhitektura IMB sa 5 senzora

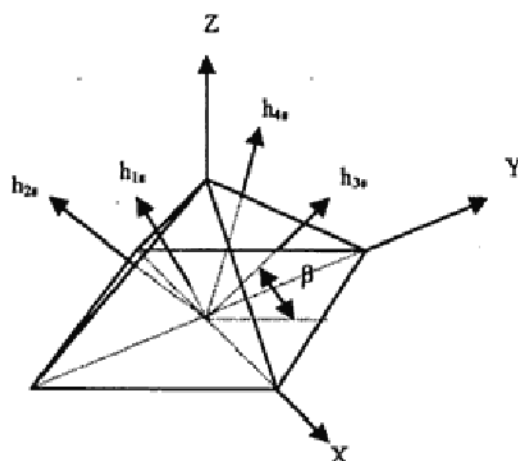
U slučaju konfiguracije IMB sa 8 SDOF, čije merne ose čine ugao od 45° sa jednom od ivica osnove oktaedra, matrica H_8 ima vrednost:⁷

$$H_8 = \begin{bmatrix} 0,70711 & -0,40825 & 0,57735 \\ 0,70711 & 0,40825 & -0,57735 \\ 0,40825 & 0,70711 & 0,57735 \\ -0,40825 & 0,70711 & -0,57735 \\ -0,70711 & 0,40825 & 0,57735 \\ -0,70711 & -0,40825 & -0,57735 \\ -0,40825 & -0,70711 & 0,57735 \\ 0,40825 & -0,70711 & -0,57735 \end{bmatrix}$$

Arhitekture IMB sa TDOF senzorima

Razmatraju se sledeće arhitekture IMB:

- simetrična,
- ortogonalna,
- koplanarna.



Sl. 7 – Simetrična arhitektura IMB sa TDOF u obliku pravilnog poluoktaedra

⁶ Konusna arhitektura IMB koju su predložile firme Hamilton Standard, Division of United Technologies.

⁷ Arhitektura u obliku oktaedra prva je predložila, proizvela i ispitala firma Teledyne Systems Comp.

Simetrična arhitektura IMB sa TDOF sensorima ima svojstvo da je apsolutna vrednost skalarnog proizvoda dva različita vektora spin osa senzora konstantna, tj.:

$$|h_{is} \cdot h_{js}| = K, \exists i, j, i \neq j$$

gde je K – konstanta i za IMB sa TDOF usmerenih na stranice pravilnog poluok-

taedra (slika 7) iznosi $K = \frac{1}{3}$, a za IMB sa TDOF usmerenih na stranice pravilnog dodekaedra je $K = \frac{1}{\sqrt{5}}$, a h_{is} – vektor i -te spin ose TDOF senzora.

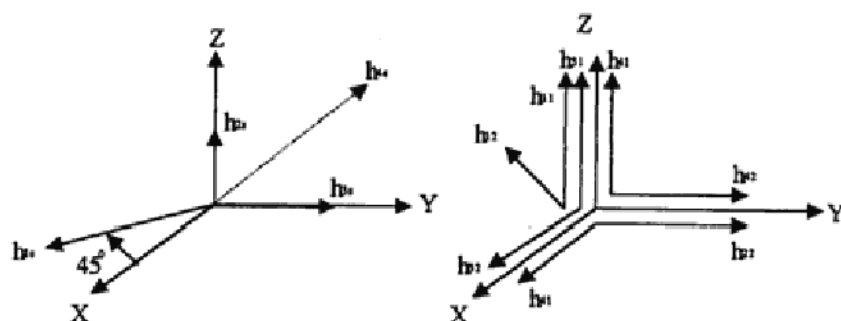
U slučaju 4 TDOF, gde 8 mernih osa i 4 spin ose (normalne na stranice oktaedra) leže na površini konusa sa uglom $\arccos(-K)$ je:

$$H_9^T = \frac{1}{2\sqrt{3}} \begin{bmatrix} \sqrt{3}+1 & -\sqrt{3}+1 & \sqrt{3}-1 & -\sqrt{3}-1 & -\sqrt{3}-1 & \sqrt{3}-1 & -\sqrt{3}+1 & \sqrt{3}+1 \\ -\sqrt{3}+1 & \sqrt{3}+1 & \sqrt{3}+1 & -\sqrt{3}+1 & \sqrt{3}-1 & -\sqrt{3}-1 & -\sqrt{3}-1 & \sqrt{3}-1 \\ 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 \end{bmatrix}$$

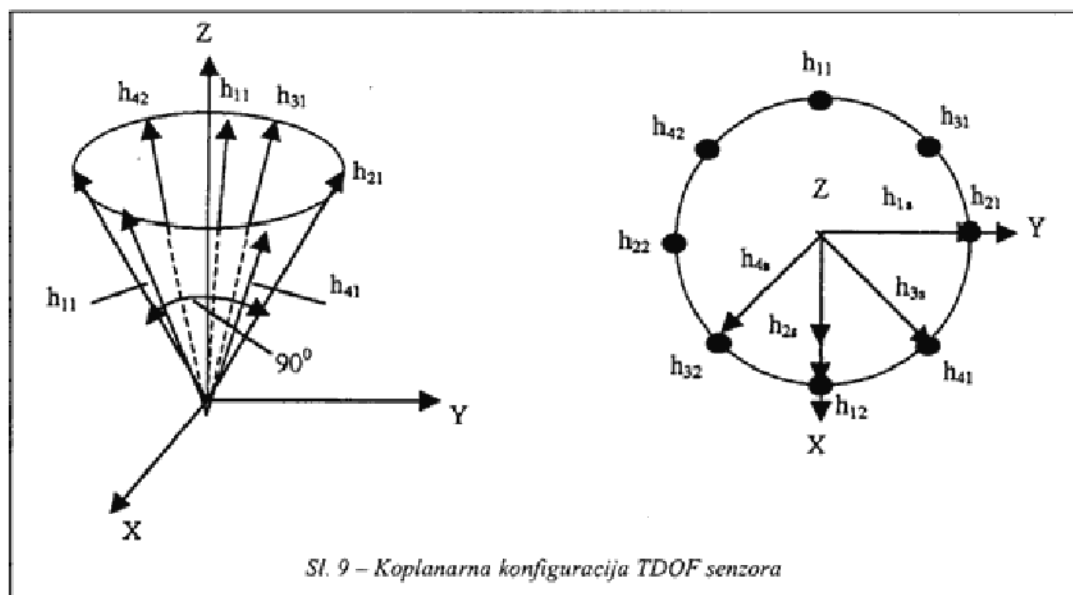
U slučaju *ortogonalne arhitekture IMB* sa TDOF sensorima neke spin ose senzora moraju biti međusobno normalne. Kod ortogonalne konfiguracije IMB sa 4 TDOF senzora, prikazanih na slici 8, tri spin ose: h_{2s} , h_{3s} i h_{4s} su međusobno ortogonalne, a četvrta spin osa h_{1s} je u ravni koja je definisana sa dve (h_{3s} , h_{4s}) od preostale tri ose i pod uglom je od 45° u odnosu na avionsku X-osu. Matrica H_{10} tada ima sledeću vrednost:

$$H_{10}^T = \begin{bmatrix} 0 & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-1}{\sqrt{2}} & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Kod *koplanarne konfiguracije IMB* sa 4 TDOF senzora sve četiri spin ose TDOF senzora moraju da leže u jednoj



Sl. 8 – Ortogonalna konfiguracija TDOF senzora



Sl. 9 – Koplanarna konfiguracija TDOF senzora

ravni, a osam mernih osa su simetrično razmeštene po površini konusa čiji ugao

konusa iznosi 90° (slika 9). Tada matrica H_{11} ima vrednost:

$$H_{11}^T = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & 0 & 0 & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sqrt{2}} & -\frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix}$$

Uporedna analiza arhitektura IMB

Primenom jednačina (9), (19) i (23) na matrice H_i do H_{11} dobijaju se vrednosti za F_p , σ_u^2 i u_p , koje su prikazane u tabelama 1 i 2.

Iz tabela 1 i 2 vidi se da su arhitekture IMB, koje imaju matrice H_8 i H_9 , najbolje za primenu u navigaciji, jer imaju najmanju vrednost pokazatelja kvaliteta F_p , koji je direktno proporcionalan zapremini elipsoida greške merenja, tj. kovarijansnoj matrici procene greške. Kva-

litet se pogoršava ako spin ose senzora izgube simetričnost.

Komponente u_i vezane su za koordinatni sistem u kojem je definisana orijentacija svakog senzora iz date arhitekture IMB.⁸

U aplikacijama kod kojih se unapred zna potreba za većom tačnošću ugaone brzine oko jedne ose letelice, najbolja je koplanarna arhitektura H_{11} , sa orijentacijom osa redundantnog senzora u pravcu u_j . U tom pravcu od svih navede-

⁸ U tabelama 1 i 2 zasenčene su optimalne arhitekture IMB.

Tabela 1

Vrednosti pokazatelja kvaliteta raznih arhitektura IMB sa SDOF senzorima sa stanovišta tačnosti određivanja merenog parametra

Arhitektura IMB	Varijanta, matrica H	Pokazatelj kvaliteta arhitekture, F_p	$\min F_p$	Varijansa greške, σ_u^2	Pravac orijentacije, u_i
Sa SDOF senzorima	6 SDOF, H_1	0,354	0,354	0,5	svi pravci
	6 SDOF, H_2	0,354	0,354	0,905	$u_1=(0; -0,707; 0,707)$
				0,345	$u_2=(0; 0,707; 0,707)$
				0,5	$u_3=(1; 0; 0)$
	6 SDOF, H_3	0,393	0,230	0,5	svi pravci
	3 SDOF, H_4	1,000	1,000	1,000	$u_1=(1; 0; 0)$
				1,000	$u_2=(0; 1; 0)$
				1,000	$u_3=(0; 0; 1)$
	4 SDOF, H_5	0,650	0,650	0,75	$u_1=(1; 0; 0)$
				0,75	$u_2=(0; 1; 0)$
	4 SDOF, H_6	0,650	0,650	0,75	$u_1=(1; 0; 0)$
				0,75	$u_2=(0; 1; 0)$
				0,75	$u_3=(0; 0; 1)$
	5 SDOF, H_7	0,465	0,465	0,6	$u_1=(0; 1; 0)$
				0,6	$u_2=(0,721; 0; 0,693)$
				0,6	$u_3=(-0,693; 0; 0,721)$
	8 SDOF, H_8	0,230	0,230	0,375	svi pravci

Tabela 2

Vrednosti pokazatelja kvaliteta raznih arhitektura IMB sa TDOF senzorima sa stanovišta tačnosti određivanja merenog parametra

Arhitektura IMB	Varijanta, matrica H	Pokazatelj kvaliteta arhitekture, F_p	$\min F_p$	Varijansa greške, σ_u^2	Pravac orijentacije, u_i
Sa TDOF senzorima	Simetrična TDOF, H_9	0,230	0,230	0,375	svi pravci
	Ortogonalna TDOF, H_{10}	0,236	0,230	0,5	$u_1=(0,707; -0,707; 0)$
				0,333	$u_2=(0,707; 0,707; 0)$
				0,333	$u_3=(0; 0; 1)$
	Koplanarna TDOF, H_{11}	0,250	0,230	0,5	$u_1=(1; 0; 0)$
				0,5	$u_2=(0; 1; 0)$
				0,25	$u_3=(0; 0; 1)$

nih arhitektura IMB najmanja je greška σ_u^2 u određivanju parametra navigacije. Znači, komplanarnu arhitekturu senzora treba postaviti na letelicu, tako da osa letelice, sa najčešćom promenom ugaone brzine, bude duž ose u_3 .

Zaključak

U ovom članku izložen je model određivanja brojčanog pokazatelja kvaliteta proizvoljne arhitekture IMB sa stanovišta tačnosti određivanja merenog parametra.

Na osnovu analize vrednosti brojčanih pokazatelja arhitektura H_1 do H_{11} , IMB, koje su date u literaturi ili se nalaze u proizvodnim programima proizvođača INS, pokazalo se da najbolja svojstva za primenu kod sistema za upravljanje, navigaciju i vođenje letelice imaju simetrične arhitekture, jer je tačnost u određivanju ugaonih brzina i ubrzanja ista u pravcu sve tri ose letelice i ne zavisi od orijentacije osa senzora IMB.

Ortogonalna arhitektura se po svojim kvalitetima nalazi između simetrične i koplanarne arhitekture. Koplanarna arhitektura se primenjuje kod onih INS koji se ugrađuju u letelice kod kojih se menja i meri ugaona brzina uglavnom oko jedne ose objekta.

Predloženi model može se primeniti i pri analizi drugog skupa proizvoljnih arhitektura IMB.

Literatura:

- [1] Daly, K.; Gai, E.; Harrison, J.: Generalized Likelihood Test for FDI in Redundant Sensor Configurations, J. Guidance and Control, Vol. 2, No. 1, Jan.-Feb. 1979.
- [2] Gai, E.; Harrison, J.; Daly, K.: FDI Performance of Two Redundant Sensor Configurations, IEEE Transaction on AES, Vol. AES-15, №3, Nov. 1979.
- [3] Satin, A.; Gates, R.: Evaluation of Parity Equations for Gyro Failure Detection and Isolation, AIAA J. Guidance and Control, Vol. 2, №1, Jan.-Feb. 1978.
- [4] Morrell, F.: Design of a developmental dual fail operational redundant strapped down inertial measurement unit, Proc. IEEE 1980, NAECON, Dayton, 1980.
- [5] Mitrinović, D. S.; Mihajlović, D.; Vasić, P. M.: Linearna algebra, Polinomi, Analitička geometrija, Građevinska knjiga, Beograd, 1973.
- [6] Bronštejn, I. H.; Semendejev, K. A.: Spravočnik po matematike, Nauka, Moskva, 1986.

Mr Miroslav Savanović,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV,
Beograd
Novka Mandić,
inž. inf.
Vrhovni vojni sud,
Beograd

SOFTVERSKO REŠENJE ZA PODRŠKU METROLOŠKOM OBEZBEĐENJU U TEHNIČKOM OPITNOM CENTRU VOJSKE SCG*

UDC: 551.50 : 681.3.06] : 355.1 (497.1)

Rezime:

U radu je predstavljeno softversko rešenje za praćenje merne opreme i podršku metrološkom obezbeđenju u Tehničkom opitnom centru Vojske SCG. Softver omogućava unos i čuvanje svih relevantnih podataka o merilima, brzu izradu svih zahtevanih izveštaja različitih vrsta i planova verifikacije i opravke kao i uvid u istoriju održavanja. Softversko rešenje obuhvata bazu podataka projektovanu na platformi „Paradox“ i softver za rad nad bazom podataka izrađen u programskom okruženju „Delphi“.

Ključne reči: metrološko obezbeđenje, merna oprema, softver.

SOFTWARE SOLUTION FOR METROLOGICAL SUPPORT IN THE TECHNICAL PROVING CENTER OF THE ARMY OF SERBIA AND MONTENEGRO

Summary:

This paper presents a test equipment monitoring software solution for metrological support in the Technical proving center of the Army of Serbia and Montenegro. The software provides input and saving of all relevant data concerning measuring instruments, quick generation of different kinds of required reports and verification and maintenance plans as well as maintenance history. The software includes a database designed on the „Paradox“ platform and software procedures for data processing coded on the „Delphi“ software platform.

Key words: metrological support, measuring equipment, software.

Uvod

Značaj merenja u ljudskoj delatnosti uopšte, a naročito u nauci i tehnici, uočila su još davno slavna imena nauke, o čemu svedoče njihove misli kao što su: „nauka počinje tamo gde počinju merenja“ Mendeljejeva ili „meri ono što se može meriti i učini merljivim ono što se ne meri“ Galilea Galileja. Budući da bez

kvalitetne i metrološki potvrđene merne opreme nema tačnog merenja, pitanju održavanja jedinstva metrološkog sistema, praćenju stanja merne opreme, njenom metrološkom potvrđivanju, održavanju i uopšte metrološkom obezbeđenju, mora se posvećivati najveća moguća pažnja, naročito u ustanovama kojima je merenje osnovna delatnost.

Tehnički opitni centar KoV Vojske SCG (TOC) čija je osnovna delatnost ispitivanje i ocenjivanje kvaliteta naoružanja

* Rad je saopšten na naučno-stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 2. decembra 2003. u Beogradu.

nja i vojne opreme i tehničkih proizvoda i metrološko obezbeđenje Vojske SCG, upravo je ustanova u kojoj je merenje direktno vezano za njenu osnovnu delatnost. Za obavljanje navedene delatnosti koristi se veliki broj odgovarajuće merne opreme za koju mora da postoji precizna i ažurna evidencija koja će omogućiti upravljanje ovim značajnim resursom.

U radu je predstavljeno softversko rešenje za praćenje stanja, planiranje metroloških pregleda i održavanja merne opreme, kao i širu podršku metrološkom obezbeđenju u TOC-u. Demo verzija softvera može se detaljno predstaviti svim zainteresovanim korisnicima uz potrebna objašnjenja.

Opis problema

TOC je organizovan kao hijerarhijska struktura u kojoj se pod upravom TOC-a na prvom nivou nalaze sektori i poligoni, na drugom nivou odeljenja, a na trećem nivou laboratorije i odseci. Metrološko obezbeđenje TOC-a u okviru ukupnog tehničkog obezbeđenja (TOB) na nivou TOC-a organizuje referent za metrologiju, a na nivou sektora i poligona njihovi referenti metrologije. Referenti metrologije zaduženi su za ažurnost podataka o mernoj opremi, izveštavanje kao i planiranje metroloških pregleda u različitim ovlašćenim metrološkim laboratorijama u Vojsci SCG i izvan nje. O popravci i servisiranju merne opreme brinu načelnici laboratorija ili odseka. Ukupan broj merila u TOC-u iznosi preko 2500 primeraka. Ovoliki broj merila zahteva automatizaciju vođenja podataka, iz-

rade izveštaja, evidencija i planova pregleda i popravki.

Merna oprema može imati tri statusa: u upotrebi, u metrološkoj rezervi i na popravci (ili da posle popravke čeka na verifikaciju).

Metrološki pregledi merne opreme, uključujući i etalone (radne, sekundarne i primarne), vrše se sa različitim periodikom i u različitim ovlašćenim metrološkim laboratorijama u Vojsci SCG, u našoj zemlji ili u inostranstvu. Merna oprema se na metrološke preglede upućuje redovno po isteku vremena važenja verifikacije, vanredno nakon popravke, ili u slučaju sumnje u tačnost po bilo kojem osnovu.

Budući da je planiranje metroloških pregleda svih merila centralizovano i vrši se jednom godišnje, planiranje metroloških pregleda podrazumeva izradu predloga planova pregleda svih merila koja dospevaju za pregled u narednoj godini po metrološkim laboratorijama.

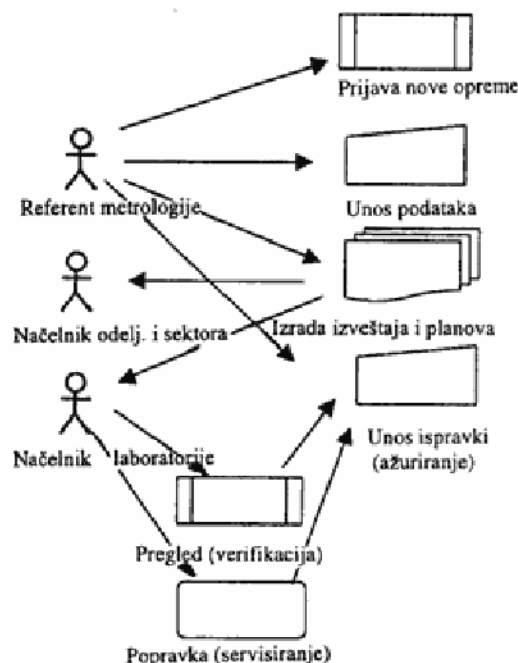
Svako merilo opisano je velikim brojem atributa (36) kao što su: identifikacioni broj, klasifikacioni broj, serijski broj, tačnost, merni opseg, frekventni opseg, najmanji podeljak, proizvođač, status, periodičnost izvršenja pregleda, datum izvršenja pregleda, oznaka ovlašćene metrološke laboratorije u kojoj se vrši verifikacija, cena, itd. Svaki od ovih atributa ima svoj značaj i koristi se kao element pri izradi izveštaja, evidencija i planova pregleda.

Radi unificiranosti izveštaja, evidencija i planova pregleda u metrološkim laboratorijama, Uputstvom [1] definisane su sve forme obrazaca na kojima se oni ručno vode u Vojsci SCG. Pored formi

definisanih u navedenom uputstvu, inter-nim dokumentima sistema kvaliteta kao što je Uputstvo [2], definisane su neke forme specifične za TOC koje služe u svakodnevnom radu.

Zahtev koji je postavljen pred projektante softverskog rešenja ukratko se može opisati kao automatizacija procesa vođenja svih podataka o svakom merilu posebno, sortiranje po definisanim ključevima radi izrade zahtevanih evidencija, izveštaja i planova pregleda u printanoj formi koji se u takvom obliku dostavljaju planskom organu uprave TOC i Tehnič-koj upravi. Dodatni zahtevi koje su po-stavili projektanti su:

– što jednostavniji rad sa softverom koji će u maksimalnoj meri oponašati stari način rada pri kojem se podaci vode ručno;



Sl. 1 – Interakcija korisnika i softvera sa pregledom osnovnih funkcija u procesu praćenja merne opreme TOC-a

– sve jednom unete podatke preno-siti u sve forme u kojima se traže;

– na svim mestima gde je to moguće kroz padajuće menije, kombo boksove, ili na drugi način, nuditi mogućnost izbo-ra pri unosu podataka;

– radi, čoveku najlakšeg, „vizuelnog vezivanja“ za svako merilo obezbediti njegovu sliku pri unosu atributa koji ga karakterišu;

– forme dizajnirati tako da budu što ergonomičnije.

Na slici 1 prikazani su korisnici softve-ra i osnovne funkcije koje softver realizuje.

Staro rešenje za podršku metrološkog obezbeđenja TOC

Za podršku metrološkom obezbeđe-nju u TOC-u od 1999. godine postoji rešenje koje se sastoji od baze podataka projektovane u MS Accessu u kojoj su vođeni podaci o svim merilima. Ovakvo rešenje imalo je značajne nedostatke koji su se ogledali u sledećem:

– unos podataka o merilima vršen je direktnim pristupom samoj bazi, a ne kroz definisane forme za unos koje štite konzistentnost podataka u bazi;

– procedure za rad nad bazom podata-ka nisu bile rešene na odgovarajući način;

– generisanje svih potrebnih eviden-cija, izveštaja i naročito planova pregleda u Uputstvom [1] definisanim formama, nije bilo efikasno i jednoznačno jer rela-cije između atributa periodičnost pregle-da, vreme izvršenja metroloških pregle-da, vreme popravki i vanrednih pregleda nisu bile matematički i logički korektno interpretirane što je onemogućavalo automatsku izradu predloga planova iz-vršenja pregleda;

– izrada evidencija, izveštaja i naročito planova metroloških pregleda zavisila je od ličnog poznavanja rada referenata metrologije u MS Access okruženju;

– u slučaju odsutnosti referenata bilo je teško „uhvatiti priključak“ i zahtevani posao završiti u kratkom roku. Ovakav rad nije davao garancije da neka od merila nisu izostavljena ili da su napravljeni propusti druge vrste;

– zbog potrebe dorade podaci su često „izvoženi“ iz baze podataka i doradjivani u MS Wordu ili MS Excelu;

– sama baza podataka nije bila strukturirana tako da atributi merila jednoznačno definišu polja baze što je za posledicu imalo nemogućnost izvođenja nekih sortiranja i pretraživanja koja su neophodna za automatsku izradu izveštaja i planova pregleda.

Navedeni nedostaci poslužili su kao osnovni motiv za izradu novog rešenja. Da bi u što većoj meri sačuvali već uloženi trud oko unosa podataka, iz stare baze preuzeti su svi ranije uneti podaci, a stara baza je rekonstruisana prema zahtevima koncepcije novog rešenja.

Novo rešenje

Sama priroda problema direktno je vezana sa strukturom organizacije TOC-a u kojoj je prvi deo organizacionih celina razmešten u različitim objektima na jednoj lokaciji, a drugi deo organizacionih celina (poligoni) na lokacijama udaljenim više desetina i stotina kilometara. Rešenju ovakvog problema bio bi primeren koncept distribuiranog sistema sa više međusobno povezanih elemenata, od kojih bi prva grupa radila u intranet okruženju, a druga u internet okruženju.

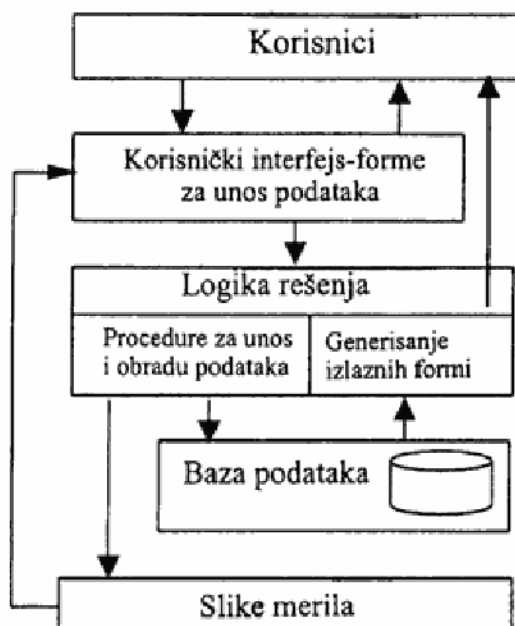
Osnovno rešenje moralo bi da bude bazirano na Web tehnologijama, a rešenje informatičke podrške imalo bi oblik klijent-server aplikacije.

Međutim, hardverska ograničenja koja se ogledaju u nedostatku lokalne računarske mreže između objekata na istoj lokaciji i nemogućnosti izlaska na internet, takode zbog hardverskih ograničenja i ograničenja zbog bezbednosti, koncept novog rešenja nije mogao biti postavljen na nivo mrežnog distribuiranog rešenja već na nivo komunikacije između računara putem fizičke razmene podataka upisanih na magnetni ili optički medijum.

Novo rešenje moralo je da se ograniči samo na realizaciju nove baze podataka, logiku rešenja sa procedurama za rad nad bazom podataka i interfejs sa korisnicima. Softversko rešenje sa bazom podataka instalira se na izdvojenim mestima na nivou sektora kod referenata metrologije odgovornih za unos i korektnost podataka za merila koja se nalaze u njihovim sektorima. Referent metrologije TOC-a akumulira podatke automatizovanom procedurom koja briše prethodna stanja i kopira nova u objedinjenu bazu podataka TOC-a. Koncept novog rešenja prikazan je na slici 2.

Za realizaciju baze podataka, u svetlu ranije navedenih ograničenja, izabran je program „Paradox“ koji je, sa aspekta korisnika, najjednostavniji jer operiše sa tabelama u obliku posebnih fajlova koji moraju da se kopiraju na diskete radi objedinjavanja podataka.

S obzirom da je u planu izgradnja lokalne računarske mreže na nivou jedne lokacije, gde je smeštena većina organizacionih celina TOC-a, ova baza podataka može se, u okviru dogradnje rešenja,



Sl. 2 – Konceptualni model novog rešenja sa pripadajućim celinama

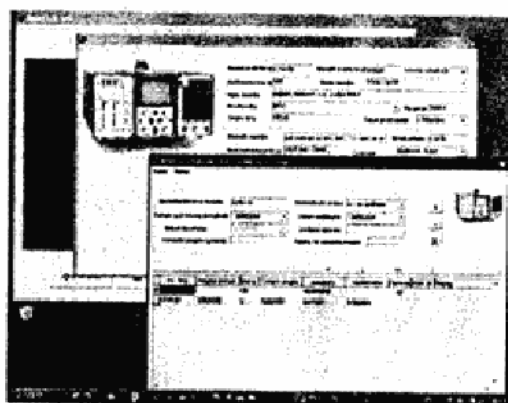
jednostavno prevesti u Microsoft SQL Server okruženje.

Korisnički interfejs realizovan je tako da se unos podataka realizuje preko 6 ulaznih formi koje odgovaraju tabelama predstavljenim na slici 4. Osnovna forma „Merila“ služi za unos podataka o svakom pojedinačnom merilu i može se videti na slici 3. Pored mesta predviđenih za unos podataka, na ovu formu i formu „Istorija pregleda“ učitava se i slika merila, čime je njegovo prepoznavanje korisniku znatno olakšano. Na ovaj način unos podataka ne predstavlja samo rad sa nizom slova i brojeva, što je često zamorno, već kod korisnika stvara osećaj bolje veze sa predmetom koji obrađuje. Osim što slika približava korisniku predmet rada, ona služi i kao vid dodatne kontrole kojom se utvrđuje da se uneti podaci odnose na pravo merilo.

Na svim mestima gde je to moguće, u formama se nude padajući meniji i kombo boksovi radi smanjenja mogućnosti nastanka greške prilikom unošenja podataka i skraćivanja vremena potrebnog za unos.

Upotreba korisničkog interfejsa ne zahteva nikakvu posebnu obuku korisnika niti prethodna znanja. U slučaju nekih nedoumica, korisnik može da se obrati za pomoć u glavnom meniju za svaku formu, i odmah da dobije željenu informaciju ili detaljnom Uputstvu.

Logika rešenja definisana je logičkim modelom koji je izrađen primenom objektnog modeliranja. Logika rešenja definiše komunikaciju između formi za unos podataka i same baze podataka (sl. 2), i organizovana je u dva segmenta. U prvom segmentu definisane su relacije za obradu unetih podataka i priprema za unos u forme definisane za izveštaje, evidencije i planove. U drugom segmentu definisani su obrasci za štampanje izlaznih dokumenata (izveštaja, evidencija i planova) koji su propisani u [1]. Ukupno ih je definisano 10 vrsta, ali budući da su definisani po vrstama merila, ukupan



Sl. 3 – Izgled osnovne forme „Merila“ za unos podataka o svakom merilu

broj definisanih izlaznih formi iznosi 30. Najvažnije izlazne forme su:

- objedinjena evidencija merila – obrazac M-18,
- osnovne evidencije merila, primarnih, sekundarnih i radnih etalona – obrasci M-16, M-13, M-14, M-15 respektivno,
- evidencija „V“ merila na upotrebi,
- evidencija „V“ merila u metrološkoj rezervi,
- evidencija neispravnih merila,
- spisak laboratorijskih merila i pomoćne opreme – obrazac M-9,
- plan periodičnih pregleda merne opreme – obrazac M-20,
- evidencija neispravnih „V“ merila koja čekaju na popravku,
- prijava vanrednih pregleda merila – obrazac M-21,
- spisak merila koja ne podležu pregledu,
- spisak „P“ merila, itd.

Predlozi planova štampaju se po ključu metroloških laboratorija u koje se merila upućuju na preglede, a sve ostale evidencije i izveštaji po osnovi zadatog ključa za pretraživanje po organizacionim jedinicama.

Osnovna karakteristika ovog, srednjeg, sloja aplikacije je veliki broj proce-

dura sa ugrađenim kontrolama kojima se sprečava pogrešan unos podataka.

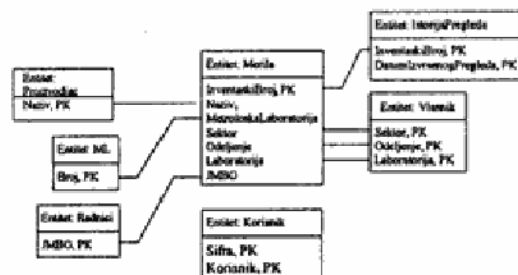
Baza podataka je organizovana u 7 tabela u koje su smešteni podaci o svim entitetima, a to su: Merila (36 polja), Istorija pregleda (9 polja), Vlasnici tj. lica koja su zadužena za merila (4 polja), Radnici tj. svi zaposleni (7 polja), Proizvođači (9 polja), ML tj. metrološke laboratorije (7 polja) i Korisnici programa (3 polja). U poljima su smešteni atributi koji detaljno opisuju sve entitete. Jedino entitet Korisnici programa nema veze sa merilima, već se u njemu registruju korisnici programa tj. referenti metrologije u sektorima i njihove šifre.

Pojednostavljeni model podataka prikazan je na slici 4. Na slici su prikazani uglavnom samo atributi – primarni ključevi preko kojih su ostvarene veze sa ostalim entitetima. Primarni ključevi su označeni oznakom PK. Centralni entitet u bazi podataka je tabela „Merila“.

Slike merila koje se, radi lakšeg prepoznavanja merila, učitavaju u forme „Merila“ i „Istorija pregleda“ organizovane su u posebnom direktorijumu (sl. 2). Slike merila se pre unosa moraju snimiti (skenirati) u „jpg“ formatu i arhivirati u direktorijumu „Slike“. Ovaj format je izabran jer obezbeđuje adekvatnu kompresiju i malo zauzeće memorijskog prostora. Da bi se sprečilo gomilanje više slika za istu vrstu merila, identifikacija slika se vrši davanjem imena fajla po tipu (imenu) merila koje mu daje proizvođač.

Implementacija

Hardverska ograničenja koja su ukratko opisana uslovila su da je softversko rešenje u fazi probnog rada implementirano na 5 mesta, tj. kod referenata



Sl. 4 – Pojednostavljeni prikaz modela podataka koji ističe relaciju između pojedinih entiteta unutar baze podataka

metrologije u 4 sektora i kod referenta metrologije TOC-a. Instalacija rešenja automatizovana je i vrši se sa instalacionog kompakt diska. Razmena podataka između korisnika (referenata metrologije) vrši se uz pomoć disketa. Procedura za kopiranje je automatizovana i nudi se u glavnom meniju softverskog rešenja.

Radi smanjenja zauzimanja memorijskog prostora, pri prenosu podataka sa računara na računar, automatski se nudi i mogućnost kompresije podataka alatom WINZIP. Čitavo softversko rešenje urađeno je na platformi „Delphi 5“. Instalacija rešenja ne zahteva prisustvo elemenata „Delphi“ okruženja kao što je BDE (Borland Database Engine) Administrator.

Hardverski zahtevi za računar, na kojem se softversko rešenje instalira, minimalni su i kreću se na nivou personalnog računara sa procesorom serije 486, 64 MB RAM, 500 MB praznog prostora na čvrstom disku, grafičke kartice SVGA sa 2MB RAM (rezolucija 800 x 600) sa operativnim sistemom Windows 95.

Predstavljeno rešenje je instalirano, i nalazi se u fazi verifikacije u TOC-u.

Zaključak

U radu je ukratko predstavljeno softversko rešenje za praćenje merne opreme i podršku metrološkom obezbeđenju u TOC-u. Iako je problem, koji je pred projektante rešenja postavljen, zahtevao tipično distribuirano rešenje, zbog hardverskih ograničenja rešenje je u praksi realizovano u značajno redukovanoj formi koja isključuje rad u intranet okruženju, čime je značajno umanjeno komfor korisnika u radu.

Osnovni doprinos predstavljenog rešenja je automatizacija rada referenata metrologije na praćenju stanja merne opreme, i izradi planova periodičnih metroloških pregleda merne opreme.

Sa informatičkog stanovišta u izradi rešenja primenjena je tehnika objektnog programiranja na jednom do sada neresavanom praktičnom problemu u programskom okruženju „Delphi 5“.

Informatizacija jedne značajne praktične funkcije u TOC-u treba da posluži kao put kojim treba krenuti ka informatizaciji i ostalih funkcija (dokumentacija, marketing, delovodstvo, nabavke, finansije i sl.). Njihovom informatizacijom, stvorili bi se uslovi za objedinjavanje svih segmenata u integrisani sistem informatičke podrške poslovanju u TOC-u. Nakon analize zahteva, takav sistem treba projektovati sa ciljem što efikasnijeg iskorišćenja postojeće računarske opreme. Nabavkom nedostajuće, uglavnom mrežne, opreme zaokružili bi se resursi potrebni za funkcionisanje takvog sistema, ali istovremeno i ovog rešenja predstavljenog u radu.

Literatura:

- [1] Uputstva o sprovođenju odredaba Pravilnika o metrološkoj delatnosti u oblasti odbrane, SVL br. 39/1999.
- [2] Novaković, Ž.: Uputstvo za metrološko obezbeđenje TOC KoV, B.00.008 (interni dokument sistema kvaliteta JUS ISO 9001/96), TOC KoV, Beograd 1999.
- [3] Aleksić, Lj.: Uputstvo za bazu podataka MerSTOC, B.00.026 (interni dokument sistema kvaliteta JUS ISO 9001/96), TOC KoV, Beograd, 1999.
- [4] Dulanović, N.: Koncept informatičke podrške praćenja zdravstvenog stanja pripadnika Vojne akademije u intranet okruženju, Zbornik radova XLVI Konferencije za ETRAN, tom III, Banja Vrućica – Teslić, juli 2002.
- [5] Merdžanović, M.: Koncept informatičke podrške sportskim takmičenjima tipa višeboja zasnovane na Web tehnologijama, Zbornik radova XLVI Konferencije za ETRAN, tom III, Banja Vrućica – Teslić, juli 2002.
- [6] Vrzić, P.; Krzić, M.: Delphi lakoća programiranja i povezivanja, CET, Beograd, 1995.
- [7] Xavier Pacheco: Delphi 5 Developer's Guide, Vol.1 SAMS, 2000.

Profesor dr Đurde Perišić,

dipl. inž.

Dr Dragoljub Brkić,

dipl. inž.

Ilija Botić,

dipl. inž.

Gavrilo Despotović,

dipl. inž.

Đorđe Perišić,

Tehnički opitni centar KoV,

Beograd

SIMULACIJA STOHAISTIČKIH PROCESA U REALNOM VREMENU POMOĆU PC RAČUNARA*

UDC: 621.373 : 519.21 : 681.3.06

Rezime:

U radu je opisan novi pristup za impulsni generator slučajnog procesa. Generator se bazira na softveru PC računara i na odgovarajućem elektronskom rešenju za komunikaciju sa PC računarom. Generator se može koristiti u oblasti ispitivanja i merenja, kao i za razne vrste razvoja i istraživanja. Ovaj pristup ima poseban značaj za TOC-ova ispitivanja u otežanim uslovima, kao, na primer, u prisustvu štetnih zračenja, u terenskim uslovima, u uslovima skupih ispitivanja i drugim uslovima. Uz pomoć generatora pomenuta ispitivanja mogu se realizovati znatno jeftinije i u laboratorijskim uslovima.

Ključne reči: ispitivanje, merenje, stohastički procesi, impulsni generator slučajnog procesa u realnom vremenu, softver.

REAL TIME SIMULATION OF STOCHASTIC PROCESSES USING PERSONAL COMPUTERS

Summary:

A new approach to a stochastic real time pulse generator is described in this work. The stochastic generator is based on a PC software and the corresponding electronics for the communication with a PC. It may be used for testings and measurements, as well as for different sorts of developments and investigations. This approach has a special importance for testings under difficult conditions, e.g. tests in the presence of harmful radiation, in ground testis, in expensive tests setc. Using the stochastic generator, all of them can be realised significantly cheaper and in the lab conditions.

Key words: testing, measurement, stochastic processes, real time random pulse generator, software.

Uvod

S obzirom na intenzitet savremenog tehničko-tehnološkog i informatičkog razvoja, u svetu su se pojavile nove tehničke discipline, nove oblasti i novi široko primenjeni sistemi, čije je uvođenje i u naš svakodnevni život postao imperativ vremena u kojem živimo. U novim savremenim uslovima, a pogotovu u bu-

dućnosti, bez uvođenja novih tehnologija neće se moći koristiti ogromni tehnički, aplikativni i naučni resursi kao osnova za bavljenje bilo kojom oblašću, ali ni tehnička dostignuća namenjena za svakodnevni život.

Jedna veoma perspektivna oblast u novim savremenim uslovima jeste primena PC računara i ponudene elektronske tehnologije u upravljanju procesima izvan računara. Oblast upravljanja pomoću PC računara predstavlja novu dimenziju

* Rad je sopšten na naučno-stručnom skupu TOC KoV „Ispitivanje kvaliteta sredstava NVO“, 2. decembra 2003. u Beogradu.

u svetskom privrednom sistemu. Potreba za upravljanjem pomoću PC računara danas je evidentna u svim privrednim granama. Danas sve male ili velike firme imaju potrebe za rešavanje veoma širokog spektra tehničkih zadataka, kao što su automatizacija i kontrola procesa proizvodnje, kontrola i upravljanje kvalitetom proizvodnje, racionalizacija potrošnje različitih vrsta energije, automatizacija merenja, raznovrsne akvizicije podataka, ispitivanja i mnoge druge. Treba imati u vidu da je za rešavanje najjednostavnijeg tehničkog problema ove vrste potrebno od stranih proizvođača nabaviti uz računar standardne interfejsne i skupu programabilnu opremu i softver uz veoma opsežnu edukaciju. Umesto toga, odgovarajuća znanja u ovoj oblasti i neuporedivo manje sredstava dovoljni su za rešavanje pomenutih tehničkih zadataka.

Upravljanje pomoću PC računara decenijama je bila privilegija samo visokom naučnim institucija i izuzetnih pojedinaca, bilo zbog preskupih računara ili zbog toga što je samo mali broj stručnjaka mogao imati tako široku nadgradnju i visoki naučni i stručni nivo, da bi u ovoj oblasti postizao rezultate. Danas se situacija u potpunosti promenila. Jeftini a mnogo moćniji PC računari su ušli u institute, škole, fabrike i kuće. Broj obrazovnih stepenica i potrebnog vremena za sticanje neophodnih znanja za praktičnu primenu ove oblasti je na desetine puta smanjen. Tome doprinose nebrojeno puta povećane tehničke mogućnosti samih računara i njegovih izlaznih portova, poboljšani i za upotrebu pojednostavljeni operativni sistemi, razvijeni mnogobrojni za primenu jednostavni aplikativni softveri, realizovane jeftine i moćne elektronske kartice za spoljnu ko-

munikaciju, smanjene cene a povećane funkcionalne mogućnosti elektronskih komponenata za samostalnu nadgradnju, i mnoge druge pogodnosti koje nudi savremena tehnologija.

Jednom rečju zemlje u razvoju su dobile šansu da se pod gotovo istim uslovima bave ovom oblašću kao i razvijene zemlje. Kao nikada do sada male zemlje su dobile šansu da i sopstvenim snagama, bez velikih ulaganja, podignu stepen razvoja mnogih privrednih grana na znatno viši tehnički nivo uz znatno poboljšan odnos cena/efikasnost u proizvodnji, kao i da svetskom tržištu ponude svoj intelektualni rad. Nedostaju samo sistematizovana znanja u ovoj oblasti. Za sada, nažalost, ni jedan od obrazovnih nivoa, od osnovnog do fakultetskog, ne nudi sistematizovana praktična znanja u ovoj oblasti, koja bi mogla biti aplikativna u praksi.

Ovaj rad predstavlja jedan egzaktn primer praktične primene oblasti upravljanja pomoću PC računara u oblasti ispitivanja. Primenom novih tehnologija dobija se na pojednostavljenju ispitivanja, povećanju efikasnosti i kvaliteta merenja, a istovremeno i na smanjenju troškova ispitivanja.

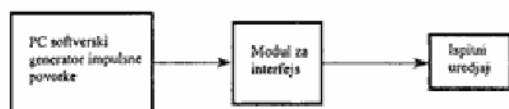
Kratak opis sistema

Simuliranje stohastičkih procesa pomoću PC računara u realnom vremenu realizovano je na izlazu paralelnog porta PC računara, generisanjem povorke impulsa čija je vrednost periode slučajna. Slučajne vrednosti perioda mogu imati bilo koju raspodelu i mogu imati bilo koje vrednosti statističkih parametara. S obzirom da se frekvencija povorke impulsa u praksi u mnogim primenama pojavljuje kao nosilac informacije, ispitivanja ure-

daja u okviru kojih se meri frekvencija ili statistički parametri povorke impulsa u praksi su veoma česta.

U ovom radu je, kao primer, opisano generisanje povorke impulsa sa Pua-sonovom raspodelom, kao jednim od mogućih načina primene ovog sistema. Opisana simulacija povorke impulsa sa Puasonovom raspodelom realizovana je za potrebe ispitivanja radioloških detek- tora u laboratorijskim uslovima, umesto u prisustvu radiološkog zračenja.

Da bi sistem bio primenljiv u praksi, pored softverskog generatora impulsne povorke sa slučajnom periodom, on mora imati i modul za interfejs, koji će prilagođiti izlaze paralelnog porta PC računara na ulaz ispitnog uređaja, slika 1.



Sl. 1 – Blok šema ispitnog sistema

Kratak opis softvera

Softverski sistem simulatora sastoji se iz tri funkcionalne celine. Prvi deo ima funkciju da generiše vektor slučajnih podataka koji odgovaraju željenoj raspodeli i sa tačno utvrđenim statističkim podacima. Ovaj softverski paket koristi neki već postojeći softverski generator stohastičkih procesa za uniformnu raspodelu. Njegova osnovna funkcija je da izvrši transformaciju uniformne raspodele u neku drugu željenu, i da smesti slučajne vrednosti u određeni vektor. Ovaj postupak se izvodi pre početka ispitivanja i ne pripada postupku ispitivanja u realnom vremenu.

Drugi deo softverskog sistema ima funkciju da izvrši pripremu tako formira-

nih podataka u vektoru za generisanje impulsne povorke čije periode proporcionalno odgovaraju vrednostima slučajne promenljive, kao i da ih dovede u matričnu formu koja je kompatibilna sa softverskim generatorom za generisanje impulsne povorke na izlazu PC računara. I ovaj postupak se izvodi pre početka ispitivanja i ne pripada postupku ispitivanja u realnom vremenu.

Treći deo softverskog sistema je softverski generator impulsne povorke. Ovaj deo softvera ima funkciju da generiše impulsnu povorku na izlazu PC računara, sa periodama koje proporcionalno odgovaraju podacima unešenim u matricu sa slučajnim podacima. Ovaj deo softvera ima i razne druge funkcije, kao, na primer, mogućnost faktorizacije matričnih parametara s ciljem izbora srednje vrednosti učestanosti impulsne povorke, odnosno radi podešavanja intenziteta zračenja ili neke druge pojave koja se meri, odnosno ispituje.

Treći deo softvera izvršava se kada započinju ispitivanja, i vremenski i funkcionalno pripada postupku ispitivanja u realnom vremenu.

Opisani pristup, u kome se prva dva softverska paketa realizuju pre početka ispitivanja, ima za cilj da smanji vreme softverske obrade u postupku generisanja impulsne povorke, odnosno u postupku ispitivanja u realnom vremenu. Na taj način omogućeno je da se generišu impulsne povorke sa većom srednjom vrednošću impulsne učestanosti za datu konfiguraciju PC. To praktično znači da je ovim pristupom omogućeno da se sa datim PC računarom može pokriti širi opseg simulacije promenljive koja se meri.

Puasonova raspodela

U ovom radu je za potrebe ispitivanja radioloških detektora izvršena transformacija uniformne u Puasonovu raspodelu, obzirom na to da je u prirodi intenzitet radiološkog zračenja stohastička pojava sa Puasonovom raspodelom.

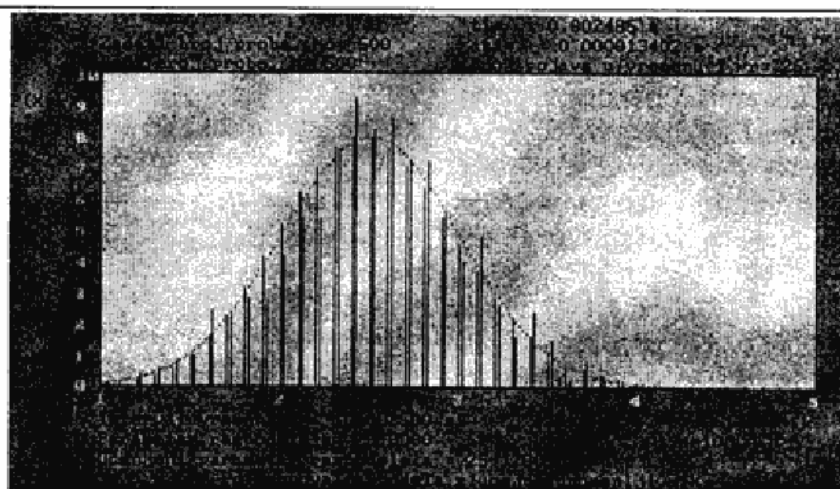
Na slici 2 prikazan je histogram Puasonove raspodele koji generiše softver za transformaciju uniformne u Puasonovu raspodelu. Za primer sa slike 2, parametar $a = 25$. Na apscisu su nanete vrednosti slučajne promenljive $X = k$ pojava posmatranog događaja A u intervalu vremena $T = 0,025$ s, a na ordinatu verovatnoće $P(X = k)$. Pored vertikalnih duži, prikazane su i duži koje se odnose na relativnu učestanost $f_i = n_i / N_0$, gde je n_i ukupan broj koliko je puta slučajna promenljiva uzela vrednost i od ukupno vrednosti N_0 broja pojava događaja A u posmatranom intervalu T . Kao što se vidi, za broj proba $N_0 = 500$ ova podudarnost verovatnoća i relativnih učestanosti dosta je

dobra. Sa t_i označen je momenat i -te pojave događaja A u intervalu vremena T , a sa dt_i interval vremena $t_i - t_{i-1}$ između dve uzastopne pojave događaja A .

Softversko generisanje impulsne povorke

Za realizaciju impulsne povorke na izlazu paralelnog PC porta, sa periodom koja ima Puasonovu raspodelu, koriste se softverski interapti. Na slici 3 prikazan je algoritamski pristup generisanja logičkih nula i jedinica, koji u celini predstavljaju željenu povorku.

U trenutku t_1 na slici 3 se vidi da je na izlazu PC porta generisana logička nula. Uslov za generisanje logičke nule je prethodno uslovljen tako što je vrednost željene širine impulsa θ postavljena u brojač na dole. Impulsi real time clocka smanjuju sadržaj brojača do nule. Izjednačenje sadržaja brojača sa nulom ujedno predstavlja uslov da se izvrši asamblerski program preko softverskog interapta, koji generiše logičku nulu na izlazu paralelnog PC porta.



Sl. 2 – Histogram Puasonove raspodele



Sl. 3 – Generisanje izlaznih impulsa

Na sličan način generiše se i logička jedinica u trenutku t_2 . Osnovna razlika je u tome što se u brojač na dole postavlja vrednost željene periode. Ili još preciznije, u brojač na dole postavlja se vrednost periode umanjena za širinu impulsa, odnosno $T - \theta$. Kada impulsi real time clocka smanje sadržaj brojača na nulu, preko softverskog interaptla izvršava se asamblerski program koji generiše logičku jedinicu na izlazu paralelnog porta. Stavljanjem vrednosti $T - \theta$ u brojač umesto T , zadržana je vrednost periode T , koja odgovara generisanoj slučajnoj vrednosti. Na taj način obezbeđuje se da generisana impulsna povorka u realnom vremenu na izlazu paralelnog PC porta zadrži u potpunosti kako izabranu raspodelu slučajnog procesa tako i sve odabrane statističke parametre.

Zaključak

Opisani pristup realizacije softverskog generatora slučajnog procesa sa impulsnom povorkom kao izlazom, predstavlja veliki iskorak u odnosu na postojeća rešenja. Osnovni novi kvalitet sastoji se u tome što se softverskim alatom može generisati bilo kakav stohastički proces, odnosno stohastički proces sa bilo kakvom raspodelom i sa bilo kakvim specifičnim vrednostima statističkih parametara. Drugim rečima, moguće je simulirati bilo kakav slučajni proces koji se javlja u prirodi. U mnogobrojnim hardverskim pristupima za rešenje generatora slučajnih procesa, takva mogućnost ne postoji.

Druga važna prednost ovakvog pristupa je mogućnost da se veoma lako mogu podešavati i drugi parametri generisanog slučajnog procesa, kao što je, na primer, srednja učestanost generisane impulsne povorke, koja u osnovi predstavlja intenzitet pojave koja se simulira, odnosno meri ili ispituje. Ceo proces simulacije može se lako kontrolisati, po trajanju, intenzitetu, kao i po svim drugim parametrima koji su bitni za merenja, ispitivanja ili razvoj, u zavisnosti od toga u koju se svrhu simulator koristi. Sve ove pogodnosti hardverski generatori slučajnih procesa ne poseduju.

Uprkos svim nabrojanim prednostima ovog pristupa u odnosu na hardverski pristup, softverski pristup ne može da obezbedi podjednako visoku srednju vrednost impulsne učestanosti. Ovo proizilazi iz činjenice da je za izvršenje bilo kakvog softverskog programa potrebno znatno duže vreme od vremena koje je potrebno da određeni hardverski sklop izvrši sličnu funkciju. Zbog toga je svrsishodno da se za one primene gde je potrebno simulirati pojave sa veoma visokom srednjom učestanošću, pristupi kombinovanju softverskog i hardverskog rešenja.

Literatura:

- [1] Frank A. Haight: Handbook of the Poisson, 1967. Distribution, John Wiley and Sons, Inc. New York. London. Sydney.
- [2] Ivanović, B.: Teorijska statistika, Naučna knjiga, Beograd, 1979.
- [3] JUS L. G7. 501 Prenosni merači i monitori jačine ekspozicione doze, koji se koriste u zaštiti od zračenja, izdato 1979. godine, Savezni zavod za standardizaciju, Beograd.
- [4] N. Stern, R. Stern: Turbo Basic, 1989, John Willy and Sons, Toronto, Kanada.
- [5] Vincent, C. H.: Random pulse trains, their measurements and statistical properties, 1973, Peter Peregrinus Ltd., London.
- [6] Borland International: Turbo Pascal-Reference Guide, Version 5.0, 1988 USA.
- [7] Intel: Assembler-Reference Guide 1995, USA.
- [8] Obradović, B.; Savić, Z.: Detektor radioaktivnog zračenja opšte namene, izdato 1992. godine, izdavač Vojnotehnički institut, Sektor 06, Beograd.
- [9] Philips: Electron Tubes, part 6, Geiger-Muller tubes, July 1983, Philips Compan

Mr Lajoš Tot,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

METODA ODREĐIVANJA ČVRSTOĆE NA SMICANJE VEZE IZMEĐU DVOBAZNOG RAKETNOG GORIVA I INHIBITORA

UDC: 621.45.07-6 : 620.179.4

Rezime:

U ovom radu prikazana je metoda za određivanje čvrstoće na smicanje (adhezione čvrstoće) spoja između dvobaznog raketnog goriva (DRG) i inhibitora, na bočno i čeonu inhibiranim pogonskim punjenjima. Određena je čvrstoća na smicanje korišćenjem metode pritiskivanja na više bočno i čeonu inhibiranih pogonskih punjenja. Opisan je i uticaj sastava inhibitora na karakter i jačinu veze DRG-a i inhibitora.

Ključne reči: čvrstoća na smicanje, inhibitor, dvobazno raketno gorivo.

METHOD OF DETERMINATION OF THE SHEAR STRENGTH OF THE DOUBLE BASE ROCKET PROPELLANT-INHIBITOR BOND

Summary:

This study shows a method for determining the shear strength (adhesion strength) of the double base propellant-inhibitor bond on lateraly and frontly inhibited grains. Shear strength is determined on several lateraly and frontly inhibited grains. The influence of inhibitor composition on the bond nature and strength is described.

Key words: shear strength, inhibitor, double base propellant.

Uvod

Pogonska punjenja raketnog motora, punjenje generatora gasa, obično je inhibirano po nekim površinama. U određenim slučajevima, npr.: neodgovarajući sastav inhibitora, dugotrajno skladištenje, termička opterećenja i slično može doći do slabljenja ili narušavanja – odlepljenja veze goriva i inhibitora. To najvećim delom može biti posledica razlika u temperaturnim koeficijentima dilatacije između goriva i inhibitora, zaostalih unutrašnjih napona kao rezul-

tat skupljanja inhibitora u toku očvršćavanja, nedovoljne termodinamičke podnošljivosti osnovnih komponenti u gorivu i inhibitoru i drugo [1].

Ukoliko spoj inhibitora i pogonskog punjenja nije odgovarajuće jačine, doći će do neželjenog povećanja površine sagorevanja, odnosno nekontrolisanog prirasta produkata sagorevanja. Usled porasta pritiska u komori može doći i do eksplozije ili progorevanja komore raketnog motora. Radi toga je važno poznavati veličinu čvrstoće na smicanje (adhezionu čvrstoću) veze inhibitora i goriva.

U dostupnoj literaturi postoji nekoliko metoda kojima se može meriti jačina veze između goriva i inhibitora, kao što su: metoda za određivanje adhezije čvrstoće i energije aktivacije procesa odlepljivanja, metoda merenja unutrašnjih napona u inhibiranom barutnom zrnju KONZOLNOM metodom [1], Peel test (metoda ljuštenja), ispitivanje otpornosti lepka na smicanje pri zatezanju [3], određivanje smicajne čvrstoće [5] i dr.

Pomenutim metodama moguće je odrediti čvrstoću veze goriva i inhibitora na posebno pripremljenim uzorcima u laboratorijskim uslovima.

Osnovna ideja autora je da se definiše metoda za određivanje jačine veze goriva i inhibitora na realnim pogonskim punjenjima uzetim iz tekuće proizvodnje ili iz skladišta.

Ovom metodom može se određivati čvrstoća na smicanje spoja DRG-a i inhibitora za svako slobodno pogonsko punjenje cilindričnog oblika, koje je inhibirano po spoljnim, unutrašnjim ili čeonim površinama, a ne može se određivati čvrstoća na smicanje spoja DRG-a inhibitora u obliku kalota. Proizilazi da se ova metoda može koristiti kao standardna metoda za određivanje jačine veze goriva i inhibitora.

Čvrstoća na smicanje, dobijena na ovaj način, služi za kontrolu kvaliteta spoja DRG – inhibitor (DRG – I), lepljenog spoja DRG – DRG ili kompaktnosti i čvrstoće DRG. Ovom metodom može se ispitivati uticaj starenja na čvrstoću veze spoja DRG – inhibitor [2], a pogodna je za kontrolu kvaliteta u serijskoj proizvodnji, kao i u fazama istraživanja i razvoja.

Eksperimentalni deo

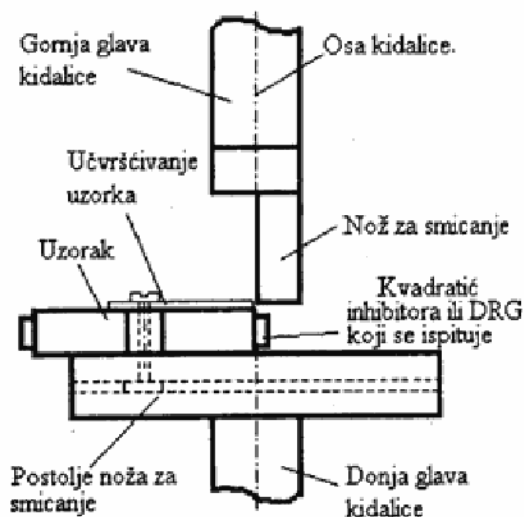
Uređaj za ispitivanje otpornosti na smicanje

Za određivanje čvrstoće na smicanje koristi se kidalica sa termokomorom koja ima odgovarajuću konstrukciju, tako da se glava (gornja ili donja) može pomicati u vertikalnom pravcu konstantnom brzinom. Opseg opterećenja uređaja treba da bude takav da opterećenje pri smicanju bude u području od 15% do 85% najveće vrednosti na skali [3].

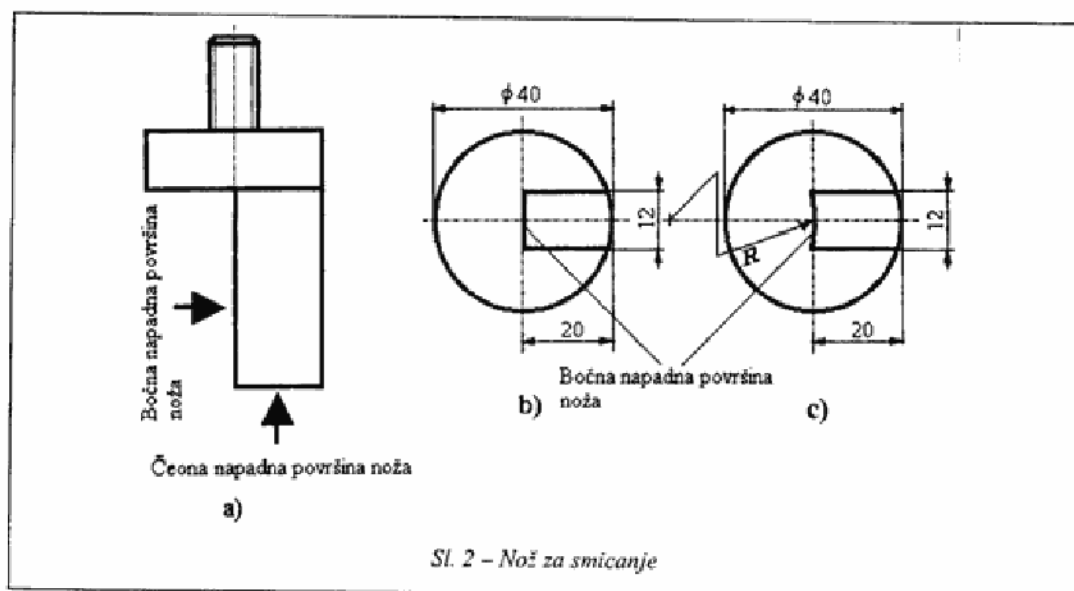
Alat za smicanje

Alat za smicanje [4] sastoji se od noža za smicanje, postolja noža za smicanje i učvršćivača uzorka. Skica alata za smicanje i način postavljanja na kidalicu prikazani su na slici 1.

Nož za smicanje (slika 2) postavlja se u gornju glavu kidalice. Profil bočne na-



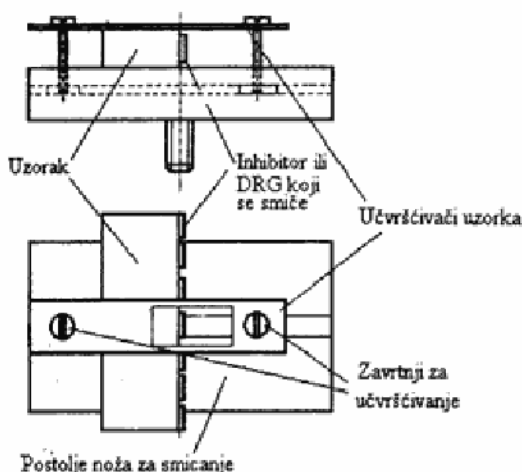
Sl. 1 – Alat za smicanje i način postavljanja na kidalicu



Sl. 2 – Nož za smicanje

padne površine noža za smicanje (slike 2b i 2c) mora biti ravan (u slučaju ispitivanja ravnih površina čeonih inhibitora – slika 2b) ili sa odgovarajućim radijusom, R , (u slučaju ispitivanja zakrivljenih površina inhibitora slika 2c), a koji je jednak radijusu veze inhibitora – DRG (slika 4).

Postolje noža za smicanje (slika 3), pričvršćuje se na donju glavu kidalice (sli-



Sl. 3 – Postolje noža za smicanje i način učvršćivanja uzorka

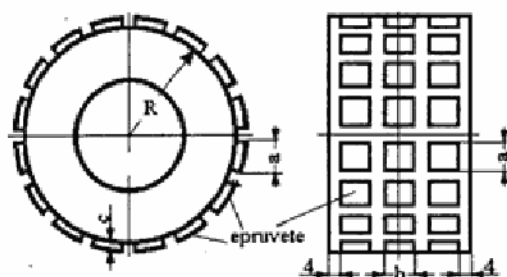
ka 1). Uzorak se postavlja i učvršćuje na postolje noža za smicanje, tako da površina smicanja bude u osi kidalice. Učvršćivanjem se sprečava proklizavanje uzorka u toku delovanja opterećenja, tj. omogućava se održavanje saosnosti sistema.

Učvršćivač uzorka može biti ravan (neperforiran sa učvršćivanjem u jednoj tački – slika 1), ili perforiran (sa učvršćivanjem u dve tačke – slika 3), što zavisi od oblika korišćenog uzorka.

Priprema uzoraka i epruveta

Uzorak za ispitivanje može biti pogonsko punjenje ili segment pogonskog punjenja, cilindričnog (pun ili šupalj) ili kvadratnog oblika, sa maksimalnom visinom DRG do 50 mm. Oblik uzorka mora biti takav da obezbedi dobro učvršćivanje za postolje noža za smicanje, radi sprečavanja proklizavanja tokom opterećivanja. Mehaničkom obradom se, na datom uzorku, izrađuju epruvete usecanjem do baruta (kvadratići inhibitora), nominalnih dimenzija: širine $a = 10$ mm, visine $b = 10$ mm i

debljine c jednake debljini inhibitora. Medusobno rastojanje između epruveta inhibitora (na uzorku) mora biti minimalno 4 mm. Jedna od mogućih konfiguracija uzorka (pogonskog punjenja ili segmenta pogonskog punjenja), spolja bočno inhibiranog, sa epruvetama za smicanje prikazana je na slici 4.



Slika 4 – Izgled uzorka (pogonskog punjenja ili segmenta pogonskog punjenja), spolja bočno inhibiranog, sa urađenim epruvetama za smicanje

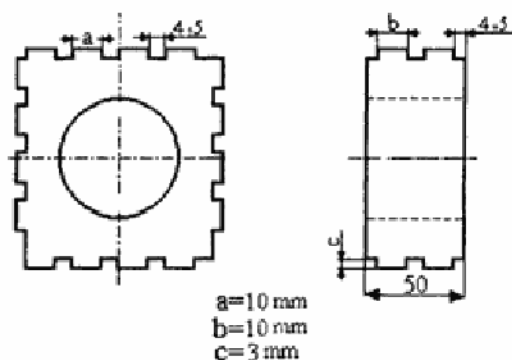
Za određivanje čvrstoće na smicanje strukture DRG koriste se uzorci sa epruvetama kao što je prikazano na slici 5.

Izrada epruveta na čeonom inhibitoru obavlja se na uzorku koji je isečen mehaničkom obradom iz pogonskog punjenja na način prikazan na slici 6.

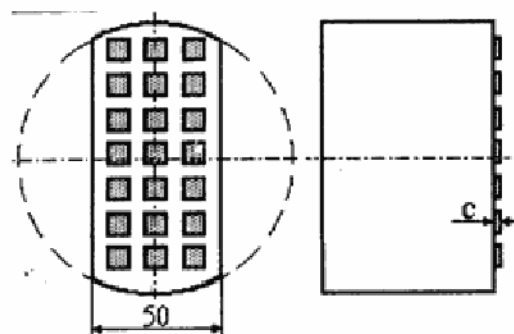
Postupak ispitivanja i obrada rezultata merenja

U ovom radu korišćena je brzina hoda glave kidalice od 10 mm/min. Uzorci su kondicionirani na 20°C i 50°C, u trajanju od 2 sata pre ispitivanja.

Epruveta koja se smiče postavlja se tako da smicajna površina bude u osi kidalice (slike 1 i 3). Na taj način se vrši učvršćivanje uzorka. U gornju glavu kidalice postavi se nož čija bočna napadna



Slika 5 – Izgled uzorka DRG sa urađenim epruvetama za smicanje DRG u pravcu presovanja



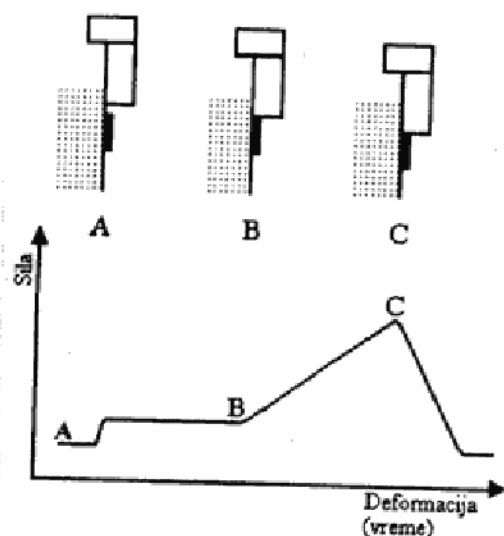
Slika 6 – Izgled uzorka sa epruvetama za smicanje čeonih inhibitora

površina ima radijus jednak radijusu smicajne površine.

Izvrši se smicanje sve dok ne dođe do odvajanja inhibitora od DRG, tj. dok ne dođe do vraćanja sile na vrednost nula. Tokom izvršenog opita dobijaju se dijagrami sila – deformacija (vreme), oblika sličnog kao na slici 7.

Opit startuje u položaju A. Nož još ne dotiče gornju površinu epruvete, a između A i B može se registrovati sila trenja alata. U nekim slučajevima ova sila trenja ne mora se pojaviti. U položaju B nož počinje da smiče epruvetu, a sila raste sa vremenom. U položaju C epruveta je odvojena od uzorka. Maksimalna sila

smicanja epruvete, F_b , jeste razlika između C i nivoa sile trenja B. Ukoliko nema sile trenja onda je sila smicanja razlika nivoa sila C i A (slika 7).



Sl. 7 – Izgled dijagrama sila–deformacija (vreme)

Čvrstoća na smicanje izračunava se iz poznate sile smicanja, F_b , i površine epruvete koja se smiče. Čvrstoća na smicanje, τ , je:

$$\tau = \frac{F_b}{a \cdot b}$$

gde je:

F_b – sila smicanja pri odvajanju epruvete od uzorka (daN);

a – širina epruvete koja se smiče (cm);

b – visina epruvete koja se smiče (cm).

Rezultati eksperimentalnih ispitivanja

Obavljena su ispitivanja čvrstoće na smicanje DRG i veze DRG-a i inhibitora na bočno i čeonu inhibiranim pogonskim punjenjima. Sastavi inhibitorске mase,

kojima je vršeno bočno inhibiranje, prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1

Sastavi ispitivanih inhibitora

Sastavi inhibitora			
A		B	
Komponenta	Mas. udeo (%)	Komponenta	Mas. udeo (%)
Etilceluloza	40,0	Polimetilmetakrilat	20,0
Punilac	41,0	Cr ₂ O ₃	0,9
Cn ₂ O ₃	1,0	B.kis.	3,5
B. kis.	3,0	GNC	5,5
GNC	7,0	Punilac	31,0
Plastif. – 1	8,0	Plastif. – 2	14,0
		Metametakrilat	25,0
		Katalizator	0,1

Na 100 mas. delova inhibitora A dodaje se 30/100 delova smeše etilacetat : etilalkohol (75:25)

Ispitivanje čvrstoće na smicanje DRG i veze DRG-a u inhibitora radeno je na tri bočno inhibirana pogonska punjenja. Pogonsko punjenje AA (probe E-39 i E-61) je iz faze razvoja starosti 10, odnosno 2 meseca. Pogonska punjenja BB i CC su iz serija koja su pre ispitivanja bila 18, odnosno 14 godina uskladištena u magacinima. Pogonska punjenja AA inhibirana su inhibitorom sastava A (tabela 1), a pogonska punjenja BB i CC inhibitorom sastava B (tabela 1). Sva tri pogonska punjenja su spoljnog prečnika oko 120 mm, a pogonsko punjenje BB je sa unutrašnjom zvezdom [4]. Uzorci sa epruvetama izrađeni su na način prikazan na slikama 4 i 5.

Srednje vrednosti rezultata ispitivanja, na datim temperaturama, sa odgovarajućim standardnim devijacijama i koeficijentima varijacije prikazane su u tabelama 2 i 3.

Kod ispitivanja veze DRG–I pogonskih punjenja BB i CC došlo je do odlepljenja pri smicanju po spoju DRG – in-

Rezultati ispitivanja čvrstoće na smicanje veze između DRG-a i inhibitora (DRG – I) i čvrstoće DRG, na 20°C

Karakteristike merenih veličina	Oznaka uzorka							
	E-39/01		E-61/01		CC		BB	
	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG
Sred. vred. (MPa)	6,38	5,62	5,59	5,91	2,99	4,53	3,13	5,13
Stand. dev. (MPa)	0,48	0,28	0,62	0,28	0,19	0,23	0,23	0,18
Koef. varij. (%)	7,52	4,98	11,09	4,74	6,35	5,08	7,35	3,51
Br. ispitivanja	25	13	25	14	13	8	10	7

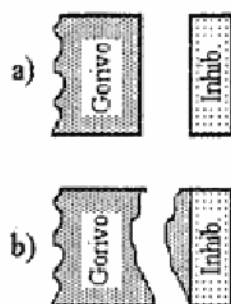
Tabela 3

Rezultati ispitivanja čvrstoće na smicanje veze između DRG – I i DRG, na 50°C

Karakteristike merenih veličina	Oznaka uzorka							
	E-39/01		E-61/01		CC		BB	
	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG
Sred. vred. (MPa)	2,22	1,75	1,70	1,97	1,18	1,65	1,11	1,97
Stand. dev. (MPa)	0,11	0,09	0,19	0,12	0,15	0,15	0,10	0,09
Koef. varij. (%)	4,95	5,14	11,18	6,09	12,71	9,09	9,01	4,57
Br. ispitivanja	24	14	25	13	12	9	12	6

hibitor, tj. površina odlepljenja je ravna – glatka (slika 8a). Kod ostalih uzoraka došlo je do smicanja u masi DRG, tj. površina smicanja nije ravna već razudena – hrapava, slika 8b.

Ispitivanje čvrstoće na smicanje DRG i veze DRG – inhibitor radeno je na dva čeonu inhibirana pogonska punjenja. Pogonska punjenja DD i EE su iz serija koja su pre ispitivanja bila 16, odnosno 6 godina uskladištena u magacinima. Oba pogonska punjenja su čeonu inhibirana inhibitorom od etilceluloze (EC) [4]. Uzorci sa epruvetama prikazani su na slici 6.



Sl. 8 – Prikaz karaktera odlepljenja-smicanja koje se opaža na kontaktnim površinama veze DRG-a i inhibitora

Srednje vrednosti rezultata ispitivanja, na datim temperaturama, sa odgovarajućim standardnim devijacijama i koeficijentima varijacije, prikazane su u tabelama 4 i 5.

Tabela 4

Rezultati ispitivanja čvrstoće na smicanje veze DRG-I i DRG, na 20°C

Karakteristike merenih veličina	Oznaka uzorka			
	EE		DD	
	DRG-I	DRG	DRG-I	DRG
Sred. vred., MPa	6,25	5,87	7,14	5,26
Stand. dev., MPa	0,27	0,21	0,67	0,23
Koef. varij., %	4,32	3,58	9,38	4,37
Br. ispitivanja	5	6	10	18

Tabela 5

Rezultati ispitivanja čvrstoće na smicanje veze DRG-I i DRG, na 50°C

Karakteristike merenih veličina	Oznaka uzorka	
	EE	
	DRG-I	DRG
Sred. vred., MPa	2,28	2,23
Stand. dev., MPa	0,02	0,10
Koef. varij., %	0,88	4,48
Br. ispitivanja	5	5

Kod oba ispitivana uzorka došlo je do smicanja u strukturi DRG, tj. površina smicanja nije ravna već razuđena – hrpava (slika 8b).

Analiza rezultata eksperimentalnih ispitivanja

Analiza rezultata ispitivanja čvrstoće na smicanje veze između DRG inhibitora, na spolja – bočno inhibiranim realnim pogonskim punjenjima, na 20°C i 50°C (tabele 2 i 3), pokazuje da najveću čvrstoću na smicanje ima uzorak E-39/01. Najmanje vrednosti čvrstoće na smicanje veze DRG-a i inhibitora ustanovljene su kod pogonskih punjenja CC i BB, i one su približno dvostruko manje nego kod uzorka E-39/01.

Analiza rezultata ispitivanja čvrstoće na smicanje DRG, na 20°C i 50°C, tabela 2 i tabela 3, pokazuje da su srednje vrednosti čvrstoće na smicanje kod ispitivanih uzoraka međusobno vrlo slične, osim kod punjenja CC gde je ova vrednost manja.

Kod uzorka E-39/01, na obe ispitivane temperature, ustanovljeno je da je vrednost čvrstoće na smicanje veze između DRG-a i inhibitora veća od odgovarajuće vrednosti čvrstoće na smicanje DRG.

Može se pretpostaviti da na kontaktnoj površini veze između DRG-a i inhibitora kod pogonskog punjenja AA (probe E-39 i E-61) nastaje čvrsti rastvor kao rezultat rastvaranja nitroceluloze (NC) iz DRG i etilceluloze iz inhibitora u etilacetatu (tabela 1, sastav inhibitora A). Nakon isparavanja etilacetata ova smesa je odgovorna za dobijenu adhezionu čvrstoću između DRG i inhibitora. Zbog toga i

dolazi do kidanja kao što je prikazano na slici 8b, tj. došlo je do smicanja u masi DRG. Slično se može zaključiti i kod ispitivanja otpornosti na smicanje veze između DRG-a i inhibitora, na čeonu inhibiranim pogonskim punjenjima, sa inhibitorom od etilceluloze. Ovde isparljive komponente lepka rastvaraju, odnosno razmekšavaju kontakte površine DRG tj. NC i etilceluloze, stvarajući čvrsti rastvor NC i EC. Nakon isparavanja komponenti lepka nastala smesa je odgovorna za dobijenu adhezionu čvrstoću između DRG i inhibitora. Zbog toga se dešava tip kidanja prikazan na slici 8b.

Razlog što je čvrstoća na smicanje veze između DRG-a i inhibitora kod punjenja CC i BB znatno manja nego kod AA može biti razlika u sastavima inhibitora (tabela 1), dugotrajno skladištenje i/ili da je početna adheziona čvrstoća bila manja u momentu izrade. Da bi se znalo šta je u pitanju trebalo bi poznavati početno stanje. Može se pretpostaviti da ovde nije došlo do značajnijeg rastvaranja NC i DRG od metilmetakrilata, pa ni do stvaranja čvrstog rastvora između NC i PMMA (tabela 1), sastav inhibitora B, već da je adheziona čvrstoća rezultat pretežno „uklinjavanja“ inhibitorske mase u pore DRG.

Analiza rezultata ispitivanja čvrstoće na smicanje veze između DRG-a i inhibitora, na čeonu inhibiranim realnim pogonskim punjenjima, na 20°C (tabele 4 i 5), pokazuje da najveću čvrstoću na smicanje ima uzorak DD.

Analiza rezultata ispitivanja čvrstoće na smicanje DRG, na 20°C i 50°C (tabele 4 i 5), pokazuje da su srednje vrednosti čvrstoće na smicanje kod ispitiva-

nih uzoraka međusobno vrlo slične, kao i da su slične vrednostima prikazanim u tabelama 2 i 3.

Kod oba ispitivana uzorka, na obe ispitivane temperature, ustanovljeno je da je vrednost čvrstoće na smicanje veze između DRG-a i inhibitora veća od odgovarajuće vrednosti čvrstoće na smicanje DRG.

Zaključak

Metodom opisanom u ovom radu određivana je čvrstoća na smicanje veze između DRG-a i inhibitora i kompaktnosti DRG. Čvrstoća na smicanje ove veze ispitivana je na inhibitorima na bazi polimetilmetakrilata i na etilceluloznim inhibitorima. Dobijene vrednosti slične su vrednostima prikazanim u literaturi, [1], iako je primenjena potpuno drugačija metoda, tj. u [1] je određivanje jačine veze između DRG-a i inhibitora vršeno na prethodno pripremljenim epruvetama, a

ne na epruvetama realnih pogonskih punjenja.

Ovom metodom moguće je na realnim pogonskim punjenjima odrediti čvrstoću na smicanje veze DRG-a i inhibitora, kao i praćenje promene čvrstoće na smicanje te veze, tokom vremena provedenog u skladištu. Kako se, u isto vreme, može pratiti i promena čvrstoće na smicanje unutar strukture DRG, moglo bi se ustanoviti i kolika je brzina smanjenja čvrstoće na smicanje ispitivane veze između DRG-a i inhibitora i unutar strukture DRG.

Literatura:

- [1] Čolaković, M.: Karakter i dugovečnost kontakta između inhibitora na bazi polimetilmetakrilata i čvrstog pogonskog goriva, doktorska disertacija, Zagreb, 1978.
- [2] Schwartz, A.: Aging effects on adhesion of inhibitor to propellant grains, National Defence Research Institute, Tum-ba, Sweden, 1976.
- [3] SNO 1094: Ispitivanje otpornosti lepka na smicanje pri za-tezanju, 1987.
- [4] Tot, L.: Tehnički izveštaj, TI-004-01-0286, Vojnotehnički institut KoV VJ, Beograd, 2002.
- [5] JUS N.K.8.024: Određivanje smicajne čvrstoće, 1979.

KATALITIČKA AKTIVNOST OKSIDA OLOVA I BAKRA U REAKCIJI SAGOREVANJA DVOBAZNIH RAKETNIH GORIVA

UDC: 621.45.07-6 : 541.128

Rezime:

Istraživanja prikazana u ovom radu predstavljaju eksperimentalno fenomenološko proučavanje katalitičke aktivnosti oksida olova i bakra (uz konstantan udeo baznog olovostearata, vinofila S i čadi) u reakciji sagorevanja dvobaznih raketnih goriva različitih energetske nivoa. Kao mera katalitičke aktivnosti proučavanih katalizatora brzine sagorevanja korišćen je koeficijent katalitičke aktivnosti, koji predstavlja odnos brzine sagorevanja referentnog modela dvobaznog raketnog goriva sa katalizatorima brzine sagorevanja i referentnog modela dvobaznog raketnog goriva bez katalizatora brzine sagorevanja.

Ključne reči: dvobazno raketno gorivo, katalitička aktivnost, koeficijent aktivnosti, brzina sagorevanja.

CATALYTIC ACTIVITY OF LEAD AND COPPER OXIDES IN THE REACTION OF DOUBLE BASE PROPELLANT BURNING

Summary:

The investigation includes experimental and phenomenological studies of the catalytic activity of lead and copper oxides, (with a constant ratio of basic lead-stearate, calcium carbonate and carbon - black) in the process of burning of double base propellants of different energies. The catalytic activity ratio is used as a measure of catalytic activity, and it represents the ratio of the burning rate of double base propellants with a catalyst referent model to the burning rate of double base propellants without a ballistic catalyst referent model.

Key words: double base propellants, catalytic activity, catalytic activity ratio, burning rate.

Uvod

Dodavanje katalizatora brzine sagorevanja u osnovne sastave dvobaznih raketnih goriva u toku proizvodnje omogućava da se reguliše nivo brzine sagorevanja ovih pogonskih materija i da se istovremeno smanje vrednosti temperaturnog koeficijenta i eksponenta pritiska [1, 2, 3]. Tako je moguće, u oblasti pritiska interesantnoj za raketne motore, do-

stići vrednosti eksponenta pritiska bliske nuli ili manje od nule. Pojava ovih plato ili meza efekata nužna je da bi se dobila stabilna tačka rada raketnog motora [4, 5]. Aditivi koji omogućavaju da se ostvare ovi efekti jesu jedinjenja olova i jedinjenja bakra pridružena jedinjenjima olova [6, 7]. Njihovo dejstvo zavisi od osobina i udela ovih supstanci, kao i od energetskog potencijala osnovnog sastava. Cilj istraživa-

nja prikazanih u ovom radu, jeste proučavanje katalitičke aktivnosti jedinjenja olova i bakra u reakciji sagorevanja dvobaznih raketnih goriva različitih energetskih svojstava.

Eksperimentalna istraživanja

Modeli dvobaznih raketnih goriva (DRG) izrađeni su tehnikom ekstrudovanja [8, 9], koja je obuhvatala izradu „jake smeše“ (smeša nitroceluloze, nitroglicerina, stabilizatora i eventualno plastifikatora), doziranje katalizatora brzine sagorevanja i homogenizaciju barutne mase, želatinizaciju nitroceluloze nitroglicerinom na diferencijalnim i homokinetičkim valjcima i ekstrudovanje cilindričnih, aksijalno simetričnih barutnih blokova spoljnog prečnika 32 mm, unutrašnjeg prečnika 16 mm i dužine 125 mm, čija površina sagorevanja ostaje konstantna tokom sagorevanja u standardnom eksperimentalnom motoru (SEM).

Za izradu opitnih modela DRG, kao energetske komponente korišćena su, pored nitroglicerina, tri modaliteta nitroceluloze (NC) koji se razlikuju po sadržaju azota i čije su osnovne karakteristike prikazane u tabeli 1.

Nitroglicerina (NG), bezbojna uljasta tečnost gustine $1,6 \text{ g/cm}^3$, korišćen je kao energetski želatinizator nitroceluloze.

Smeša dinitrotoluena (DNT) i trinitrotoluena (TNT), tačke topljenja oko

50°C , korišćena je kao plastifikator nitroceluloze.

Dietilftalat (DEF) korišćen je, takode, kao plastifikator nitroceluloze.

Simetrična dimetildifenilurea (centralit I, CI) korišćena je kao stabilizator DRG.

Sastavi referentnih (osnovnih) modela DRG (opitni modeli bez katalizatora brzine sagorevanja) prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2
Sastavi referentnih modela DRG

Komponenta	DB10	DB20	DB30
NC ₁ (mas. koncentracija, %)	58,0	—	—
NC ₂ (mas. koncentracija, %)	—	57,0	—
NC ₃ (mas. koncentracija, %)	—	—	58,0
NG (mas. koncentracija, %)	36,0	36,5	39,0
DNT/TNT (mas. koncentracija, %)	—	5,0	—
DEF (mas. koncentracija, %)	3,0	—	—
CI (mas. koncentracija, %)	3,0	2,5	3,0

Kao katalizatori brzine sagorevanja korišćeni su prvenstveno bakar-oksidi, CuO i olovo-dioksid, PbO₂, u udelima prikazanim u tabeli 3. U pojedinim modeli-

Tabela 3
Maseni udeli katalizatora brzine sagorevanja u opitnim modelima DRG

Oznaka DRG	Maseni udeli katalizatora brzine sagorevanja na 100 delova referentnog sastava					
	C, Vinofil S, PbS	CuO	PbO ₂	DEF	Q(J/g)	
DB10					4186,6	
DB11	4,0					
DB12	4,0	3,6	0,6	1,0		
DB13	4,0	1,0	1,0			
DB14	4,0	4,6	0,6			
DB15	4,0	3,6	0,6			
DB16	4,0	3,6	0,6			
DB20					4560,0	
DB21	4,0	4,6	0,6			
DB22	4,0	1,0	1,0	1,0		
DB23	4,0	3,6	0,6			
DB24	4,0	3,6	0,6			
DB30					4890,0	
DB31	4,0	3,6	0,6			
DB32	4,0	3,6	0,6			
DB33	4,0	1,0	1,0			
DB34	4,0	1,0	1,0	1,0		

Tabela 1
Karakteristike nitroceluloze

Karakteristika	Nitroceluloza		
	NC ₁	NC ₂	NC ₃
Azot u NC (mas. koncentracija, %)	12,05	12,30	12,68
Finoća (cm ³)	90,00	80,00	80,00

ma DRG korišćeni su, takode, i kalcijum-karbonat, $CaCO_3$ (Vinofil S), čad (C) i bazni olovo-stearat (PbS). Njihov ukupni udeo iznosio je oko 4% masene koncentracije u referentnim sastavima (tabela 3).

Rezultat ispitivanja i diskusija

Razmatrana je uloga katalizatora brzine sagorevanja u procesu sagorevanja dvobaznih raketnih goriva.

Rezultati ispitivanja brzine sagorevanja DRG u SEM-u prikazani su na slikama 1, 2 i 3, na kojima krive predstavljaju eksperimentalne rezultate, a izvedeni matematički modeli zakona brzine sagorevanja, $V = b P^n$, sa odgovarajućim koeficijentima korelacije, r , dati su u tabeli 4. U tabeli 4 prikazani su i toplotni potencijali, Q , izrađenih modela DRG.

Kao mera efikasnosti katalizatora brzine sagorevanja korišćen je koeficijent katalitičke aktivnosti, K_v , odnos brzine sagorevanja raketnog goriva sa bali-

stičkim katalizatorima (katalizovana DRG) i brzine sagorevanja odgovarajućih referentnih modela bez katalizatora (nekatalizovana DRG):

$$K_{v,i} = \frac{V_{k,i}}{V_{o,i}} = \frac{b_{k,i}}{b_{o,i}} P^{n_{k,i} - n_{o,i}}$$

gde je:

$V_{k,i}$ – brzina sagorevanja i-tog modela katalizovanog DRG;

$V_{o,i}$ – brzina sagorevanja i-tog modela nekatalizovanog DRG.

Imajući u vidu ulogu katalizatora brzine sagorevanja (regulisanje nivoa brzine sagorevanja, uz istovremeno smanjenje eksponenta pritiska i temperaturnog koeficijenta), kao mera njihove efikasnosti korišćen je i eksponent pritiska katalizovanih DRG.

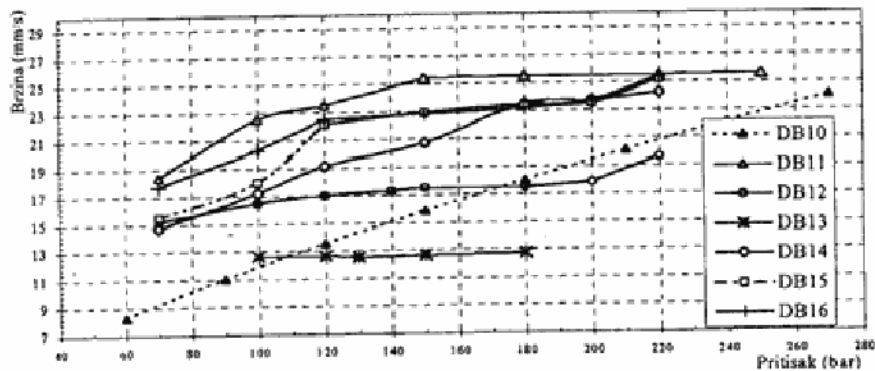
Odredene vrednosti koeficijenata katalitičke aktivnosti date su na slikama 4, 5 i 6.

Parametri zakona sagorevanja i toplotni potencijali DRG

Tabela 4

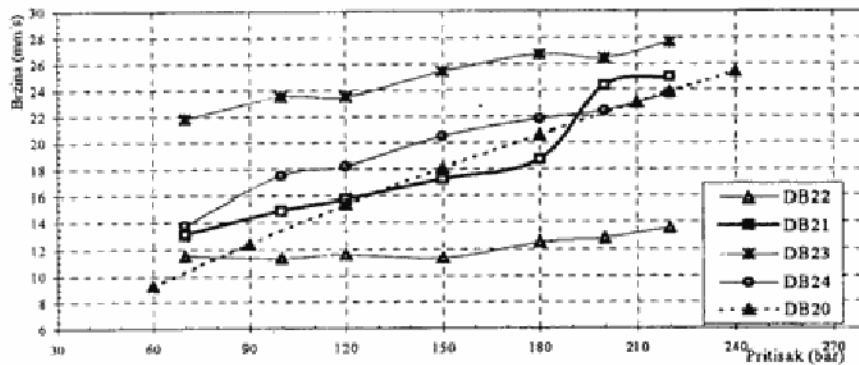
Oznaka DRG	Q(J/g)	V = b P ⁿ			
		b (mm/bars)	n (–)	r (–)	Interval P (bar)
DB10	4186,6	0,46	0,708	1,000	33–300
DB11	3767,4	3,14	0,420	0,985	70–150
		23,47	0,016	0,923	150–250
DB12	3914,5	6,22	0,259	0,996	70–120
		10,45	0,101	0,961	120–200
DB13	4026,9	12,31	0,044	0,963	100–180
DB14	3881,5	2,59	0,413	0,998	70–220
		1,07	0,625	0,962	70–120
DB15	3842,7	12,28	0,123	0,985	120–200
		2,75	0,436	0,995	70–120
DB16	3809,0	14,08	0,123	0,967	120–200
		0,47	0,729	1,000	30–300
DB20	4560,0	1,32	0,529	0,950	70–220
DB21	3872,6	11,42	0,012	0,996	70–102
DB22	4018,6	9,78	0,192	0,968	120–220
DB23	3914,2	2,13	0,448	0,990	70–220
DB24	3867,9	0,48	0,748	0,967	100–300
DB30	4832,6	0,82	0,621	0,986	70–220
DB31	4102,3	1,61	0,512	0,996	70–220
DB32	4040,1	1,12	0,571	0,996	70–220
DB33	3994,0	0,75	0,661	0,998	70–220
DB34	4269,7				

DB10



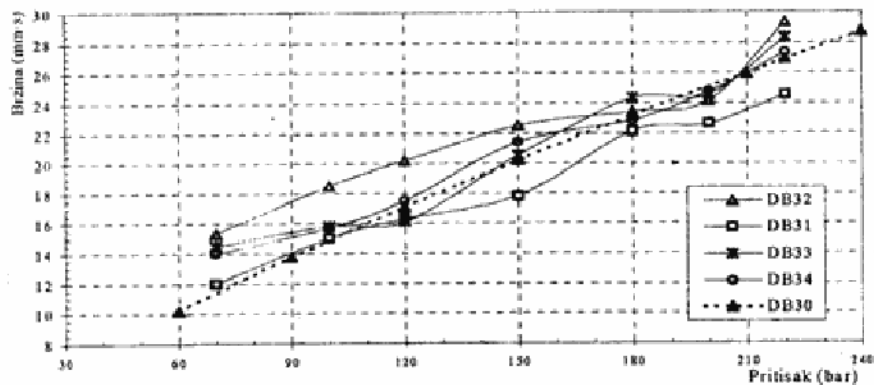
Sl. 1 – Rezultati ispitivanja brzine sagorevanja modela DB11..... DB16

DB20

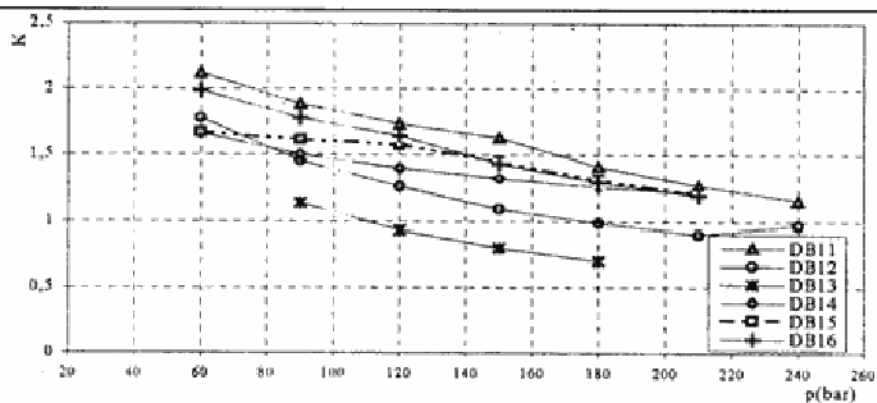


Sl. 2 – Rezultati ispitivanja brzine sagorevanja modela DB21..... DB24

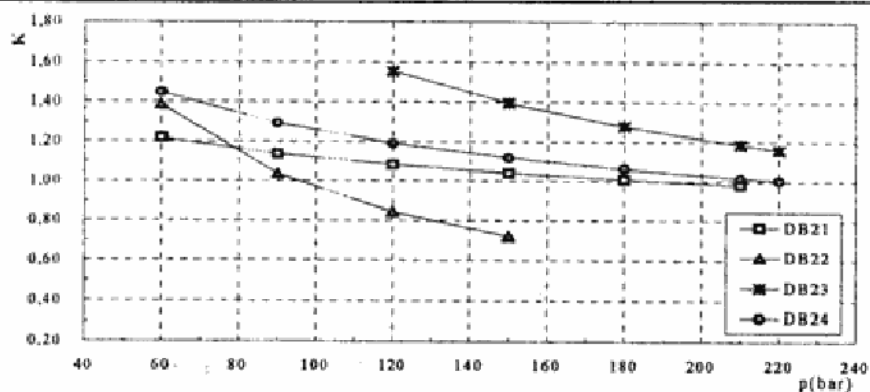
DB30



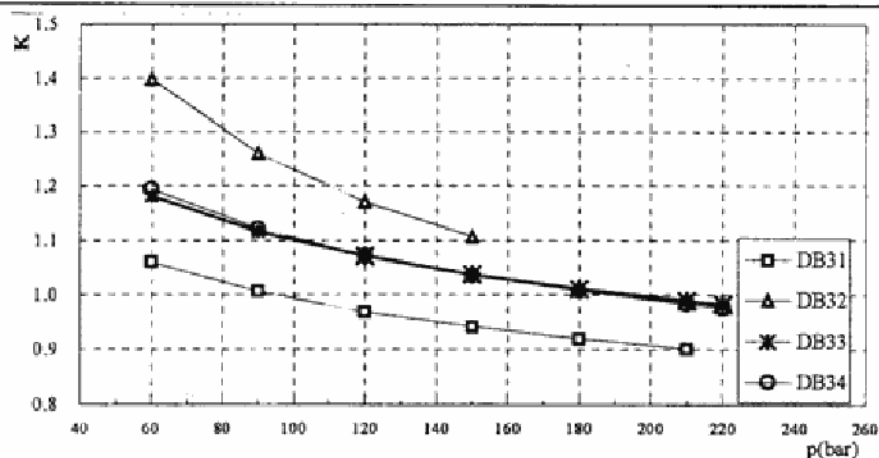
Sl. 3 – Rezultati ispitivanja brzine sagorevanja modela DB31..... DB34



Sl. 4 – Vrednosti koeficijenta katalitičke aktivnosti za DB11..... DB16



Sl. 5 – Vrednosti koeficijenta katalitičke aktivnosti za DB21..... DB24



Sl. 6 – Vrednosti koeficijenta katalitičke aktivnosti za DB31..... DB34

Rezultati ispitivanja katalitičke aktivnosti jedinjenja olova i bakra u reakciji sagorevanja pokazuju da se katalitička efikasnost jedinjenja olova i bakra smanjuje po istom eksponencijalnom tipu zavisnosti sa povećanjem pritiska sagorevanja. To znači da se kataliza reakcije sagorevanja *DRG* odvija po istom mehanizmu, nezavisno od osobina korišćenih katalizatora brzine sagorevanja i energetskog potencijala goriva. Međutim, intenziteti ove katalize su različiti i zavise i od osobina katalizatora i od energetskog potencijala goriva. Povećanje energetskog potencijala *DRG* nepovoljno utiče na katalitičku aktivnost organskih jedinjenja, naročito na vrednost eksponenta pritiska.

Organska jedinjenja sa acikličnim nizom C-atoma (olovo-stearat), kao i oksidi olova, efikasniji su u slučajevima niskoenergetskih *DRG*. Ovakav rezultat uslovljen je različitim energijama raspada jedinjenja. Na primer, olovo-stearat se lakše raspada (na oko 200°C) i zato pokazuje dobru efikasnost kod niskoenergetskih goriva [1, 4].

Pri pritiscima manjim od 120 bara katalitička aktivnost ispitivanih modela je najizraženija, a povećanje brzine sagorevanja iznosi i do 250%. Ova pojava u literaturi je poznata kao područje „superbrzina“ [1, 2, 6].

Zaključak

Katalitička aktivnost jedinjenja olova i bakra u reakciji sagorevanja *DRG* eksponencijalno se smanjuje sa porastom pritiska sagorevanja *DRG*. Intenzitet katalize reakcije sagorevanja *DRG* zavisi od osobina olovnih jedinjenja, od energije goriva, kao i od masenog udela azota u nitrocelulozi.

Povećanje energetskog potencijala *DRG* i udela azota u nitrocelulozi nepovoljno utiču na katalitičku aktivnost ovih jedinjenja, naročito na vrednost eksponenta pritiska. Analizom eksponenta pritiska u zakonu brzine sagorevanja ispitivanih modela u ovom radu zaključuje se da je veći uticaj masenog udela azota nego toplotnog potencijala *DRG*.

Olovna jedinjenja sa acikličnim nizom C-atoma i oksidi olova efikasni su kod niskoenergetskih *DRG* i *DRG* sa manjim udelom azota u nitrocelulozi. Oksid olova korišćen je u udelu od 0,6 delova na 100 delova osnovnog sastava, što je dovoljna količina za postizanje plato efekta sagorevanja, u kombinaciji sa katalizatorima brzine sagorevanja, kao što su čad i olovo-stearat (bazni). Udeo oksida bakra od 1,0 do 4,6 delova na 100 delova osnovnog sastava služi za podešavanje nivoa brzina sagorevanja.

Većina izrađenih modela *DRG* interesantna je za praktičnu primenu u proizvodnji realnih pogonskih punjenja za raketne motore.

Literatura:

- [1] Preckel, R. F.: Plateau Ballistics in nitrocellulose Propellants. *AIChE Journal*, Vol 3, Febr. 1965, pp 346–347.
- [2] Kubota, N.: Determination of plateau burning effect of catalyzed double-base propellants 17 th Symposium on combustion institute. Pittsburgh, Pa. 1979, pp 1435–1441.
- [3] Maslak, P.: Upporedno ispitivanje različitih balističkih modifikatora u dvobaznim barutima, Magistrski rad, Beograd, 1990.
- [4] Kubota, N.: Role of additives in Combustion waves and effects on stable combustion limit of double-base propellants. *Propellants and Explosives, Lab.* 3, 1978, pp 163–168.
- [5] Kenet, K. K.: Fundamentals of Solid-propellant Combustion Published by the American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. 1633 Broadway, New York, N. Y. 10019, 1984.
- [6] Fifer, R. A.; Lannon, J. A.: Effect of pressure and some lead salts on the Chemistry of solid propellant Combustion *Combust. Flame*, 24, 369–380, 1981.
- [7] Kubota, N. and others: The mechanism of Super-rate Burning of Catalysed Double-base Propellants, *AIChE*, p. 74–124, Jan. 1974.
- [8] Maslak, P.: TI–636. Novi sastavi dvobaznih raketnih baruta, VTI, Beograd, 1984.
- [9] Maslak, P.; Tot, L.: Ispitivanje uticaja srednjeg masenog udela azota u nitrocelulozi i veličine čestica modifikatora na brzine sagorevanja dvobaznih raketnih goriva, *Vojnotehnički glasnik* 1/2002 (28–35).

Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.
Vojna akademija – ŠNO,
Beograd

SYMOPIS 2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Naš najznačajniji simpozijum iz područja operacionih istraživanja SYMOPIS, trideseti po redu, održan je od 30. septembra do 3. oktobra 2003. u Herceg-Novom, na mestu gde je i nastao.

Prvi skup održan je 1974. godine u organizaciji Instituta „Mihajlo Pupin“ i Instituta za ekonomiku industrije (preteča današnjeg Ekonomskog instituta). Iz godine u godinu broj institucija koje su se priključivale ovom simpozijumu se povećavao. Fakultet operacionih nauka priključio se već 1976. godine, Saobraćajni fakultet 1987, Rudarsko-geološki fakultet 1993, Ekonomski fakultet 1995, DOPIS (Društvo operacionih istraživača) 1996, Mašinski fakultet 1998, Matematički fakultet i Vojska Jugoslavije (sada Vojska Srbije i Crne Gore) 2000. godine i Matematički institut Srpske akademije nauka i umetnosti 2002. godine.

Ovogodišnji organizatori tridesetog jubilarnog skupa bili su Matematički institut Srpske akademije nauka i umetnosti (SANU) i Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu. Na samom otvaranju skupa u znak zahvalnosti za doprinos u organizaciji i radu proteklih trideset simpozijuma o operacionim istraživanjima knjigom su nagrađeni profesor dr Slobodan Krčevinac sa Fakulteta organi-

zacionih nauka i profesor dr Radivoj Petrović sa Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu. Povelja SYMOPIS-a dodeljena je profesoru dr Slobodanu Vujiću sa Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu za zasluge u razvoju operacionih istraživanja. Zahvalnica za doprinos u organizaciji simpozijuma dodeljena je Vojsci Srbije i Crne Gore koju je primio kontraadmiral Jovan Grbavac, komandant Korpusa ratne mornarice, koji je pozdravio učesnike na svečanom otvaranju.

Moto, težište i osnovna tematika ovogodišnjeg simpozijuma bilo je „*Matematičko modeliranje*“, čime su koordinatori skupa Matematički institut Srpske akademije nauka i umetnosti (SANU) i Matematički fakultet Univerziteta u Beogradu istakli „*svoje viđenje operacionih istraživanja kao dela matematike koji je razvijen ili primenjen radi upravljanja raznorodnim procesima i ljudskim delatnostima, sa ciljem koji je kvantitativno ili kvalitativno određen i pri uslovima koji su zadani tehnološkim procesima, zakonima ili na drugi način*“.

Programski odbor SYMOPIS-a čini 48 članova koji se bave problematikom operacionih istraživanja na fakultetima i privrednim preduzećima iz Beograda, Novog Sada, Subotice, Niša, Kragujevca, Banje Luke i Vojske Srbije i Crne Gore.

Zbornik radova je štampan i urađen na kompakt-disku pre početka simpozijuma. Editori zbornika radova bili su dr Nenad Mladenović iz Matematičkog instituta SANU i dr Đorđe Dugošija sa Matematičkog fakulteta u Beogradu. Zbornik radova sadrži 203 rada od kojih je 29 stiglo iz inostranstva. Radovi su podeljeni u 12 plenarnih predavanja i 24 sekcije. Celine u koje su radovi razvrstani su: ekologija, ekonomski modeli i ekonometrija, ekspertske sistemi i podrška odlučivanju, energetika, finansije i bankarstvo, informacioni sistemi, istraživanje i razvoj, kombinatorna optimizacija, matematičko programiranje, menadžment, pouzdanost i održavanje, rudarstvo i geologija, simulacija, Soft Computing, statistički modeli, stohastički modeli i vremenske serije, transport i saobraćaj, upravljanje proizvodnjom i zalihama, upravljanje rizikom, višekriterijumska analiza i optimizacija i vojne primene.

Ovako veliki broj radova iz brojnih oblasti delo su oko 400 autora, od kojih su 30 iz sedam stranih zemalja. Izloženo je 104 rada domaćih autora i 15 radova stranih autora.

Po svom učešću na skupu istakli su se i pripadnici Vojske Srbije i Crne Gore (iz Vojne akademije – 8 radova, Instituta ratne veštine – 3, Uprave za školstvo i obuku – 2, Tehničkog opitnog centra – 2, Vojnotehničkog instituta – 2, Generalštaba – 2, Srednje stručne vojne škole u Kruševcu – 1, Vojne pošte 5013 Novi Sad – 1 i ostalih vojnih institucija – 3 rada). Od 203 rada u zborniku radova, 24

su delo 26 autora iz Vojske. Ovi radovi su razvrstani u sledeće sekcije:

- Ekologija (dva referata),
- Informacioni sistemi (četiri referata),
- Matematičko programiranje (jedan referat),
- Menadžment (jedan referat i jedno saopštenje),
- Pouzdanost i održavanje (jedan referat i jedno saopštenje),
- Statistički modeli (jedan referat),
- Stohastički modeli i vremenske serije (jedan referat),
- Vojne primene (11 referata i dva saopštenja).

Veći deo radova rezultat je timskog rada, ali postoje autori i sa više radova, kao i radovi koje su autori iz Vojske Srbije i Crne Gore sačinili sa saradnicima iz drugih institucija. Mada je to imponantan broj radova (10% od ukupnog broja radova je iz Vojske Srbije i Crne Gore), to je ipak značajno manje u odnosu na prošlu godinu kada je bilo 43 rada.

Sekcija Vojne primene radila je u dve sesije. Sesijom Vojne primene I predsedavao je pukovnik profesor dr Vasilije Mišković, a sesijom Vojne primene II koja je objedinjena sa sekcijom Pouzdanost i održavanje, predsedavao je pukovnik profesor dr Slavko Pokorni. Izloženi radovi na sekciji Vojne primene veoma su zapaženi, a posebno raduje što se pojavio i jedan broj mladih ljudi koji se na SYMOPIS-u pojavljuju prvi put.

Za sve učesnike SYMOPIS-a organizovan je izlet u Kotor školskim brodom „Jadran“, što je za sve bio izuzetan doživljaj.

INFOFEST 2003

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Naučno-stručni skup INFOFEST 2003 održan je od 28. septembra do 4. oktobra 2003. godine u Budvi. Početak jubilarnog, desetog po redu, „*Festivala informatičkih dostignuća INFOFEST 2003*“, najavili su Dušan Simonović, predsednik Upravnog odbora i Milan Mrvaljević, direktor festivala. U ime suorganizatora, Vlade Republike Crne Gore, skup je otvorio potpredsednik Vlade Branimir Gvozdenović.

INFOFEST je poznat po svom pretežno komercijalnom karakteru. Predstavile su se brojne domaće firme, kao i strane kompanije (preko domaćih zastupnika). Među ekskluzivnim učesnicima bili su: Meridian, Saga, SBS i Digit Montenegro, koji su prikazali svoje programe opreme i usluga. Meridian se bavi skeniranjem papirne dokumentacije i opremom za nelinearnu video i audio montažu. U sastavu preduzeća je i redakcija informatičkog časopisa „JISA Info“ koji je prikazao svoj novi broj. Firma „Alvarion“ (Izrael), poznati proizvođač komunikacione opreme, najavila je nove projekte u oblasti računarskih mreža tipa MAN (Metropolitan Area Network). Preduzeće SBS – Serbian Business Systems, zastupnik IBM-a, najavilo je generalni stav IBM-a oko davanja podr-

ške Linuxu, kao najpoznatijem predstavniku softvera otvorenog koda, što se vidi po primenljivosti tog operativnog sistema na serverima IBM.

Proizvođač softvera za upravljanje bazama podataka, Oracle, imao je dve jednosatne prezentacije, tokom kojih su učesnici INFOFEST-a upoznati sa aktuelnim novostima u položaju te kuće na tržištu i novom verzijom baze podataka Oracle 10g (oznaka „g“ označava „grid“ – mrežu). Pod istom oznakom uskoro će se pojaviti i nova verzija aplikativnog servera tog proizvođača.

Preduzeće Informatika Montenegro, kao deo sistema Informatika a.d. iz Beograda, najavilo je novu konkurenciju među dobavljačima Internet usluga na crnogorskom tržištu. Novi provajder zvaće se „MontSky“ (slično imenu „InfoSky“, koje pod patronatom Informatike radi na području Republike Srbije). Od drugih izlagača pomenimo MFC Mikrokomerc, sa zanimljivom paletom domaćeg programa „Easy Office“, kompatibilnom sa softverom Microsoft Office.

Zapaženu prezentaciju održala je beogradska firma „Gisco“, koja je sebe najavila kao komercijalnog „nastavljača“ programa namenskog tipa iz oblasti odbrane i bezbednosti. Predstavljen je novi geograf-

ski informacijski sistem, baziran na elektronskim kartama SCG, u modelima 2D i 3D. Na raspolaganju budućim korisnicima je širok dijapazon primene digitalnih karata, među kojima su i: planiranje radio-relejnih i drugih komunikacionih sistema, kontrola mobilnih objekata (letelica i sličnih, radarom praćenih objekata), nadzor službenih i drugih motornih vozila, itd. Pomenuta je mogućnost efikasnog lociranja položaja protivničkog artiljerijskog oruđa, na osnovu balističkih i drugih elemenata pogodaka, ali i mogućnost brzog i tačnog protivudara.

Od poznatih imena kompanija koje su se predstavile skupu pomenimo i: Ericsson, Cisco Systems, Siemens, SAP i dr.

U okviru sekcije Posebnih programa profesor dr Ramje Prasad (Indija) održao je predavanje po pozivu, pod nazivom, „*A Future Vision for Teleinfrastructure*“, posvećeno novim trendovima unapređenja telekomunikacione infrastrukture i projekcijama budućeg razvoja. U narednom periodu možemo očekivati dalju konvergenciju informacionih i komunikacionih tehnologija, pri čemu se naglašava razvoj mreža PAN (Personal Area Network). Mreže PAN treba mobilnim korisnicima da obezbede pristup različitim servisima na ulici, u stanovima, hotelima, aerodromima i sl.

Izdavačka kuća „PC Press“ osvrnula se na svoja pozitivna iskustva u primeni širokopojasnog „broadband“ Interneta. Časopis je prošao sve faze u radu preko Interneta, počev od klasične „dial-up“ metode, preko iznajmljene linije do širokopojasnog pristupa. Poslednje rešenje omogućava im komforniju komunikaciju sa novinarima, spoljnim saradnicima, štamparijom, oglašivačima, itd. Poveća-

nje količine elektronskih poruka, kao i grafičkih priloga koji sve češće idu uz elektronsku poštu, ne bi mogli da se opsluže bez adekvatne propusne moći Interneta. Nažalost, tu je i „tamna strana“ – povećana je opasnost za napade iz kibernetičkog prostora. U takvim slučajevima problemu zaštite treba pristupiti s većom pažnjom nego kod računara koji su tek s vremena na vreme priključeni na Internet.

Nacionalna štedionica – Banka stavila je težište na mali broj svojih informatičara u odnosu na ukupan broj zaposlenih. Po rečima izlagača, imaju 28 IT radnika prema 1000 zaposlenih, što je oko 2%, a to je znatno manje od prosečnih 5% kod većine sličnih institucija. Obrazloženje za to vide u dobroj obučenosti kadra koji, pored ostalog, pohađa razne kurseve i dalje se usavršava (i to ne samo u IT oblastima, nego i u sferi menadžmenta, itd.).

Privredna komora Srbije predstavila se sa svojim novim Udruženjem informatičke delatnosti. Po rečima sekretara Udruženja, Radmile Medaković, među glavne pravce njihovog rada spadaju, pored ostalog:

- objedinjeno učešće domaćih preduzeća iz oblasti ICT poslovanja, na poznatom nemačkom sajmu „CeBIT“. Po mišljenju Komore, zajednički nastup na tzv. „državnom“ štandu je optimalno rešenje za zemlje našeg tipa, veličine i mogućnosti;

- borba za bolji status informatičara na domaćem informatičkom prostoru (u smislu da država oslobodi informatičare nekih delova poreza i sl.);

- naponi za standardizaciju obrazovnog sistema u ICT sferi, kako bi se obezbedio neki oblik sertifikacije sve brojni-

jih „škola kompjutera“ na domaćem informatičkom prostoru. Od toga bi, po rečima izlagača, trebalo da imaju koristi kako polaznici tih kurseva, tako i poslodavci. Prvi bi dobili mogućnost da se, pre započinjanja kursa, upoznaju sa kvalitetom takvih škola, dok bi poslodavci stekli bolji uvid u ono što se danas često podrazumeva pod jednim od uslova za zaposlenje, a što se obično naziva „poznavanjem rada na računaru“;

– dalji nastavak aktivnosti na povezivanju sa privrednim komorama regiona (pomenuti su: Makedonija, Hrvatska, BiH, ali i druge zemlje sa balkanskog prostora). Naponi bi bili usmereni ka razmeni podataka sa drugim komorama, pre svega u vezi sa mogućim partnerskim poslovima između naših i inostranih informatičkih kuća;

– organizovanje raznih foruma, simpozijuma, seminara, poslovnih susreta, itd.

Poslednjeg dana skupa jednosatnu prezentaciju održao je još jedan ekskluzivni učesnik, beogradski Comtrade Group (preko svog crnogorskog ogranka Trade Com). Nakon toga, ista firma je organizovala višesatno krstarenje školskim brodom Vojske SCG – jedrenjakom „Jadran“. Druženje sa mornarima učesnicima INFOFEST-a ostaće u dugom sećanju. Po povratku, iste večeri, održana je ceremonija svečanog zatvaranja skupa, uz dodelu festivalskih priznanja firmama i pojedincima.

Jedna od primedbi koja se može uputiti organizatorima skupa je način organizovanja tzv. Međunarodne konferencije „Regulatorna djelatnost u sektoru telekomunikacija“. S obzirom na to da nije bilo predviđeno učešće „običnih“ učesnika, odn. posetilaca Infofesta, kao korisnika telekomunikacionih usluga, kao i to da se naplaćivala posebna kotizacija za tu konferenciju, to sve, svakako, nije moglo doprineti potpunom kvalitetu njenog rada. Iako su plan i program konferencije bili podeljeni svim učesnicima Infofesta, moglo se očekivati da gotovo niko od njih neće biti prisutan i aktivno učestvovati u njenom radu. To je šteta, jer mnogi autori mogli su dati značajan doprinos.

Tokom dve sekcije Autorskih radova izloženo je dvadesetak naučno-stručnih prezentacija, među kojima je i prilog autora ovog prikaza na temu regulative u telekomunikacionoj oblasti. Radovi su objavljeni u Festivalskom katalogu.

Rezimirajući utiske sa „informatičkog festivala“ INFOFEST 2003, može se konstatovati da, uprkos recesiji na polju telekomunikaciono-informacionih tehnologija na Zapadu, postoji određen optimizam kada je u pitanju Istočna Evropa, Evroazija i Bliski istok. Na tim područjima još uvek postoje značajna područja nepopunjenosti računarskom i komunikacionom opremom, što industrija na zapadu koristi za otvaranje novih zastupništava i prodajne mreže.

KVALITET U RAZVOJU, PROIZVODNJI I PROMETU SREDSTAVA NVO

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Treći naučno-stručni skup pod nazivom „Kvalitet u razvoju, proizvodnji i prometu sredstava NVO“, održan na Tari od 7. do 10. oktobra 2003. godine, nastavak je okupljanja predstavnika organizacija koje se bave razvojem, proizvodnjom i prometom sredstava NVO, predstavnika Ministarstva odbrane i Vojske SCG kao i njihovih poslovnih partnera i saradnika.

Tema ovogodišnjeg skupa nosila je naziv „Kvalitet i tranzicija – kako dalje?“, a definisani cilj bio je da se problemi tranzicije sistematski sagledaju i mobilišu rukovodeći nivoi i stručni potencijali u analizi stanja, kao i za definisanje pravaca razvoja struktura i modela menadžmenta kvalitetom u preduzećima namenske industrije.

Ovogodišnji skup organizovali su: Prvi partizan iz Užica, Sloboda namenska proizvodnja iz Čačka, Zastava namenska proizvodnja iz Kragujevca, kompanija Krušik iz Valjeva, Tehnički remontni zavod iz Čačka, Tehnički remontni zavod iz Kragujevca i Regionalna privredna komora iz Užica u saradnji sa Vojnom kontrolom kvaliteta Sektora za vojnoprivrednu delatnost Ministarstva odbrane SCG. Generalni sponzor skupa bilo je JP „Informatika“ iz Novog Sada.

Svečanom otvaranju skupa predsedavali su predsednik Organizacionog odbora

Mališa Čumić, iz DP Prvi partizan, i predsednik programskog odbora pukovnik dr Jugoslav Radulović, načelnik Vojne kontrole kvaliteta. Skup je otvorio generalmajor dr Milun Kokanović, načelnik Tehničke uprave GŠ Vojske SCG, uvodnim predavanjem na temu *Menadžment kvaliteta organizacionih promena*.

Program rada obuhvatio je plenarnu sednicu, pet sekcija, okrugli sto i panel diskusiju.

Kao i prethodni skupovi o kvalitetu sredstava NVO i ovogodišnji je okupio brojne stručnjake koji se bave ovom problematikom u oblasti njene teorije i prakse. Ove godine bilo je prisutno oko 200 učesnika.

U okviru plenarne sednice izloženo je osam radova po pozivu, i to:

– *Tranzicija, konverzija i konkurentnost vojne industrije*, pukovnika dr Vlade Radića iz Uprave za istraživanje, razvoj i proizvodnju Sektora za vojnoprivrednu delatnost Ministarstva odbrane SCG;

– *Strategije kvaliteta u svetlu evropskih i svetskih integracija*, profesora dr Vidosava Majstorovića sa Mašinskog fakulteta u Beogradu;

– *Razvoj koncepta obezbeđenja kvaliteta naoružanja i vojne opreme*, pukovnika dr Jugoslava Radulovića načelnika Vojne kontrole kvaliteta;

– *Akreditacija i sertifikacija u Srbiji i Crnoj Gori*, dr Miloša Jelića iz Nacionalnog akreditacionog tela SCG;

– *Menadžment znanjem i intelektualnim kapitalom – uticajni faktori kvaliteta konkurentnosti zemalja u tranziciji*, profesora dr Branimira Inića sa Fakulteta za trgovinu i bankarstvo Univerziteta BK;

– *Primena procesnog pristupa u restrukturiranju organizacije*, profesora dr Milana Perovića sa Mašinskog fakulteta iz Podgorice;

– *Kvalitet menadžmenta u tranziciji*, profesora dr Milana Kukrike i Milinka Lukića;

– *Deset zapovesti organizacione transformacije*, dr Zvezdana Horvata sa Adižes Instituta (Santa Barbara LA USA) u Novom Sadu.

U završnom delu prvog dana skupa održan je okrugli sto na temu *Kvalitet i tranzicija Vojske i odbrambene industrije – međusobni uticaji i primenljivi modeli*. Predsedavao je general-major dr Milan Šunjevarić načelnik Uprave za istraživanje, razvoj i proizvodnju sredstava NVO i zastupnik pomoćnika ministra odbrane za vojnoprivrednu delatnost, a uvodno izlaganje, koje je iniciralo brojne diskusije, razmene stavova i sugestije učesnika okruglog stola, izložio je pukovnik dr Vlado Radić.

Na ovogodišnjem skupu prihvaćeno je ukupno 57 radova, koji su štampani u zborniku i izloženi u pet sekcija:

– Menadžment kvalitetom i menadžment promenama,

– QMS u obezbeđenju naoružanja i vojne opreme za potrebe Vojske SCG i za izvoz,

– Standardizacija, akreditacija, sertifikacija i metrologija,

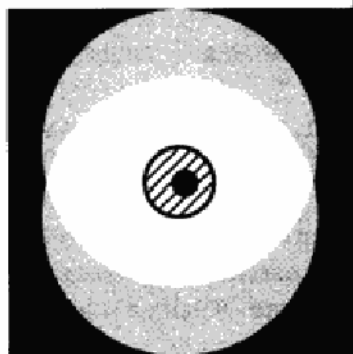
– Struktura QMS,

– QMS – primena i iskustva iz prakse.

U izloženim radovima istaknuto je nekoliko zajedničkih konstatacija. Pod pojmom kvalitet, teorija i praksa danas podrazumevaju proizvode i procese u kojima ti proizvodi nastaju, kao i sistem u kojem se to ostvaruje. Kvalitet je neraskidivo povezan sa uspehom u poslovanju. Nesporna je činjenica da danas svi žele da se sve promene obave uspešno, i da se stvori efikasan i racionalan sistem koji uspešno ostvaruje svoje zadatke. To se uspešno može ostvariti primenom međunarodnih standarda, kao i metoda i tehnika rada koje su u praksi proverene i daju najbolje rezultate.

Organizatori ovogodišnjeg skupa potrudili su se da i prateće manifestacije budu zastupljene u meri koliko su to dozvoljavale vremenske prilike na Tari. Preduzeća namenske industrije priredila su izložbu svojih proizvoda u foajeu hotela „Omorika“, a nije izostao ni izlet na Šargansku osmicu. Generalni sponzor skupa JP „Informatika“ iz Novog Sada prezentovao je spektar svojih usluga u oblasti softvera i hardvera.

Ovogodišnji naučno-stručni skup „Kvalitet u razvoju, proizvodnji i prometu sredstava NVO“ omogućio je spoj teorije i prakse razmenom saznanja, informacija i egzaktnih pokazatelja, i pokazao da imamo znanja i potencijala za izvođenje procesa tranzicije u preduzećima namenske industrije, da će se na tom putu nailaziti na brojne poteškoće, kao i da će uspešnost i brzina sprovođenja tog procesa zavisiti od strateških odluka na nivou zemlje.



prikazi iz inostranih časopisa

BUDUĆNOST OKLOPNIH IZVIDAČKIH VOZILA*

Za proteklih nekoliko godina borba na kopnu dramatično se izmenila. Nije izuzetak ni izviđanje oklopnim izviđačkim vozilima. Tradicionalna uloga ovih vozila bilo je kretanje ispred glavnih snaga i prikupljanje preciznih taktičkih podataka o protivniku i zemljištu, kao i slanje tih informacija do svojih komandi. Uz to, izviđačke jedinice mogu da izvode operacije zaštite bokova, kao i zadatke rekognosciranja i pratnje konvoja.

Tipično lako izviđačko vozilo starije generacije bilo je izviđačko vozilo 4 x 4, kao što su engleski Forret ili ruski BRDM-2, koji su mogli da izbegnu otkrivanje zbog svojih malih razmera, a bili su naoružani samo mitraljezima. Oprema za osmatranje bila je ograničena na dnevne nišane i/ili dnevne/IC uređaje za noćno osmatranje. Informacije su dostavljane pomoću radio-stanica koje su pri tome mogle da budu i prisluškovane. Vozila su imala skromne mogućnosti za određivanje položaja uz malu preciznost.

Oprema za IC noćno osmatranje korišćena je za pojačivače slike, a kasnije i

za termovizore. Termovizori, mada znatno skuplji, omogućili su otkrivanje i identifikaciju znatno udaljenijih ciljeva nego što je to bilo moguće ranije.

Nova generacija izviđačkih vozila ima savremenu izviđačku opremu, koja se sastoji od dnevnih kamera, termovizora i laserskog daljinomera bezbednog za oči, u kompletu sa preciznim navigacionim sistemom i savremenim sredstvima veze. Sve to omogućava slanje informacije u realnom vremenu do sledećeg ili višeg nivoa komandovanja.

Dok se u mnogim zemljama još uvek za izviđanje koriste dobro naoružane oklopne platforme, pojedine počinju da uvode manja vozila sa namenskim senzorima. Budući izviđački sistemi postaju senzorske platforme. Njihova ukupna cena, kao i cena senzora, opreme za navigaciju i komunikacije mnogo je viša od cene same platforme.

Diskusije o tome da li izviđačka vozila treba da budu točkaši ili guseničari traju odavno. Konačna odluka zavisi od operativnih zahteva i vrste terena na kojem se predviđa njihova upotreba.

Dobar primer jedne savremene izviđačke platforme je, za sada, opozvani britansko-američki sistem TRACER/FSCS

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 20. avgust 2003.

(Tactical Reconnaissance Armoured Combat Equipment Requirement / Future Scout Cavalry System). Do sada su izrađena dva prototipa ove savremene gusenične platforme, a oba su bila naoružana daljinski upravljanim teleskopskim sistemom oružja kalibra 40 mm. Tročlana posada, koja je smeštena u oklopu, koristi displeje za prikazivanje raznovrsnih informacija sa mnogobrojnih senzora. Karakteristike „steltnosti“ otežavaju otkrivanje ove platforme, gumeni članci na gusenicama smanjuju buku, a sistem hibridnog elektropogona koristi se za bešumno kretanje.

U svetu visoke tehnologije oklopno vozilo za izviđanje samo je jedan element sistema za izviđanje, osmatranje i akviziciju cilja, koji je uvezan u mrežu C4 (Command, Control, Communication and Computers). Drugi elementi uključuju senzore na platformama u vazдушnom prostoru, ili na satelitima, razne tipove aviona, helikoptera i bespilotnih letelica.

Razni senzori na zemlji, uključujući radare, vizuelno i akustički mogu da obezbede informacije o pokretima neprijatelja, i lociraju ciljeve radi angažovanja artiljerije ili raketnih sistema.

Jedno od najsavremenijih izviđačkih vozila je 2-T Stalker. Razvijeno je u Belorusiji i nekoliko puta je demonstrirano na Srednjem istoku. To je gusenično vozilo sa topom 30 mm i spregnutim mitraljezom 7,62 mm. Dva kontejnera za rakete montirana su na krovu: jedan sa dve rakete zemlja-vazduh, koje dejstvuju na principu „opali i zaboravi“, dok drugi sadrži dve protivtenkovske rakete 9K114 Kokon. Vozilo je opremljeno i sofisticiranim dnevno-noćnim sistemom za upravljanje vatrom.

Kanadske oružane snage odabrale su izviđačko vozilo Koyote za zamenu sadašnjih komandnih i izviđačkih vozila Lunx. Kojot je izrađen na bazi šasije za lako oklopno vozilo konfiguracije 8 × 8, a zadržana je kupolica sa oružjem kalibra 25 mm.

Do sada je nabavljeno oko 203 ova vozila u tri verzije: sa senzorskom opremom montiranom na jarbolu, sa paketom senzora montiranim na tronošcu, bez senzorske opreme.

Paket senzora na jarbolu ugrađen je na zadnjem delu kupole i uvlači se u oklop kada se ne koristi. Senzorski komplet na vrhu jarbola sadrži: izviđački radar, TV kameru velikog dometa koja može ostvariti detekciju danju i noću na rastojanjima do 18 km, i laserski daljinomer bezbedan za oči. Jarbol može da se podigne do visine od 10 m uz potpunu oklopnu i NHB zaštitu.

Kina je povećala svoje interesovanje za oklopna vozila konfiguracije 6 × 6 i 8 × 8, a veći broj prototipa već je završen. Međutim, koliko je poznato, nijedan nije uveden u proizvodnju. Tu su uključena i oklopna vozila 8 × 8 sa topom 120 mm i 6 × 6 sa topom 105 mm.

Češka Republika (firma VOP026) ima značajna iskustva u poboljšanjima i održavanju oklopnih vozila. Najnovija proizvedena platforma je izviđačko vozilo Sneška, izrađeno na bazi izdužene šasije vozila BMP. Na krovu vozila montirani paket senzora obuhvata radar i sistem za merenje brzine vetra. Vozilo Sneška opremljeno je i navigacionim sistemom Honeywell TALIN i brojnom komunikacijskom opremom. Koristi se u Češkoj Republici nekoliko godina uporedo sa lakim osmatračkim sistemom

(LOS) izrađenim na modifikovanoj šasiji vozila BMP.

Sistem LOS koristi top 30 mm i uvlačeći jarbol sa senzorima, uključujući dnevno-noćni TV sistem, laserski daljinomer bezbedan za oči i laserski pokazivač cilja. Ugrađen je i inercioni navigacioni sistem i obimna komunikacijska oprema. U borbenom poretku sistem LOS bi trebalo da bude ispred sistema Sneška.

Firma VOP026 razvija i paket za poboljšanje široko rasprostranjenog ruskog vozila BRDM-2, koji obuhvata zamenu benzinskog motora efikasnijim dizel motorom kao i zamenu pneumatika na točkovima.

Francuska armija koristi oklopno vozilo AMX-10RC 6 × 6 sa naoružanjem 105 mm, i oklopno izviđačko vozilo 4 × 4 Panhard za sadejstvo sa tenkom Leclerc. Vozila 6 × 6 se modernizuju radi povećanja životnog ciklusa. Modernizuje se kupola, ovešenje, transmisija, ugrađuje se termokamera i terminalski informacioni sistem.

Francuska armija ima preko 1200 oklopnih vozila Panhard, čija se proizvodnja nastavlja. Uz razne vrste naoružanja ovo vozilo može da se kompletira i jarbolom sa senzorskom opremom. U armiji Francuske koriste se i 192 oklopna vozila 6 × 6 Panhard ERC 90, koja će se modernizovati u nekoliko oblasti, uključujući i zamenu postojećeg benzinskog motora Peugeot V-6 ekonomičnijim dizel motorom.

Nemačka armija koristila je avioprenosno vozilo Wiesel naoružano protivtenkovskim vođenim raketama TOW ili topom 20 mm. Oko 30 vozila Wiesel sa raketama TOW nedavno je potpuno pre-

uređeno za izviđačke namene. Raketni sistem TOW zamenjen je novim superstrukturnim dodatkom sa pomičnim krovom, na čijem se kraju nalazi uvlačeći jarbol. Odozgo je montiran automatski nišanski sistem. Rajnmetalovo vozilo 8 × 8 Luchs standardno je izviđačko vozilo sa tročlanom posadom, i ukupnom masom od 20 t. Kupola za dva člana ima top 20 mm i mitraljez 7,62 mm, koji se koriste zajedno sa prvom generacijom termovizora.

Novo vozilo Fennek, koje je razvijeno u saradnji sa Holandijom, zameniće vozilo Luchs. Prema sadašnjim planovima nemačka armija bi trebalo da primi 202 vozila Fennek, a u Holandiju bi se isporučilo 410 vozila. Izviđačka verzija vozila ima paket senzora na jarbolu, koji je razvila firma STN Atlas Elektronik i koji sadrži dnevnu termno optiku i laserski daljinomer bezbedan za oči. Navigacioni sistem i sveobuhvatni komunikacijski sistem takođe su ugrađeni na vozilo Fennek.

Izraelska industrija razvila je seriju vozila 4 × 4 koja, uz ostale namene, mogu da se koriste i kao izviđačka.

Pre nekoliko godina italijanska armija je odlučila da proširi svoju tenkovsku flotu sa oklopnim vozilom 8 × 8 Centauro koje ima ugrađeno oruđe 105 mm. Centauro raspolaže vatrenom moći kao i tenk Leopard 1, ali je brže i ima veću strategijsku pokretljivost.

Italijanska armija poseduje 400 ovih vozila, dok je Španija primila prvih 22 i naručila još 62. Konzorcijum „Iveco Oto“ razvio je i verziju sa topom 120 mm, kao i celu familiju specijalizovanih verzija, uključujući i oklopni transporter. „Iveco“ je nosilac razvoja šasije, a „Oto Melara“ kupole i naoružanja.

Poljska armija koristi ruska vozila BRDM-2, a razvila je brojna poboljšanja da bi proširila njihov operativni vek upotrebe. Model 961 ima novi Iveco dizel motor, nove točkove, vrata sa obe strane oklopa, a zadržana je kupolica sa mitraljezom 14,5 i 7,62 mm. Model 97 ima slična poboljšanja, ali mu je kupolica modifikovana i opremljena PTR sistemom 9K111, serije Fagot, postavljenim na krovu a mitraljez 12,7 mm zamenjen je mitraljezom 14,5 mm. Modeli 961 i 97 su još u upotrebi, dok je najnoviji Model 98 još u fazi prototipa. On je sličan Modelu 97, ali je opremljen osmatračkim i nišanskim sistemom STN Atlas Elektronik BAA.

Najmodernije izviđačko vozilo u ruskoj armiji je BRM-3K Ris, izrađeno na bazi modifikovane šasije BMP-3. Opremljeno je jarbolom sa radarom, koji se uvlači pod oklop kada se ne koristi. Posедуje dnevno-noćni uređaj za osmatranje, termovizor i laserski daljinomer.

U Slovačkoj je uvedeno u proizvodnju novo izviđačko oklopno amfibijsko vozilo 4 × 4 Aligator, koje je vrlo slično francuskom vozilu Panhard VBL, ali je većih gabarita.

Južna Afrika je uvek preferirala točkaše, danas proizvodi oklopno vozilo 8 × 8 Rooikat koje je razvijeno za potrebe izvođenja udaljenih operacija. Na nje ga je ugrađen top 76 mm, ali se na dve novije verzije namenjene za izvoz ugrađuje top 105 mm ili 120 mm. Obe varijante imaju ugrađen kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom za uništenje pokretnih ciljeva na zemlji.

Švajcarska kompanija MOWAG razvija za izviđačke namene vozilo 4 × 4

Eagle. Švajcarska armija je primila 154 vozila Eagle I i 175 vozila Eagle II za izviđačke zadatke, a Danskoj je isporučeno 36 vozila. Osmatračko vozilo artiljerije Eagle III je u fazi proizvodnje. Opremljeno je jarbolom sa senzorskim kontejnerom i kružnim laserskim žiroskopskim navigacionim sistemom. Sledeće godine biće isporučeno 120 ovih vozila. Sada je u fazi razvoja vozilo Eagle IV na bazi šasije MOWAG Duro 4 × 4.

U Britanskoj armiji je pored vozila Sabre, osnovno izviđačko vozilo gusenično borbena vozilo Scimitar. Oba vozila koriste top 30 mm RARDEN i na oba su ugrađeni novi dizel motori Cummins. Velik broj vozila Scimitar opremljen je sistemom termovizijske borbene optronike Thales, u koju je uključen i odgovarajući navigacioni sistem u kompletu sa komunikacijskim sistemom Bowman.

Kompanija „Alvis Vehicles“ razvila je i druga vozila, među kojima i Stormer 30 i Scarab. Stormer (jurišnik) je opremljen kupolicom za dva člana i topom 30 mm, a postoje i opcije za rakete TOW sa obe strane kupolice.

Scarab je razvijen za izvršavanje brojnih izviđačkih zadataka, i može se kompletirati različitim kombinacijama naoružanja (top, mitraljez, PT rakete). Za potrebe izviđanja koristi se dnevno-noćna kamera i laserski daljinomer. Senzori i oružja kontrolišu se i na displeju sistema za upravljanje borbom i komunikacijama.

Američka armija koristi borbena vozila Bradley M3 i specijalne verzije AM General HMMWV opremljene raznovrsnim paketima senzora. Armija se sada usmerava na izviđačko vozilo 8 × 8 Stryker, koje ima sveobuhvatnu komuni-

kacijsku opremu i paket senzora sa drugom generacijom termovizora i laserski daljinomer.

Jedno od interesantnijih novijih izviđačkih vozila je RST-V (Reconnaissance, Surveillance, Targeting Vehicle). Ova avioprenosna platforma razvijena je za mornaričku pešadiju SAD, veoma je kompaktna i ima jarbol sa paketom senzora i sistem hibridnog elektropogona.

Može se zaključiti da su se izviđačka vozila u toku dvadeset godina neprestano razvijala, a njihovo poboljšanje i razvoj nastaviće se i dalje, jer operativne potrebe diktiraju i stalne promene.

M. Krbavac



NEMAČKO BORBENO VOZIL PEŠADIJE PUMA*

Program razvoja novog borbenog vozila pešadije Puma za Nemačku armiju teče po planu. Prema dogovoru Štaba nemačke armije i Odeljenja za naoružanje Ministarstva odbrane dosadašnji ugovor se proširuje i na uslov da se obezbedi potpuna avio-prenosivost ovog vozila na novom avionu A400M.

Prema prvobitnoj zamisli BVP Puma je trebalo da bude avio-prenosno vozilo u svojoj osnovnoj konfiguraciji koje ima zaštitu za Nivo 1, što podrazumeva: zaštitu od mina i eksplozivnih naprava sa do 10 kg eksploziva, frontalnu i bočnu zaštitu od kinetičke energije projektila kalibra 30 mm; sveukupnu zaštitu od kinetičke energije zrna 14,5 mm i udara RPG-7 (raketno pogonjenih granata), i

zaštitu od udara artiljerijskih projektila koji dejstvuju iz gornje hemisfere.

Industrijski i vojni partneri dogovorili su se da BVP Puma sada dobije osnovnu zaštitu Nivoa A, pri kojoj bi borbeno masa bila 31,45 t i omogućen prevoz avionom A400M.

Nivo A zaštite omogućiće Pumi da ima sveobuhvatnu zaštitu od zrna 14,5 mm, dok će frontalno i bočno biti zaštićena od udara municije kalibra 30 mm. Frontalna zaštita će obuhvatiti i zaštitu od kumulativnih punjenja. Protivmiska zaštita obezbeđena je za količinu eksploziva od najmanje 10 kg.

Zaštita Nivoa C postiže se kada se ugrade moduli dodatnog oklopa, koji se dodaju na oklop i kupolu i ostvaruju visok nivo zaštite. Sa njima vozilo dostiže borbeno masu do 43 tone.

Za prevoz tri BVP Puma opremljena paketom oklopa za zaštitu Nivoa C potrebno je angažovanje četiri transportna aviona A400M: tri za vozila i jedan za module dodatnog oklopa. Treba očekivati da će se transport odvijati najčešće brodom ili vozom.

Prvi sistemski demonstrator biće završen do 2005. godine, a 20 probnih vozila biće urađeno u 2006. godini. Posle toga prva proizvodna partija od 390 vozila započeće zamenu sadašnjih BVP Marder 1A3.

Radi smanjenja vremena razvoja i cene biće urađeni i testirani brojni demonstratori za pojedine podsisteme, kao što su:

- zaštita (za koju već postoji konkurs);
- naoružanje i punjenje municijom;
- kupola T1 za ispitivanje naoružanja izvan vertikalne ose (već je uspešno završeno);
- kupola T2 (optika i stabilizacija);

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. septembar 2003.

– kupola T3 (završna izrada);

– šasija F1 za probne vožnje i F2 za završnu izradu (F2 i T3 koristiće se kao sistemski demonstratori).

Firma KMW (Krauss-Maffei Wegmann) odgovorna je za daljinsko upravljanje kupolom, a fabrika RLS (Rheinmetall Landsysteme) iz Augsburga ugrađiće u vozilo modifikovani top 30 mm MK30-2 Mauser i sistem za punjenje municijom. Firma RLS je odgovorna i za šasiju, dok će KMW obezbediti hidropneumatsko ovešenje.

M. Krbavac



NOVA ŠVEDSKA OKLOPNA VOZILA*

Švedska ponovo razvija originalni koncept oklopnog vozila. Ona je šezdesetih godina već proizvela visokoinovativni beskuopolni tenk S koji je još uvek jedini koji može koristiti samo jedan član posade. Kasnije je razvijen CV90120, prvo borbeno vozilo srednje mase naoružano snažnim tenkovskim topom 120 mm.

Švedska sada razvija novi tip nekonvencionalnog višenamenskog oklopnog vozila srednje mase SEP (Splitter-skyddad Enhetsplattform).

Koncept vozila SEP proizašao je iz zahteva da se zadovolje potrebe švedske armije za novim vozilima koja bi zamenila nekoliko tipova postojećih vozila. To podrazumeva vozila koja bi bila sposobna da u potpunosti izvršavaju raznovrsne zadatke, u situacijama od mirovnih do bor-

benih, gde bi trebalo da podržavaju borbeni tenk Leopard 2 i borbeno vozilo pešadije CV90, koji treba i dalje da ostanu osnovna borbeno vozila švedske armije.

Podrazumeva se, takođe, da nova vozila treba da budu sposobna za rad u veoma različitim klimatskim i terenskim uslovima. To uključuje i sever Švedske, gde močvarno zemljište leti i dubok sneg zimi zahtevaju da vozila imaju gusenice. S druge strane, uslovi na jugu Švedske i mirovne operacije širom sveta preferiraju točkaše.

Studije razvoja vozila SEP započete su 1994. godine. One su identifikovale više od 20 različitih namena, a postavljen je cilj da se zadovolji što više zahteva sa jednom zajedničkom šasijom. Početni pokušaji bili su brojni probni projekti, uključujući i one rađene šezdesetih godina za armiju SAD koji su se odnosili na gusenična vozila i točkaše, ali taj koncept nije prihvaćen.

Projektne ideje iskristalisale su se između 1996. i 1999. godine. U tom periodu ispitivanja pokretljivosti su potvrdila da, uprkos tehnološkom progresu, vozila točkaši ne mogu efikasno da se koriste na severu Švedske. Izlaz iz toga bio je novi koncept oklopne platforme u dve različite verzije – gusenične i točkaške. Obe verzije izgledaju sasvim konvencionalno, ali sadrže neke od najnovijih tehnologija i inovacija, a projektovane su da nose različite zamenljive module radi udovoljavanja zahtevima za različite namene.

Električna transmisija

Ključni element koncepta vozila SEP je električna transmisija. Ona razdvaja motore od izvršnih pogona, što

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, septembar 2003.

obezbeđuje veću slobodu u njihovom smeštaju u vozilo i, takođe, olakšava upotrebu dva motora umesto jednog. To je iskorišćeno u projektu SEP koji koristi dva masovno proizvedena automobilska dizel motora umesto jednog kamionskog motora koji bi trebalo da bude znatno teži. Osim toga, dva automobilska motora mogu se smestiti u zaštićenim prostorima između gusenica i točkova koji, zajedno sa mestom za dvočlanu posadu na prednjem delu vozila, ostavlja dovoljno prostora potrebnog za koristan teret.

Upotreba dva motora smeštena na ovaj način predstavlja oživljavanje koncepta ranije primenjenog na američkom amfibijском desantnom vozilu iz Drugog svetskog rata LVT-3, a zatim u oklopnom transporteru M-59 iz pedesetih godina. Međutim, u oba slučaja bila je prisutna mehanička transmisija od motora do pogonskih točkova za razliku od mnogo jednostavnije instalacije na vozilu SEP koja, osim kablova, nema ništa između generatora na motoru i vučnih motora. Šta više, upotreba električne transmisije omogućava da se isti pogonski agregat koristi i za točkaše i za guseničare.

Koristan unutrašnji prostor, zbog ovakve konfiguracije, moguć je do 10 m³, uprkos dužine vozila od 5,9 m, koja je manja od sličnih vozila takve zapremine unutrašnjeg korisnog prostora.

Ukupne dimenzije, posebno širina i masa SEP, čine ga transportabilnim za avione Lockheed C-130, u skladu sa zahtevima SAD za buduće borbene sisteme, iako Švedska ima samo osam aviona ovog tipa. Prvobitna masa neopterećenog vozila SEP, verzije oklopnog transportera, bila je 13,5 t, ali je nedavno revidirana i sada iz-

nosi 10,1 t. Korisna nosivost osnovne verzije je 6,5 t, što daje maksimalnu masu opterećenog vozila od 16,6 t.

Gusenice

Jedna od karakteristika SEP, koja doprinosi njegovoj relativno maloj masi, jeste upotreba gumiranih guseničnih traka, koje su za oko 550 kg lakše od gumom obloženih čeličnih članaka gusenice. Njihova primena nije sasvim originalna, ali je, slično kao i za električnu transmisiju, još uvek neuobičajena za vozila veličine SEP. Upotreba gumiranih traka na sličnim vozilima ograničena je na manje od desetak eksperimentalnih modela.

Tehnologija gumenih traka je napredovala, pa sada ima nekoliko prednosti u odnosu na člankaste gusenične trake. To su, pored manje mase, smanjenje buke i duži vek trajanja, koji je dva puta veći od veka trajanja člankastih gusenica, što smanjuje i njihovu ukupnu cenu. Kod njih je i manji otpor kotrljanja, što, uz efikasnu upotrebu motora i električne transmisije, treba da smanji i potrošnju goriva. Postoje i nedostaci ovakvih guseničnih traka koji se odnose na poteškoće vezane za zamenu oštećenih traka u terenskim uslovima, nošenje rezervnih traka i procenu njihovog stanja.

Mehanizam za upravljanje

Smanjenje unutrašnje buke i vibracija, kao posledica upotrebe gumiranih guseničnih traka, povećano je izdvajanjem mehanizma za upravljanje izvan oklopa.

Firma Alvis Hägglunds, koja je nosilac razvoja SEP, primenila je koncept izdvajanja mehanizma za upravljanje tako što je ugradila ovešenje vozila ne sa strane već na donjem delu vozila. To je obezbedilo da donji deo sa dvostrukim ležištem pruža i povećanu zaštitu od eksplozije mina.

U isto vreme, izdvajanje ovešenja, uz istovremenu upotrebu gumenih guseničnih traka, omogućava smanjenje unutrašnje buke ispod 85 dB, što zadovoljava čak i civilne uslove za buku.

Održivost

Oklop SEP izrađen je od čelika velike tvrdoće, koji u osnovnim verzijama obezbeđuje zaštitu samo od parčadi granata i zrna pušcanih kalibara.

U saradnji sa nemačkom kompanijom IDB (Ingenieure bureau Deisenroth) i švedskom Akers Krutbrut već je nabavljen sistem dodatnog oklopa za SEP sa keramičkim pločicama, koji će obezbediti zaštitu od pancirnih zrna kalibra 14,5 mm, koja su najveća balistička opasnost prikladna za neregularne neprijateljske snage. Međutim, dodatni oklop povećava masu za oko 1,5 t uz odgovarajuće smanjenje korisne nosivosti. Dalje smanjenje korisne nosivosti treba očekivati i ugradnjom težeg dodatnog oklopa koji bi obezbedio zaštitu od pancirnih zrna 30 mm.

SEP je projektovan da izdrži eksploziju od 7 kg TNT ispod jedne gusenice, a kompanija IBD je ponudila sistem koji, u kombinaciji sa dvoslojnim oklopnim dnom, treba da obezbedi zaštitu od protivtenkovskih mina sa penetratorom, kakva je TMRP-6.

S druge strane, održivost nastoji da se poveća značajnim smanjenjem siluete vozila. U najširem smislu, održivost je povećana i ugradnjom dva motora, čime se obezbeđuje funkcija i u slučaju da jedan otkáže, kao i dupliranim mestom za posadu.

Mesto za posadu i celokupna međusobna povezanost čovek-mašina predmet su razvojne saradnje više firmi u okviru švedsko-nemačkog programa. Glavni cilj tog programa je razvoj elektronike vozila sa kompleksnim zahtevima, i ugradnja interfejsa čovek-mašina, sposobnog da opslužuje kompleksne zadatke.

Namenski moduli

Dva uporedna mesta za posadu proračunata su da zauzmu samo 0,7 m³ prostora u prednjem delu oklopa, ostavljajući ostatak za ugradnju raznih drugih demontažnih namenskih modula. To omogućava ugradnju različitih i relativno velikih modula na jedinstven tip guseničnog ili točkaškog vozila u skladu sa potrebama, smanjujući tako i ukupan broj platformi koje armija treba da ima na raspolaganju.

Koncept namenskih modula omogućava njihovu proizvodnju odvojeno od platformi, što može da bude atraktivno za međunarodne programe saradnje. Takođe, vozilo sastavljeno od vučne platforme i demontažnih namenskih modula mnogo je kompleksnije i nema čvrstinu monolitne konstrukcije, pa je i skuplje za proizvodnju. Međutim, nedostatak u masi može da se kompenzira ugradnjom namenskih modula od lakih kompozitnih materijala (fiber plastika).

Implementacija programa SEP počela je konstrukcijom guseničnog vozila B-13 koje je završeno u avgustu 2000. godine. Od tada ono je prešlo više od 2000 km na različitim ispitivanjima i sada je, opremljeno sekcijom za dvočlanu posadu, spremno za dalja ispitivanja. Probno vozilo B-13 pogone dva folksvagenova 5-cilindarska dizel motora zapremine 2,3 l, od kojih svaki ima maksimalnu izlaznu snagu od 130 kW (174 KS). Motori su u kompletu sa generatorima ZFAC koji su ugrađeni sa svake strane sekcije za posadu na prednjem delu. Električni izvodi iz generatora vode preko pretvarača napona do naizmeničnih indukcionih motora na pogonskim zupčanicima gusenica na zadnjem delu vozila. Zbog snage generatora autobusnog tipa ZF od 75 kW, sa svake strane se koriste po dva motora spregnuta u zajednički izlaz.

Probno vozilo ima podvoz sa izdvojenim mehanizmom za upravljanje i po šest točkova sa svake strane, povezanih poprečno postavljenim torzionim vratilima. Ono nema demontažni namenski modul, već integralni oklop čije su strane iskošene radi smanjenja radarskog odraza. Posle guseničnog nastavilo se sa ispitivanjima sa probnim vozilom točkašem. Šest točkova, opremljeno pneumaticima 405/70 R24, individualno se pogone stalnim magnetnim motorima sa dvobrzinskim reduktorima montiranim na glavčinama. Motori su izrađeni u Velikoj Britaniji, a maksimalna snaga je 100 kW (134 KS).

Točkovi su smešteni u paru i povezani relativno kratkim uzdužnim torzionim vratilima. Prednjim točkovima se

upravlja na uobičajen način, dok zadnji imaju električno upravljanje koje se isključuje kada se postigne određena stabilnost na velikim brzinama. Centralni točkovi nisu upravljani, što omogućava maksimalnu širinu srednjeg dela oklopa.

Nedavno je završeno drugo probno gusenično vozilo, na kojem je ugrađen 6-cilindarski dizel motor zapremine 3,2 l, snage 130 kW (174 KS). Osim toga, umesto pogonskih zupčanika, pogonjenih nezavisno izdvojenim parom motora, ovo vozilo će imati završne pogone spojene poprečnim osovina. One će mehanički i efikasnije prenositi obrtni moment i smanjiti veličinu električnih motora. Na drugom probnom vozilu biće i drugi tip gumene gusenične trake izrađene u Kanadi.

Komponente za drugo probno vozilo biće testirane do kraja ove godine, i ugrađene na platformu 2004. godine. Razvoj je planiran do 2005. godine, a proizvodnja bi počela 2008. godine.

M. Krbavac



SLOVAČKA KUPOLA ZA BORBENA VOZILA*

Slovačka istraživačka i razvojna kompanija iz Trencina prikazala je novu, laku univerzalnu kupolu za jednog člana na izložbi IDET 2003 u Brnu u Češkoj.

Kupola oznake KD-V30 prikazana je zajedno sa austrijskom kompanijom Steyr-Daimler-Puch na oklopnom vozilu Pandur II. Nova kupola druge generacije bazirana je na ranijoj kupoli Kobra, koju je razvila ista firma. Jedan broj ovih kupola prodat je

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, jun 2003.

Belorusiji koja ih koristi za modernizaciju svojih vozila BMP-1. To relativno jeftino poboljšanje povećava performanse BMP-1 do nivoa bliskog BMP-2.

Nova kupola KD-V30 ima poboljšane performanse uz zadržavanje stare konstrukcije, a njena integracija sa različitim tipovima oklopnih točkaša i guseničara je jednostavna. Kupola omogućava dopuštaća i brza rešenja za modernizaciju zastarelih vozila, kao što su BMP-1 i M113. To svakako nije najsofisticiraniji proizvod na svetskom tržištu, ali nudi dobre tehničke mogućnosti, zaštitu posade i efikasan sistem oružja.

Uz to, ima dovoljno mogućnosti da se kupcu udovolje svi dodatni zahtevi. Konstrukcija kupole omogućava da se ugradi čitav spektar oružja, kao i dodatni oklop radi povećanja balističke zaštite, a poseduje i modularne mehanizme radi ugradnje dopunskog naoružanja, kao što su PT i PA rakete. Nudeći dobru primarnu balističku zaštitu i sa relativno malom borbenom masom, koja iznosi samo 1500 kg, kupola KD-V30 predstavlja dobro izbalansiran sistem.

Osnovna verzija kupole izrađena je za potrebe neposredne vatrene podrške pešadijskih jedinica, borbu sa transportnim, lako i srednje oklopljenim vozilima i niskoletnim ciljevima, uključujući helikoptere i avione.

Naoružanje kupole sastoji se od topa 30 mm 2A42 i koaksijalnog mitraljeza 7,62 mm PKT. Top može da koristi tri vrste municije (HEI, AP-T i APFSDS-T), a magacini su mu kapaciteta 300 zrna. U borbenom kompletu mitraljeza ima ukupno 2000 zrna.

Oružja su ugrađena izvan kupole u odvojenim oklopljenim kućistima i na

zajedničkom postolju. Oba oružja stabilizovana su u dve ravni. Okretanje kupole je električno, sa mehaničkim povratnim sistemom.

Upoređujući je s prvom generacijom kupole Kobra, kupola KD-V30 koristi snažnije pogonske servomotore i komande za obe ruke. Periskopski nišani su tipa Zeiss PERI-Z16A1.

Kupola ima i šest bacača dimnih granata 81 mm, tipa S-902 Tuca.

M. Krbavac



BUDUĆA NESMRTONOSNA ORUŽJA*

Sukobi između oružanih snaga SAD i civilnih demonstranata u Iraku mogu se rešavati novim nesmrtonosnim oružjem koje razvija Ministarstvo odbrane SAD.

Oružje usmerene energije i bespilotne letelice sa suzavcem mogu biti rešenja za situacije u kojima su borci pomešani sa civilima ili kad civilni nemiri ugrožavaju stabilnost u posleratnim operacijama.

Neke od tih potencijalnih mogućnosti spadaju i u međunarodne protokole koji ograničavaju upotrebu onesposobljavajućih hemijskih agensa i oružja koje bi moglo prouzrokovati prekomerne štete, a pitanje je da li korišćenje ovih sredstava ostavlja posledice i po sopstvene vojnike.

Upravo u času kada se naziru mnoga tehnološka rešenja, javljaju se brojna pitanja koja moraju da budu rešena pre nego što dođe do šire upotrebe. To uključuje razvoj doktrine, obučavanje i

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 14. maj 2003.

pravila upotrebe za nove sisteme, kao i procenu o tome da li su još uvek primenjiva policijska rešenja.

Jedinice mornarice i armije SAD, stacionirane u Iraku, susrele su se sa nekoliko nesmrtonosnih oružja namenjenih za kontrolu mase ljudi, zabranjenih zona i zona za odvracanje. Sredstva koja su primenjivali obuhvatala su gumiranu, bodljikavu i blešteću municiju, svetlo velikog intenziteta i nadražujući sprej.

Moguća buduća nesmrtonosna oružja koja razmatra Ministarstvo odbrane SAD su:

- sistem za upravljanje smetnjama u prenosu (npr. zaustavljanje broda ometanjem rada propelera);

- pokretni sistem za zaprečavanje (ispuštanje antizvučnih materijala);

- uređaji za čišćenje prostora (svetlosni efekti koji traju do dva minuta da bi dezorijentisali i prebacili ljudstvo iz opkoljene zone);

- aktivni sistemi za zaprečavanje i milimetarsko talasno oružje koje stvara bol na koži (namenjen je za zone zaprečavanja i zaštitu vlastitih snaga);

- akustične mogućnosti (komercijalni sistemi koji razvijaju usmerenu emisiju, stvarajući neprijatne akustične efekte do nivoa bola);

- bespilotne letelice sa nesmrtonosnim teretom u vidu suzavca, nadražujućih sprejova, mirisa i boja;

- projektili pulsirajuće energije koji ispuštaju svetlosne efekte brzinom svetlosti na daljinama od nekoliko stotina metara.

Sva ova sredstva će minimizirati opasnosti po civile. Međutim, uvođenjem novih sredstava u upotrebu, posebno ako

nude nove efekte u borbi, zahteva i razvoj doktrine, taktike, obuku i odgovarajuću podršku. Postavlja se pitanje da li hemijski agensi mogu legalno da se primene u borbi uprkos konvencijama o zabrani njihove upotrebe?

Hemijski agensi, kao nadražujući sprejevi, koriste se u mirovnoj podršci i operacijama niskog intenziteta. Ministarstvo odbrane SAD izvršilo je recenziju agensa za umirenje, ali mogućnosti još nisu dovoljne da obezbede univerzalne efekte protiv ljudi svih uzrasta i nivoa fizičke pripremljenosti, tako da još nisu za upotrebu.

Velike nade polažu se u oružje sa usmerenom energijom, kako za smrtonosno, tako i za nesmrtonosno. Međutim, i tu se postavlja pitanje da li takvo oružje, poput mikrotalasa velike snage, može prouzrokovati nepotrebne probleme ili, kada se koristi protiv vojne opreme, nepotrebno izaziva uništenje civilne infrastrukture?

M. Krbavac



MOGUĆNOSTI KOMERCIJALIZACIJE BESPILOTNIH LETELICA*

Da je nekoliko vodećih proizvođača bespilotnih letelica imalo svoj razvojni plan, ovogodišnja avio-smotra u Parizu mogla je da uključi i demonstraciju nekoliko projekata bespilotnih letelica. Njihova pojava, nadali su se proizvođači, trebalo je da podstakne interes za njihove mogućnosti u funkciji upotrebe u oružja-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. jun 2003.

nim snagama. Dok su bespilotne letelice dokazale svoju vrednost za vreme operacija u Avganistanu, Iraku, Jemenu i drugim zemljama, proizvođači i operatori su se suočili sa jakim izazovom: potrebom da se civilni autoriteti uvere da je let njihovih letelica bezbedan. Njihovu odsutnost na nebu iznad Buržea organizatori izložbe objasnili su posledicom „zakonske praznine“ koja se odnosi na operacije sa bespilotnim letelicama.

Većina daljinski upravljanih bespilotnih letelica posebno je restriktivna za vođenje operativnih ili trenažnih letova izvan vatrene zone ili u podršci mirovnih zadataka. Ta situacija mogla bi da ugrozi, kako civilni vazdušni saobraćaj, tako i ljude i imovinu na zemlji. Taj problem potenciran je do tolikog stepena važnosti da mnoge nacionalne i međunarodne organizacije za bezbednost leta, kakva je američka FAA (Federal Aviation Authority), zahtevaju da graditelji bespilotnih letelica i operatori zajedno obezbede da njihovi avioni ispune ključni zahtev – da nemaju veći rizik od aviona kojima upravljaju piloti.

U nastojanju da se poveća poverenje u bespilotne letelice, NASA (National Aeronautics and Space Administration), u saradnji sa industrijom, iniciraće proces usmeren na „čiste“ operacije vojnih i drugih bespilotnih sistema u okviru Nacionalnog aerokosmičkog sistema SAD.

Bespilotni avioni će početi sa vođenim tranzitnim letovima između država na visinama od 12 000 m uz postepeno smanjenje visine do 5500 m putem kontinuiranih pokušaja. Ovi pokušaji obuhvataće i opremu za prizemljenje u slučaju opasnosti. Cilj ovog procesa jeste da se operato-

rima omogućiti planiranje leta istog dana kada se odvijaju i borbeni letovi.

Nakon ispitivanja, 2004. godine izgradili bi se prethodni demonstratori za izbegavanje sudara. Za vreme serije probnih letova vođenih u SAD, autonomni radar za otkrivanje i praćenje raznih tipova aviona demonstrirao je svoje mogućnosti na maksimalnom dometu između 2,5 i 6,5 nautičkih milja. To će omogućiti jednom „optimalno pilotiranom“ avionu da održava rastojanje od drugih aviona u saobraćaju od najmanje 150 m u svako vreme. Od narednih ispitivanja se očekuje da uvedu i elektrooptičke i IC senzore, radi daljeg povećanja njihovih mogućnosti.

U odvojenim eksperimentima kompanija Boeing je uspešno izvršila let svojom bespilotnom letelicom X-45A, isprobavajući prihvatljivost njene upotrebe za buduće operacije. I mornarica SAD, kao korisnik, takođe će provoditi lansiranja, operacije i istraživanja samostalnim i borbenim bespilotnim letelicama u godinama koje dolaze.

Težeći da svoje letelice uvedu u svakodnevnu upotrebu, proizvođači bespilotnih letelica i njihovi vojni i civilni kupci suočavaju se sa problemom: da li da insistiraju na novoj legislaciji (donošenje zakona) o bespilotnim platformama ili da ih obuhvate postojećim aero-kosmičkim propisima.

Stručnjaci koji se oslanjaju na prilagodavanje prema postojećoj regulativi, koja pokriva kategoriju „restriktivnih letelica“, veruju da operatori treba da učine najbolje što mogu pri letu njihovih platformi na identifikovanim koridorima. Uspostavljanje takvih sigurnih zona za

operacije s bespilotnim letelicama obezbeđiće razvoj taktike i doktrine njihove upotrebe, kakav je engleski program JU-EP (Joint UAV Eksperimentation Programme). Ovo telo radi na uvođenju novih sredstava za izviđanje, osmatranje, zahvat i prepoznavanje cilja, kao i elementa budućeg ofanzivnog aero sistema koji bi mogao delimično da se nade na bespilotnim i borbenim bespilotnim letelicama oko 2020. godine. Alternativna strategija je klasifikovanje bespilotnih letelica u odnosu na njihove karakteristike prema kinetičkoj energiji. Izraelska letelica Pioneer, na primer, ima istu kinetičku energiju kao neki sateliti pri maksimalnim brzinama i znatno manju brzinu krstarenja, što nije pokriveno postojećom regulativom.

Međutim, industrijski izvori se slažu u jednom: bolje je raditi po postojećim regulativama nego propustiti mnogo godina dok nova legislacija ne pokrije područje operacija bespilotnih letelica.

Studija SAD, urađena za Ministarstvo odbrane početkom ove godine, utvrdila je pouzdanost tri sistema bespilotnih letelica u operativnoj upotrebi oružanih snaga SAD za vreme 100 000 časova leta. Oslanjajući se na iskustvo flote letelica Hunter, Pioneer i Predator, ova studija ne procenjuje održivost letelice u borbenim uslovima. Ipak, istraživanje je pokazalo da je broj nesrećnih slučajeva kod bespilotnih letelica znatno veći.

U kratkom vremenu programa razvoja i upotrebe do početka ove godine, američki Predator je zabeležio 32 nezgode klase A u projektovanih 100 000 časova leta, dok je višenamenski lovac F-16 imao samo tri takve nezgode. Letelica Pi-

oneer je za isti period imala 334 incidenta. Smatra se da je Predator najbolja američka bespilotna letelica danas, ali je još uvek za red veličina slabija od aviona kojima upravljaju piloti.

Uslovi okoline su, takođe, označeni kao moguće opasnosti za operacije bespilotnih letelica. Najmanje dva Huntera i tri Predatora su izgubljena zbog vrlo niskih temperatura, dok padavine mogu dovesti do povećanog rizika pri smanjenju brzine ili promeni prvobitnog plana leta.

Problemi sa motorima bili su uzrok 37% svih nezgoda na avionima. Vodeći proizvođači motora tradicionalno se protive razvoju boljih (skupljih) motora, zbog relativno male prodaje u odnosu na ulaganja. Međutim, ova situacija se menja sa povećanjem tržišta bespilotnih letelica.

Iskustva američkih i izraelskih proizvođača bespilotnih letelica, koji su vodeći u svetu, veoma su slična. Prema planovima Ministarstva odbrane SAD, za razvoj vojnih bespilotnih letelica za period 2002–2027. godine predviđa se najviše 15 do 20 nezgoda na 100 000 časova leta. Industrijski izvori smatraju da je taj cilj dostižan, ali primećuju da komercijalni avion za to vreme može zadesiti samo 0,2 nezgode.

Potrebu za poboljšanjem pouzdanosti bespilotnih letelica ne sputavaju samo planovi o osnovnim letnim kvalitetima, već je to i finansijski imperativ. Cena opreme za elektrooptičke i laserske senzore, kao i sintetičkog radara sa mogućnostima otkrivanja i praćenja ciljeva na zemlji, kreće se i do 3 miliona dolara.

Neki operatori zadovoljni su što ne moraju da traže civilnu podršku za regularno vođenje operacija sa bespilotnim

letelicama. Na primer, izraelsko Ministarstvo odbrane je odgovorno za upravljanje u nacionalnom vazдушnom prostoru, i može intenzivno da vodi operacije sa svojim bespilotnim letelicama. Njihove daljinski upravljane letelice koriste se za akviziciju ciljeva i za procenu borbene štete za vreme operacija sa drugim sredstvima, uključujući helikoptere, borbene avione i kopnene snage. Izraelske borbene letelice ostvarile su više od 5000 časova leta u prvih 18 meseci u periodu od 2000. godine do danas. Gubici su im jedna do dve letelice godišnje, kao rezultat lošeg funkcionisanja sistema.

Međutim, za najveći broj operatora sloboda vazдушnih operacija ostaće puka želja još mnogo godina.

Jedan od načina rada na legislaciji, koji su praktikovale Vazduhoplovne snage SAD sa svojom letelicom RQ-4A Global Hawk za velike visine i dugotrajna izviđanja, jeste podizanje letelice iznad bilo kojeg komercijalnog saobraćaja u blizini njihove glavne operativne lokacije (Vazduhoplovna baza Wright Paterson u državi Ohajo). Kada dostigne visinu od 18 300 m (60 000 ft) letelica predstavlja mali rizik za druge učesnike u vazдушnom

prostoru, u slučaju kritičnog nefunkcionisanja za vreme planiranog leta.

Istraživačka i razvojna organizacija QinetiQ proučava i druge opcije operacije letelica iznad maksimalnih visina komercijalnih letova. U sklopu ispitivanja biće lansirana laka letelica Zephyr (raspon krila 12 m i mase oko 12 kg) radi podrške pilotiranom balonu čija se rekordna visina očekuje između 12 192 i 40 234 m (40 000 i 132 000 ft). Takav solarni stratosferski sistem mogao bi da bude za komercijalnu upotrebu u ovoj dekadi, a trebalo bi da bude sposoban za izvršavanje dugotrajnih zadataka, kao što su komunikacijsko prenošenje vesti i vojni pomorski patrolni letovi. Sa visine od 40 000 m sa takve platforme može se nadgledati 650 000 kvadratnih milja površine Zemlje, što je znatno jeftinije od osmatranja izviđačkim satelitima.

Mada je ove godine uskraćena mogućnost posmatranja bespilotnih letelica na izložbi Sagem u Francuskoj, samo je pitanje vremena kada će biti prikazane uporedo sa borbenim lovcima i transportnim avionima.

M. Krbavac





tehničke novosti i zanimljivosti

RAZVOJ NOVOG MOBILNOG SISTEMA PVO U SAD*

Armija SAD i kompanija Raytheon procenjuju koncept novog mobilnog sistema PVO za pojačanu zaštitu budućih manevarskih snaga. Koncept, nazvan LAVRAAM, sadrži lanser AIM-120 za savremene rakete srednjeg dometa vazduh-vazduh (AMRAAM) na modifikovanom oklopnom vozilu LAV (Light Armored Vehicle).

Armijaski avio i raketni razvojni i tehnički centar i kompanija Raytheon su u julu ove godine spojili lanser sa prototipom komandnog i upravnog vozila LAV II, koji ima otvoreno ležište na svom zadnjem delu. Lanser je sklop sa četiri rakete slično dosadašnjem konceptu za lansiranje rakete AMRAAM sa vozilom HMMWV (High Mobility Multi-purpose Wheeled Vehicle).

LAVRAAM je jedini demonstracioni model za sada, a armija i Raytheon planiraju da ispituju njegove terenske mogućnosti u narednih nekoliko meseci. Ispitivanjima će se proveriti manevarske sposobnosti združenog para, i odrediti da

li kretanje vozila prouzrokuje bilo kakve vibracije ili oscilacije koje mogu štetno uticati na operacije lansiranja.

Za sada nema planova za ispaljivanje bilo koje rakete AMRAAM sa ovog sredstva, mada je demonstrator opremljen i za to.

Pored povećane pokretljivosti koju LAVRAAM treba da ponudi pomoću sistema na vozilu HMMWV, on treba da obezbedi i pojačanu oklopnu zaštitu za posadu. Prema transportnom kapacitetu, mogao bi da nosi do šest raketa AMRAAM, možda i u kontejnerima, zbog bolje kamuflaže i zaštite raketa. Ističe se da postoji interesovanje i za razvoj vođenog višecernog lansirnog raketnog sistema na vozilu LAV.

M. K.

«««»»»

ORUŽJE ZA RAZARANJE BUNKERA*

Na konkurs britanske armije za razvoj pešadijskog oružja za razaranje bunkera IASW (Infantry Anti-Structures Weapon) javile su se tri kompanije.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. avgust 2003.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 10. septembar 2003.

Pešadija će u urbanim sredinama koristiti oružje za neutralisanje različitih ciljeva, kao što su bunker, zgrade i drugi fortifikacijski objekti.

Agencija DPA (Defence Procurement Agency) potvrdila je da će do konačnog izbora za ovo oružje doći krajem ove godine, a da će se sa najpovoljnijim ponudacem sklopiti ugovor početkom 2004. godine. Planira se da će oružje ISAW biti uvedeno u upotrebu u periodu 2007–2009. godine, mada bi u vojsci željeli da to bude i ranije.

Ključni operativni zahtevi za ovo oružje su:

- sposobnost dejstva iz ograničenog prostora;
- rukovanje od strane jednog lica;
- sposobnost proboja zida i eksplozije iza njega;
- efikasan domet od najmanje 200 m i masa ne veća od 10 kg.

Uz oružje se zahteva i kompletan vežbovni paket.

Podrazumeva se da će oružje ISAW imati tandem-bojnu glavu, pri čemu prva bojna glava probija strukturu zida praveći put za drugu bojnu glavu koja ulazi u objekat i eksplodira.

DPA ističe da bojna glava treba da bude pojačanog eksplozivnog dejstva, a ne termobaričnog koji se koristi u ruskom vođenom i nevođenom oružju.

Tri kompanije koje su se javile na tender su Insys i Lockheed Martin iz Engleske i Saab Bofors Dynamics iz Švedske. To su firme koje imaju iskustva u razvoju eksplozivnih bojnih glava i lakog protivtenkovskog oružja za britansku armiju.

Za sada britanska armija nema adekvatnih mogućnosti za rušenje bunkera, i

za to koristi postojeća protivtenkovska oružja (žicom vođena PTR Milan srednjeg dometa ili lako PT oružje LAW-80, što nije optimalno.

M. K.



PUŠKA ZA UNIŠTAVANJE NEEKSPLODIRANIH BOMBI*

Ministarstvo odbrane Velike Britanije opredelilo se za pušku 12,7 mm AW50F, firme Accuracy International, za opremanje jedinica namenjenih za uklanjanje neeksplodiranih bombi.

Ugovor vredan 4,7 miliona dolara pokriva nabavku ovih 70 oružja, teleskopske nišane velike moći, laserske daljinomere i drugu optiku. Opitovanje radi potvrde bezbednosti i pogodnosti za upotrebu, kao i operativnih mogućnosti, odvijace se u 2004. godini.

Puška AW50F ima zatvarač kojim se ubacuje po jedan metak iz magacina za pet metaka a koriste se svi tipovi municije Browning 12,7 × 99 mm. Poseduje i podešavajući sklapajući dvonožac i podešavajući treći oslonac ispod sklapajućeg kundaka, radi povećanja stabilnosti za vreme nišanja i opaljenja. Masa puške je 13,6 kg, a dužina sa sklopljenim kundakom 1,12 m i 1,35 m sa izvučenim kundakom.

Oružje se koristi za uništavanje velikih, neeksplodiranih avio-bombi kojima je, zbog prisutnih prepreka i neeksplodiranih projektila, teško prići. Zmo puške probija košuljicu bombe i izaziva eksploziju.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 10. septembar 2003.

Firma Accuracy International, obelodanila je razvoj ove puške još 1998. godine. Australijske oružane snage naručile su 95 pušaka u 2001. godini radi opremanja svojih specijalnih snaga, izdvojenog pešadijskog bataljona i timova Kraljevskog australijskog vazduhoplovstva. Nemačke oružane snage i neke druge specijalne snage takođe će koristiti ovo oružje.

M. K.

<<<◇>>>

AMFIBIJSKO SVETERENSKO VOZILO IGUANA*

Mornarička pešadija SAD uskoro treba da dobije na upotrebu avioprenosno amfibijsko vozilo za sve terene, koje im je, u skladu sa njihovim zahtevima, ponudila grupacija TSG (Technical Solutions Group).

Mornarica predviđa da se ovo vozilo koristi za nekoliko namena, kao što je nosač oružja, evakuacija ranjenika i logistička podrška.

Vozilo Iguana projektovao je inženjer hidraulike iz Sijetla David Hansen, uz premiju od 80 000 dolara koju je dobio od Armije SAD 1996. godine. Sa prototipom se već sprovode obimna ispitivanja po putevima i na vodi. Prema sačinjenom ugovoru grupacija TSG sprovodi ekspertizu po vlastitoj tehnologiji i u svojim proizvodnim pogonima.

Za potrebe transporta aviona MV-22 mornarica je zahtevala neznatno smanjenje maksimalne širine i visine vozila.

Gusenična platforma je vrlo stabilna, ima niže težište od mnogih drugih

amfibijskih vozila i dobro je prilagođeno za horizontalno privezivanje na zidovima transportnog dela aviona MV-22.

Proizvođač proučava i mogućnost korišćenja električnog pogona na vozilu, koji bi trebalo da omogući veće brzine i manju buku, što je važan zahtev za specijalne oružane snage. Za potrebe transporta kabina vozila se može sklopiti.

Osnovni tehnički podaci vozila Iguana:

- masa 1700 kg;
- koristan teret do 1350 kg;
- motor – četvorocilindrični turbo dizel Cummins;
- transmisija – automatska Allison sa četiri stepena prenosa;
- maksimalna brzina 104 km/h;
- specifični pritisak gusenica na podlogu 0,07–0,14 kg/cm².

M. K.

<<<◇>>>

NOVO KOREJSKO BORBENO VOZILO*

Kompanija Daewoo je obelodanila neke detalje o novom borbenom vozilu pešadije NIFV (Next Infantry Fighting Vehicle) koje razvija već nekoliko godina, prema operativnim zahtevima korejske armije. Međutim, nije poznato kada će početi proizvodnja za potrebe armije. Takođe, kompanija Daewoo je objavila da je razvila novi oklopni transporter 6×6 (prototip). Ova kompanija već je proizvela veći broj korejskih borbenih vozila pešadije KIFV, od kojih je većina naoružana mitraljezima 12,7 mm i 7,62 mm.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, avgust 2003.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 2. april 2003.

Prototip vozila NIFV je u fazi ispitivanja. U poređenju sa vozilom KIFV ono nudi znatna poboljšanja u tri ključne oblasti: oklopnoj zaštiti, pokretljivosti i vatrenoj moći. Opremljeno je novom kupolom naoružanom Boforovim topom 40 mm L/70. Meci ovog topa donose se iz magacina spuštenog ispod kupole, a prazne čaure se izbacuju napred izvan krova kupole.

Mitraljez 7,62 mm spregnut je sa glavnim naoružanjem, a sa obe strane kupole nalazi se lanser za optički praćene, žičano vođene PT rakete dometa 3750 m.

Nišandžija je smešten na levoj, a komandir na desnoj strani kupole. Komandir ima na krovu montirani, stabilizovani panoramski nišan za otkrivanje i praćenje ciljeva. Nišandžija, koji nakon otkrivanja preuzima cilj, ima na krovu montirani dnevno-noćni nišan, i kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom, koji mu omogućava gađanje iz pokreta ili iz mesta, sa velikom verovatnoćom za pogađanje prvim hicem.

Neki od automatskih podsistema potiču od Daewoovog dvocevnog samohodnog topovskog sistema PVO 30 mm Flying Tiger, i raketnog sistema zemljavazduh Pegasus, koji su razvijeni za potrebe korejske armije.

Vozilo NIFV ima snažniji dizel motor i novi hidropneumatski sistem elastičnog oslanjanja kao zamenu za ovešenje sa torzionim osovina, što štedi prostor u oklopnom telu, pruža bolje terenske mogućnosti i lagodniju vožnju za posadu. NIFV će biti potpuno amfibijsko vozilo, koje će se na vodi pogoniti pomoću guseničnog pokretača.

Nema detalja o nivou oklopne zaštite, ali primena pasivnog oklopnog sloja

preko kupole i oklopnog tela obezbeđuje vozilu povećanu održivost na bojištu.

Standardna oprema uključuje noćni nišan za komandira, nišandžiju i vozača, kao i sistem za NBH zaštitu.

M. K.



RAZVOJ SAMOHODNOG MINOBACAČA 81 mm U INDIJI*

Indija je razvila novo gusenično vozilo za minobacač 81 mm na bazi šasijske borbenog vozila pešadije Sarath.

Kupolica je premeštena i modifikovana za njenu novu namenu. Minobacač 81 mm ugrađen je na zadnjem delu oklopa, a ispaljivanje se vrši kroz dvodelna vrata na krovu. Samohodni minobacač razvila je indijska fabrika u Medaku, prema zahtevima indijske armije za obezbeđenje indirektnih vatrene podrške mehanizovane pešadije. Ova fabrika dugo je proizvodila ruska borbeno vozilo pešadije BMP-2 pod lokalnim nazivom Sarath, a od 1987. godine izrađeno je više od 1000 primeraka.

Prvi prototip samohodnog minobacača 81 mm CMTV (Carrier Mortar Tracked Vehicle) završen je 1997. godine i prilagođen je za upotrebu u indijskoj armiji. Prva vozila proizvedena su 2000. godine, a do sada je isporučeno više od 100 vozila.

Minobacač 81 mm ima poprečno kretanje levo i desno po 24° i elevaciju od +40° do +85°. Minobacač nosi ukupno 108 granata sa pripadajućim punjenjem. Oslona ploča minobacača smeštena je spolja, što omogućava da se oruđe, ako je potrebno, demontira i razvije izvan vozila.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. avgust 2003.

Na prednjem delu oklopa smešten je mitraljez 7,62 mm koji u borbenom kompletu ima 2350 metaka.

Pored naoružanja posade, vozila poseduju i protivtenkovsko oružje 84 mm Carl Gustaf sa 12 projektila. Kako je vozilo projektovano za operacije u zonama sa visokom spoljašnjom temperaturom, ono nosi i 320 litara vode za piće.

Vozilo, čija je borbeni masa 14,3 t pripremljeno je za šestočlanu posadu, uključujući vozača i komandira, potpuno je amfibijsko i pogoni se na vodi sopstvenim gusenica, maksimalnom brzinom od 7 km/h.

Samohodni minobacač 81 mm najnoviji je u velikom broju varijanti vozila Sarath razvijenih za potrebe indijske armije. Raniji modeli odnosili su se na sanitetska vozila, oklopne dozere, inženjerska i izviđačka vozila, a modifikovane verzije razvijene su i za brojne raketne aplikacije, uključujući vođeno oružje i sisteme zemlja-vazduh.

M. K.



SISTEM PVO ANTILOPA U TAJVANU*

Nedavno je u Tajvanu uveden u upotrebu novi sistem PVO Antilopa. Razvoj ovog sistema počeo je 1995. godine. Kao platforma iskorišćena je šasija višenamenskog vozila visoke prohodnosti AM 4 × 4 koje je uvezeno iz SAD. Tajvan koristi ova vozila i za mnoge druge potrebe, posebno kao nosače oružja.

Na zadnjem delu ovog kamiona montirano je postolje za četiri rakete u položaju spremnom za lansiranje. Rakete su slične

onima koje se koriste za dejstva vazduh-vazduh, ali su modifikovane za namene zemlja-vazduh. Modifikacijom su pridodati različiti stabilizatori i opremljene su samo jednim mehaničkim žiroskopom.

Rakete sistema Antilopa poseduju malodimni raketni motor na čvrsto gorivo i bojnu glavu sa eksplozivom koji se aktivira kontaktom i aktivnim laserskim blizinskim upaljačkim sistemom.

Sistem za akviziciju cilja sadrži radarski sistem montiran na vrhu postolja koje se uvlači pri prevoženju. IC optički uređaj je usmeren napred i nalazi se levo na postolju između gornje i donje rakete. On prati cilj pre lansiranja rakete. Jedan generator napaja čitav sistem, što omogućava da glavni motor vozila bude isključen pri radu sistema.

Sistem PVO Antilopa može da radi i sa daljinskim upravljanjem do 70 metara udaljenosti, što znatno povećava održivost operatora u slučaju direktnog napada na sistem.

Sistem opslužuje dvočlana posada (nišandžija i poslužilac), mada njime može da upravlja i jedan čovek, ukoliko je to neophodno.

Sistem PVO može da dobija informacije o cilju sa upravnog sistema, koji treba da potvrdi da je cilj neprijatelj. Sistem Antilopa tada počinje sa pretraživanjem i usmeravanjem na ciljeve. Kompjuter za upravljanje vatrom automatski usmerava rakete na cilj.

Četiri hidraulična stabilizatora, dva sa svake strane vozila, koriste se pri dejstvu sistema. Sistem ima i poseban način za simulaciju i ugrađenu testnu opremu.

M. K.



* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 23. april 2003.

LETELICA PREDATOR SA KOMBINOVANIM RAKETAMA*

Kompanija General Atomics Aeronautical Systems predložila je hibridnu verziju daljinski upravljane letelice za srednje visine Predator MQ-1, koja bi mogla da nosi rakete za odbranu od aviona FIM-92 Stinger i laserski vodene rakete tipa vazduh-zemlja AGM-114 Hellfire II.

Predator MQ-1 treba da nosi ispod jednog krila pajlon za rakete Hellfire, a ispod drugog pajlon za dve rakete Stinger. To treba da mu omogući, pored udarnih zadataka, i sopstvenu odbranu. Za sada ova letelica nije u mogućnosti da nosi obe vrste raketa istovremeno. Međutim, kako se navodi, to je tehnički izvodljivo, a adaptacije bi trebalo da se izvrše u najskorije vreme.

M. K.



MINIJATURNE BESPILOTNE LETELICE ZA NEMAČKU ARMIJU**

Nemačka armija primila je svoje prve minijaturene bespilotne letelice Aladin, kojima će razviti izviđački sistem kratkog dometa za svoj kontingent u sklopu međunarodnih snaga u Avganistanu ISAF. Proizvođač je firma EMT, koja je krajem aprila isporučila šest sistema, od kojih se svaki sastoji od višekratno upotrebljive letelice i zemaljske upravljačke stanice.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 17. septembar 2003.

** Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 7. maj 2003.

EMT je projektovao i proizveo veće bespilotne letelice Luna, koje su razvijene za nemačke mirovne snage na Kosovu i Makedoniji, i ponuđene za inspektore UN za naoružanje u Iraku. Tehnologija za Lunu iskorišćena je i u razvoju sistema Aladin.

Letelica Aladin ima masu 3 kg, dimenzije 60 × 30 × 40 cm, i transportuje se u rancu na leđima operatora. Kada je spremna za lansiranje iz ruke, raspon krila i dužina letelice iznosi 150 cm. Može da leti autonomno (digitalni autopilot) ili sa manuelnim vođenjem. Posедуje i autonomne mogućnosti praćenja konfiguracije terena.

Aladin ima brzinu leta od 45 do 90 km/h, i visinu leta od 30 m do 200 m. Za vreme leta od 60 min radijus izvršenja zadatka iznosi oko 10 km. Pogonski elektromotor odaje veoma slabe signale.

Paket regularnih senzora sastoji se od četiri video kamere koje se mogu zameniti i sa IC senzorom. Veza za prenos podataka omogućava prenos podataka u realnom vremenu. Zemaljska upravljačka stanica omogućava digitalni prikaz 2-D ili 3-D sistem za planiranje i upravljanje letom, analizu slike i pohranjivanje podataka.

Aladin je razvijen za izviđačko vozilo Fennek 4 × 4, koje sada proizvodi konzorcijum ARGE za armije Danske i Nemačke.

M. K.



DEMONSTRATOR BESPILOTNE LETELICE FIRME ALENIA*

Italijanska firma Alenia Aeronautica prikazala je tehnologiju demonstratora

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 4. jun 2003.

koja će se koristiti za ispitivanje kritične razvojne tehnologije kompanije i budućih aplikacija na bespilotnim borbenim letelicama.

Prvi detalji modularne izrade objavljeni su na konferenciji u Rimu koju su organizovale Vazduhoplovne snage Italije.

Početna verzija imaće konvencionalnu konfiguraciju sa repom V oblika, dužinu 5,6 m i raspon krila 5,8 m. Maksimalna poletna masa biće 1000 kg, uključujući 300 kg korisnog tereta i 150 kg goriva. U razmatranju su tri tipa motora za pogon letelice, za koju će biti potreban potisak od 400 kg.

Demonstrator će ostvarivati maksimalnu brzinu od 0,75 Maha, brzinu krstarenja 0,6 Maha i dosezati najveću operativnu visinu od 10 000 m. Dužina staze potrebne za uzletanje i sletanje iznosi oko 400 m.

Alenia Aeronautica utvrdila je nekoliko oblasti za istraživanje i testiranje upotrebe borbenog demonstratora, a to su:

- sertifikacija;
- stealth – kompatibilne nekonvencionalne konfiguracije;
- automatsko upravljanje letom;
- satelitska i linijska informaciona povezanost;
- ugrađeni sistemi za upravljanje;
- obrada podataka na letelici (uključujući prepoznavanje cilja);
- kompatibilnost sa upravljanjem u vazдушnom saobraćaju;
- daljinsko upravljanje;
- operativni domet;
- povezanost sa upravljačkom stanicom.

Modul korisnog tereta biće potpuno prilagođen za međusobnu zamenljivost i brzu rekonfiguraciju sa sintetičkog rada na elektrooptički komplet ili prostor za

naoružanje. Modularna izrada omogućiće i promenu aerodinamičke konfiguracije, a razmatra se i upotreba bezreprene varijante u poslednjoj fazi ispitivanja.

Ovaj demonstrator treba da poleti maja 2004. godine, a testiranje konvencionalne konfiguracije nastaviće se do kraja godine. Druga faza ispitivanja, koja će uključiti savremene tehnologije i nekonvencionalne konfiguracije, uslediće 2005. godine.

M. K.



PASIVNI AVIONSKI SISTEM ZA RANO UPOZORAVANJE*

Krajem ove godine otpočeće ispitivanje engleskog avio sistema Celldar (Cellphone Radar) kojim se obezbeđuju pasivne mogućnosti osmatranja vazduh-vazduh i vazduh-zemlja.

Sadašnji radari na predloženom avio sistemu Celldar, koji će koristiti mobilne telefonske bazne stanice i akustične senzore za otkrivanje i praćenje pokretnih objekata, kao što su avion, krstareća raketa i vozila na zemlji, usmereni su na razvojni model. Sledeća projektna faza kulminiraće letnim ispitivanjima sistema pre kraja ove godine.

Potencijalna primena razvijenog sistema mogla bi da bude njegova integracija sa sistemom za rano upozoravanje i upravljanje avionom u avionima E-3D britanskog vazduhoplovstva. Korist od integracije sistema Celldar sa flotom E-3D trebalo bi da bude mogućnost kompletnog pasivnog osmatranja i sposobnost za otkrivanje aviona na udaljenostima do 100 km.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 21. maj 2003.

Zbog male veličine primarnih senzora, ovaj avio sistem je prikladan za ugradnju i u manje avione i helikoptere. Bazne stanice mobilne telefonije obično su postavljene u krugu od 15 km.

Flota aviona E-3D uvedena je na upotrebu 1991. godine, a njihova eksploatacija se predviđa do 2025. godine.

Sistem Celldar već se pokazao dovoljno preciznim kao radar za upravljanje vatrom u uslovima za zemaljske sisteme PVO, a ima i mogućnost potencijalne primene u sektorima za otkrivanje na zemlji, na primer, za praćenje pokreta ljudi, vozila i helikoptera.

Sadašnje studije razvoja ovih sistema usmerene su na upotrebu bez većeg korišćenja mobilne telefonije. Šira ispitivanja sistema Celldar planirana su i u oblasti upravljanja vazдушnim saobraćajem, osmatranja putnog saobraćaja i zadataka obalskog osmatranja.

M. K.



NOVI LASERSKI SISTEM USMERENE ENERGIJE*

Kompanija General Atomics razvila je novi laserski sistem usmerene energije za Ministarstvo odbrane SAD, koje će biti kombinacija najboljih osobina čvrstih i tečnih laserskih ostvarenja u lakim i moćnim konstrukcijama.

Ako demonstracija tog sistema, koja je planirana za 2007. godinu, bude uspešna, trebalo bi da trasira put za izradu lakog laserskog oružja visoke energije za pilotirane i bespilotne borbene letelice za taktičke potrebe u narednom periodu.

Kompanija vodi razvoj lasera po programu projektne agencije DARPA za razvoj tečnog lasera velike energije HELLADS (High-Energy Liquid Laser Area Defense System). Cilj je da se u letu demonstrira laser snage 150 kW, koji bi mogao da uništi rakete na taktičkoj udaljenosti. Program ima težak cilj – da se postigne manje od 5 kg/kW na izlazu, što će, ako se ostvari, predstavljati znatno smanjenje cene i mase u odnosu na postojeće laserske sisteme.

Projekat HELLADS trebalo bi da ponudi kompaktnu veličinu i relativno visoku izlaznu snagu čvrstih sistema sa termalno upravljanim kvalitetima tečnih lasera. Sadašnje čvrste sisteme ometa toplota u sklopu. Suprotno tome, tečni sistemi imaju prednosti, budući da su sposobni da odaju toplotu kada tečnost struji kroz sistem.

HELLADS nije jedino lasersko oružje koje se u SAD ispituje za avio-aplikacije. Kompanije Northrop Grumman i Raytheon su, na primer, izradile čvrste prototipove od 25 kW koje će demonstrirati u laboratoriji 2004. godine. Ti proizvodi mogli bi da se ugrade u operativne sisteme za starije avione, kao što su F-35 jurišni lovac i bespilotni borbeni avio-sistem.

Ambiciozni projekat zahteva još mnogo tehničkih rešenja. General Atomics je trenutno uključen u poslove modeliranja i izrade lasera. Laboratorijske demonstracije lasera HELLADS, snage 1 kW, planiraju se za fiskalnu 2004. godinu. Zatim će uslediti ispitivanja na zemlji sa prototipom 150 kW u 2005. i 2006. godini.

Program će kulminirati opitovanjem prototipa na ispitnom avionu u 2007. godini.

M. K.



* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. avgust 2003.

KINA POBOLJŠAVA MOGUĆNOSTI ELEKTRONSKE BORBE*

U Kini se istovremeno odvija najmanje šest razvojnih programa usmerenih na poboljšanje mogućnosti u elektronskoj borbi njihovih aviona Suhoj i drugih borbenih aviona.

Četiri programa uključuju nove varijante SAC Y-8 za srednji transportni višenamenski avion, peti program je verzija ruskog aviona Beriev A-50 za rano upozorenje i upravljanje, a šesti je za modifikovani Iljušin Il-76 za strategijski transport.

Program Il-76 usmeren je na platformu koja je opremljena radarom Argus BAE sistema. Program A-50, koji je započet pre tri godine posle američke blokade da Izrael proda Kini četiri sistema Phalcon, usmeren je na verziju aviona A-50Eh koju je razvio Moskovski naučno-istraživački institut za instrumentalnu tehniku.

Dve varijante aviona Y-8, pod oznakom Projekt 1, isporučene su kineskom vazduhoplovstvu i raspoređene u južnoj obalskoj zoni radi prikupljanja elektronskih obavешtajnih podataka. Projekat 2 uključuje varijantu za rano upozoravanje Y-8C, čija je upotreba planirana za 2004. godinu. Za sada nije objavljen ni broj platformi ni ugrađeni sistemi. Projekat 3 je verzija Y-8 za elektronsko ometanje, sa 10 aviona planiranih za proizvodnju. Time bi trebalo da se omogući istovremeno ometanje L-C i S-frekvencija. Projekat 4 uključuje verziju aviona Y-8 za komandovanje i upravljanje.

Osim dva Projekta 1, koji se već koriste, drugi avioni bi trebalo da budu operativni od 2004. godine.

Do 2010. godine, Vazduhoplovstvo Narodnooslobodilačke armije Kine, prema studiji razvoja, treba da dostigne cilj automatizovanog izvršavanja aviokomandovanja i mogućnosti elektronske borbe koje su potrebne za ofanzivne operacije.

M. K.

<<<◇>>>

PLAZMA-ANTENE BOLJE OD METALNIH KONSTRUKCIJA*

Tehnološka korporacija ASI, koja radi za Raketnu odbrambenu agenciju SAD, razvila je plazma-antene koje za prenos i prijem signala koriste jonizirani gas umesto metalne konstrukcije. Ovi laki niskoprofilni uređaji imaju bolje performanse od njihovih konvencionalnih ekvivalenata, i otporniji su na elektromagnetsko ometanje.

Plazma-antena je jednostavna staklena ili keramička cev koja sadrži jonizirani gas. On može dinamički da se rekonfiguriše radi promene frekvencije, smera, širine opsega, i širine snopa, omogućavajući tako jednom uređaju da obavlja funkcije koje bi, inače, trebalo da izvršava nekoliko uređaja.

Jonizirani gas, koji čini plazma-antenu, postoji samo za vreme predaje i prijema signala, kada plazma-antena ne trpi smetnje koje izazivaju reflektovani signali.

M. K.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 20. avgust 2003.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, avgust 2003.

NOVA GENERACIJA RADIO-FREKVENTNE MEMORIJE*

Kompanija za odbrambenu elektroniku EADS (Ulm, Nemačka) razvila je tehnologiju nove generacije digitalne radio-frekventne memorije (DRFM), koja treba da se koristi u sistemima za aktivno radarsko ometanje.

Novi sistem zamenjuje prethodni sistem DRFM ove kompanije, koji datira iz 1990. godine i koji je u operativnoj upotrebi na samozaštitnom ometaču Tornado nemačkog ratnog vazduhoplovstva. Nova generacija DRFM razvijena je za naručioca koji je zainteresovan da se ova tehnologija koristi u kontejnerskoj izvedbi na lovačkim avionima.

Testovi za zemaljske aplikacije izvršeni su avgusta 2003. godine. Osim toga, EADS je u pregovorima i sa drugim naručiocem, za koga će DRFM biti ugrađen na turbomlazne bespilotne avione za simulaciju radarske slike, za potrebe obuke operatora na zemaljskim radarima PVO.

Kompanija planira da novi DRFM bude jezgro svakog budućeg sistema za ometanje. Tehnologija može istovremeno da pokrije širinu frekventnog pojasa od 1,8 GHz, za razliku od 350 MHz na sistemu uključenom na ometaču Tornado. Ukupna širina pojasa pokriva 4,0 GHz (2,8 GHz u prethodnom sistemu), a frekventna tačnost iznosi 1 kHz umesto 1 MHz, što predstavlja poboljšanje za red veličine 1000.

Druge prednosti su smanjenje odnosa i smanjena potrošnja energije (60 W umesto 150 W). Tehnologija DRFM od početka daje automatski digitalni signal-

šum u odnosu na nadolazeći radarski signal. On memoriše radarski signal, moduliše ga sa ometačkim signalima i ponovo šalje u pravcu opasnosti. U toku tog procesa tačnost frekvencije određuje efikasnost ometanja.

Novi komplet je četvoro-bitni fazno kodirani DRFM sa integrisanim generatorom tehnike za PEB i mogućnostima za dejstvo protiv više opasnih ciljeva. Broj istovremeno praćenih opasnosti za sada iznosi četiri, ali se može i povećati. Osim toga, male razmere i mala potrošnja energije omogućavaju da se u sistem opreme za PEB uključi više jedinica DRFM.

Novi pojedinačni DRFM radi brzom ravnom 2,5 GHz, koristeći tehnologiju medicinskih instrumenata koju je EADS uložio u kompaniju Ticone u Švajcarskoj.

U sistemu se nalaze dva fazno-digitalna/digitalno-fazna pretvarača, koji su zasnovani na infineonskim komponentama, a signal memorija ASIC na silikonskim tehnologijama razvio je Siemens.

M. K.

<<<◇>>>

PRENOSNI IZVIĐAČKI SISTEM MRS-2000*

Prenosni sistem za prijem izviđačkih podataka MRS-2000, od kojih je četiri već isporučeno i uspešno korišćeno u borbenim operacijama u Iraku, proizvela je firma Tadiran Electronic Systems za potrebe mornaričke pešadije SAD.

MRS-2000 može da prima, obradi i prikaže, u realnom vremenu, video-snimak i telemetrijski podatak upućen sa

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, septembar 2003.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, septembar 2003.

bespilotne letelice ili drugog vazduhoplovnog sredstva. Sistem pruža mogućnost isturenim jedinicama da uživo dobiju „pogled preko-brda ispred sebe“, uključujući i mogućnost automatske izrade izveštaja o cilju i korekciji artiljerijske vatre.

Komandiri, isturene stanice za navođenje i artiljerijske osmatračnice su sa dobijenim podacima u stanju da donose važne odluke za izvršenje zadataka, zasnovane na valjanim spoznajama situacije. Takođe, moguće je, kao što je slučaj sa sistemima MRS-2000 koje koriste izraelske snage odbrane, aktualizirati upravljanje bespilotnim letelicama.

Druge aplikacije omogućavaju osmatranje granica i zaštitu visokorizičnih i osetljivih objekata. Moguće su i prevozne i fiksne verzije ovog sistema.

Kada je smešten u rancu MRS-2000 sadrži kompjuter na bazi Pentijuma III, od 20 GB sa čvrstim diskom i TFT ekranom osetljivim na dodir od 10,4 inča.

Sistem je opremljen tako da prima podatke u C-pojasu (udaljenosti do 35 km) i L/S-pojasu (udaljenosti do 50 km), a može da funkcioniše sa bespilotnim letelicama Pioneer, Ranger, Searcher, UMASS i drugim telemetrijskim standardima. Ukupna masa sistema iznosi 12 kg (plus 3 kg za tronožac).

Sistem MRS-2000 može da pokrije sve standardne formate karata, da trodimenzionalno pokriva teren i memoriše oblike i video snimke. Pokriva taktičke simbole, tekst i linijsku grafiku, a pri prenošenju podataka moguće je prenositi i taktičku situaciju, zamrznute slike, kao i elektronsko slanje putem taktičkog radija.

M. K.

NOVI KONCEPTI ZA VAZDUŠNE UDARE*

Kompanija Lockheed Martin ima koncept za mali višekratno korišćeni bespilotni jurišni sistem, namenjen za probijanje branjenog vazdušnog prostora i proširivanje dometa pilotiranim avionima u početnim fazama napada, radi narušavanja protivničke odbrane.

Bespilotna letelica Minion Surrogate više podseća na krstareću raketu nego na konvencionalni bespilotni avion, sa „steltinim“ glatkim telom i malim krilima.

Ističe se da bi Minion trebalo da podržava koncept Snaga za globalni udar američkih vazduhoplovnih snaga koje su u razvoju. Prema tom konceptu „steltne“ platforme, poput višenamenskog lovca F/A-22 Raptor i bombardera B-2A Spirit, napadaju precizno vođenom municijom u početnoj fazi, kako bi smanjile mogućnosti protivnika u neutralisanju savezničkih snaga. Minion bi trebalo da se lansira na velika rastojanja sa bombardera B-52H. Kada nekoliko bespilotnih letelica Minion leti daleko ispred formacije lovaca, trebalo bi da dejstvuju zajedno sa F/A-22, praveći im prolaz i šireći njihov dom. Minion se oslanja na senzore lovaca Reptor, i u letu prima podatke o ciljevima i napadajućim snagama sa pilotiranog lovca.

Bespilotne letelice Minion mogu da nose precizno vođenu municiju i oružje usmerene energije za uništavanje ili onesposobljavanje ciljeva protivnika, poput sistema PVO, pokretnih lansera taktičkih balističkih raketa ili komandnih i upravnih čvorova. Male razmere letelice i mali

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. septembar 2003.

radarski odraz treba da im omoguće zahvat ciljeva koji su suviše opasni za pilotirane avione. Pri izvršavanju zadataka ove letelice bi mogle po potrebi da se prizeme u savezničke baze radi popune gorivom i municijom radi pripreme za navedene zadatke.

Slično kompaniji Lockheed Martin i kompanija Boeing nastavlja razvoj sledeće generacije municije i koncepta naoružanih letelica. Kompanija je nedavno objavila svoj doprinos vazduhoplovnim snagama u razvoju prototipa krstareće rakete mase 445 kg (1000 lb) za F/A-22, kao i potencijalne bespilotne letelice i avione bombardere.

„Mini“ krstareća raketa treba da ima domet oko 1600 km, i mogućnost obezbeđenja informacija o cilju sa drugih vazdušnih platformi. Ove rakete trebalo bi da nose submuniciju za napad na nekoliko osetljivih vremenskih mobilnih i fiksnih ciljeva, pre navođenja na završni cilj. Let demonstracionog modela može se očekivati u toku 2006. godine.

Kompanija nudi tehnički okvir za avio municiju naredne generacije mase 45 kg. To oružje, poznato još kao „Dominatork“, zamišljeno je da se koristi sa lovaca F/A-22, u kasetama pri supersoničnoj brzini i, lebdeći iznad ratišta, da osmatra pokretne ciljeve poput oklopnih vozila i sredstava PVO. Prvi let prototipa već je izvršen uz korišćenje tehnologije savijenih krila za upravljanje letom umesto poklopaca, krilaca i elevatora. Vreme krstarenja ovog koncepta iznosi oko 48 časova.

M. K.

<<<◇>>>

MOBILNI SENZOR DRAGON RUNNER*

Institut robotike CMU (Carnegie Mellon University) treba da isporuči 12 primeraka pojačanog mobilnog zemaljskog senzora Dragon Runner MkII, za potrebe Borbene laboratorije Mornaričke pešadije SAD (MCWL), do maja 2004. godine. Oni će učestvovati u serijama eksperimenata sa ograničenim ciljem, u sastavu vežbe Viking 04. kako bi se pomoglo stvaranju operativnih zahteva za proizvodnu implementaciju. Originalna verzija već je testirana u Twentynine Palmsu u Kaliforniji, i u objektima MO-UT (Military Operations in Urban Terrain) u Virdžiniji.

Mobilni zemaljski senzor MGS (Mobile Ground Sensor) namenjen je da obavlja organska izvidanja, osmatranje i određivanje cilja za potrebe manjih taktičkih jedinica (nivo čete i niže), podržavajući ih svojim direktnim ili indirektnim oružjem i doprinoseći spoznaji situacije i zaštiti.

Na MkI već su testirani korisni tereti, uključujući termalnu kameru, laserski merač, nesmrtonosno oružje Tesar, bacač granata i reflektor. Osnovno vozilo poseduje sopstvenu kameru sa senzorima za zvuk i pokrete. Institut CMU predvideo je da ukupna cena, uključujući i cenu senzora, bude oko 10 000 US dolara.

Varijanta MkII obuhvata poboljšanja koja je zahtevala Borbena laboratorija Mornaričke pešadije, sledeći seriju urbanih eksperimenata i operativnih procena i koristeći originalne prototipove.

Masa MkII je oko 5,5 kg, naspram 4,1 kg za MkI, i može nositi korian teret od 4,5 do 5,5 kg (poveća-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW, septembar 2003.

nje za 2,25 kg). Njegove dimenzije su: dužina 30 do 35 cm; širina 20 cm; visina 10 cm. Očekivano vreme rada u „stražarskom režimu“ iznosi 24 časa, a kada je u pokretu 4 časa, sa jednim kompletom baterija. Sva četiri točka osnovnog vozila su pogonska, umesto samo zadnjih što je bilo ranije.

Druga poboljšanja uključuju kolor zumirajuću kameru, adaptaciju različitog frekventnog pojasa za kontrol-video link, novu antenu, ergonomični ručni upravljač, dnevni – čitljivi displej i pojačani ranac za nošenje.

Dragon Runner obično se koristi na udaljenostima preko 200 m. Da bi dospelo na više spratove zgrada vozilo ubacuju marinci kroz prozor ili vrata jer se odustalo od ideje da se vozilo penje uz stepenice, čime se pojednostavila izrada. Time se izbeglo ovešanje, a udari od preko 40 g, koji se javljaju pri padu ili sudaru sa preprekama, amortizuju se preko pneumatika i šasije.

Dragon Runner može da dostigne brzinu od preko 40 km/h, a može da obavlja funkciju čak i kad izgubi jedak točak i veći deo karoserije.

M. K.



VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

11002 Beograd, Balkanska 53

Telefoni: (011) 36-12-506, lok.: 23-495

Telefaks: (011) 36-12-506

POZIV NA PRETPLATU za 2004. godinu

Pretplaćujemo se na časopise:

broj primeraka

1. „Vojnotehnički glasnik“

(stručni i naučni časopis)

Godišnja pretplata **800,00 dinara.**

Prilikom uplate pozvati se na broj: 054/963

.....

2. „Novi glasnik“

(vojnostručni intervidovski časopis)

Godišnja pretplata **1.300,00 dinara.**

Prilikom uplate pozvati se na broj: 053/963

.....

3. „Vojno delo“

(opštevojni teorijski časopis)

Godišnja pretplata **1.000,00 dinara.**

Prilikom uplate pozvati se na broj: 051/963

.....

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD, Balkanska 53, 11002 Beograd. Poručioći uplaćuju iznos pretplate na tekući račun broj **840-51485-84 RC MO – za VIZ (sa pozivom na broj za svaki časopis)** i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

Kupac tel.:

Mesto Ulica br.

Dana

Potpis naručioca

.....

M. P.

„Vojnotehnički glasnik“ je stručni i naučni časopis Vojske 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 systemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i 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 obrazača (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 časopisa „Vojnotehnički glasnik“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Mirko Obradović

Lektor
Dobriła Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 180,00 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)