

IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
BeogradZA IZDAVAČA
NAČELNIK NIU »VOJSKA«STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefoni: 645-786, 29-189 i 29-187)

UREĐIVAČKI ODBOR:

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODZOPELJIC, dipl. inž.
(predsednik Saveta)Pukovnik
MIROSLAV MARTINOVIĆ, dipl. inž.MT pukovnik
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr VOJISLAV SORONDA, dipl. inž.Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
dr MILOŠ COLAKOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(sekretar Saveta)Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.Potpukovnik
mr SAŠA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.Major
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIKPukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277 ili 656-122 lok. 33-133)ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretpleta 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40623-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja
pretplata: za pojedince — 8,00 dinara.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štamparija — Beograd, Generala Zda-
nova 40 b.Vojnotehnički glasnik je 12. decembra
1977. odlikovan Ordenom za vojne zas-
luge sa velikom zvezdomSTRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI
glasnik

3 — 4

GODINA XLII • MAJ—AVGUST 1994.

S A D R Ź A J

Dr Svetislav Kostić, dipl. inž. Dušan Bunčić, pukovnik, dipl. inž.	201	Obezbeđenje kvaliteta proizvoda i usluga u svetu i kod nas — stanje, problemi i tendencije
Dr Svetozar Jovičić, dipl. inž. Prof. dr Jovan Todorović, dipl. inž.	208	Upotrebnost kvaliteta i sigurnost funkcionisanja
Tatjana Peković, dipl. inž.	215	Određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene
Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž. Prof. dr Jovan Todorović, dipl. inž.	229	Model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi Kriterijuma maksimalne gotovosti tehničkog sistema
Mr Petar Stanojević, kapetan, dipl. inž.	237	Proučavanje pouzdanosti tehničkih sredstava u posebnim uslovima eksploatacije
Mr Zoran Branković, major, dipl. inž. Sc Marko Andrejić, kapetan I klase, dipl. inž.	247	Rešavanje taktičkih zadataka u ulozi organa tehničke službe u združenim taktičkim jedinicama u borbi
Mr Dušan Regodić, major, dipl. inž. Mr Zoran Bojanić, major, dipl. inž.	259	Uticaj dimenzija i oblika vrha projektila na domet
Zoran Maletić, poručnik, dipl. inž. Dr Dušan Rajlić, kapetan I klase, dipl. inž.	268	Identifikacija hemijske municije zaplenjene u ratu (II deo)
Dr Milan Sušnjevarić, dipl. inž. Mr Branislav Todorović, dipl. inž.	272	Analiza mogućnosti korišćenja meteorskih tragova za vojne radiokomunikacije
Mr Nenad Parčina, potpukovnik, dipl. inž. Marko Janković, dipl. inž.	283	Modelovanje magistrala za prenos podataka elektronskog sistema vazduhoplova u realnim eksploatacionim uslovima uz primenu aktivne redundanse
Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž.	294	Teorija efektivnosti — rešeni ispitni zadaci (prikaz knjige)

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

P. Marjanović	297	Razvoj lakih tenkova u SAD
P. Marjanović	305	Austrijski automat 9 mm »TMP«
P. Marjanović	306	Perspektive razvoja minobacačkog naoružanja

Dr Svetislav B. Kostić,
dipl. inž.
Dušan Bunčić,
pukovnik, dipl. maš. inž.

OBEZBEĐENJE KVALITETA PROIZVODA I USLUGA U SVETU I KOD NAS — STANJE, PROBLEMI I TENDENCIJE

Danas se u svetu, a i kod nas, mnogo govori o kvalitetu. Ističe se njegov značaj i ukazuje na neophodnost primene. Navode se mnogi slogani, poput mudrih izreka, i ističe da nas posle sankcija očekuju opet sankcije, jer nećemo imati uveden i sertifikovan sistem kvaliteta. Svemu se pripisuju kvalitet ili nekvalitet. Sve se meri kvalitetom. Cilj ovog i narednih napisa (članaka) jeste da se bez preuveličavanja ili umanjivanja, bez stvaranja mita, ukaže na suštinu pojma kvaliteta, smisao pokreta za kvalitet, stanje u svetu i kod nas, kao i na značaj savremenog kvaliteta u Vojsci Jugoslavije i namenskoj industriji.

Uvod

Problem obezbeđenja kvaliteta NVO (naoružanje i vojna oprema) značajan je i kompleksan, jer se u našoj zemlji proizvode sve složenija sredstva i sistemi, a uslovi za njihovu proizvodnju veoma su otežani. Kvalitet takvih proizvoda bitan je i danas, ali će još bitniji biti sutra, budući da na svetskom tržištu naše proizvođače očekuje veoma jaka konkurencija.

U proteklom periodu našoj industriji nisu nedostajala sredstva za proizvodnju, ali je, nasuprot tome, bilo evidentno zaostajanje u kvalitetu organizovanja i kvalitetu rada. Izmenjeni uslovi privređivanja zahtevaju da se u svim oblastima, pa i oblasti obezbeđenja kvaliteta NVO, nađu nove i bolje metode rada i poveća ukupna efikasnost radi doprinosa ekonomskom oporavku naše zemlje. To je najpogodnije učiniti oslanjanjem na standardizovanu svetsku praksu, oličenu u standardima sistema kvaliteta serije JUS ISO 9000, koja se uspešno primenjuje u više od 70 zemalja sveta. Međutim, primena tih standarda nije jednostavna, jer složenost odnosa u proizvodnji NVO zahteva da sistemska rešenja na najefikasniji način obuhvate sve učesnike — finalizere, njihove kooperante, ali i pojedine organizacione jedinice Saveznog ministarstva odbrane i Generalštaba Vojske Jugoslavije. Pored toga, rešenja

koja u procesu uređenja odnosa u privredi zemlje donose državne institucije, a koja mogu da utiču na proizvodnju NVO, moraju u potrebnoj meri da uvažavaju interese i potrebe VJ. Time bi se stvorili preduslovi za sistemski pristup kvalitetu NVO.

Stanje u svetu

Značaj kvaliteta naročito je naglašen zadnjih decenija, kada je u mnogim zemljama, a pre svega u tehnološki i ekonomski najrazvijenijim, došlo do naglog razvoja i primene standarda za upravljanje kvalitetom. Međutim, njihovo korišćenje je u početku bilo ograničeno samo na posebne oblasti, kao što su vojna industrija, avio-industrija, nuklearna energija i slično. Iako su davali zapažene rezultate u okviru svojih domena, ti standardi nisu privlačili pažnju komercijalne industrije, jer se nije shvatao njihov značaj i potreba za njima. Vladala su neka druga shvatanja, metodologije i merila za uspešnost privrednih organizacija i plasmana robe na svetskom tržištu. To je bilo vreme borbe za kvantitet i povećanje produktivnosti, vreme kada su vladali samo ekonomisti. S druge strane, ekonomska kriza, teškoće uzajamnog komuniciranja i trgovine zbog ograničavajućih efekata specifičnih standarda svake zemlje (tehničke barijere) uprkos otvorenosti me-

đunarodnog tržišta, želja za što većim profitom, borba na svetskom tržištu, a posebno monopol velikih (SAD i Japana) — uslovljavaju potrebu i ukazuju na nužnost opštevažećih standarda iz oblasti kvaliteta. Uvidelo se da međunarodna razmena i trgovina bez granica — kao najjača pokretačka snaga i regulator opšteg napretka — podrazumeva da organizacije industrijsko-ekonomskih grana primenjuju međunarodne, a ne lokalne standarde.

U Međunarodnoj organizaciji za standardizaciju (ISO — International standards organization) 1979. godine formiran je Tehnički komitet ISO/TC 176 sa zadatkom da radi na izradi standarda za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta. Tako su se 1987. godine pojavili standardi serije ISO 9000, nastali iz serije standarda BS 5750 (British Standards), a oni se, zapravo, baziraju na britanskim vojnim standardima. Evropska zajednica je brzo reagovala i izdala seriju standarda EN 29000. Zahtevi i sadržaj svih navedenih standarda su identični. U vezi sa već usvojenim konceptom ujedinjenja Evrope, Evropska zajednica je u ovim standardima videla svoju šansu da standardizacijom rada i ponašanja u oblasti kvaliteta na čitavom svom prostoru — a time i ukidanjem postojećih tehničkih i carinskih barijera i stvaranjem jedinstvenog tržišta — postigne ogromne uštede koje bi joj omogućile da stvori finansijska sredstva za nove razvoje i tehnologije i postane konkurent i SAD i Japanu.

Standarde serije ISO 9000 prihvatili su sve evropske zemlje i ubrzano se radi na uvođenju i sertifikaciji sistema kvaliteta u svim granama privrede i vanprivrede. Hiljade organizacija u Evropi već su sertifikovale svoje sisteme kvaliteta. Štaviše, iste standarde prihvatile su i mnoge zemlje van Evrope. Standardi serije ISO 9000 preuzeti su direktno, bez ikakvih izmena, u 73 zemlje sveta, uključujući i SAD i Japan. ISO standardi se takođe primenjuju u jugoistočnoj Aziji — zemljama ASE-

AN-a (Indonezija, Malezija, Filipini, Singapur i Tajland), gde je do kraja 1992. godine sertifikovano 347 kompanija iz oblasti elektronike, telekomunikacija, hemije, automobilske industrije, građevinarstva i drugih.

Sertifikacija sistema kvaliteta obavlja se od treće strane, posebnih organizacija iz različitih zemalja ovlašćenih za tu delatnost. U Evropi već funkcioniše organizacija pod nazivom E-Q-Net (Evropska mreža za ocenu i sertifikaciju sistema kvaliteta), u koju je učlanjeno 16 zvanično ovlašćenih organizacija za sertifikaciju sistema kvaliteta. Pri dobijanju sertifikata, organizacije se upisuju u Registar organizacija sa sertifikovanim sistemom kvaliteta, koje prihvataju svi kupci. Prihvatanje sertifikovanog sistema kvaliteta od druge strane — kupca, značajan je korak ka razvijanju partnerskih odnosa, sa zajedničkom težnjom — unapređenje kvaliteta na obostranu korist. Ono što je bitno: sertifikacija sistema kvaliteta vrlo brzo postaje preduslov za sertifikat o kvalitetu proizvoda.

Ohrabrenje i podsticaj za dalje unapređenje kvaliteta usledili su pri uočavanju i postizanju zapaženih rezultata u uštedama, odnosno finansijskim efektima, u organizacijama koje su već sertifikovale svoje sisteme kvaliteta. Shvatanjem značaja široko prihvaćenog pokreta za kvalitet baziranog na konceptu TQM (totalno upravljanje kvalitetom), kvalitet je postao društveni fenomen od opšteg interesa, pa stoga ne predstavlja samo interes organizacija industrijsko-ekonomskih snaga već i država, odnosno vlada tih država. Utvrđuju se programi kvaliteta koji predstavljaju integralni koncept dugoročne podrške privrednim i neprivrednim organizacijama za uvođenje sistema kvaliteta u skladu sa standardima serije ISO 9000. Programom se definiše strategija unapređenja kvaliteta poslovanja čiji je cilj da obezbedi efikasnost, efektivnost i ekonomičnost poslovanja organizacija u uslovima koje postavlja svetsko tržište. Posebna pažnja i podr-

ška usmerene su na obrazovanje kadrova svih nivoa, naročito najvišeg rukovodećeg kadra — TOP MANAGEMENT-a. Tome se teži i u vojnim organizacijama tih zemalja koje, pored sopstvenih vojnih standarda o kvalitetu, primenjuju kao obavezne i standarde serije ISO 9000.

Skoro sve zapadne zemlje ponašaju se i organizovale su se na sličan način u pristupu kvalitetu. Međutim, interesantan je primer Japana i njegov odnos prema konceptu sistema kvaliteta i uopšte pokreta za kvalitet sa konceptom TQM. Poznato je da je u vreme pripreme ovih standarda Japan predstavljao, a i danas predstavlja, velikog konkurenta razvijenim zemljama zapada, baš zbog visokog kvaliteta i niskih cena svojih proizvoda. Kroz svoj specifičan pristup kvalitetu proizvoda, Japan je pre drugih shvatio šta predstavlja suštinu koncepta TQM. To je, pre svega, shvatanje da je kvalitet briga svih u organizaciji i da svaki posao treba uraditi dobro prvi put. Ti čuveni slogani, koji su na Zapadu još velika otkrića, odavno su prisutni, bez ikakvih prethodnih učenja, u radu japanskih organizacija. To nije rezultat samo mentaliteta, kulture i somodiscipline Japana, jer kako onda objasniti mnoge druge danas aktuelne slogane i preporuke u okviru koncepta TQM koji su prisutni u japanskom pristupu.

U japanskoj industriji odavno postoji osmišljen pristup ostvarenju dobro i konkretno definisanog cilja, s težnjom da se primene najpogodnija sredstva — postojeća ili nova — u njegovoj realizaciji. Istovremeno, akcenat je na prevenciji i blagovremenom uočavanju svega što može sprečiti nepoželjno, što njihove proizvode čini veoma pouzdanim i jeftinim. To se može videti u njihovom pristupu razvoju novog proizvoda. Za razliku od zapadnih pristupa, oni velika finansijska sredstva i napore ulažu u prvim fazama razvoja proizvoda. Takav pristup postoji i u odnosu na poslovanje organizacija, pa je dominantan akcenat na menadžmentu, marke-

tingu i razvoju. Podrška svemu tome jeste stalni program masovnog obrazovanja u oblasti kvaliteta, koji neprekidno prati, proverava i stimuliše japanska vlada.

U pogledu primene standarda ISO 9000, u Japanu nema dileme o toj neminovnosti za one organizacije koje su izvoznici, mada u tom smislu postoje određeni problemi i terminološki i konceptijski. Terminološki problemi nisu samo lingvistički već i pojmovni, jer Japanci za mnoge pojmove nemaju odgovarajuće ekvivalente. Suštinska teškoća je ipak u pristupu upravljanju kvalitetom, jer je u ISO standardima upravljanja kvalitetom sa aspekta kupca, a kod njih — sa aspekta isporučio- ca. Za upravljanje kvalitetom nemaju standarde, ali imaju veoma dobro definisano ponašanje i ciljeve. Japanski koncept upravljanja kvalitetom zahteva da se uradi više od onoga što će zahtevati ili ispitivanjem proveravati kupac. U svakom slučaju, japanska iskustva veoma su poučna i treba ih shvatiti kao komplementarna onome što nude standardi serije ISO 9000.

Stanje kod nas

U ranijem periodu kod nas se nisu u dovoljnoj meri pratile svetske tendencije u pogledu kvaliteta. Ono po čemu nas je svet obično prepoznavao i cenio bio je nizak nivo kvaliteta proizvoda i usluga, izuzev manjeg broja proizvođača sa širokom reputacijom. Iz tih razloga, naši proizvodi i usluge obično su, u okviru određenih klasa i performansi proizvoda i usluga, imali znatno niže cene na svetskom tržištu. Raniji subjekti poslovanja nisu formalno bili protiv kvaliteta, ali mu jednostavno nije pridavan potreban značaj, što stoga nije delovalo motivirajuće za njegovo unapređivanje i adekvatno vrednovanje. Pojavom prevoda standarda serije ISO 9000 i izdavanjem standarda SNO 9000 (1990. godine) i JUS ISO 9000 (1991. godine) znatno se menjaju shvatanja u oblasti kvaliteta. Istovremeno, postav-

ljaju se i zahtevi nekim našim proizvođačima, kooperantima inostranih proizvođača, za uvođenje i sertifikaciju sistema kvaliteta kao preduslov za dalju saradnju. Vojne strukture, sledeći davno prihvaćenu predvodničku ulogu na polju kvaliteta, zahtevaju od organizacija namenske proizvodnje ne samo uvođenje sistema kvaliteta već im svojim specijalizovanim stručnim službama pružaju i ogromnu pomoć u tome. Pojedine naše institucije i privatne firme usmerene na pružanje usluga u oblasti kvaliteta nastoje da šire znanja, interes i kulturu ovog novog koncepta kvaliteta u privredi i vanprivredi. U isto vreme, one nastoje da prodube interesovanje i podstaknu na akciju mnoge državne i društvene institucije, neophodne ne samo da podrže već i da se aktivno angažuju u realizaciji tog, za naše društvo izuzetno važnog, poduhvata. Interes za kvalitet naglo raste, naročito u privredi, a u vanprivredi znatno manje, posebno u okviru državnih i društvenih institucija. Ipak, može se reći da je na našim prostorima stvoren pokret za kvalitet koji se naglo širi i koji, iako još nepotpuno organizovan i koordiniran, postaje interes svih.

Najveću ulogu u stvaranju tog opšteg interesa imale su institucije koje su izdale standarde serije JUS ISO 9000 i SNO 9000 (*Savezni zavod za standardizaciju i Vojna kontrola kvaliteta NVO*); one i dalje intenzivno rade na unapređenju ove bazične oblasti totalnog upravljanja kvalitetom. U sadašnjim uslovima, *Savezni zavod za standardizaciju*, koji vodi i koordinira rad više komisija za različite oblasti, jedina je ovlašćena organizacija za atestiranje (sertifikaciju) sistema kvaliteta kod nas. *Vojna kontrola kvaliteta NVO*, pak, intenzivno radi na izgradnji sistema za proveravanje i ocenjivanje sistema kvaliteta isporučilaca (u svrhu priznavanja preko druge strane), koji je potpuno saglasan sa nacionalnim i u tom smislu pripremljen za uključivanje u postojeći sistem sertifikacije. Takođe važnu ulogu imali su i imaju promotori ideje tog

novog koncepta kvaliteta (neke obrazovno-naučne institucije, *Jugoslovensko udruženje za kvalitet i standardizaciju* — JUSK, privatne firme i pojedinci). Vlade republika Srbije i Crne Gore takođe nastoje da doprinesu opštoj tendenciji unapređenja kvaliteta, a pored njih i drugi. Tako je aprila 1994. godine formirano *Društvo Srbije za kvalitet i standardizaciju*, čime je obnovljen rad ranijeg *Udruženja za kvalitet i standardizaciju*. *Jugoslovensko udruženje za kvalitet i standardizaciju* i dalje je aktivno u meri koju određuju sadašnji uslovi na našim prostorima, obavljajući značajne aktivnosti vezane za održavanje seminara i konferencija, izdavanje naučno-stručnog časopisa »Kvalitet i standardizacija«, promociju »Eksperta za kvalitet« i drugo.

Vlada Republike Srbije usvojila je decembra 1992. godine »Program za unapređenje kvaliteta«, koji je pripremila Ministarstvo za nauku i tehnologiju. Formiranjem *Saveta za kvalitet*, sredinom 1993. godine, započinje intenzivna realizacija ovog programa u saradnji sa Privrednom komorom Srbije. Tom prilikom vlada Republike Srbije usvojila je »Deklaraciju o politici kvaliteta« i budžetom za 1993. godinu utvrdila iznos podsticajnih sredstava od oko milion DEM u trenutku usvajanja, za sledeće prioritete zadatke: podsticanje preduzeća na uvođenje sistema kvaliteta; pripremu i izdavanje stručnih publikacija za obrazovanje menadžera, a posebno generalnih direktora; realizaciju kraćih seminara za obrazovanje poslovnih kadrova, koji se već održavaju. Vlada Republike Crne Gore priprema sličan program unapređenja kvaliteta i uskoro treba očekivati da će i na ovim prostorima kvalitet dobiti primarni značaj.

Sadašnje stanje u vezi sa uvođenjem i sertifikacijom sistema kvaliteta je ohrabrujuće. Brojne, uglavnom privredne organizacije uvode sistem kvaliteta, samostalno ili u saradnji sa drugim institucijama i privatnim firmama. Prisutna je neujednačenost pristupa u

organizacijama i suviše naglašena samo potreba izrade poslovnika i procedura sistema kvaliteta. Suviše se žuri ka jedino vidljivom cilju — atestu organizacije, a zanemaruje se potreba obrazovanja i promene kulture ljudi, kao nosilaca stvaranja, održavanja i unapređenja kvaliteta. Izvestan broj organizacija je u fazi pripreme za atestiranje sistema kvaliteta. Samo dva preduzeća, za sada, imaju atestirane sisteme kvaliteta od Saveznog zavoda za standardizaciju. Na to je umnogome uticala situacija prinudne izolovanosti od sveta, ali i neshvatanje rukovodećeg kadra, neblagovremenost počinjanja i neodgovarajuća priprema organizacija i društva.

Imajući u vidu značaj kvaliteta — a posebno činjenicu da je kvalitet i sadašnjost i budućnost — obrazovanje u našoj zemlji vezano za oblast kvaliteta nije na odgovarajućem nivou. Aktivnosti koje su se odvijale u oblasti standardizacije i uvođenja sistema kvaliteta nisu u istoj meri bile, a nisu ni sada praćene odgovarajućim aktivnostima u oblasti obrazovanja, iako je poznato da je obrazovanje dug i kompleksan proces koji zahteva vreme. Mogućnosti sticanja znanja redovnim školovanjem i permanentnim obrazovanjem su skromne, nesistematske, nepotpune i nedovoljne. Znanja koja se stižu redovnim školovanjem (neke srednje i više škole) uglavnom su iz oblasti inspekcije i kontrole kvaliteta. Na fakultetima su mogućnosti nešto bolje, ali se ni tu ne može obezbediti dovoljan broj stručnjaka i dovoljno odgovarajućeg znanja o modernom sistemu kvaliteta. U okviru permanentnog obrazovanja, u desetak organizacija (fakulteti, instituti i privatne firme) i pored velikog broja raznoraznih seminara o kvalitetu stiže se utisak da efekti nisu baš pravi. U toku su seminari za rukovodioce privrednih i vanprivrednih organizacija (koje organizuje Privredna komora Srbije), čije efekte i rezultate tek treba videti.

U svemu što je ostvareno u okviru pokreta kvaliteta, primarnu i odluču-

juću ulogu imale su i imaju privredne organizacije, uključujući i namensku industriju, koje su pokazale izuzetno interesovanje i dale veliki podsticaj da čitav pokret dobije pravi smisao. U ovim teškim vremenima, u situaciji koja uslovljava gašenje firmi, ili bar zastoj u radu i prinudne odmore, jedino što je u mnogim organizacijama funkcionisalo jeste angažovanje na kvalitetu.

Značaj kvaliteta u vojsci Jugoslavije i namenskoj industriji

Kvalitetu u vojnoj industriji u svetu oduvek se pridavao ogroman značaj, a njegov razvojni put sledio je poznatu evoluciju — od tradicionalne kontrole kvaliteta do sadašnjeg opšte prihvaćenog koncepta TQM. U toj evoluciji, vojne strukture imale su dominantan uticaj i uglavnom se samo u vojnim sistemima poštovalo i primenjivalo sve pozitivno što je kvalitet zahtevao. Na našim prostorima put je bio sličan. Već 1990. godine izdat je *standard SNO 9000*. Vojska je tako sledila svoj davno zacrtani put, postavljala zahteve za uvođenje sistema kvaliteta u organizacijama koje su za nju radile, školovala sopstveni kadar, dograđivala normativna akta i nastojala da se novi koncept kvaliteta prihvati i primenjuje. U tom smislu ona poseduje značajna teoretska i praktična iskustva na ovom polju, koja zavređuju pažnju i šire javnosti. U nacrt novog izdanja *Pravilnika o oprimanju Vojske Jugoslavije naoružanjem i vojnom opremom* ugrađuju se ti novi zahtevi, što sve ukazuje da je shvaćena potreba i da se na polju sistemskog prilaza kvalitetu intenzivno radi, ali sa još uvek prisutnim jednosmernim tokom zahteva i odgovornosti — od vojnih struktura (kao kupca) ka namenskoj industriji (kao isporučioća).

Međutim, smatra se da se time ne ostvaruju svi postavljeni ciljevi kvaliteta, pa otuda i potreba da se problemu

kvaliteta u svim organizacijama — učesnicima u razvoju sredstava NVO, bilo vojnim ili civilnim, pristupi na način kako se konceptom TQM i zahteva. To nameće potrebu da se kao osnovni ciljevi postave kvalitet sredstava NVO, s jedne strane, sa druge, uspešnost rada i poslovanja organizacija učesnika u realizaciji tih sredstava. Te organizacije nužno je posmatrati kao poslovne sisteme sa definisanim ciljevima i interesima i sa sopstvenim sistemima kvaliteta koji garantuju i ostvaruju kvalitet sredstava NVO. Zahtevi za kvalitet NVO moraju biti podržani zahtevima za izgradnju sistema kvaliteta.

Svi naponi u izgradnji sistema kvaliteta u namenskoj industriji moraju biti usmereni ka osnovnom cilju — kvalitetu sredstava NVO. Za razliku od industrijsko-ekonomskih grana okrenutih civilnim potrebama, gde se veoma često, zbog nastojanja da se što pre shvati i uvede sistem kvaliteta, zaboravlja ili nepotpuno i sa nedovoljno pažnje razmatra kvalitet proizvoda, u vojnim sistemima je to nedopustivo, jer je kvalitet proizvoda imperativ i polazište za sistem kvaliteta. Samo onaj sistem kvaliteta koji je u stanju da konzistentno obezbeđuje kvalitetan proizvod i uspešnost organizacije predstavlja dobar sistem kvaliteta.

Prema definiciji kvaliteta proizvoda, ključni elementi kvaliteta su radne karakteristike (radne performanse), sigurnost funkcionisanja (raspoloživost i sigurnost, kao i faktori koji ih određuju: pouzdanost, pogodnost održavanja i pogodnost podrške), ekološki faktori, ekonomičnost i estetski izgled. Osim performansi i estetskog izgleda, ostali atributi kvaliteta su u domenu logistike sistema, poznate kod nas (posebno u okviru vojnih sistema) kao oblast integralnog tehničkog obezbeđenja (ITOb). ITOb je neophodan za obezbeđenje kvaliteta NVO, ali je takođe, sa svojim principima, metodologijama i tehnikama, značajan i za realizaciju mnogih aktivnosti u okviru elemenata petlje kvaliteta (projektovanje, razvoj, nabav-

ka i dr.). Time ITOb dobija svoje pravo mesto i značajnu funkciju u konceptu TQM-a.

Učesnici u realizaciji sredstava NVO su različite organizacione celine (strukture) u sastavu Vojske Jugoslavije i prateća namenska industrija. Svaka organizacija iz ova dva bazična skupa obavlja određene aktivnosti, sa rezultatima rada u obliku proizvoda ili usluga. Vojska Jugoslavije je davalac usluga društvu, shodno svojoj nameni, a, s druge strane, u odnosu na namensku industriju pojavljuje se kao kupac, odnosno korisnik, proizvoda ili usluga koje stvara namenska industrija. Na domaćem ili stranom tržištu ona se pojavljuje i kao isporučilac određenih proizvoda ili usluga. Namenska industrija je prvenstveno isporučilac proizvoda ili usluga Vojsci Jugoslavije, ali ona može biti isporučilac nekih svojih proizvoda i za domaće ili strano tržište. Istovremeno, organizacije VJ i namenske industrije su kupci na tržištu gotovih proizvoda u zemlji ili inostranstvu, kada se takođe moraju poštovati zahtevi koji se odnose na kvalitet. Uspešnost poslovanja i potreba ostvarenja traženog kvaliteta proizvoda stoga zahtevaju da se i u svim organizacijama VJ, a ne samo namenske industrije, nužno uvede sistem kvaliteta.

Imajuće u vidu ovakvo shvatanje organizacija-učesnika u realizaciji NVO, uspostavlja se jednoznačan odnos kupca/isporučioca, sa svim zahtevima i karakteristikama tog odnosa definisanog standardima serije JUS ISO 9000, odnosno SNO 9000. Specifičnost sredstava NVO u pogledu namene nameće još strože postavljanje zahteva i njihovo disciplinovanje sprovođenje. U tom smislu se i odnos organizacija učesnika mora posmatrati kompleksnije, u smislu očuvanja njihovih sopstvenih pojedinačnih interesa, ali i jakog partnerstva i zajedničkih interesa u realizaciji zajedničkih ciljeva. Ne samo u projektovanju i proizvodnji već i u nizu drugih elemenata petlje kvaliteta postoji mnoštvo isprepletanih interesa i potre-

ba saradnje, što uslovljava da i njihov međusobni odnos bude drugačiji od uobičajenog. To ukazuje na potrebu čvršće povezanosti, kako u pogledu zajednički ugovorenih zadataka — projekata, tako i u povezivanju i uzajamnoj koordinaciji njihovih sistema kvaliteta. Ono čemu treba težiti jeste integralni dinamički sistem kvaliteta, objedinjenih dobro definisanih ciljeva i obostranih dugoročnih interesa.

Zaključak

Kvalitet naoružanja i vojne opreme, namenjen Vojsci Jugoslavije, činilac je od presudne važnosti u obezbeđenju borbene gotovosti. Danas se kvalitet tih proizvoda obezbeđuje u uslovima velike materijalne oskudice i otežanih opštih uslova u kojima deluju VJ i namenska industrija. Istovremeno je prisutna i činjenica da ni sutra, nakon sankcija, situacija neće biti bolja, jer će našu industriju u međunarodnoj razmeni rada i dobara, umesto političkih, dočekati tehničke barijere. Zato je potrebno da se već sada preispita dosadašnja praksa i nađu efikasnija teoretska i praktična rešenja u sferi obezbeđenja kvaliteta NVO, i to u svim aktivnostima koje sprovode i VJ i isporučio NVO. Ako se želimo uklopiti u svetske tokove moramo slediti i svetska iskustva, što znači da odgovore na mnoga pitanja moramo tražiti u okviru standardizovanih uslova rada i poslovanja, kakvi se nude npr. standardima serije **JUS ISO 9000** i **SNO 9000**.

U području sertifikacije sistema kvaliteta prilaz mora biti istovetan. To

znači: da bi sistem sertifikacije dobio svoj puni legitimitet nužno je ubrzati proces formiranja odgovarajućih koordinacionih tela na nivou SRJ, npr. *Nacionalnog saveta za kvalitet* i *Nacionalnog tela za akreditaciju*, u koje svoje predstavnike treba da delegiraju svi veliki poslovni sistemi (MUP, JPTT, železnica, elektrodistribucija i sl.), kao i predstavnici VJ. Tako bi se obezbedilo da, u definisanju nacionalnih težišnih zadataka u oblasti kvaliteta, VJ sa svojim bogatim i priznatim iskustvima i potencijalima bude ravnopravan partner sa ostalim učesnicima. Istovremeno bi se stvorili uslovi da nacionalne institucije uvažavaju specifičnosti opremanja VJ sredstvima NVO, kao i da VJ primeni rešenja koja te institucije nude, svuda gde je to moguće.

U razvijenom svetu, pa i kod nas, namenska industrija je predvodnik u osvajanju novih tehnologija, savremenih metoda organizacije proizvodnje i upravljanja kvalitetom. Istovremeno, Vojska Jugoslavije je značajan korisnik dela društvenog proizvoda, što je čini bitnim činiocem privrednog razvoja. Samim tim, Vojska Jugoslavije mora da reafirmiše predvodničku ulogu na širem društvenom planu, ponudom saradnje i razmenom odgovarajućih teoretskih i praktičnih dostignuća u oblasti obezbeđenja kvaliteta.

Ovaj članak treba shvatiti upravo u tom smislu — kao uvod u problematiku na kojoj radi veći broj istaknutih organizacija i pojedinaca, kako u VJ, tako i u organizacijama namenske industrije. Očekuje se da svi oni na stranicama ovog časopisa daju doprinos razradi ove značajne teme.

Literatura:

- [1] Crosby, P. B.: *Quality is free*, Mentor, New York, 1980.
- [2] Heleta, M.: »Kvalitet na svim nivoima«, *Kvalitet i standardizacija*, God. 21, br. 1—2, 1993.
- [3] Kostić S. B. and V. Arandelović: »Dependability Centered Design and Total Quality Assurance in the Proceedings of 9th Int. Conference of the Israel Society for Quality Assurance, Jerusalem, Nov. 16—19, 1992.
- [4] Kostić S. B.: »Sigurnost funkcionisanja — karika koja povezuje sistem kvaliteta i kvalitet proizvoda«, *Kvalitet*, 1993.
- [5] Marquard, D.: *Global Business Implications*, in the Proc. of Int. Conf. on World Quality Certification, London, Oct. 8—9, 1991.
- [6] Marquard, D., Chové, K., Jensen, K., Petrick, J. Pyle and D. Strahle: »Vision 2000 — A Strategy for International Standards Implementation in the Quality Arena during the 1990s«, *EQ Quality* 2/1991.
- [7] Stanivuković D.: »Globalne promene i kvalitet. Kvalitet i standardizacija, God. 21, Br. 1—2, 1993.

Dr Svetozar Jovičić,
dipl inž.

Prof. dr Jovan Todorović,
dipl inž.

UPOTREBNI KVALITET I SIGURNOST FUNKCIONISANJA

NAUČNO-TEHNOLOŠKI PRODORI I POSLEDICE

Sve veća potreba i zahtevi da se ukupna problematika održavanja tehničkih sistema dublje izučava i usavršava objektivno su posledica velikih promena izazvanih bronjnim naučno-tehnološkim prodorima koji su se tokom prošlih decenija žestoko sručili na nas, utičući na niz ekonomskih, kulturnih i socijalnih kretanja i menajući ih.

Eksplozija ovih tehnoloških inovacija može se uporediti sa prelaskom čovečanstva, hiljadama godina ranije, sa lova na agrikulturu, ili, znatno kasnije, sa prelaskom agrikulture u industrijsko društvo [1]. Pojava novih tehnologija nikada ranije nije bila uzrok tako brzih i dubokih promena u razvoju društva. To je učinilo ovaj kompleks znakom kvaliteta i osnovnom karakterizacijom društva, to je mera bogatstva i siromaštva i značajan činilac da se društvo menja. Na taj način stanje u ovoj oblasti postalo je barometar načina življenja i mera sposobnosti da sami kreiramo sopstvenu budućnost [2].

Te su promene istovremeno dovele i do nove međunarodne podele rada, a uporedo s tim i do restrukturiranja sistema svetske reprodukcije. Masovna industrijska proizvodnja i masovna potrošnja, sa velikim proizvodnim i potrošačkim konglomeracijama, iscrpljivanjem jeftinih sirovina, nestašicom ener-

gije, hrane, vode, zagađivanejm životne sredine — model je koji je ranije uspešno funkcionisao dok nije iscrpeo svoje mogućnosti. To je dovelo do objektivnih potreba da se menja razvojni, a time i tehnološki koncept daljeg razvoja. Masovna industrijska proizvodnja otvorila je put novom društvu — masovnim korišćenjem nauke, znanja i informacija usmerenih ka dobrobiti kupca, potrošača. Takođe, ovi prodori stvorili su ogromne mogućnosti za njihovu implikaciju u mnoge oblasti tehnike (prenos, procesiranje podataka, obrada podataka; kompjuterizacija projektovanja, razvoja, proizvodnje, upravljanja; automatizacija i robotizacija proizvodnje, fleksibilna proizvodnja; telekomunikaciono-računarski i informacioni sistemi i mreže itd.).

Takvi rezultati umnogome su već uticali na dalji razvoj brojnim domenima materijalne proizvodnje i ekonomije u celini, izazivajući velika restrukturiranja (re-enginnering), relokacije, vertikalne integracije ili dezintegracije u mnogim firmama u svetu. Upravo ta masovnost i složenost tehničkih sistema sa kojima se danas suočavamo nametnule su potrebu za novim prilazima u njihovom održavanju — ne samo zbog tehničko-tehnološke problematike održavanja nego i ogromnih ekonomskih posledica koje prouzrokuje njihova neraspoloživost.

Ako se tome doda i prognoza kretanja svetske proizvodnje i trgovine prema kojoj će se krajem ovog veka na međunarodnom tržištu naći proizvodi koji će predstavljati polovinu ukupne svetske proizvodnje, onda možemo očekivati da će konkurencija biti nemilosrdna. Mesto na takvom tržištu moći će da nađu samo oni proizvođači čiji će proizvodi zadovoljiti i kupce i tržište.

U tom smislu, sasvim su realistične reči J. M. Jurana, izgovorene na Konferenciji EOQ, održanoj pod motom »pobedjivanje kvalitetom«:

»... Najznačajniji fenomen našeg vremena je povećanje značaja funkcije kvaliteta. Kvalitet proizvoda se danas prihvata i kao važna odbrambena snaga pred pretnjama tehnološkog društva, pretnjama upravljenim i na čovekovu bezbednost i bezbednost životne sredine...« [3].

Prateći i istražujući nastale promene i težnje daljeg intenzivnog razvoja tehničkih sistema, suočeni smo sa realnošću da se i pred »inženjerstvom održavanja«, kao disciplinom sistemskih nauka, postavljaju novi i značajni zahtevi usko povezani sa naučnim, ali i sa praktičnim problemima održavanja.

Nova karakterizacija svojstva i kvaliteta tehničkih sistema

Pomenuti brzi i kontinualni napredak u mnogim tehničkim oblastima doneo je brojne objektivne teškoće koje usložavaju projektovanje, razvoj proizvodnju, eksploataciju i održavanje tehničkih sistema.

Proizvodni procesi, kao i sami sistemi, postali su mnogo složeniji po svojoj strukturi, operativnim mogućnostima, tehnologijama gradnje i načinu održavanja. U vreme kada se mašinstvo i elektronika, hardver i softver, računarstvo i telekomunikacije sve više prožimaju, složeni aspekti eksploatacije, održavanja i logističke podrške, posmatrano i kroz ukupne troškove veka sistema, nametnuli su potrebu za ge-

neralnijom karakterizacijom svojstva i kvaliteta tehničkih sistema, gledano prvenstveno sa stanovišta korisnika ali ne zanemarujući ni proizvođača.

Ova potreba bila je istovremeno i nužnost, jer se samo tako mogu premostiti mnogi problemi koji objektivno postoje među raznim disciplinama. Poznata je duboka međusobna zavisnosti raznih performansi, kao i pojedinačni uticaji svake od njih na ukupne troškove veka. Tako je potreba za integralnijom karakterizacijom kvaliteta — koja neće obuhvatiti samo aspekte operativne pogodnosti nego i niz ostalih važnih svojstava, bitnih tokom upotrebnog veka proizvoda, uključujući i bezbednosno-ekološke aspekte upotrebe — postala vrlo aktuelna. Implementacija novih prilaza, proteklih iz vojnih sistema, vazduhoplovstva, saobraćaja itd., počela je da se prelijeva u skoro sve segmente svetskog reproduktionog sistema. Intenziviranje ovog procesa trebalo bi da bude prispuno i kod nas, jer brzina uvođenja novih tehnologija i dalje je velika a ekonomski vek proizvoda sve kraći.

Dugo smo se i sami suočavali sa mnogim problemima iz ove oblasti, ali su tri bila najkarakterističnija [11]:

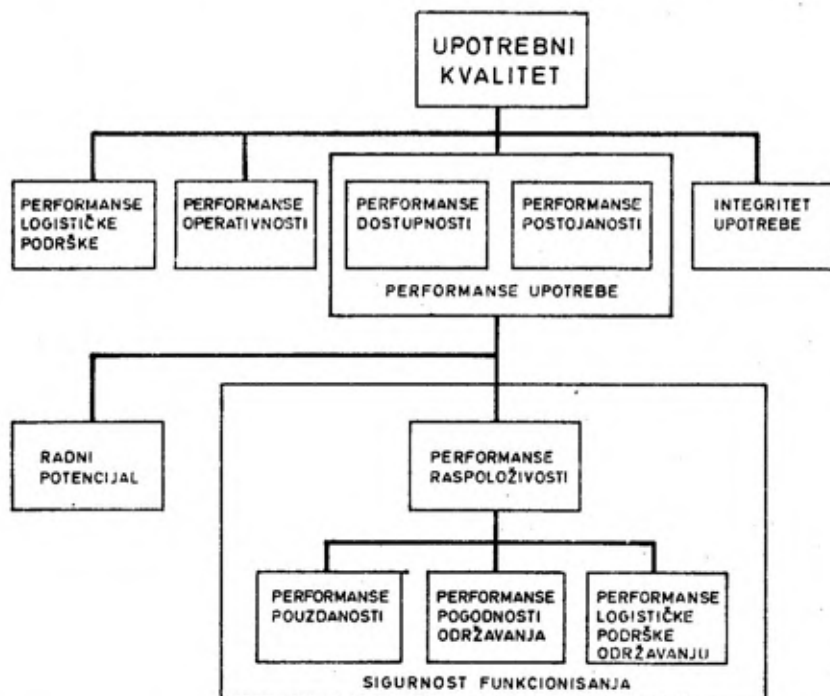
— performansama pogodnosti održavanja i za nju vezanoj logističkoj podršci dugo nije bio priznat status važnog činioca u fazi projektovanja. Još u fazi projektovanja postojala je neravnoteža između zahteva za poboljšanje operativnih performansi i zahteva za poboljšanje pogodnosti održavanja i logističke podrške;

— kako su tehnički sistemi postajali složeniji, troškovi održavanja postajali su sve dominantniji faktor u ukupnim troškovima veka, tako da je koncept ukupnih troškova veka (LCC) morao da dobije mesto još u fazi projektovanja;

— nije bilo dovoljno jedinstveno definisano šta se sve podrazumeva pod terminom »pogodnost održavanja« i kako se on specificira razumljivim i za ugovore prihvatljivim jezikom.

Iz ovoga se može zaključiti zašto je »inženjstvo održavanja« moralo, konačno, da dobije svoje pravo mesto i ulogu da bi od neajsnih definicija i prakse došlo do punog statusa nauke, zašto se u realnim uslovima ukupna valjanost tehničkih sistema posebno iskazuje u odnosu na »funktionalnu sigurnost« ili »sigurnost funkcionisanja«, koja predstavlja složeno svojstvo neposredno uslovljeno njegovom »pouzdanošću«, »pogodnošću održavanja« i »logističkom podrškom« (slika).

Prema tom standardu ukupna vrednost i uspešnost sistema u odnosu na izvršavanje zadate funkcije cilja meri se i ocenjuje njegovom »upotrebnom vrednošću« ili »upotrebnim kvalitetom«. Upotrebna vrednost sistema veoma je kompleksno svojstvo, načelno stohastičkog karaktera, slično ranije korišćenom pojmu »efektivnosti« (koji više nije mogao na najprikladniji način da izrazi sve karakteristike sistema koje se moraju uzeti u obzir pri ocenjivanju njegovog ukupnog kvaliteta).



Zbog svega ovoga, dalji intenzivan razvoj tehničkih sistema i naučnih disciplina na kojima se ti sistemi zasnivaju, posebno u širokom domenu sistemskih nauka, zahtevao je, pored ostalog i usavršavanje terminoloških i pojmovnih opredeljenja. Uskoro treba da bude usvojen novi jugoslovenski standard, izrađen na bazi međunarodnog IEC IEV 50 (191), koji, pored ostalog, bliže objašnjava pojam »upotrebno kvaliteta« i njegovu strukturu.

Sistem može biti funkcionalno pogodan, može biti i pouzdan i imati zadovoljavajuću pogodnost održavanja, ali ne mora da bude i raspoloživ, ukoliko nema odgovarajuću logističku podršku.

U standardu IEC IEV 50 (191, termin »upotrebni kvalitet« predstavlja ukupni efekat niza radnih performansi koje određuju zadovoljenje korisnika. Pri tome, vezujući pojam upotrebne vrednosti pre svega za svojstva »postojanosti« i »dostupnosti« u realnim us-

lovima korišćenja, ukupna valjanost tehničkih sistema iskazuje se i u odnosu na njegovu »funkcionalnu sigurnost« ili »sigurnost funkcionisanja«, tj. u odnosu na njegove ukupne »radne mogućnosti«. Ponovo se ističe da se »sigurnost funkcionisanja« izražava kao složeno svojstvo neposredno uslovljeno svojstvima »pouzdanosti«, »pogodnosti održavanja« i »logističke podrške održavanju«.

Od nivoa ovih performansi umnogome zavisi »upotrební kvalitet«, ali i ukupni troškovi veka proizvoda. Zbog toga u narednom periodu ove postavke ne mogu ostati anonimne u fazama definisanja zahteva, projektovanja i razvoja.

Kada je reč o definicijama termina »upotrební kvalitet« i »sigurnost funkcionisanja« moramo istaći da ovaj drugi nije podvrsta kvaliteta, niti obrnuto. Iako se neki činioči sigurnosti funkcionisanja koriste i za definisanje i kvantifikovanje određenih potreba proizvoda, termin upotrební kvalitet izražava sposobnost da se zadovolje te potrebe, a ne i karakteristike same po sebi. Na taj način upotrební kvalitet i sigurnost funkcionisanja, kao njegov deo, čine komplementarne koncepte, pa se o njima mora govoriti zajedno. Tako i standardi ISO 9000 i IEC 300 treba smatrati komplementarnim, budući da jedan dopunjuje drugi [4]. Ova terminologija opredeljenja ukazuju na to da je upotrebna vrednost svakog tehničkog sistema eksplicitno zavisna od njegovih ukupnih svojstava u pogledu održavanja, kao i od valjanosti i kvaliteta samog procesa održavanja, odnosno sistema održavanja. Otuda su razumljivi i sve veći zahtevi i naponi da se ukupna problematika odražavanja dublje izučava i usavršava. Metode i tehnologije koje se za to koriste predstavljaju predmet i sadržaj »inženjerstva održavanja«, discipline sistemskih nauka pred kojima su neposredni zadaci implementacije naučnih dostignuća u praksu rešavanja tekućih zadataka [5, 6].

Izbor osnovne metodologije kao i opredeljenja na kojima treba da se za-

sniva proces održavanja jedno je od osnovnih polazišta »inženjerstva održavanja«. U tom okviru danas su posebno aktuelne dve osnovne metodologije:

— održavanje prema pouzdanosti (Reliability Centered Maintenance),

— totalno produktivno održavanje (Total Productive Maintenance).

I jedna i druga metodologija imaju određene prednosti, ali i komparativne nedostatke, zavisno od vrste i karakteristika tehničkih sistema čije se održavanje posmatra. I ako se obično objašnjava da je metod »Totalnog produktivnog održavanja« prikladniji za automobilsku industriju i industriju sličnih proizvoda, a metod »Održavanje prema pouzdanosti« bolji za održavanje u vazduhoplovstvu, energetskim i sličnim složenim sistemima, ipak postoje mnogi razlozi da se oba metoda detaljnije izučavaju i optimiziraju.

Implementacija novih prilaza

Radi izlaženja u susret novim potrebama izrađen je značajan broj međunarodnih standarda koji se posebno bave problemima upravljanja i obezbeđenja kvaliteta i usluga, što objektivno čini most između nauke i materijalne proizvodnje. U standardima IEC 50 (191) Glava 191 »Sigurnost funkcionisanja upotrební kvalitet«, zatim IEC 300 »Upravljanje sigurnosti funkcionisanja«, ISO 9000 »Upravljanje i obezbeđenje kvaliteta«, IEC 605 »Ispitivanje pouzdanosti uređaja« i IEC 706 »Smernice za pogodnost održavanja« nalazi se solidna osnova za primenu novih prilaza u rešavanju i obezbeđenju kvaliteta proizvoda i usluga [9,10]. Da bi se olakšao prelazak teorije u sferu materijalne proizvodnje, pomenuti standardi prezentiraju harmonizovani prelazak implementaciji koncepta »upotrebnog kvaliteta«, odnosno »funkcionalne sigurnosti« u procesu rešavanja konkretnih zadataka, i to počev od načina definisanja zahteva, projektovanja, razvoja, proizvodnje, do eksploa-

tacije i održavanja, sagledavajući pri tome sve ekonomske posledice prihvaćenih rešenja koje se mogu odraziti tokom ukupnog veka proizvoda [7].

Pomenute publikacije razmatraju, definišu i standardizuju brojne činioce i aktivnosti, koji u ranijem periodu nisu bili prisutni u tako sistematizovanom obliku. Pomenućemo neke od njih:

- uloga, mesto, organizovanost i odgovornost upravno-rukovodnih struktura svih subjekata koji učestvuju u procesu stvaranja proizvoda.

- prilaz koji omogućava zajedničko razmatranje parametara pouzdanosti, pogodnosti održavanja i logističke podrške i njihove međuzavisnosti na nivou sistema,

- izrada u ranim fazama projekta svih potrebnih studija i analiza vezanih za pojedine performanse,

- obezbeđenje implikacije koncepta »ukupnih troškova veka« s ciljem identifikacije generatora troškova radi izbora kompromisnih rešenja,

- sprovođenje i praćenje realizacije predloženih mera kao i »zvaničnih revizija projekta«, koje omogućavaju zajedničku verifikaciju ostvarenih rezultata,

- alociranje svih aktivnosti koje propisuju ovi standardi kroz svih pet faza veka proizvoda.

Sama činjenica da su rukovodne strukture svih učesnika u ovom procesu uključene u sasvim definisane aktivnosti kojima su precizirane i njihove obaveze i odgovornosti pokazuju kakav se značaj daje njihovoj ulozi, što nije proizašlo samo iz složenosti i multidisciplinarnosti ovih problema nego i zbog posledica koje bi neminovno nastale ako se te aktivnosti zanemare.

Naše stručne, komercijalne, marketiške, upravne i državne strukture moraju se suočiti sa činjenicom i stvarnošću — bez prihvatanja i implementacije principa koji proizlaze iz navedenih standarda ne samo da neće doći do međusobne razmene nego o njoj neće moći ni da razgovaraju. U vezi sa sta-

njem u ovoj oblasti kod nas, V. Tanasković direktor Saveznog zavoda za standardizaciju, kaže: »...činjenica je da je mali broj preduzeća započeo (a još manji završio) aktivnosti uvođenja i primene ovih standarda. Osnovni razlozi što se u tome kasni su: neponzavanje problema i neshvatanje potrebe uvođenja, nedostatak znanja, otpori promena kod rukovodstava na svim nivoima nedostatak materijalnih sredstava...[8].

Stoga moramo ponoviti da je ovo u vreme sve većeg prožimanja mašinstva i elektronike, računarstva i telekomunikacija, hardvera i softvera, što nameće potrebu zajedničkog rešavanja mnogih interdisciplinarnih problema. Zbog ovih potreba ustanovljena je 1989. godine zajednička stalna Koordinaciona grupa (Joint Coordination Group Quality — Dependability — Statistics), sastavljena od predstavnika ISO 176 (Kvalitet), ISO TC 69 (Statistika) i IEC TC 56 (Sigurnost funkcionisanja), sa ciljem identifikovanja zajedničkih tema u izradi harmonizovanih standarda, kao i revizije programa i definisanja predloga za modifikacije dosadašnjih programa sva tri komiteta.

Ne umanjujući alarmantnost koja proizlazi iz navedene realnosti, moramo istaći da se i u mnogo razvijenijem svetu čine veliki napori u rešavanju ovih pitanja, i to u pravcu da mnogi stručnjaci van elektrotehničkog segmenta uđu u suštinu značenja pojma »sigurnosti funkcionisanja« koji objedinjuje problematiku pouzdanosti, pogodnosti održavanja i logističke podrške, a u komercijalnim krugovima da se on prihvati kao termin sa novim sadržajima, koji ne nose samo tehničko-tehnološke aspekte nego i aspekte ekonomskih i zakonskih implikacija koje sadrže novi prilazi.

U nardnom periodu sama situacija zahtevaće sprovođenje bronjih određenih mera u pravcu obezbeđenja multidisciplinarnog sistema edukativnih aktivnosti, ne samo u inženjerskim strukturama koje učestvuju u procesu pro-

jektovanja, razvoja, proizvodnje, eksploatacije i održavanja tehničkih sistema nego i u upravnim strukturama kupca, proizvođača, razvojno-naučnih i drugih institucija od kojih zavisi uspeh uvođenja novih ideja i koncepata nove karakterizacije kvaliteta tehničkih sistema.

Dalja kretanja

Potrebe svetskog reproduktionog sistema i tržišta se, bez dvoumljenja, kreću u pravcu **implementacije koncepta, integralnog »upotrebnog kvaliteta«** i »sigurnosti funkcionisanja«, uz sve prisutnije kriterijume koncepta »ukupnih troškova veka« proizvoda, kao osnovnih činilaca opstanka na tržištu i obezbeđenja profita.

Dosadašnje iskustvo je pokazalo da se kvalitet ne dobija ispitivanjem. Ispitivanjem se dobija samo ocena o stepenu ispunjenja zahteva korisnika. Sâm upotrební kvalitet se takođe ne može dodati naknadno, jer se on stvara i ugrađuje tokom projektovanja i razvoja, obezbeđuje u proizvodnji a održava tokom eksploatacije i održavanja. To je i bio jedan od razloga što se danas teži prelasku sa kontrole proizvoda na kontrolu proizvodnog procesa. I naša iskustva pokazuju da osvajanje proizvodnje može da traje duže od samog projektovanaj i razvoja. To i objašnjava pojavu da se danas usko povezuju, od samih početaka, timovi koji rade na razvoju sa timovima koji osvajaju tehnologiju proizvodnje.

U ovako velikom sklopu raznih problema iz mnogih disciplina bilo je potrebno organizovati sve veće multidisciplinirano angažovanje iskusnih inženjera specijalista, da bi njihovo iskustvo bilo na sistematizovan način blagovremeno korišćeno u procesu rešavanja ovih problema. Iskustva drugih pokazuju da se to može rešavati smišljenim i dobro organizovanim i vođenim »Zvaničnim revizijama projekata«, što čini metod za razmatranje svih zajed-

ničkih i dodirnih problema koji koriste autoritativni tim stručnjaka raznih specijalnosti. O tome govori i zapažen međunarodni standard IEC 1160. Praksa je pokazala da je doprinos pojedinaca zajedničkoj reviziji znatno veći od sume doprinosa kada svaki pojedinac sam razmatra projekat. Zato mnogi nacionalni komiteti zahtevaju da se Koordinacionalna grupa JCG QDS, o kojoj je već bilo reči, što hitnije pojača, sa još većim brojem specijalista, kako bi se u periodu 1992—1999. godine završio i harmonizovao što veći broj dokumenata i standarda prioritetnog karaktera. Navešćemo neke hitne zadatke:

- proširenje delatnosti na oblasti van elektrotehničkog segmenta,

- urgentno nastavljanje aktivnosti na harmonizaciji dokumenata ISO — IEC,

- ubrzo izdavanje preostalih poglavlja IEC 706 »Smernica za obezbeđenje pogodnosti održavanja«,

- pouzdanost i pogodnost održavanja softera i pouzdanost ljudskog faktora,

- procenjivanje tehnološkog rizika,

- uvođenje bezbednosno-ekoloških aspekata i njihove zakonske implikacije.

Pored pomenutih publikacija predviđa se izrada uputstava (»Application Guide«) i drugih pomoćnih dokumenata (»Tools«) koji treba da pomognu obezbeđenju aktivnosti vezanih za programe, planove i samu realizaciju zahteva za pojedine performanse, a u skladu sa opštim konceptom »upotrebnog kvaliteta«.

I ove tendencije upućuju nas na zaključak da je današnje vreme zaista vreme dominacije upotrebnog kvaliteta, i to u svim sferama svetskih reproduktionih potencijala u kojima se sve više prepliću mnoge naučne, tehničke i tehnološke oblasti. Ove činjenice predstavljaju izuzetno važan elemenat daljih zaokruženja i razvoja »inžinjerstva

održavanja« u domenu sistemskih nauka.

Sušтина nastalih potreba je u spremnosti i sposobnosti da sopstvenim zalaganjem pomognemo da ovi novi prilazi nađu mesto u sferi materijalne proizvodnje, ne zaboravljajući pri tome da ih treba ugrađivati još pri definisanju zahteva, u idenjim rešenjima, konačnom projektu i razvoju. Pojam kvalitet u novom smislu nije više samo tehničko-tehnološka već u punoj meri upravna i ekonomska kategorija, jer njegovo obezbeđenje u duhu međunarodnih standarda nije samo problem tehničkih struktura nego istovremeno i menadžmenta i države.

Kod nas postoje stručnjaci koji su u ovoj oblasti postigli zapažene rezultate i dali svoj naučni doprinos u širem smislu. Ali, na žalost efekti toga znanja ostali su uglavnom među nama, a nedovoljno su tamo gde se stvara i obezbeđuje kvalitet (projektovanja, razvoj, proizvodnja)

Upravo zbog toga, pri pravljenju razlikih programa rada fakulteta, instituta, centara itd., ne smemo zaboraviti da se ne možemo zaustaviti samo na edukacijskim aktivnostima za menadžment, komercijalne strukture i samo tehničke strukture.

Ne sumnjamo da most između nauke, teorije i materijalne proizvodnje možemo da izgradimo. Pri tome naše naučne institucije moraju odigrati i kohezionu ulogu između asocijacija proizvođača, privrednih komora, Saveznog zavoda za standardizaciju i njegovnih ispitnih laboratorija, kako se standardima ne bi bavili ljudi samo iz hobija, nego zbog realne potrebe da se koriste mnoga znanja koja pružaju međunarodni standardi preko kojih ćemo ostvariti povezivanje sa svetom. Samo zajedničkim naporima naše nauke, industrije i države možemo uspešno rešiti sve zadatke koji su pred nama na ovom civilizacijskom raskršću, na pragu nove epohe razvoja čovečanstva.

Literatura:

- [1] J. Howkins: World Administrative Radio Conference, Geneve, 1979.
- [2] H. Liebovitz: Emerging technologies and new institutional arrangements, The George Washington University, Washington, 1989.
- [3] J. Juran: 34 EOQ Conference, Dublin, 1990.
- [4] K. Strajberg: IEC 300 — Dependability complement to ISO 9000, 1992.
- [5] J. Todorović: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- [6] J. Todorović: Inženjerstvo održavanja — važna tehnologija za dostizanje visoke funkcionalne sigurnosti motornih vozila, JUMV — SP — 9301, Beograd, 1993.
- [7] D. Brkljć, M. Kovač, Đ. Andrin: Priručnik za primenu standarda JUS ISO 9000, Beograd, 1992.
- [8] V. Tanasković: Kvalitet i standardizacija, br. 4, 1992.
- [9] S. Jovićić: Obezbeđenje pogodnosti održavanja. Uputstva prema IEC 706, VTI NTI br. 1, 1992.
- [11] S. Jovićić: Efektivnost i logistika danas CESIL, Beograd, 1993.
- [12] IEC 300, ISO 9000, IEC 50 (191), SZS.

ODREĐIVANJE OPTIMALNOG PERIODA GRUPNE PREVENTIVNE ZAMENE

Analizirani su matematički modeli za određivanje ukupnih troškova pri grupnoj (blok) preventivnoj zameni elemenata sa rastućim intenzitetom otkaza. Razmatrana je funkcija obnavljanja i određene su njene vrednosti za slučaj raspodele vremena do pojave otkaza po Vejbulovoj raspodeli. Rezultati tih razmatranja korišćeni su za određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene za nekoliko primera koji su već tretirani u literaturi.

Uvod

Za razliku od kombinovane (age replacement), grupna (block) preventivna zamena se u stručnoj literaturi tretira znatno ređe, što ne znači i da se ona ređe koristi u praksi. Zamena elemenata sa rastućim intenzitetom otkaza u ranije planiranom trenutku, bez obzira koliko je dugo do tada radio, ima određene prednosti koje će biti razmatrene u narednom poglavlju u kome će biti izvršena i analiza postojećih matematičkih modela grupne preventivne zamene.

U drugom poglavlju će biti analizirana i funkcija obnavljanja koja se samo u nekoliko slučajeva, najjednostavnijih raspodela, može izraziti u analitičkom obliku preko određene funkcije vremena. Kako je, međutim, funkcija obnavljanja osnovna komponenta matematičkog modela za izračunavanje ukupnih troškova zamena, bez nje se ne može odrediti ni optimalni period grupne preventivne zamene. Analiziran je i aproksimativni matematički model čijim se korišćenjem brzo i jednostavno dobijaju približne vrednosti optimalnog perioda grupne preventivne zamene i odgovarajuće vrednosti minimalnih ukupnih troškova.

U trećem poglavlju, korišćenjem programskog paketa MathCAD, na primerima navedenim u [1] i [6], poka-

zana je praktična primena analiziranih matematičkih modela i rezultata dobijenih u prethodnom poglavlju. Pri tome je procenjena tačnost sa kojom pojedini modeli daju vrednosti optimalnog perioda preventivne zamene i ukupnih troškova zamena po jedinici vremena.

Zaključna razmatranja data su u četvrtom poglavlju.

Kako su matematički modeli ukupnih troškova grupne preventive zamene i funkcije obnavljanja u literaturi dati preko različitih veličina i korišćenjem različitih oznaka, najpre se daje pregled oznaka koje se koriste u ovom radu.

Korišćene oznake:

- $f(t)$ — gustina raspodele vremena do pojave otkaza,
- $F(t)$ — funkcija raspodele vremena do pojave otkaza,
- $R(t)$ — pouzdanost elemenata, verovatnoća da će raditi bez otkaza,
- $h(t)$ — gustina funkcije obnavljanja,
- $H(t)$ — funkcija obnavljanja, matematičko očekivanje broja obnavljanja elementa,
- β, η — parametri (oblika i razmere) Vejbulove raspodele,
- $K\beta$ — vrednost Γ funkcije, $\Gamma(1 + 1/\beta)$,

- m — srednje vreme između obnavljanja kada se ne vrši preventivna zamena,
 m_k — srednje vreme između obnavljanja kada se vrši kombinovana preventivna zamena,
 m_g — srednje vreme između obnavljanja kada se vrši grupna preventivna zamena,
 T — vreme nakon koga se vrši grupna preventivna zamena,
 T_g — optimalni period grupne preventivne zamene,
 $L_g(T)$ — funkcija koja sadrži optimalno rešenje,
 C_p — troškovi preventivne zamene,
 C_k — troškovi korektivne zamene,
 C_o — troškovi po jedinici vremena kada se vrši samo korektivna zamena,
 C_{zg} — ukupni troškovi zamena po jedinici vremena pri grupnoj preventivnoj zameni,
 C_{ag} — ukupni troškovi zamena po jedinici vremena za aproksimativni model,
 C_{vg} — ukupni troškovi po jedinici vremena za model dat u [6],
 C_{rg} — relativni ukupni troškovi po jedinici vremena pri grupnoj preventivnoj zameni u odnosu na troškove kada se ne vrši preventivna zamena,
 C_{rv} — relativni ukupni troškovi zamena prema modelu datom u [6].

Analiza modela za određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene

Model grupne preventivne zamene

U slučaju grupne preventivne zamene elementi su rastućim intenzitetom otkaza zamenjuju se preventivno u od-

ređenim momentima vremena kT ($k=1,2,3,\dots$) i korektivno u slučaju otkaza. Preventivna zamena se vrši nezavisno od toga kada su nastali otkazi, što omogućuje da se zamena istih elemenata u jednom uređaju tokom vremena eksploatacije, vrši istovremeno. Ova strategija preventivne zamene često se u literaturi naziva blok zamena [2], [6], ali joj najviše odgovara naziv grupna preventivna zamena, pošto je jedino za tu strategiju preventivne zamene karakteristično da se istovremeno može vršiti zamena većeg broja elemenata, iako su do tog trenutka imali različita vremena rada. Mada je posledica ovog postupka preventivne zamene nešto češća zamena elemenata, ona u praksi ima određene prednosti jer ne zahteva vođenje evidencije o vremenu rada pojedinih elemenata i omogućava jednostavnije planiranje preventivnog održavanja i bolje korišćenje ekipa za održavanje.

U intervalu vremena između dve preventivne zamene T , ukupne troškove čine troškovi preventivne zamene C_p (pošto se element jednom zamenjuje u tom intervalu) i troškovi korektivne zamene C_k umnoženi matematičkim očekivanjem broja obnavljanja u tom intervalu. Kako matematičko očekivanje broja obnavljanja u intervalu $0 - T$ po definiciji [3] predstavlja funkciju obnavljanja $H(T)$, ukupni troškovi zamena po jedinici vremena C_{zg} dati su izrazom:

$$C_{zg}(T) = \frac{C_k \cdot H(T) + C_p}{T} \quad (1)$$

Za određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene T_g i minimalnih ukupnih troškova uvek se polazi od izraza (1). Izuzetak predstavlja model dat u [6]:

$$C_{zg}(T) = C_k \cdot \frac{T - \int_0^T R(\tau) d\tau}{T \cdot \int_0^T R(\tau) d\tau} + C_p \cdot \frac{1}{T} \quad (2)$$

ali je konstatovano [4] da taj model daje rezultate koji značajno odstupaju od onih dobijenih korišćenjem izraza (1).

Minimalna vrednost ukupnih troškova zamena na osnovu izraza (1) dobija se iz uslova:

$$\frac{dC_{\Sigma}(T)}{dT} = 0$$

$$\frac{C_k \cdot H'(T) \cdot T - C_k \cdot H(T) - C_p}{T^2} = 0$$

Kako $H'(T) = h(T)$ predstavlja gustinu funkcije obnavljanja, prethodni uslov se može napisati u obliku:

$$T \cdot h(T) - H(T) = \frac{C_p}{C_k} \quad (3)$$

Za izračunavanje ukupnih troškova zamena po jedinici vremena i određivanje optimalnog perioda grupne preventivne zamene najveće teškoće stvara funkcija obnavljanja, koja se za najveći broj raspodela ne može izraziti u eksplicitnom obliku kao određena funkcija vremena. Zato će biti posebno razmatrana.

Funkcija obnavljanja

Za prosti proces obnavljanja, kada su vremena uzastopnih obnavljanja, uključujući i vreme prvog obnavljanja, slučajne veličine raspoređene po istoj raspodeli, važi sledeća relacija [3]:

$$H(T) = M[N(T)] = \sum_{n=1}^{\infty} F_n(T) \quad (4)$$

Verovatnoća da će do trenutka T biti tačno n obnavljanja je:

$$P[N(T) = n] = F_n(T) - F_{n+1}(T) \quad (5)$$

Kako je na osnovu (5)

$$P[N(T) = 0] = F_0(T) - F_1(T) = 1 - F(T)$$

dobija se da je $F_0(T) = 1$.

Funkcije gustine raspodele i funkcije raspodele posle n -tog obnavljanja date su izrazima:

$$f_n(T) = \int_0^T f_{n-1}(x) f(T-x) dx \quad (6)$$

$$F_n(T) = \int_0^T f_n(T) dT \quad (7)$$

$$F_n(T) = \int_0^T F_{n-1}(T-x) dF(x) \quad (8)$$

U opštem slučaju Vejbulove raspodele ne mogu se naći primitivne funkcije, funkcije $F_n(T)$ na osnovu izraza (6), (7) ili (8), pa prema tome ne može se naći ni funkcija obnavljanja $H(T)$ koja daje srednji broj obnavljanja do trenutka T .

Najjednostavniji izrazi za gustinu raspodele i raspodele posle 1, 2, ..., n obnavljanja dobijaju se za eksponencijalnu raspodelu, koja je specijalni slučaj Vejbulove raspodele za $\beta=1$, tako da je:

$$f(t) = \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (9)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (10)$$

$$R(t) = e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (11)$$

Na osnovu (6) može se napisati:

$$f_2(t) = \int_0^t \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{x}{\eta}} \cdot \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{(t-x)}{\eta}} dx$$

odnosno

$$f_2(t) = -\frac{1}{\eta^2} \int_0^t e^{-\frac{x}{\eta}} dx = \frac{1}{\eta^2} e^{-\frac{1}{\eta} \cdot x} \Big|_0^t$$

Korišćenjem izraza (7) dobija se:

$$F_2(t) = \int_0^t \frac{t}{\eta^2} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} dt = \frac{1}{\eta} \int_0^t t \cdot \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} dt$$

odakle se parcijalnom integracijom:

$$t=u \quad dv = \int \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} dt$$

$$dt=du \quad v = -e^{-\frac{t}{\eta}}$$

dobija:

$$F_2(t) = \frac{1}{\eta} \left[-te^{-\frac{t}{\eta}} - \eta e^{-\frac{t}{\eta}} \right]_0^t = \frac{t}{\eta} e^{-\frac{t}{\eta}} - e^{-\frac{t}{\eta}} \Big|_0^t$$

tako da je:

$$F_2(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\eta}} - \frac{t}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (13)$$

Isti izraz za $F_2(t)$ dobija se i kada se ide preko (8):

$$F_2(t) = \int_0^t \left[1 - e^{-\frac{t-x}{\eta}} \right] \cdot \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{x}{\eta}} dx = \int_0^t \frac{1}{\eta} e^{-\frac{x}{\eta}} dx - \int_0^t \frac{1}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} dx$$

$$F_2(t) = -e^{-\frac{x}{\eta}} \Big|_0^t - \frac{1}{\eta} e^{-\frac{t}{\eta}} \cdot x \Big|_0^t = 1 - e^{-\frac{t}{\eta}} - \frac{t}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}}$$

Na osnovu (5) može se napisati:

$$P[N(t)=1] = F(t) - F_2(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\eta}} - \left(1 - e^{-\frac{t}{\eta}} - \frac{t}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} \right) \\ P[N(t)=1] = \frac{t}{\eta} \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (14)$$

Korišćenjem izraza (14) dobija se verovatnoća da će po isteku vremena t biti tačno jedan otkaz. Izračunavanjem $F_3(t), F_4(t), \dots, F_n(t)$ istim postupkom preko (6) i (7) ili direktno preko (8) može se pokazati da opšti izraz za izračunavanje verovatnoće da će do trenutka t biti tačno »n« otkaza glasi:

$$P[N(t)=n] = \frac{1}{n!} \cdot \left(\frac{1}{\eta} \right)^n \cdot e^{-\frac{t}{\eta}} \quad (15)$$

Na osnovu (4) i (15) dobija se:

$$H(t) = M[N(t)] = e^{-\frac{t}{\eta}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{n}{n!} \cdot \left(\frac{t}{\eta} \right)^n = e^{-\frac{t}{\eta}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{n-1} = e^{-\frac{t}{\eta}} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(n-1)!} \left(\frac{t}{\eta} \right)^{n-1}$$

i kada $n \rightarrow \infty$:

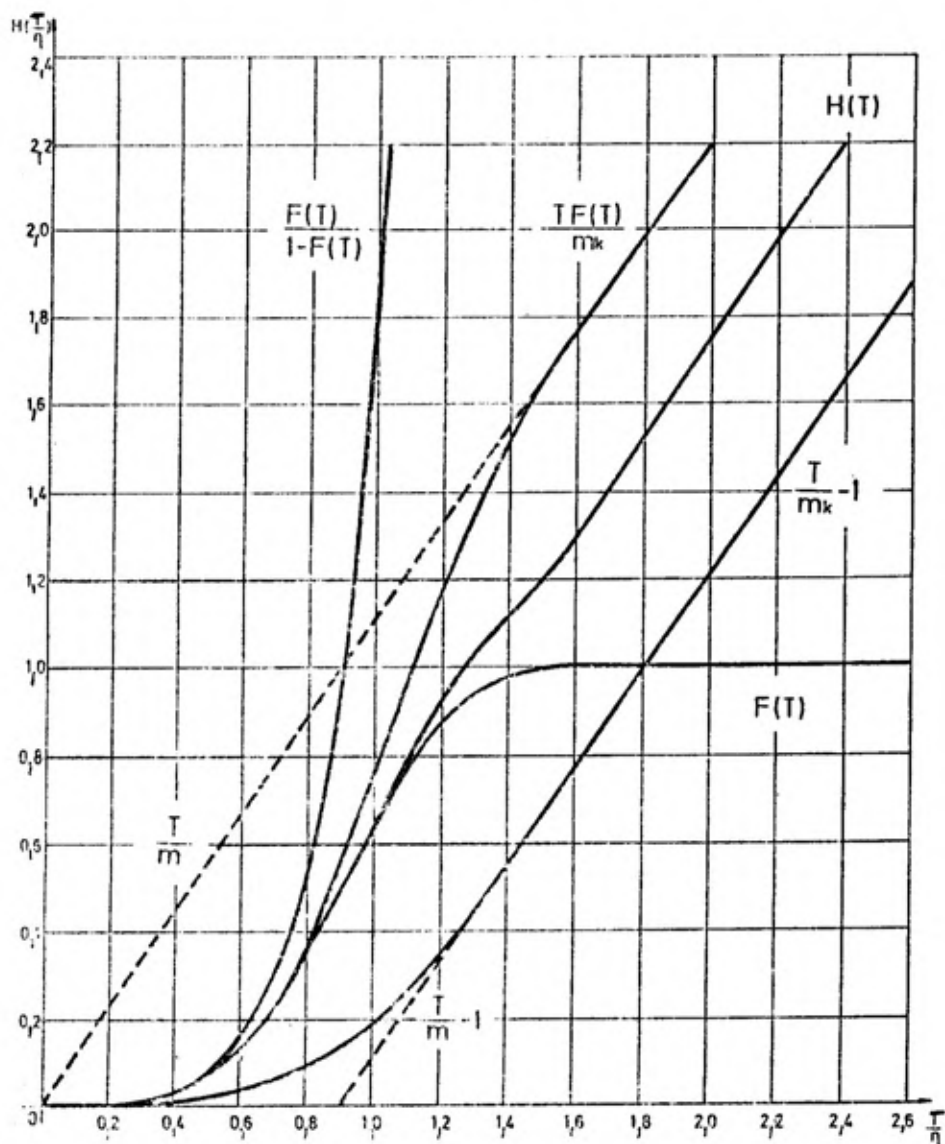
$$H(t) = M[N(t)] = e^{-\frac{t}{\eta}} \frac{t}{\eta} \cdot e^{\frac{t}{\eta}} = \frac{t}{\eta} \quad (16)$$

što znači da je matematičko očekivanje broja obnavljanja do trenutka t , odnosno funkcija obnavljanja pri eksponencijalnoj raspodeli, jednaka proizvodu intenziteta otkaza (recipročna vred-

nost parametra η) i vremena t , tj. funkcija obnavljanja je u tom slučaju linearna funkcija vremena a gustina funkcije obnavljanja je jednaka intenzitetu otkaza koji ima konstantnu vrednost.

Izvođenje izraza za funkciju obnavljanja za slučaj eksponencijalne raspodele pomaže da se vidi koje su teškoće da se izvede funkcija obnavljanja

za opšti slučaj Vejbulove raspodele i zašto se te teškoće ne mogu prevazići. Kako su, međutim, za optimalno vršenje grupne preventivne zamene najpotrebnije vrednosti funkcije obnavljanja za elemente čije vreme do pojave otkaza podleže Vejbulovoj raspodeli sa $\beta > 1$, traženi su drugi načini za određivanje funkcije obnavljanja.



Sl. 1 — Funkcija obnavljanja $H(T)$ za $\beta=4$ i njene donje i gornje granice

U [4] su, simulacijom celokupnog procesa grupne preventivne zamene na računaru određene i vrednosti funkcije obnavljanja sa zadatom tačnošću. Pri tome se ne koristi ni jedan od navedenih izraza, već se u algoritam simulacije unosi samo izraz za funkciju raspodele i brojčane vrednosti parametara raspodele.

U [2] i [3] se daju ocene funkcije obnavljanja tj. njene donje i gornje granice:

$$\frac{T}{m} - 1 \leq \frac{T}{m_k} - 1 \leq H(T) \leq \frac{TF(T)}{m_k} \leq \frac{T}{m} \quad (17)$$

gde je:

$$m = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad i \quad m_k = \int_0^T R(t)dt$$

$$F(T) \leq H(T) \leq \frac{F(T)}{1 - F(T)} \quad (18)$$

Na sl. 1 prikazane su sve donje i gornje granice funkcije obnavljanja koje sadrže izrazi (17) i (18), kao i sama funkcija obnavljanja $H(T)$ za $\beta=4$ i $\eta=1000$, koja je dobijena simulacijom procesa grupne preventivne zamene na računaru.

*Zavisnost ukupnih troškova
zamena od vremena između dve
uzastopne grupne preventivne
zamene*

Simulacijom procesa grupne preventivne zamene može se odrediti funkcija obnavljanja za bilo koju raspodelu vremena do otkaza sa potrebnom tačnošću. Sa povećanjem broja ponavljanja celokupnog procesa povećava se i tačnost dobijenih rezultata. Dok rezultat jedne iteracije predstavlja slučajne vrednosti, rezultati dobijeni kao srednja vrednost iz više iteracija postaju stabilni, nezavisni od slučajnosti i to utoliko više ukoliko su dobijeni iz većeg broja ponavljanja. Teorijski, kada

broj iteracija $N_s \rightarrow \infty$, rezultati se mogu smatrati tačnim.

Potreban broj iteracija za dobijanje rezultata sa tačnošću 10%, 5%, 2% i 1% sa nivoom poverenja od 95%, pri raznim verovatnoćama pojavljivanja događaja, dat je u tabeli.

Tabela 1

Verovatnoća	odstupanje			
	10%	5%	2%	1%
0,1 ; 0,9	35	140	875	3500
0,2 ; 0,8	62	248	1550	6200
0,3 ; 0,7	82	328	2050	8200
0,4 ; 0,6	93	372	2325	9300
0,5	97	388	2425	9700

Iz tabele 1 vidi se da se rezultati dobijaju sa tačnošću većom od 10% pri svim verovatnoćama događaja, ako je broj ponavljanja $N_s=100$. Pri $N_s=10\,000$, greška sa kojom se dobijaju rezultati je manja od 1%. Takođe, iz tabele 1, vidi se da se broj potrebnih iteracija povećava sa kvadratom zahteva za povećanje tačnosti, tako da za smanjenje greške sa 10% na 1% (deset puta), potrebno je povećati broj ponavljanja celokupnog procesa za 100 puta.

Za slučaj eksponencijalne raspodele funkcija obnavljanja data je izrazom (16) tako da se za ukupne troškove zamena po jedinici vremena, na osnovu (1) može napisati:

$$C_{zg}(T) = \frac{C_k \cdot \frac{T}{\eta} + C_p}{T} \quad (19)$$

Relativni troškovi zamena po jedinici vremena koji se čine pri grupnoj preventivnoj zameni u odnosu na troškove po jedinici vremena kada se vrše samo korektivne zamene $C_o = \frac{C_k}{m}$

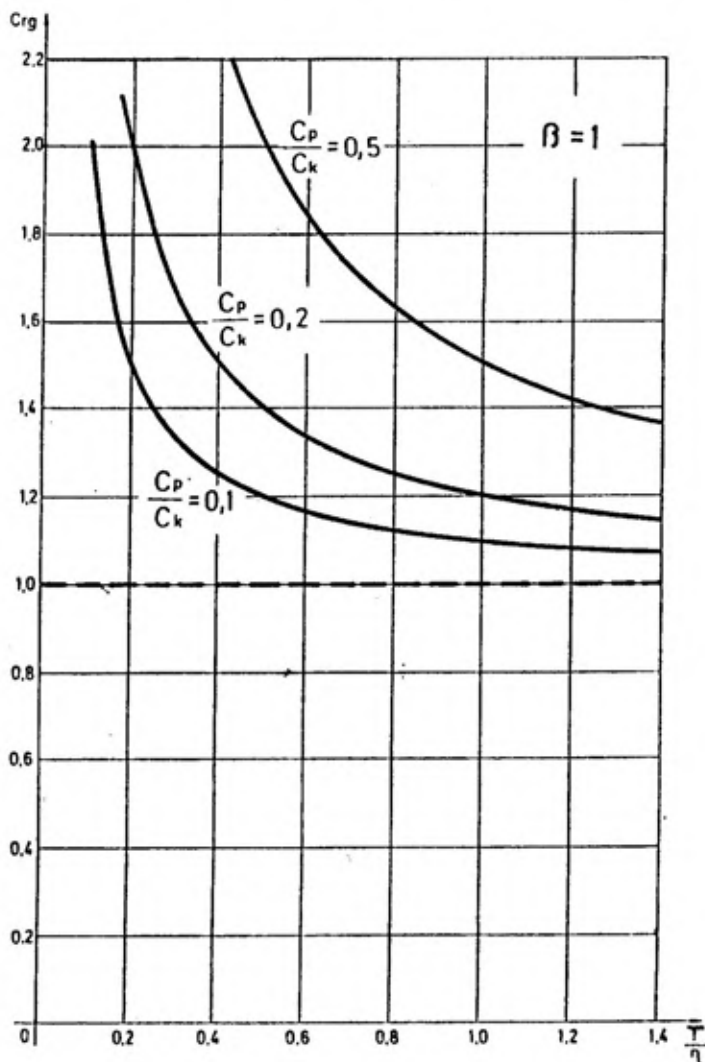
u slučaju eksponencijalne raspodele iznose:

$$C_{rg}(T) = \frac{C_{zg}(T)}{C_o} = \frac{\eta \cdot C_{zg}(T)}{C_k} = 1 + \frac{C_p \eta}{C_k T} \quad (20)$$

Na slici 2 prikazane su krive zavisnosti relativnih ukupnih troškova zamena dobijenih simulacijom procesa grupne preventivne zamene za slučaj kada vre-

me do pojave otkaza podleže Vejbulovoj raspodeli i kada je uneto da je $\beta=1$. Lako se može pokazati da se iste vrednosti dobijaju korišćenjem izraza (20) čime se proverava ispravnost algoritma za simulaciju procesa grupne preventivne zamene na računaru.

Krive na slici 2 pokazuju da se u slučaju eksponencijalne raspodele vremena do pojave otkaza grupna preventivna zamena ne isplati, pošto sve tačke



Sl. 2 — Zavisnost relativnih ukupnih troškova zamena pri različitim odnosima C_p/C_k za $\beta=1$

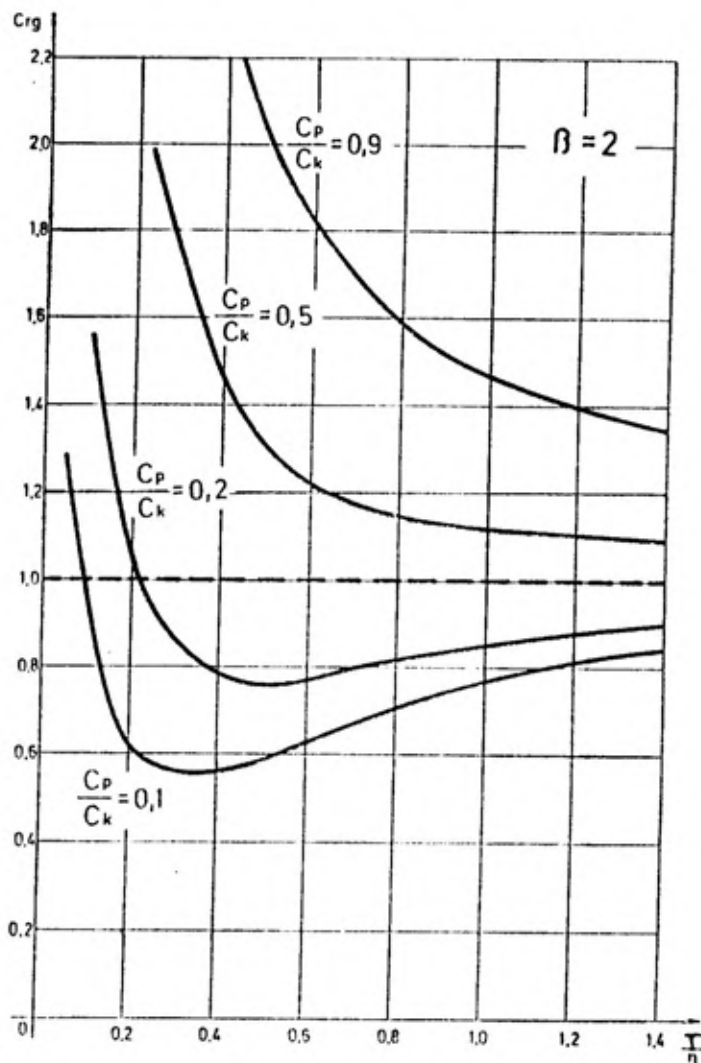
krivih relativnih ukupnih troškova imaju ordinate veće od jedan. To znači da bi se sprovođenjem grupe preventivne zamene ukupni troškovi povećali i da je optimalna strategija čekati da element sa konstantnim intenzitetom otkaza otkaze, tj. vršiti samo korektivnu zamenu. Tek kada vreme između grupnih preventivnih zamena teži beskonačnosti, relativni ukupni troškovi teže jedinici, što znači da imaju minimalnu

vrednost kada se preventivna zamena ne vrši.

Isti zaključak se može izvesti i kada se u uslov optimalnosti (3) unesu izrazi za gustinu funkcije obnavljanja i funkciju obnavljanja (16) za $\beta=1$:

$$\frac{T}{\eta} - \frac{T}{\eta} = \frac{C_p}{C_k} \quad (21)$$

koji je zadovoljen samo kada su troškovi preventivne zamene jednaki nuli



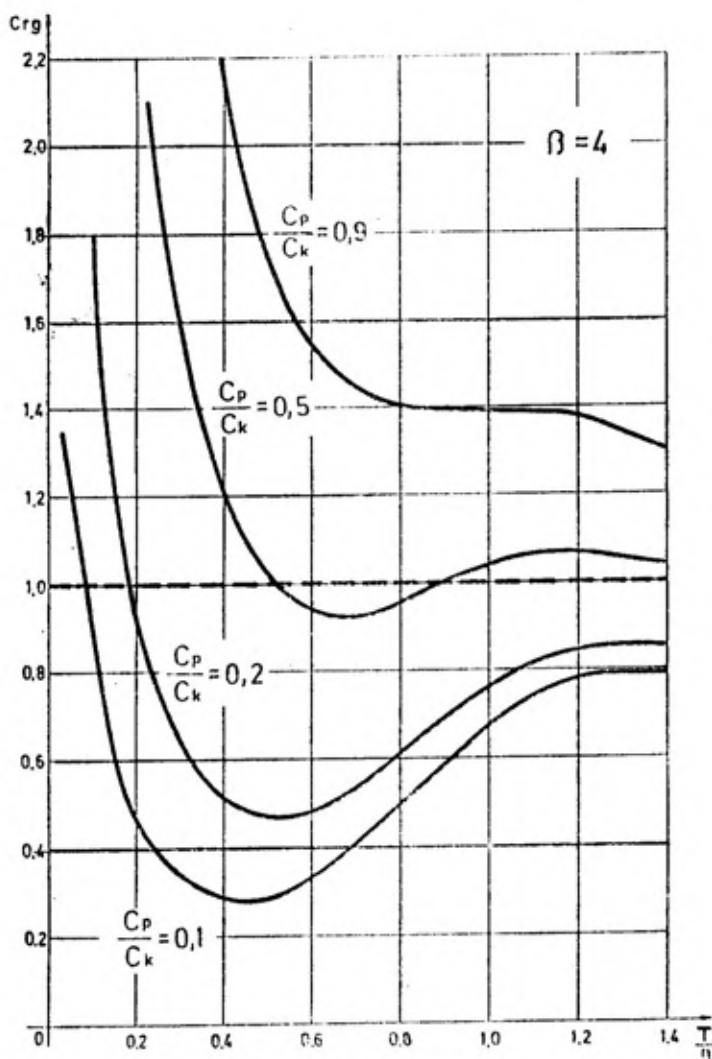
Sl. 3 — Zavisnost relativnih ukupnih troškova zamena pri različitim odnosima C_p/C_k za $\beta=2$

$C_p=0$, a to je samo u slučaju kada se preventivna zamena ne vrši.

Zamenom vrednosti parametara $\beta=1$ u algoritamu za simulaciju procesa grupne preventivne zamene, prvo za $\beta=2$ a zatim za $\beta=4$ dobijene su krive na slici 3 i slici 4. Sa njih se vidi da se ukupni troškovi sprovođenjem grupne preventivne zamene mogu sma-

njiti utoliko više ukoliko je odnos troškova preventivne i korektivne zamene manji i ukoliko je vrednost parametra β veća. U slučaju kada je $\beta=4$ i $\frac{C_p}{C_k}=0,1$

(sl. 4) ukupni minimalni troškovi iznose samo 24% od troškova koji bi nastali kada se preventivna zamena ne bi vršila.



Sl. 4 — Zavisnost relativnih ukupnih troškova zamena pri različitim odnosima C_p/C_k za $\beta=4$

Aproksimativni model grupne preventivne zamene

Funkcija obnavljanja, kao što se to vidi sa sl. 1, sve do apscise $\frac{T}{\eta}=1,5$, naj-bolje aproksimira donja granica izraza (18). Ako se stavi da je:

$$H(T) \approx F(T) \quad (22)$$

izraz (3) postaje:

$$T \cdot f(T) - F(T) = \frac{C_p}{C_k} \quad (23)$$

tako da se u slučaju Weibulove raspodele dobija:

$$\beta \cdot \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta} - 1 + e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}} = \frac{C_p}{C_k}$$

posle sređivanja gornjeg izraza uslov optimalnosti se može napisati u obliku:

$$(1 + \beta \cdot z) \cdot e^{-z} = 1 + \frac{C_p}{C_k} \quad (24)$$

gde je:

$$z = \left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}$$

izraz (24) je isti kao aproksimativni model grupne (planske) preventivne zamene predložen za slučaj Weibulove raspodele u [4].

Ukupni troškovi zamena po jedinici vremena kada se funkcija obnavljanja zameni funkcijom raspodele vremena do pojave otkaza (22) u (1) dobija se:

$$C_{ag}(T) = \frac{C_k \cdot \left[1 - e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}} \right] + C_p}{T} \quad (25)$$

Kada se vrednost za C_p iz (24) zameni u (25) dobija se:

$$L_{ag}(T) = C_k \cdot \beta \cdot \frac{T^{\beta-1}}{\eta^{\beta}} \cdot e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}}$$

odnosno:

$$L_{ag}(T) = \beta \cdot \lambda(T) \cdot e^{-\left(\frac{T}{\eta}\right)^{\beta}} \quad (26)$$

Preko izraza (24), (25) i (26) korišćenjem programskog paketa MathCAD mogu se lako odrediti približne vrednosti optimalnog perioda između dve uzastopne preventivne zamene i minimalnih ukupnih troškova zamena po jedinici vremena što će biti učinjeno u sledećem poglavlju za nekoliko primera sa datim bročanim vrednostima parametara.

Analiza modela grupne preventivne zamene iz [6]

Ukupni troškovi zamena po jedinici vremena pri grupnoj (blok) preventivnoj zameni u [6] su dati izrazom (2) koji se može napisati u obliku:

$$C_{vg}(T) = C_k \frac{T - m_k}{T m_k} + C_p \frac{1}{T} = \frac{C_k}{m_k} - \frac{C_k - C_p}{T} \quad (27)$$

Pošto je za taj model već napomenuto da ne daje realne vrednosti, potrebno je, objasniti zbog čega nastaju odstupanja i ustanoviti koje bi bile posledice ukoliko bi se taj model koristio za planiranje grupne preventivne zamene.

Da model (2) ima nekih odstupanja u odnosu na osnovne teorijske postavke može se pokazati određivanjem relativnih ukupnih troškova za slučaj

eksponencijalne raspodele na osnovu (27):

$$C_{rv}(T) = \frac{mC_{vg}(T)}{C_k} = \frac{m}{m_k} - \frac{m(C_k - C_p)}{C_k T}$$

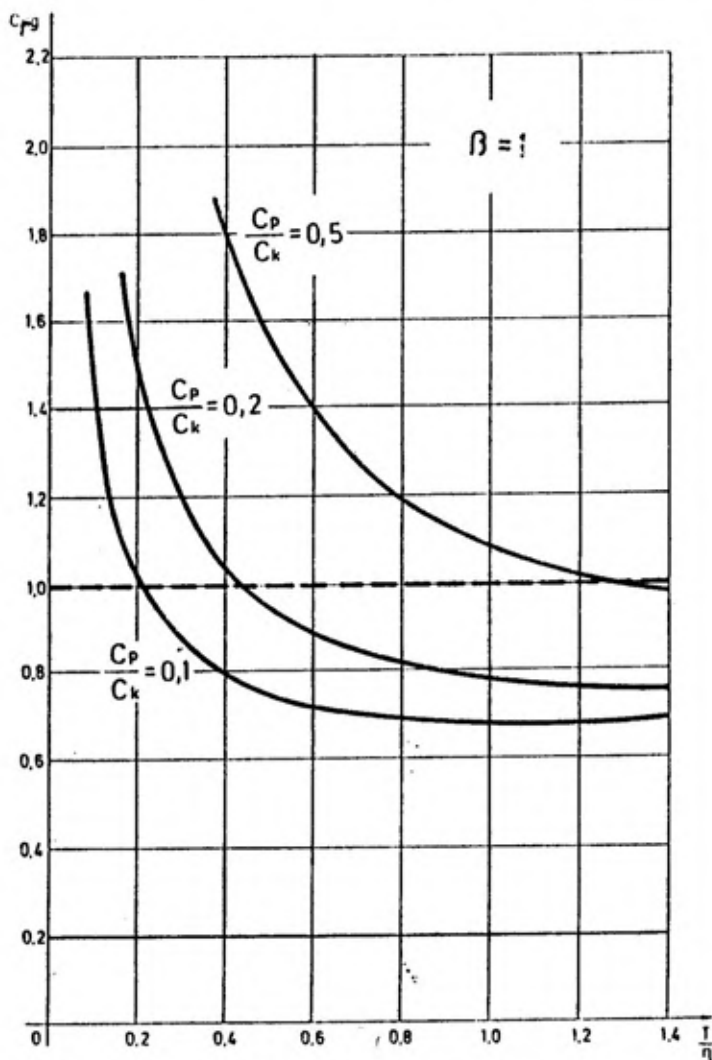
kako je za eksponencijalnu raspodelu:

$$m = \eta \quad \text{i} \quad m_k = \eta \cdot \left(1 - e^{-\frac{T}{\eta}}\right)$$

za ukupne relativne troškove zamena u odnosu na slučaj kada se preventivna zamena ne vrši, dobija se:

$$C_{rv}(T) = \frac{1}{1 - e^{-\frac{T}{\eta}}} - \frac{T}{\eta} \left(1 - \frac{C_p}{C_k}\right) \quad (28)$$

Na osnovu izraza (28) određene su krive prikazane na slici 5 sa koje se vidi da krive sadrže i tačke sa ordina-



Sl. 5 — Zavisnost relativnih ukupnih troškova zamena pri različitim odnosima C_p/C_k za $\beta=1$ na osnovu modela datog u [6]

tama manjim od jedinice. To bi trebalo da znači da se grupnom preventivnom zamenom i elemenata sa konstantnim intenzitetom otkaza (eksponencijalna funkcija raspodele vremena do pojave otkaza) mogu postići manji ukupni troškovi u odnosu na slučaj kada se vrši samo korektivna zamena, što je u suprotnosti sa onim što je dosad izloženo i pokazano, a i sa onim što je konstatovano u [6] da je, u slučaju elemenata sa konstantnim intenzitetom otkaza, optimalna procedura da se zamenjuje samo kada otkazu.

Zbog čega model predložen u [6] ne daje realne vrednosti za optimalno vreme između preventivnih zamena i ukupne troškove zamena najjednostavnije se može pokazati ako se izraz (2), odnosno (27) napiše u obliku:

$$C_{zg}(T) = \frac{C_k \cdot \left(\frac{T}{m_k} - 1 \right) + C_p}{T} \quad (29)$$

Upoređivanjem izraza (29) sa izrazima (1) i (17) može se zaključiti da je u modelu predloženom u [6] funkcija obnavljanja zamenjena jednom od njenih donjih granica, a sa slike 1 vidi se da se, u oblasti u kojoj se obično nalaze optimalne vrednosti vremena između grupnih preventivnih zamena $0,3 < \frac{T}{\eta} < 0,5$ te dve funkcije znatno razlikuju.

Posledica korišćenja modela predloženog u [6] za planiranje grupne preventivne zamene bila bi dobijanje znatno većih ukupnih troškova zamena od onih koji bi se mogli ostvariti. Zbog korišćenja manjih vrednosti za funkciju obnavljanja od onih koje ona ima, korišćenjem izraza (2) kao optimalno vreme grupne preventivne zamene dobija se vreme koje je neopravdano duže i prognoziraju ukupni troškovi koji se ne mogu postići u praksi. Pored toga, pošto se tačka optimuma pomera u odnosu na stvarnu vrednost, ukupni troškovi ne samo da će biti veći od pro-

računatih na osnovu modela predloženog u [6], već bi bili veći i od ukupnih troškova zamena koji se realno mogu postići.

Brojčani primeri

Za primer frikcionih diskova spojnice traktora u [1] i [8] raznim postupcima izračunati su optimalni periodi između preventivnih zamena i minimalni ukupni troškovi zamena u slučaju kombinovane preventivne zamene. Uzeto je da intenzitet otkaza tog elementa podleže Vejbulovoj raspodeli sa parametrima $\beta=4$ i $\eta=2000$. Troškove preventivne zamene C_p čine troškovi zamene u iznosu od 100 novčanih jedinica i cena rezervnog dela u iznosu od 1000 novčanih jedinica. Troškove korektivne zamene (zamene posle otkaza) C_k čine troškovi zamene u iznosu od 500 novčanih jedinica, troškovi rezervnog dela u iznosu od 1000 novčanih jedinica i gubici usled zastoja u radu u iznosu od 5000 novčanih jedinica, tako da je $C_k = 6500$ novčanih jedinica.

U slučaju grupne preventivne zamene, za isti brojčani primer, simulacijom procesa grupne preventivne zamene na računaru dobijeno je da optimalni period grupne preventivne zamene iznosi $T_g = 999,58$ h i da minimalni ukupni troškovi zamena po jedinici vremena iznose $C_{zg} = 1,4942$ novčanih jedinica.

Na isti način kao u [8] za kombinovanu preventivnu zamenu, korišćenjem programskog paketa MathCAD, na dva načina su određeni optimalni period između grupnih preventivnih zamena i preventivne zamene $T_g = 992,13$ h i minimalne ukupne troškove zamena $C_{zg} = 1,4937$ novčanih jedinica po času rada.

Zbog relativno velikog broja ponavljanja celokupnog procesa simulacije grupne preventivne zamene ($N_g = 10\,000$) i veoma dobre aproksimacije funkcije obnavljanja $H(T)$ funkcijom

raspodele vremena do otkaza $F(T)$ u oblasti $T \approx 0,5 \eta$ gde se nalazi optimalno rešenje, rezultati dobijeni korišćenjem programskog alata MathCAD u odnosu na vrednosti dobijene simulacijom, razlikuju se za manje od 1% (0,75% za optimalni period preventivne zamene i 0,03% za ukupne troškove zamena). Vrednosti optimalnog perioda grupne preventivne zamene i odgovarajuće vrednosti minimalnih ukupnih troškova zamena po jedinici vremena za brojčane primere iz [6], date su u tabeli 2. Pored vrednosti dobijenih simulacijom i korišćenjem softverskog paketa MathCAD kao u prethodnom primeru, u tabeli 2 date su i vrednosti optimalnih perioda grupne preventivne zamene i minimalnih ukupnih troškova zamena po jedinici vremena, koje su dobijene korišćenjem modela predloženog u [6]. Iz tabele 2 vidi se da se u sva četiri primera za optimalno vreme grupne preventivne zamene dobijaju vrednosti koje su za više od 50% veće od tačnih vrednosti i da bi, uko-

liko se te vrednosti usvoje za vremena između grupnih preventivnih zamena, nastali realni ukupni troškovi zamena koji bi bili za više od 80% veći od izračunatih.

Zaključak

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da se prilikom analize matematičkih modela grupne preventivne zamene ne mogu zaobići rezultati teorije obnavljanja tehničkih sistema.

Izračunavanja sprovedena na osnovu analiziranih modela pokazala su velike mogućnosti korišćenja programskog paketa MathCAD za rešavanje praktičnih problema u oblasti inženjerstva održavanja pošto se njegovom upotrebom brzo i na jednostavan način dobijaju veoma tačne vrednosti optimalnog perioda grupne preventivne zamene i odgovarajućih ukupnih troškova zamena. Zbog toga nije neophodno korišćenje simulacije procesa grupne pre-

Tabela 2

Redni broj	Ulazni podaci				Postupak rešavanja	Rezultati i tačnost				
	β	η	C_k	C_p		$\frac{T}{\eta}$	T_s [h]	ΔT [%]	C_{gr} [n.j.]	ΔC [%]
1	2,8	2400	5217,8	602,4	Simulacijom	0,390	936,42	0,76	1,0288	0,00
					MathCAD	0,387	929,40		1,0288	
					Prema modelu iz [6]	0,608	1439,57	57,04	0,6448	88,83
2	2,3	3100	908,4	102,0	Simulacijom	0,369	1884,26	0,84	0,1006	0,00
					MathCAD	0,366	1868,48		0,1006	
					Prema modelu iz [6]	0,563	2870,17	53,61	0,0611	82,65
3	2,2	2300	980,2	128,0	Simulacijom	0,400	920,86	0,60	0,2720	0,00
					MathCAD	0,398	915,23		0,2720	
					Prema modelu iz [6]	0,617	1419,22	55,07	0,1650	84,12
4	1,8	6000	342,1	42,7	Simulacijom	0,312	1869,64	0,95	0,0563	0,00
					MathCAD	0,308	1852,00		0,0563	
					Prema modelu iz [6]	0,463	2779,42	50,08	0,0330	84,53

ventivne zamene, čime se štedi znatno računarsko vreme.

Upoređivanje međusobnih karakteristika kombinovane i grupne preventivne zamene kao dve moguće strategije preventivnih zamena u okviru pre-

ventivnog održavanja tehničkih sistema, radi izbora povoljnije, može biti predmet posebnog razmatranja. Potrebni osnovni elementi za to razmatranje dati su u [8] za kombinovanu i u ovom radu za grupnu preventivnu zamenu.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Beograd, 1983.
- [2] Barlow, R. G., Prochan, F.: Mathematical of Reliability, John Wiley & Sons, New York, 1965.
- [3] Vukadinović, S., Teodorović, J.: Elementi teorije pouzdanosti i teorije obnavljanja tehničkih sistema, Privredni pregled, Beograd, 1979.
- [4] Bogdanović, D.: Prilog postupku određivanja optimalnog perioda preventivne zamene, Naučno tehnički pregled, Vol. 42, 1992, 10.
- [5] Duboka, C., Arsenić, Z., Todorović, J.: Preventivne maintenance of units having different failure modes and different reliabilities, YU-JOR, 1993.
- [6] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema, Vojnoizdavački centar, Beograd, 1979.
- [7] Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda preventivne zamene, Diplomski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [8] Peković, T.: Određivanje optimalnog perioda kombinovane preventivne zamene, Vojnotehnički glasnik, Vol 1/1994, Beograd.

MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA »PO VREMENU« NA BAZI KRITERIJUMA MAKSIMALNE GOTOVOSTI TEHNIČKOG SISTEMA

U radu je definisana metodologija za primenu modela preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti tehničkog sistema. Kao izlazna operaciona karakteristika modela dobija se optimalni interval održavanja, koji predstavlja relevantnu informaciju u procesu donošenja odluke korisnika za pravovremeno sprovođenje postupaka preventivnog održavanja i obezbeđuje maksimalnu gotovost tehničkog sistema. Prikazani su rezultati simulacije modela na primeru preventivnog održavanja sastavnih elemenata motornog vozila.

Uvod

Optimizacija sistema održavanja tehničkih sistema može da se obavlja na različite načine. Jedna od mogućnosti jeste da se za to koriste modeli ili uporočene sheme procesa ili sistema održavanja, koje se opisuju različitim oblicima matematičkih modela. Na taj način optimizira se model pojednostavljene sheme procesa, a ne fizička suština održavanja, kao stohastičkog procesa [1].

Modeli održavanja počivaju na pokazateljima pouzdanosti, što znači da je bitan preduslov za analizu i optimizaciju procesa održavanja poznavanje zakona pouzdanosti tehničkih sistema na kojima se sprovode postupci održavanja.

Kriterijumi optimizacije, tj. kriterijumi na osnovu kojih se, rešavanjem matematičkog modela, dobija najbolje rešenje za odlučivanje kada treba obaviti postupke preventivnog održavanja, definišu se, prvenstveno, sa stanovišta minimalnih troškova i sličnih ekonomskih pokazatelja ili, pak, sa stanovišta maksimalne gotovosti tehničkog sistema.

Za održavanje vojne tehnike, na primer, za motorna vozila kao složene, mobilne, popravljive i stohastičke sisteme, bitan kriterijum optimizacije je nivo gotovosti ili raspoloživosti. Modeli

održavanja koji se danas koriste u inženjerstvu održavanja tehničkih sistema pružaju mogućnosti za ovaj vid optimizacije u sasvim pojednostavljenim prilazima.

U ovom radu razrađen je tzv. model Bednjaka [3], koji se zasniva na strategiji upravljanja pouzdanošću tehničkog sistema u uslovima korišćenja, na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti.

Kod ovog modela definišu se moguća stanja tehničkog sistema, pa se određuje izraz za gotovost, čijim se rešavanjem određuje optimalni interval preventivnog održavanja koji obezbeđuje maksimalnu gotovost sistema. Ako je srednje vreme preventivnog održavanja manje od srednjeg vremena korektivnog održavanja i ako funkcija intenziteta otkaza ima rastući karakter u vremenskoj bazi, tada postoji jedan optimalni vremenski interval za sprovođenje postupaka preventivnog održavanja, koji obezbeđuje maksimalnu gotovost sistema.

Za simulaciju matematičkog modela Bednjaka, odnosno za njegovo brzo i precizno rešavanje, razvijen je softver za elektronski računar [5], kojim se aproksimativno prikazuju osobine modeliranog procesa održavanja i, na taj način, zamenjuje realni eksperiment. Kao izlazna operaciona karakteristika simuliranog modela dobija se, u grafičkom

i analitičkom obliku, optimalni interval preventivnog održavanja tehničkog sistema.

Karakteristike preventivnog održavanja »po vremenu«

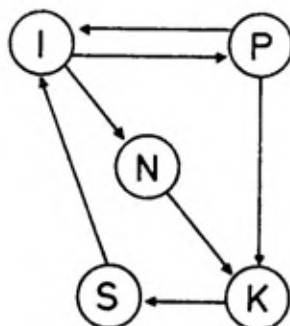
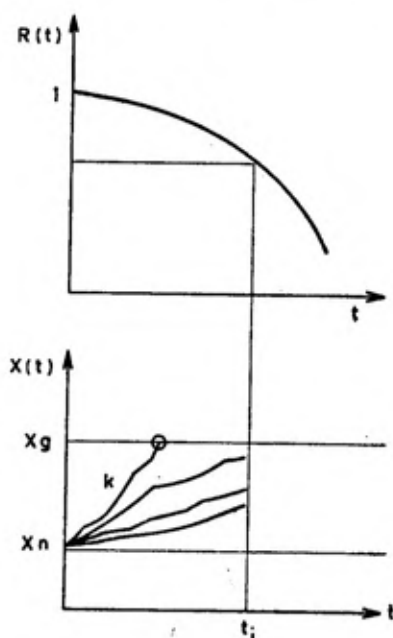
U modelima preventivnog održavanja »po vremenu« — u utvrđenim rokovima [1] (engleski: Hard Time Limit Maintenance) utvrđuju se fiksni rokovi za sprovođenje postupaka preventivnog održavanja na osnovu poznatih zakona pouzdanosti posmatranog elementa sistema, a izražavaju se u dimenzijama slučajno promenljive, preko koje se definiše i funkcija pouzdanosti (npr. u časovima rada, broju pređenih kilometara, itd.). Ovi rokovi se, ponekad, nazivaju i resursi (vremenski ili eksploatacioni), što znači da se radi o preventivnom održavanju u utvrđenim resursima

(u engleskom jeziku se za »utvrđeni resurs« koristi pojam »Hard Time Limit« [1]).

Dijagram na slici 1. [1, 3, 5] odgovara modelima preventivnog održavanja »po vremenu«, odnosno modelima preventivnih zamena elemenata ili drugih postupaka preventivnog održavanja.

Kao što se vidi sa slike 1, postupci preventivnog održavanja sprovode se posle određenog perioda rada t_i kojem odgovara neki nivo pouzdanosti sistema R_i . Važno je da se uoči da će neki elementi sistema otkazati i pre ovog vremena (kriva k), što znači da se pri opredeljenju za preventivne zamene po modelima ovog tipa moraju obezbediti svi potrebni uslovi i za korektivno održavanje.

Opredeljenje u odnosu na izbor modela preventivnog održavanja »po vremenu«, za primenu na određenog



Sl. 1 — Model preventivnog održavanja »po vremenu« parametra stanja

$R(t)$ — pouzdanost, t — vreme rada i sistema, t_i — interval preventivnog održavanja »po vremenu«, $X(t)$ — parametar stanja, X_n — nominalna vrednost, X_g — granična vrednost parametra stanja, k — kriva promene (»Hard Time Limit«):

sastavnom elementu sistema, sprovodi se na osnovu karaktera intenziteta otkaza (λ). Naime, ako je intenzitet otkaza elementa u vremenskoj bazi rastuća funkcija treba primeniti preventivno održavanje. To znači da preventivne zamene treba da se sprovedu tek kada je element »odradio« veći deo svog veka, dakle, kada je verovatnoća pojave njegovog otkaza u narednom trenutku relativno visoka [1].

Model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti

Model preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti [3] (model MAXGOT) razmatra situaciju kada sistem radi slučajno vreme τ , pri čemu je funkcija raspodele tog vremena $F(\tau)$. Ako se dogodi otkaz u intervalu $(0, \tau)$, vrši se korektivno održavanje. Ako je vreme rada sistema $t > \tau$, sistem se posle vremena t šalje na preventivno održavanje. Postoji verovatnoća P da će se sistem posle preventivnog održavanja vratiti u ispravno stanje i verovatnoća $1-P$ da će sistem morati na korektivno održavanje. Tada će u bilo kojem trenutku t , proces $x(t)$ opisati sledeća moguća stanja sistema:

$$x(t) = \begin{cases} E_0 & \text{— sistem ispravan, ali ne radi,} \\ E_1 & \text{— sistem ispravan i radi,} \\ E_2 & \text{— sistem na preventivnom održavanju,} \\ E_3 & \text{— sistem na korektivnom održavanju.} \end{cases}$$

Gotovost će biti:

$$G = \frac{\bar{t}_0 + \bar{t}_1}{\bar{t}_0 + \bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3} \quad (1)$$

gde je:

$\bar{t}_0$ = srednje vreme boravka sistema u ispravnom stanju,

$\bar{t}_1$ = srednje vreme boravka sistema u stanju rada,

$\bar{t}_2$ = srednje vreme trajanja preventivnog održavanja

$\bar{t}_3$ = srednje vreme trajanja korektivnog održavanja.

Pri ovoj strategiji upravljanja održavanjem najveći značaj predstavlja optimizacija parametra τ , koji karakteriše prelaz sistema iz stanja rada u stanje preventivnog održavanja, jer je periodičnost preventivnog održavanja u funkciji pouzdanosti sistema.

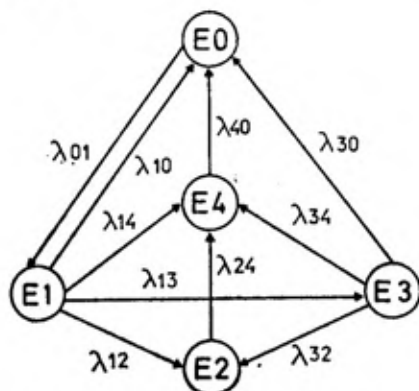
Ako je $\bar{t}_3 < \bar{t}_2$, gotovost sistema dostiže maksimum pri odsustvu preventivnog održavanja. U slučaju kada je $\bar{t}_3 > \bar{t}_2$, postoji optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« (τ_0) koji obezbeđuje maksimalnu vrednost gotovosti sistema. Određivanjem optimalnog intervala preventivnog održavanja omogućava se postavljanje optimalnog upravljanja preventivnim održavanjem »po vremenu« na bazi maksimalne gotovosti sistema.

Mogućnosti modela MAXGOT mogu biti proširene uvođenjem dijagnostike stanja sistema, pa se onda ovaj model svrstava u modele preventivnog održavanja prema stanju, na osnovu kriterijuma klasifikacije modela [3, 7]. Tada se dijagnostika, kao element modela, može razmatrati kao samostalno stanje u kojem se sistem podvrgava »proveri stanja« ili, pak, kao spajanje dijagnostike sa održavanjem.

U ovom slučaju, ako je vreme rada sistema $t \geq \tau$, posle vremena t sistem se šalje na dijagnostiku, a zatim na održavanje, gde se obavljaju propisani postupci preventivnog održavanja. Ako je pri dijagnostici utvrđen otkaz ili neispravnost sastavnih elemenata sistema, sistem se šalje na korektivno održavanje.

Uvođenjem dijagnostike, u proizvodnom trenutku vremena t , proces

$x(t)$ opisuje sledeća stanja sistema (slika 2) [3]:



Sl. 2 — Stanja sistema modela MAXGOT

$$x(t) = \begin{cases} E_0 & \text{— sistem ispravan, ali ne radi,} \\ E_1 & \text{— sistem ispravan i radi,} \\ E_2 & \text{— sistem na dijagnostikovanju,} \\ E_3 & \text{— sistem na preventivnom održavanju,} \\ E_4 & \text{— sistem na korektivnom održavanju,} \\ \lambda_{ij} & \text{— gustina verovatnoće prelaza sistema iz stanja } i \text{ u stanje } j. \end{cases}$$

Za ocenu efektivnosti modela MAXGOT treba naći gotovost sistema (G) [3]:

$$G = \frac{\bar{t}_0 + \bar{t}_1}{\bar{t}_0 + \bar{t}_1 + \bar{t}_2 + \bar{t}_3 + \bar{t}_4} \quad (2)$$

gde je:

$\bar{t}_0$ = srednje vreme boravka sistema u ispravnom stanju,

$\bar{t}_1$ = srednje vreme boravka sistema u stanju rada,

$\bar{t}_2$ = srednje vreme dijagnostike,

$\bar{t}_3$ = srednje vreme trajanja preventivnog održavanja,

$\bar{t}_4$ = srednje vreme trajanja korektivnog održavanja.

Opis modela MAXGOT

Kod modela MAXGOT, kao što je rečeno, ako se u intervalu $(0, \tau)$ rada sistema dogodi otkaz, vrši se korektivno održavanje. Ako je vreme rada $t > \tau$, sistem se šalje na preventivno održavanje.

Zadatak ovog modela je optimizacija vremena τ posle kojeg se sistem šalje na preventivno održavanje. Za rešenje ovog zadatka koristi se jednačina za gotovost u funkciji od τ [3]:

$$G(\tau) = \frac{\int_0^{\tau} R(t) dt}{\int_0^{\tau} R(t) dt + \bar{t}_2 + (\bar{t}_3 - \bar{t}_2) [1 - R(\tau)]} \quad (3)$$

gde su: $R(t)$ i $R(\tau)$ pouzdanosti u funkciji vremena t i τ . Ako se reši jednačina:

$$\frac{dG(\tau)}{d\tau} = 0 \quad (4)$$

dobija se:

$$\frac{\bar{t}_2}{\bar{t}_3 - \bar{t}_2} = \lambda(\tau) \int_0^{\tau} R(t) dt - [1 - R(\tau)] \quad (5)$$

gde je:

$\lambda(\tau)$ — intenzitet otkaza u funkciji vremena τ ,

$\bar{t}_2$ — srednje vreme trajanja preventivnog održavanja,

$\bar{t}_3$ — srednje vreme trajanja korektivnog održavanja.

U slučaju kada je $\bar{t}_3 > \bar{t}_2$ i kada je intenzitet otkaza $\lambda(\tau)$ monotonno rastuća funkcija vremena, jednačina (5) ima jedinstveno rešenje koje predstavlja optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« (τ_0), pri čemu gotovost dostiže svoju maksimalnu vrednost datu jednačinom:

$$G_{\max} = \frac{1}{1 + (\bar{t}_3 - \bar{t}_2) \lambda(\tau_0)} \quad (6)$$

Ukoliko se dogodi da jednačina (5) ima više rešenja, optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« (τ_0) jeste ono rešenje koje ima najmanju vrednost.

U slučaju kada je $\bar{t}_3 < \bar{t}_2$ maksimalna vrednost gotovosti dobija se iz izraza:

$$G_{\max} = \frac{\bar{t}}{\bar{t} + \bar{t}_3} \quad (7)$$

što znači da tada ne treba vršiti preventivno održavanje. Veličina $\bar{t}$ predstavlja srednje vreme do otkaza.

Model MAXGOT može se primeniti kod tehničkih sistema ako postoje podaci o srednjem vremenu trajanja preventivnog održavanja ($\bar{t}_2$), srednjem vremenu trajanja korektivnog održavanja ($\bar{t}_3$), kao i podaci o vremenima rada do otkaza sistema.

Razvoj algoritama za primenu modela MAXGOT

Algoritam za primenu modela MAXGOT prikazan je na slici 3.

Za primenu modela MAXGOT potrebno je realizovati sledeće korake:

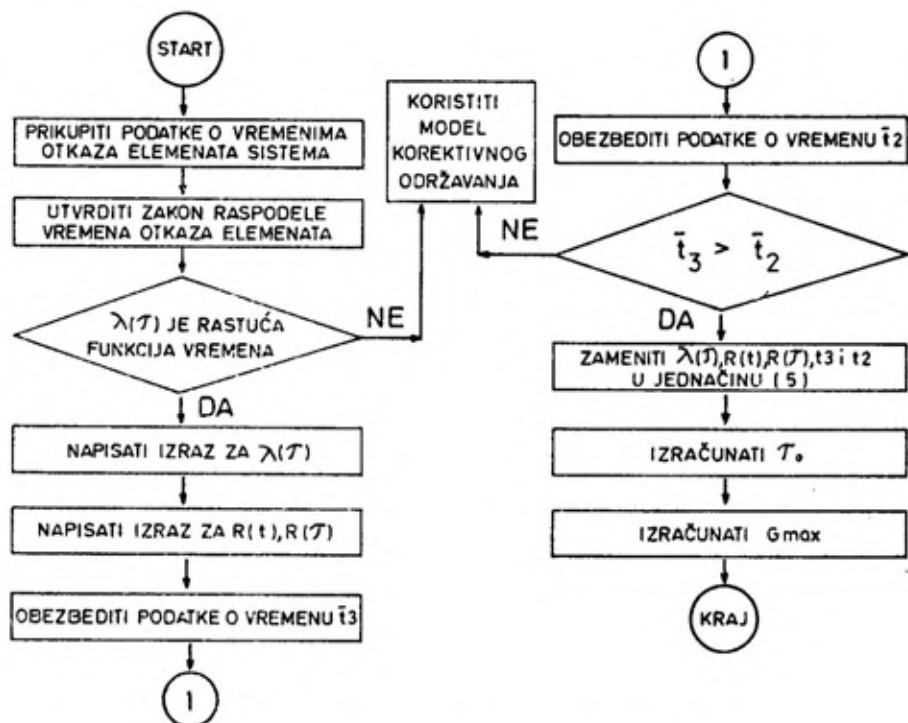
— prikupiti podatke o vremenima rada do otkaza sastavnih elemenata sistema;

— utvrditi kojem zakonu raspodele pripadaju vremena rada do otkaza tih sastavnih elemenata sistema;

— proveriti da li iz usvojenog zakona raspodele proizilazi rastući intenzitet otkaza (λ) u funkciji vremena rada;

— napisati izraz za funkciju intenziteta otkaza sistema $\lambda(\tau)$;

— napisati izraz za funkciju pouzdanosti sistema $R(t)$, tj. $R(\tau)$;



Sl. 3 — Algoritam modela MAXGOT

— obezbediti podatak o srednjem vremenu trajanja korektivnog održavanja sistema ($\bar{t}_3$);

— obezbediti podatak o srednjem vremenu trajanja preventivnog održavanja sistema ($\bar{t}_2$);

— proveriti da li je srednje vreme trajanja korektivnog održavanja sistema ($\bar{t}_3$) veće od srednjeg vremena trajanja preventivnog održavanja ($\bar{t}_2$);

— zameniti izraze za $\lambda(\tau)$ i $R(t)$ tj. $R(\tau)$, kao i vrednosti za t_2 i t_3 , u jednačinu (5);

— rešiti jednačinu (5) po vremenu τ . Rešenje τ_0 predstavlja optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« koji obezbeđuje postizanje maksimalne gotovosti sistema. Ukoliko jednačina (5) ima više rešenja, optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« (τ_0) jeste ono rešenje koje ima najmanju vrednost;

— korišćenjem jednačine (6) izračunati vrednost maksimalne gotovosti (G_{max}) koja se dobija za optimalni interval preventivnog održavanja »po vremenu« (τ_0) na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti.

Simulacija modela MAXGOT primenom elektronskog računara

Na osnovu algoritma za primenu modela MAXGOT razvijen je, u Quick Basic-u, segment programskog paketa »DMPOPS« [5] koji omogućava simulaciju modela MAXGOT primenom elektronskog računara.

Za simulaciju modela MAXGOT neophodno je unapred definisati ulazne parametre koji se odnose na karakteristike pouzdanosti i srednja vremena održavanja elemenata sistema, a rezultati simulacije se dobijaju u obliku dijagramskog prikaza funkcije gotovosti, čija ekstremna vrednost definiše optimalni interval preventivnog održavanja.

Bitnu specifičnost motornih vozila, koja se koriste u vojnim sistemima, predstavlja veoma mali intenzitet korišćenja, što utiče na vrstu i karakter

otkaza. Kao posledica otkaza koji potiču od tzv. »starenja«, korozije i drugih sličnih procesa slabljenja materijala, pouzdanost sastavnih elemenata vozila tokom vremena bitno opada, pa samim tim i gotovost vozila. Pojava »starenja« je naročito izražena kod nemetalnih elemenata, kao što su semerinzi, gumeni zaptivači u ulju, gumene cevi, remeni i dr., čiji intenzitet otkaza ima rastući karakter u vremenskoj bazi, tj. to su elementi koji relativno brzo doživljavaju period tzv. »poznihi otkaza«, pa im se mora posvetiti posebna pažnja u definisanju periodičnosti preventivnog održavanja.

Osnovna ideja za primenu modela MAXGOT na pojedine grupe nemetalnih elemenata vozila jeste težnja za optimizacijom njihovog resursa rada do preventivne zamene, uz obezbeđenje maksimalne gotovosti motornog vozila.

Koristeći podatke iz jednog informacionog sistema o radu i održavanju motornih vozila, nakon unesene vremenske slike stanja za grupu gumenih zaptivača u ulju, pomoću programskog paketa »DMPOPS« [5], određeni su statistički pokazatelji slučajno promenljive veličine, kao i karakteristike pouzdanosti za slučaj Weibullove raspodele.

Srednje vreme korektivnog održavanja = ? 15

Srednje vreme preventivnog održavanja = ? 5

Parametri funkcije nepouzdanosti (-) = ?

Parametar oblika β = 4

Parametar razmere η = 2500

Podaci u redu (D/N)?

Sl. 4 — Zadavanje ulaznih parametara za simulaciju modela MAXGOT primenom elektronskog računara

Za simulaciju modela MAXGOT neophodno je uneti u računar parametre prikazane na slici 4, čije su vrednosti za grupu gumenih zaptivača u ulju sledeće:

- $t_1=15$ [h] — srednje vreme korektivnog održavanja,
- $t_2=5$ [h] — srednje vreme preventivnog održavanja,
- $\beta=4$ — parametar oblika Weibullove raspodele,
- $\eta=2500$ — parametar razmere Weibullove raspodele slučajno promenljive veličine.

Na osnovu zadatih ulaznih parametara, kao rezultat simulacije modela dobijaju se izlazne informacije u obliku dijagramskog prikaza i u analitičkom obliku, kao što se vidi na slici 5.

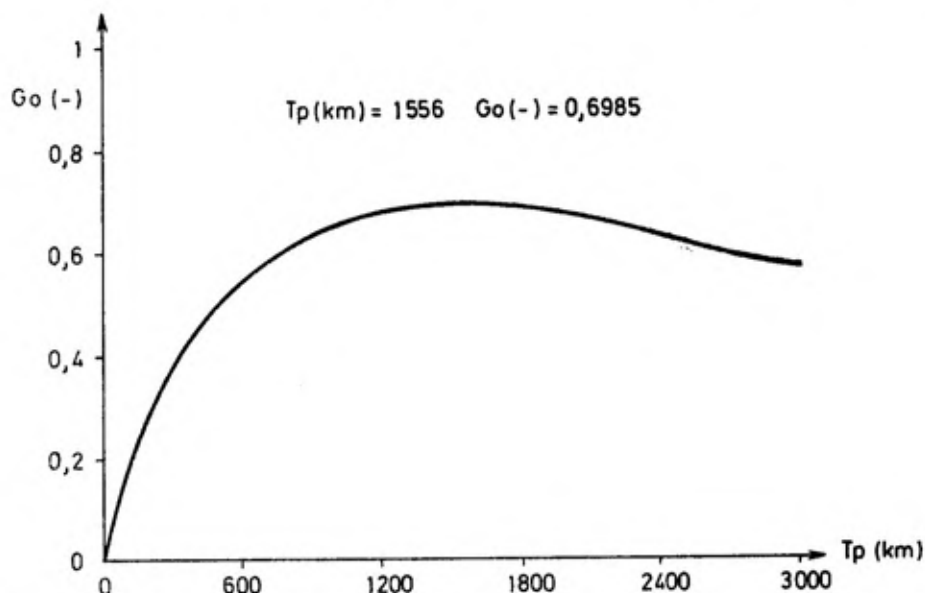
Očigledno je da segment programskog paketa »DMPOPS« za simulaciju modela MAXGOT omogućava sagleda-

vanje karaktera promene gotovosti motornog vozila u funkciji slučajno promenljive veličine, kao i određivanje i prikazivanje optimalnog intervala preventivnog održavanja »po vremenu« za maksimalnu vrednost gotovosti motornog vozila. Kao što se vidi sa slike 5, za ovaj primer, za vrednost maksimalne gotovosti vozila $G_0=0,6985$ optimalna vrednost intervala preventivne zamene za grupu gumenih zaptivača u ulju je $\tau_0=T_p=1556$ [km].

Zaključak

Kao izlaz simulacije modela preventivnog održavanja »po vremenu« na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti, dobija se optimalni interval preventivnog održavanja sastavnih elemenata koji obezbeđuje maksimalnu gotovost tehničkog sistema.

Automatizovanim generisanjem izlaznih informacija simuliranog modela,



Sl. 5 — Rezultati simulacije modela MAXGOT — izlazna operaciona karakteristika modela:

T_p — optimalni interval preventivne zamene grupe gumenih zaptivača u ulju, na bazi kriterijuma max. gotovosti motornog vozila (G_0)

licima — izvršiocima procesa održavanja stoje na raspolaganju kvantitativni pokazatelji za visok nivo procesa odlučivanja o dinamici sprovođenja preventivnih postupaka održavanja. Na taj na čin korisnik ima mogućnost da koriguje prethodno korišćene intervale preventivnog održavanja sistema.

Primena automatizovanog modela MAXGOT je pogodna u sistemima održavanja koji su podržani kvalitetnim informacionim sistemom, tj. koji raspolazu podacima o radu i održavanju teh-

ničkog sistema i omogućavaju određivanje karakteristika pouzdanosti.

Efekti primene modela MAXGOT ogledaju se u maksimiziranju iskorisćenosti resursa rada elemenata sistema, što rezultuje u obezbeđenju zahtevane pouzdanosti i gotovosti i sniženju troškova održavanja sistema.

Definisana metodologija primene modela MAXGOT ima opšti karakter, tj. model može biti apliciran na različite elemente i parametre stanja u procesu održavanja tehničkih sistema.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — MAINTAINABILITY ENGINEERING, JUMY, Beograd, 1993.
- [2] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — Rešavanje karakterističkih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [3] Bednjak, M. N.: Modelirovanie procesov tehničkog obsluživanja i remonta avtomobilej, Visšaja škola, Kiev, 1983.
- [4] Gertsbakh, I. B.: Models of preventive maintenance, North — Holland publishing company Amsterdam — New York — Oxford, 1977.
- [5] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [6] Model preventivno-korektivnog održavanja na bazi reprezentativnih TMS — Elaborat po Projektu, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.
- [7] Minić, S., Todorović, J.: Sistemski prilaz izboru koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju, motornih vozila, Vojno-tehnički glasnik, Beograd, br. 3, 1993.
- [8] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja motornih vozila prema stanju, XIV Naučno-stručni skup Nauka i motorna vozila, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.

PROUČAVANJE POUZDANOSTI TEHNIČKIH SREDSTAVA U POSEBNIM USLOVIMA EKSPLOATACIJE

Na osnovu podataka iz perioda izvođenja borbenih dejstava, prikupljenih u jednoj jedinici za održavanje, analizirane su karakteristike zakona raspodele po kojima se događaju otkazi na dva tehnička sredstva i njihovim delovima. Otkazi koji su posledica dejstva »spoljne sile« dogadali su se po normalnom i log-normalnom zakonu raspodele, a otkazi usled »normalne« eksploatacije po eksponencijalnom i Weibulovom zakonu raspodele. Zbog bliskosti, svi zakoni raspodele mogu se svesti na eksponencijalni i normalni. Ukupan proces nastajanja otkaza može se opisati normalnom raspodelom.

Uvod

Inženjerijski pristup utvrđivanju pouzdanosti može biti dvojak: a) kroz postupak projektovanja i b) kroz rešavanje problema u vezi sa već projektovanim ili modeliranim tehničkim sredstvom (proizvodom). Od izuzetnog značaja za sve organizacije, a posebno za vojnu jeste izučavanje pouzdanosti tehničkih sredstava u korenito izmenjenim uslovima eksploatacije. Takvo izučavanje sprovedeno je u realnoj jedinici za održavanje u periodu od 15. 9. 1991. do 15. 3. 1992, [1]. Karakteristike ovog stava su povezani intenzitet eksploatacije i borbena dejstva.

U konkretnoj jedinici za održavanje, sa stanovišta angažovanosti svih kapaciteta, izdvojena su dva tehnička sredstva, jer je za njihovo održavanje angažovano 80% raspoloživih kapaciteta (ABC metod). Tehnička sredstva su imenovana kao tehničko sredstvo br. 1 i br. 2. Ovde će biti prikazani rezultati istraživanja samo za tehničko sredstvo 1, jer je karakter rezultata za oba tehnička sredstva podudaran

Osnove istraživanja pouzdanosti

Funkcija pouzdanosti $R(t)$ može se približno odrediti praćenjem rada do otkaza elemenata čiju pouzdanost tražimo. Da bismo odredili verovatnoću bezotkaznog rada do trenutka t , ispitu-

jemo n elementa. Prethodno vreme korišćenja sistema je veoma važno i mora se uzeti u obzir prilikom izračunavanja pouzdanosti izvršenja određenog zadatka. Samo u slučaju slučajnih otkaza, tj. u toku korisnog perioda rada sistema pouzdanost ne zavisi od prethodnog korišćenja.

Nivo opterećenja ima veliki uticaj na vrednost pouzdanosti. Ako sistem stalno radi pod povećanim opterećenjem, njegov vek trajanja biće smanjen, a intenzitet otkaza povećan. Opterećenja koja trpi sistem potiču od delovanja faktora spoljne sredine (vibracije, ubrzanja, nadmorska visina, vlaga, temperatura, razna zagađenja, nepravilno korišćenje i dejstvo oružja neprijatelja, kao i delovanja unutar samog sistema (otkazi kao posledica normalnog korišćenja — eksploatacije).

Sva razmatranja u ovom radu odnose se ne samo na elemente nego i na sisteme, jer svaki složeni sistem obedinjuje veći ili manji broj sastavnih elemenata (podсистема, sklopova, podsklopova, delova) pa se o njegovoj pouzdanosti može suditi samo ako se analizira pouzdanost svakog elementa ponaosob. Ukoliko je poznat način povezivanja među elementima u sistemu, i karakteristične veličine koje opisuju pouzdanost pojedinih elemenata, pouzdanost sistema može se s lakoćom utvrditi korišćenjem, već utvrđenih ma-

tematičkih relacija, poznatih u literaturi [2].

Slučajna veličina, čiji se zakon raspodele istraživao, jeste trenutak pojave otkaza elemenata tehničkog sredstva (ima značenje vremena koje protekne do otkaza). »Za $f(t)$ (funkciju gustine stanja u otkazu — primer PS) kaže se da predstavlja brzinu opadanja verovatnoće bezotkaznog rada«, ([3].

Srednje vreme u radu, odnosno srednjeg vremena između otkaza (MTBF), predstavlja integral funkcije pouzdanosti u obliku:

$$MTBF = t_{ur} = \int_0^{\infty} t f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) dt \quad (1)$$

Da bi se problem proučavanja uprostito, empirijske raspodele obično zamenjuju se teorijskim raspodelama koje ih najbolje aproksimiraju.

Tok istraživanja

Prikupljanje podataka koji su poslužili za određivanje veličina promenljivih, koje su potrebne za istraživanje, izvršeno je metodom »field studies«. Osnovni izvori podataka bili su dokumentacija posmatrane jedinice za održavanje i uzorak koga je sačinio akter za vreme učešća u borbenim dejstvima. Podaci dobijeni iz dokumentacije jedinica za održavanje sadržajno su u potpunosti odgovarali potrebama ovog istraživanja. Iz dokumenata su prikupljeni podaci o vrstama tehničkih sredstava koja su došla na održavanje, trenutku dolaska tehničkih sredstava u konkretnu jedinicu za održavanje, o karakteristikama i uzrocima neispravnosti i uslovima korišćenja tehničkih sredstava u trenutku pojave neispravnosti.

Posmatrana tehnička sredstva veoma su složene konstrukcije i sastoje se od više podsistema ili delova. Jedno i drugo sredstvo imaju iste podsisteme i delove samo različitih performansi.

Da bi se mogli primeniti zaključci teoretskog dela istraživanja bilo je potrebno odrediti veličine i karakteristike sledećih ulaznih podataka: — trenutke

otkaza elemenata tehničkih sredstava, odnosno »trenutke« prijave neispravnosti — teoretski oblik raspodele funkcije gustine stanja u otkazu za svako od posmatranih tehničkih sredstava i njihove elemente. Za elemente tehničkih sredstava uzeti su podsistemi ili delovi čije opravke vrše radnici iste specijalnosti. Podsistemi ili delovi tehničkih sredstava čija je pouzdanost proučavana prikazani su u tabeli 1.

Za posmatrani period ukupan broj tehničkih sredstava br. 1 i br. 2, koja su došla na održavanje, iznosi 288, od toga 163 tehnička sredstva br. 1 i 125 tehničkih sredstava br. 2. Manje opravke (laki remont) na održavanju koje su bile potrebne zbog neispravnosti nastalih u »normalnoj« eksploataciji izvedene su na 32 tehnička sredstva br. 1 i 30 sredstava br. 2, a zbog neispravnosti nastalih dejstvom spoljne sile na tehničkom sredstvu 1—33, a na tehničkom sredstvu 2—31. Srednje opravke (srednji remont) zbog neispravnosti nastalih usled »normalne« eksploatacije trebalo je izvesti na 36 tehničkih sredstava br. 1 i 32 tehnička sredstva br. 2, a usled neispravnosti nastalih dejstvom spoljne sile na 62 tehnička sredstva br. 1 i 32 tehnička sredstva br. 2.

Za sva posmatrana tehnička sredstva karakteristično je da su pre posmatranog perioda bila neupotrebljavana ili veoma malo upotrebljavana, tako da se može reći da je početak posmatranog perioda, u stvari, trenutak $t=0$, početak eksploatacije posmatranih tehničkih sredstava. Trenutak otkaza je poistovećen sa trenutkom dolaska tehničkog sredstva na održavanje u datu jedinicu za održavanje. Da li je neko konkretno tehničko sredstvo bilo još koji put neispravno nije poznato, tako da se može reći da su ovde određeni parametri određeni na osnovu funkcije stanja tehničkih sredstava u različitim vrstama otkaza koji zahtevaju određene radove na održavanju (laki ili srednji remont). Za tri karakteristične vrste otkaza (rani, slučajni i pozni otkazi) obično se pretpostavlja da se dešavaju sva-

*Analiza zakona raspodele funkcije gustine stanja u otkazu za tehničko sredstvo br. 1
u »normalnim« uslovima eksploatacije*

Redni broj	Podsystemi tehničkog sredstva čije opravke vrše radnici iste specijalnosti	Zakon raspodele funkcije gustine stanja u otkazu					
		Teorijski zakon raspodele	Interval poverenja [%]	Srednja vrednost raspodele [dan]	Standardne devijac. [dan]	Parametar oblika raspodele (beta)	Parametar razmere (eta)
1	Motor, transmisija i hodni deo	exponencijalna	99	45,3913	37,64	—	—
2	Električna instalacija i signalizacija	- „ -	99	45,3913	37,64	—	—
3	Radni deo br. 1	- „ -	99	50,234	40,764	—	—
4	Optoelektronski uređaji	- „ -	95	48,457	38,564	—	—
5	Radni deo br. 2	Weibul	99	48,058	38,716	1,249	51,593
6	Elektronski uređaji	exponencijalna	95	48,326	39,726	—	—
7	Uređaj za vožnju noću	- „ -	99	47,526	38,566	—	—
8	Radio uređaji	- „ -	99	50,576	42,326	—	—
9	Hidraulični uređaji	- „ -	99	80,376	60,576	—	—
10	Bosh pumpe	- „ -	95	76,667	58,324	—	—
11	Protivpožarni uređaji	- „ -	99	65,526	52,354	—	—
12	Akumulatori	- „ -	99	52,786	43,526	—	—
13	Blatobrani, zaštitni ekran i limovi, stalaže, pregrade, limeni sanduci, držači i poklopci	- „ -	95	50,876	43,026	—	—
14	Delovi od skaja, kože, ceradnog platna i sedišta	- „ -	99	66,728	54,263	—	—
15	Delovi kod čije se opravke moraju koristiti mašine za obradu skidanjem strugotine	- „ -	95	75,244	58,024	—	—
16	Antikorozijska zaštita	- „ -	95	50,876	43,026	—	—
17	MTBF tehničkog sredstva	- „ -	99	45,3913	37,64	—	—

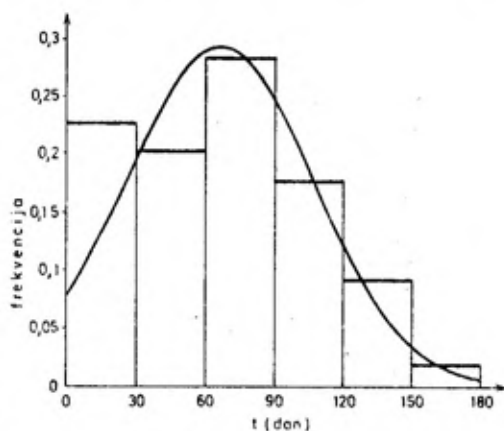
ki po posebnoj raspodeli. Zbog toga što nije poznat tačan broj tehničkih sredstava, čija se pouzdanost izučava, već je poznata samo dužina perioda u kome su vršena istraživanja i tačan broj otkazalih tehničkih sredstava i njihovih podsistema ili delova, uzeto je da je broj otkazalih tehničkih sredstava skup koji se izučava u odnosu na ukupni skup tehničkih sredstava ove dve vrste. Dakle, bilo je moguće utvrditi samo karakteristike raspodele otkaza za posmatrani period i izučavani skup tehničkih sredstava. Period u kome su posmatrani događaji u realnoj jedinici za održavanje je relativno kratak (180 dana u odnosu na 10 i više godina koliko je projektovani vek posmatranih tehničkih sredstava) i aktivni rad posmatranih tehničkih sredstava do početka posmatranja praktično je jednak 0, pa je pretpostavljeno, za potrebe ovog istraživanja, da se radi o početku eksploatacije, odnosno periodu ranih otkaza, ukoliko su otkazi nastali kao posledica »normalne« eksploatacije. Rezultati ovakvog pristupa neće se bezuslovno odnositi na ceo skup posmatranih tehničkih sredstava već samo na karakteristike posmatranog perioda eksploatacije.

Prema vrsti tehničkih sredstava fromirana su dva osnovna skupa podataka. Ovako koncipirani osnovni skupovi podeljeni su na podskupove prema usvojenoj podeli tehničkih sredstava na podsisteme — delove. Broj podsistema — delova koji je svrstan u svaki od ovih podskupova zavisi od broja otkaza na njima u posmatranom vremenskom periodu. Broj podsistema i delova tehničkih sredstava u ovako stvorenim podskupovima je n — ukupan broj posmatranih elemenata u trenutku $t=0$ i predstavlja 100% posmatranih elemenata. Svi elementi jednog podskupa znači otkazuju do $t=180$ dana. Na taj način su utvrđeni zakoni raspodele otkaza za svaki od podsistema — delova posmatranih tehničkih sredstava.

Programski paket Statgraphics ili Statistical Graphics Sistem, verziju 2.1,

koju su izradili Statistical Graphics Corporation i Lauer Software 1985. i 1986. godine, bio je osnovno sredstvo koje je poslužilo za analizu sakupljenih podataka. Ovaj programski paket omogućava kompletnu statističku analizu skupa unetih podataka (slučajnih veličina). Njime se lako može izračunati srednja vrednost raspodele koja, u ovom slučaju, ima značenje srednjeg vremena u radu ili MTBF), standardna devijacija, nacrtati histogram, postaviti hipotezu o slaganju teoretske i empirijske raspodele, testirati postavljena hipoteza i odrediti interval poverenja raspodele (pouzdanosti hipoteze).

U proračun se krenulo tako što su trenuci otkaza za ukupan broj tehničkih sredstava iste vrste raspodeljeni na šest grupa ili intervala. Svaki od intervala, u svari, predstavlja mesec dana u intervalu od šest meseci koliko je vršeno proučavanje u datoj jedinici za održavanje. Svi otkazi delova posmatranih tehničkih sredstava dogodili su se u intervalu od 0 do 180 dana. Na osnovu ovoga dobijeni su histogrami frekvencije (učestalosti) stanja u otkazu za svaki deo posmatranih tehničkih sredstava. Jedan od ovih histograma, za motor, transmisiju i hodni deo prikazan je na slici 1.



Sl. 1 — Histogram frekvencije stanja u otkazu za motor, transmisiju i hodni deo tehničkog sredstva br. 1 i rezultati testa Kolmogorov—Smirnov za normalni zakon raspodele

Na apscisi ovih grafikona naneta je vremenska podela od 0 do 180 dana u intervalima od po 30 dana, a na ordinati frekvencija u rasponu od 0 do 0,5 u intervalima od 0,04 do 0,1 u zavisnosti od slučaja. Ovako dobijejne histograme računar programski aproksimira krivom, što je, takođe, prikazano. Vrednost $f(t)$ računarski program prikazuje kao verovatnoću.

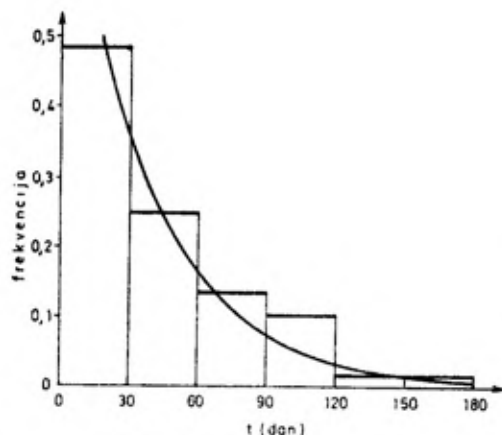
Upoređenjem oblika histograma frekvencije stanja u otkazu sa grafičkim interpretacijama teoretskih zakona raspodele vršeno je opredeljenje za neku od mogućih teoretskih raspodela i tako je postavljena statistička hipoteza, koja je testirana analitičkim putem.

Za slučaj prikazan na slici 1 važi normalni zakon raspodele pojave otkaza sa $MTBF = 65,153$ dana i $\sigma = 40,919$ dana.

Svi teoretski zakoni raspodele za otkaze delova tehničkih sredstava, dobijeni na ovaj način, odgovarali su normalnoj i log-normalnoj raspodeli (u skoro 90% slučajeva to je bila normalna raspodela), što odgovara realnom stanju ukoliko se proces nastanka otkaza posmatra sa stanovišta celine. U realnosti su se, u posmatranom periodu, vrlo intenzivno odvijala borbena dejstva koja su svoj vrhunac po intenzitetu dostigla negde na sredini posmatranog perioda, što se direktno odrazilo na intenzitet otkazivanja tehničkih sredstava usled dejstva spoljne sile. Početak tog perioda bio je, međutim, karakterističan po slabij obućenosti posada, ali i po intenzivnoj obuci i dužim ili kraćim marševima na posmatranim tehničkim sredstvima. Uticaj velikog broja faktora koji su izazvali pojave otkaza i činjenica da je više tehničkih sredstava otkazalo usled dejstva spoljne sile nego usled »normalne« eksploatacije, direktno su uticali na karakteristike zakona raspodela po kojima su se sveukupne pojave otkaza događale.

Sa stanovišta onih koji treba konkretno da organizuju upotrebu i održavanje posmatranih tehničkih sredsta-

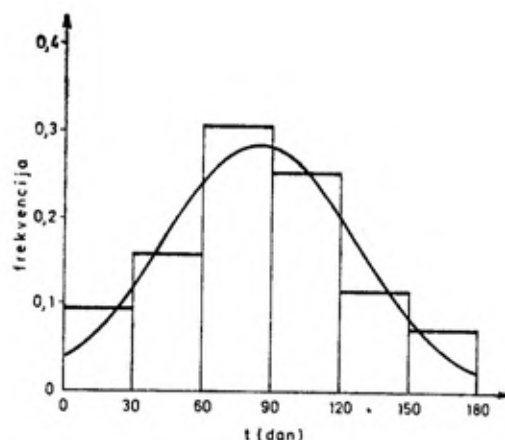
va važno je po kom se zakonu raspodele odvija celokupni proces nastajanja otkaza. Postavilo se, međutim, pitanje koliko ti zakoni raspodele odslikavaju karakteristike procesa koji se paralelno odvijaju unutar ukupnog procesa eksploatacije i otkazivanja. Dobijeni zakoni raspodele nisu odslikavali posledice uzroka otkaza, što je, u uslovima pojačane eksploatacije i borbenih dejstava, čija je osnovna karakteristika intenzitet, itekako važno. Zbog toga su svi otkazi na tehničkim sredstvima grupisani u dve jasno odvojene grupe, prema opterećenjima koja trpe tehnička sredstva: na otkaze nastale usled dejstva spoljne sile (vatre neprijateljskog oružja) i otkaze nastale usled »normalne« eksploatacije. Analizom dokumentacije došlo se do podataka da neispravnosti koje su se javljale pod uticajem dejstva spoljne sile spadaju u grupu zavisnih, jer je pojava jedne obično izazvala pojavu drugih. Na tehničkim sredstvima na kojima su neispravnosti nastajale dejstvom spoljne sile nije bilo moguće konstatovati da li postoje i neispravnosti nastale u »normalnoj« eksploataciji zbog obima i međusobne zavisnosti neispravnosti. Tehnička sredstva koja su imala neispravnosti koje su bile posledica »normalne« eksploatacije nisu imala oštećenja izazvana dejstvom spoljne sile. Tako su skupovi od 68 tehničkih sredstava br. 1 i 62 tehnička sredstva br. 2, na kojima su otkazi nastali kao posledica »normalne« eksploatacije i 95 tehničkih sredstava br. 1 i 63 tehnička sredstva br. 2, na kojima su neispravnosti nastale pod uticajem dejstva spoljnog faktora, uzeti kao osnovni skupovi. Ovako koncipirani osnovni skupovi podeljeni su ponovo na podskupove prema usvojenoj podeli tehničkih sredstava na podsisteme i delove. Obrada podataka je dalje vršena na već prethodno objašnjeni način, uz primenu programa Statgraphics. Primeri histograma frekvencije stanja u otkazu za pojedine delove tehničkog sredstva br. 1 i za obe grupe opterećenja dati su na slikama 2, 3, 4 i 5.



Sl. 2 — Histogram frekvencije stanja u otkazu za motor, transmisiju i hodni deo tehničkog sredstva br. 1 pri »normalnim« uslovima eksploatacije i rezultati testa Kolmogorov—Smirnov za eksponencijalni zakon raspodele

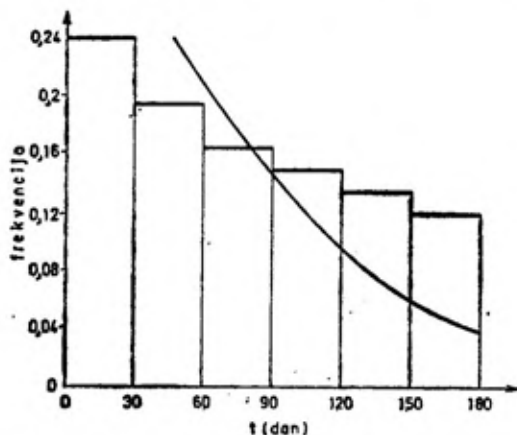
Na ovim slikama prikazane su sve vrste zakona raspodele koje su se javile kao rezultat istraživanja. Na slici 2. prikazana je eksponencijalna raspodela, na slici 3. Weibulova, na slici 4. normalna i na slici 5. log-normalna.

Podaci o konkretnim teoretskim zakonima raspodele funkcije gustine stanja u otkazu, intervalu poverenja

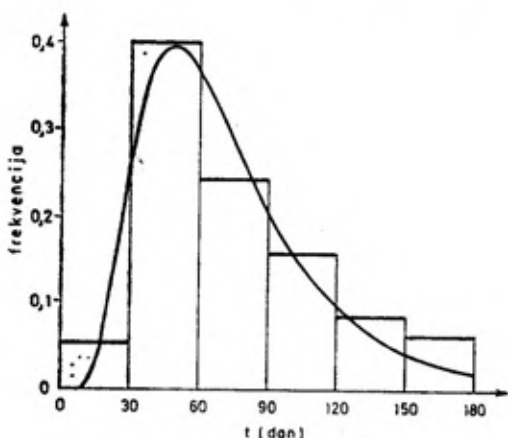


Sl. 4 — Histogram frekvencije stanja u otkazu za motor, transmisiju i hodni deo tehničkog sredstva br. 1 pri delovanju »spoljne sile« i rezultati testa Kolmogorov—Smirnov za normalni zakon raspodele

raspodela (pouzdanosti hipoteza), srednjoj vrednosti raspodela (MTBF), standardnoj devijaciji, parametrima oblika i razmere raspodela, za posmatrane delove oba tehnička sredstava pri različitim uslovima korišćenja, dati su u istoimenim rubrikama u tabelama 1 i 2. Na primer (tabela 1), za radni deo br. 2 tehničkog sredstva br. 1, pri normalnim uslovima eksploatacije, dati su



Sl. 3 — Histogram frekvencije stanja u otkazu za »radni deo br. 2« tehničkog sredstva br. 1 pri »normalnim« uslovima eksploatacije i rezultati testa Kolmogorov—Smirnov za Weibulov zakon raspodele



Sl. 5 — Histogram frekvencije stanja u otkazu za optoelektronske uređaje tehničkog sredstva br. 1 pri delovanju »spoljne sile« i rezultati testa Kolmogorov—Smirnov za log-normalni zakon raspodele

Analiza zakona raspodele funkcije gustine stanja u otkazu za tehničko sredstvo br. 1
u uslovima dejstva »spoljnje sile«

Redni broj	Podsistemi tehničkog sredstva čije opravke vrše radnici iste specijalnosti	Zakon raspodele funkcije gustine stanja u otkazu					
		Teorijski zakon raspodele	Inter-val po-verenja [%]	Srednja vred-nost ras-po-dele [dan]	Stan-dardne devijac. [dan]	Para-metar oblika ras-po-dele (beta)	Para-metar razmere (eta)
1	Motor, transmisija i hodni deo	Normalni	99	86,27	42,919	—	—
2	Električna instalacija i signalizacija	- „ -	99	86,27	42,919	—	—
3	Radni deo br. 1	- „ -	99	92,676	45,326	—	—
4	Optoelektronski uređaji	Log-normalni	99	88,264	50,372	—	—
5	Radni deo br. 2	Normalni	99	98,637	47,264	—	—
6	Elektronski uređaji	Log-normalni	99	89,264	50,725	—	—
7	Uređaj za vožnju noću	Normalni	99	90,288	49,118	—	—
8	Radio uređaji	- „ -	99	95,123	50,263	—	—
9	Hidraulični uređaji	- „ -	99	110,296	62,312	—	—
10	Bosh pumpe	- „ -	99	102,282	61,293	—	—
11	Protivpožarni uređaji	- „ -	99	96,176	53,299	—	—
12	Akumulatori	- „ -	99	98,237	54,132	—	—
13	Blatobrani, zaštitni ekran i limovi, stalaže, pregrade, limeni sanduci, držači i poklopci	- „ -	99	97,148	53,998	—	—
14	Delovi od skaja, kože, ceradnog platna i sedišta	- „ -	99	95,142	51,116	—	—
15	Delovi kod čije se opravke moraju koristiti mašine za obradu skidanjem strugotine	- „ -	99	107,319	57,123	—	—
16	Antikorozijska zaštita	- „ -	99	97,148	53,998	—	—
17	MTBF tehničkog sredstva	- „ -	99	86,27	42,919	—	—

sledeći podaci: zakon raspodele funkcije gustine stanja u otkazu je Weibulov, interval poverenja raspodele je 99%, srednja vrednost raspodele (MTBF) iznosi 48,058, standardna devijacija je 38,716, parametar oblika $\beta=1,249$ i parametar $\epsilon=51,593$.

Na onsovu ovih podataka lako je utvrditi vrednosti funkcije nepouzdanosti, a preko nje i vrednosti funkcije pouzdanosti.

Iz tabele 1 se vidi da je najveći broj delova pri »normalnim« uslovima eksploatacije otkazivao po eksponencijalnom zakonu raspodele. Svega tri dela (misli se na oba posmatrana tehnička sredstva) i to različita na posmatranim tehničkim sredstvima otkazivali su po Weibulovom zakonu raspodele. Za tehnička sredstva na čijim delovima su neispravnosti izazvane spoljnom silom (tabela 2) karakteristično je da su se neispravnosti javljale po normalnom ili log-normalnom zakonu raspodele, što se poklapa sa vremenskom raspodelom intenziteta borbenih dejstava. Takođe, ukoliko neispravnost uzrokuje dejstvo spoljne sile, koja ima stohastički karakter delovanja i ne pokorava se poznatim pravilima, vidi se da koeficijent eksploatacije nema nikakvu ulogu.

Ipak, za sve vrste raspodela karakteristično je da su bliske eksponencijalnoj (radni deo br. 1 u tabeli 1, gde je vrednost $\beta=1,249$) ili normalnoj raspodeli.

Iz dokumentacije je očigledno da preventivne radove koji su striktno mogu odvojiti od korektivnih nisu izvodili mehaničari za vozila guseničare i električari za vozila guseničare. Ove dve specijalnosti nisu izvodile samo preventivne radove, jer su sva tehnička sredstva, koja su se održavala, imala neispravnosti na podsistemima koje oni održavaju. MTBF ovih delova tehničkih sredstava je usled toga najmanji. Zbog toga se, pod uslovom da je veza između delova u sistemu redna, može reći da je pouzdanost tehničkog sredstva, u stvari, pouzdanost motora, transmisije, hodnog dela i električne insta-

lacije i signalizacije, što je u datim tabelama prikazano u rubrici pod naslovom »MTBF tehničkog sredstva«. Otkazi na ovim delovima posmatranih tehničkih sredstava predstavljaju, u stvari, »top« događaja za ta tehnička sredstva. Iz analize odnosa veličina MTBF tehničkog sredstva proizilazi da je veličina MTBF za uslove nastanka otkaza pod dejstvom spoljne sile skoro dva puta veća u odnosu na MTBF, kada otkazi nastaju u »normalnoj« eksploataciji u ovom periodu posmatranja (za rane otkaze). To, u potpunosti, odlikava karakter procesa koji uzrokuju nastanak otkaza. Više otkaza na početku eksploatacije i njihovo postepeno brojanje opadanje odlikava eksponencijalnu i Weibulovu raspodelu i »normalne« uslove eksploatacije, a postepeno povećanje broja otkaza koje u jednom kraćem periodu dostiže vrhunac, pa potom postepeno opadanje, uzrokuje normalnu raspodelu otkaza, na kojoj se jasno raspoznaje vrhunac intenziteta borbenih dejstava i povećanje srednje vrednosti, odnosno MTBF. Važno je, međutim, ponovo podsetiti da ove brojne vrednosti važe samo za posmatrani period, tadašnji intenzitet borbenih dejstava i koeficijent eksploatacije tehničkih sredstava i ne odnose se na celokupan skup tehničkih sredstava ove dve vrste.

Priroda problema istraživanog u literaturi [1] nije iziskivala utvrđivanje zakona raspodele funkcije gustine stanja u otkazu za svaki i najsitniji element posmatranih tehničkih sredstava, kao i veza između njih što predstavlja veoma komplikovan i dugotrajan proces, jer svako od posmatranih tehničkih sredstava ima oko 15 000 elemenata. Ovaj pristup problemu je moguć, ali je pitanje da li bi dao kvalitativno bolje rezultate.

Zaključak

Pouzdanost kao parametar tehničkih sredstava i njihovih delova utiče direktno na troškove, razvoj i angažova-

nje logističkih resursa kod svih tehničkih sredstava u toku njihovog životnog ciklusa, ali ima i važan psihološki efekat na korisnike koji se, prvenstveno, ogleda kroz stvaranje osećaja sigurnosti i poverenja.

Iz rezultata prikazanog istraživanja moguće je zaključiti da se u početnom periodu eksploatacije otkazi, koji su posledica »normalne« eksploatacije, događaju po eksponencijalnom i Weibulovom zakonu raspodele, s tim što je eksponencijalni zakon raspodele dominantan. To se vidi iz podataka datih u tabeli 1. u rubrici pod naslovom »Teorijski zakon raspodele«. Iz tabele 1 vidi se da je po Weibulovom zakonu raspodele otkazivao samo »radni deo br. 2« i to sa $\beta = 1,249$, što je blisko 1, odnosno eksponencijalnoj raspodeli. Vrednosti parametra oblika raspodele β su se za oba tehnička sredstva kretala u granicama od 1 do 1,5, pa bi se i raspodele otkaza delova koji otkazuju po Weibulovom zakonu raspodele mogle svesti na eksponencijalni zakon raspodele, uz manji interval poverenja (pouzdanost hipoteze). Ne treba međutim, smetnuti s uma da je »normalni« proces otkazivanja narušen u borbenim dejstvima, pa Weibulovu raspodelu ne treba u potpunosti isključiti iz razmatranja.

Takav trend bi, logično, bio i da je intenzitet eksploatacije bio daleko manji ili veći. Zbog bliskosti svih raspodela eksponencijalnom zakonu i stohastičkog karaktera procesa koji dovode do otkaza u periodu slučajnih otkaza, može se pretpostaviti da će i u narednom periodu eksploatacije empirijska raspodela pojave stanja u otkazu odgovarati eksponencijalnom zakonu raspodele. Sa sigurnošću se može tvrditi, na osnovu ovog istraživanja, da će broj otkaza, prouzrokovani »normalnom« eksploatacijom, u narednom periodu imati opadajući trend i to važi za celokupan skup tehničkih sredstava koja se posmatraju. Može se slobodno pretpostaviti, na osnovu ovakvih trendova, da se otkazi prouzrokovani »normalnom« eksploatacijom dešavaju po

eksponencijalnom ili Weibulovom zakonu raspodele za celokupan skup posmatranih tehničkih sredstava u periodu ranih otkaza, a u periodu slučajnih otkaza po eksponencijalnom zakonu raspodele.

Otkazi koji nastaju kao posledica delovanja spoljne sile imaju normalni ili log-normalni zakon raspodele, što odgovara intenzitetu borbenih dejstava, s tim da je normalni zakon raspodele dominantan. To se vidi iz podataka datih u tabeli 2, u rubrici »Teorijski zakon raspodele«. Prema prikazanim podacima, samo dva dela tehničkog sredstva br. 1 (optoelektronski uređaji i elektronski uređaji) otkazuju po log-normalnom zakonu raspodele. Ukupno 4 dela za oba tehnička sredstva otkazuju po log-normalnom zakonu raspodele. Zbog bliskosti sa normalnim (vidi se po podacima o srednjoj vrednosti raspodele standardnoj devijaciji iz tabele 2 — razlike u vrednostima su do 15%) log-normalni zakon raspodele bi se mogao svesti na normalni zakon raspodele, uz manji interval poverenja raspodele (pouzdanosti hipoteze). I ako bi se ovako smanjila tačnost u opisivanju procesa koji se događaju u stvarnosti, sa stanovišta celine, zbog dominantnosti normalnog zakona raspodele, omogućilo bi se jednostavno, a, ipak, dovoljno tačno opisivanje celokupnog procesa.

Za duži period posmatranja sa više promena intenziteta borbenih dejstava verovatno bi se dobila empirijska raspodela koja ima talasasti oblik, ali bi, verovatno, svaki od »talasa« imao karakteristike koje u ovom istraživanju odgovaraju dobijenim zakonima raspodele. Veličina MTBF, za svaki od mogućih »talasa«, zavisiće od dužine perioda u kojima se odvijaju borbeni dejstva, a standardne devijacije od intenziteta borbenih dejstava u tom periodu. Ovakav oblik raspodele važio bi, kako za ukupan proces otkazivanja, tako i za otkaze izazvane dejstvom spoljne sile.

Karakteristike dobijenih zakona raspodele, u ovom istraživanju, omo-

gućavaju lak proračun potrebnih resursa za održavanje i veliku mogućnost predviđanja budućih događaja. Mogućnost predviđanja budućih događaja, pre svega, pozitivno utiče na planiranje potreba za novčanim i drugim resursima potrebnim za održavanje, što se uspešno može ostvariti uz poznavanje broja održavanih tehničkih sredstava, koeficijenta eksploatacije, frekvencije preventivnih radova, vremenskog trajanja posmatranog perioda, karakteristika intenziteta borbenih dejstava i veličina dobijenih prikazanim istraživanjem. Na

osnovu ovih rezultata olakšana je i izrada simulacionih modela za procese koji se odvijaju u borbenim dejstvima, posebno za proces održavanja zbog lakog simuliranja eksponencijalne, normalne i po potrebi Weibullove raspodele.

Glavni praktični rezultat ovog istraživanja jeste određivanje raspodela po kojima se odvijaju procesi nastajanja otkaza u borbenim dejstvima. Slični rezultati mogli su se dobiti istraživanjem vremenskih serija.

Literatura:

- [1] Petar Stanojević: Uticaj tehnologije održavanja na projektovanje organizacione strukture operativnog nivoa sistema održavanja, Magistrski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [2] Gradimir Ivanović, Dragutin Stanivuković: 1988, Pouzdanost analiza i projektovanje, TU SSNO.
- [3] Milutin Kokanović, Milovan Cirović, Zlatko Modrić: Logističko inženjerstvo, CVTS Kov JNA, Zagreb, 1987.
- [4] Standard: IEC 605 — Equipment reliability testing, Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale, Geneve, 1986.

Mr Zoran Branković,
major, dipl. inž.
Sc Marko Andrejević,
kapetan I klase, dipl. inž.

REŠAVANJE TAKTIČKIH ZADATAKA U ULOZI ORGANA TEHNIČKE SLUŽBE U ZDRUŽENIM TAKTIČKIM JEDINICAMA U BORBI

U radu je prikazan metod rešavanja taktičkih zadataka u ulozi organa tehničke službe združeno-taktičke jedinice u borbenim dejstvima. Opisan je cilj i opravdanost rešavanja taktičkih zadataka, te date opšte preporuke i postupak njihovog rešavanja. Prikazani su metodi i organizacioni oblici rada komande ZTJ na pripremi i organizaciji borbenih dejstava.

Uvod

Eksperimentisanje u vojnim organizacionim sistemima, sa realnim procesima, kao što su procesi TOb-a u (b/d), veoma je skupo, često neizvodljivo i povezano sa velikim rizicima, pa se izučavanje ovako složenih procesa vrši kroz redovnu borbeni obuku i vaspitanje, na određenim vežbama i odgovarajućim modelima. Pored toga, upravljanje složenim dinamičkim sistemima i procesima, na čije funkcionisanje utiče veći broj elemenata i veza, zahteva brzo rešavanje problema i uvodi vreme kao najuticajnij faktor, pa se, zbog toga, pribegava određenim modelima.

Jedan od takvih modela jesu i taktički zadaci.

Taktički zadaci predstavljaju grafo-tekstualni model odvijanja b/d. Namenjeni su za obučavanje organa komandi u radu na pripremi i organizaciji b/d.

Realnije sagledavanje svih faktora oružane borbe (neprijatelj, sopstvene snage, zemljište, vreme) u svim dimenzijama, simuliranje dinamike događaja, pojava i aktivnosti u realnom vremenu, i pratećih efekata (zvučni, svetlosni, temperatura, dejstvo NHB b/s, i sl.) moguće je postići u taktičkim vežbovnicama (visokostručan kadar, adekvatno uređen prostor, kvalitetna oprema,

određena tehnička sredstva, prateća literatura — udžbenici, pravila, uputstva i odgovarajuća dokumentacija).

Međutim, na sadašnjem nivou razvoja taktički zadaci pružaju sasvim solidnu osnovu za obučavanje organa TSl za upravljanje procesima tehničkog obezbeđenja u borbenim dejstvima i rad na pripremi i organizaciji borbenih dejstava.

Uz pomoć savremene računarske tehnike na ovaj način moguće je obučavati i, na izvestan način, selekcionirati više kandidata koji se biraju za odgovarajuće dužnosti u TSl, u ZTJ, tako što bi, istovremeno, svim kandidatima »prikazali« isti zadatak, a onda cenili vreme i kvalitet rešenja.

Ovaj članak govori o cilju i metodi rešavanja taktičkih zadataka u ulozi organa TSl u združenim taktičkim jedinicama, prvenstveno načelnika TSl, uvažavajući poznate faze u radu komande na pripremi i organizaciji borbenih dejstava, sa posebnim osvrtom na rad organa TSl (u sastavu komande) u procesu rada komande na donošenju odluke, primenjujući potpun metod rada i organizacionu formu »rad po formacijskim organima — sektorima«. Pored toga, članak ukazuje i na druge forme organizovanja komande na donošenju odluke i radu tehničkog organa u tim uslovima.

Cilj i opravdanost rešavanja taktičkih zadataka

Cilj rešavanja taktičkih zadataka jeste osposobljavanje rešavaoca za uspešno obavljanje dužnosti organa TS1 u ZTJ u borbenim dejstvima.

Ovaj cilj ostvaruje se kroz sledeće potciljeve:

- osposobljavanje i provera osposoblenosti organa tehničke službe — rešavaoca, za rad u sastavu komandi, na primeni i organizaciji b/d, a posebno za rad na donošenju odluke;

- razvijanje sistemskog mišljenja i kreativnog pristupa u rešavanju problema iz nadležnosti organa TS1, i

- uvežbavanje organa TS1 u rešavanju složenih problema TOB-a u ograničenom vremenu.

Taktički zadaci kao nastavno sredstvo primenjuju se zbog niza svojih prednosti:

- svrsishodni su, jer vode ka postizanju definisanog cilja u granicama dozvoljenih odstupanja, preko ostvarenja više potciljeva, na taj način što za ostvarenje tog cilja zahtevaju određene rezultate koji se ne mogu postići bez valjanih akcija rešavaoca zadatka;

- sprovodljivi su, jer imaju mogućnost — koncipirani su tako da zahtevaju realne akcije rešavaoca radi izvršenja zadataka koji vode ka cilju;

- blagovremeni su, jer se rešavaju u sklopu obučavanja ili provere, pre raspoređivanja — postavljanja rešavaoca na određene dužnosti, dakle rade se u vremenu posle koga se akcijom ostvaruju rezultati koji vode ka cilju i što zahtevaju od rešavaoca adekvatna rešenja u određenom — optimalnom vremenu.

Sastavni elementi i vrste taktičkih zadataka

Borbena dejstva su složena. Karakteriše ih velika neizvesnost, konflikt i rizik, odnosno, može nastupiti veliki broj različitih situacija čija se verovat-

noća nastupanja može manje ili više predvideti. U skladu sa tim može se sastaviti i veliki broj taktičkih zadataka za svaki vid b/d (napad, odbrana, prepad, zaseda, i sl.).

Zadaci moraju biti tako koncipirani i sadržajno podržani da verno oslikavaju hronološki sled događaja u vremenu, uslove u kojima se odvijaju b/d (radnja) i da omoguću rešavaocu da sagleda što više celokupan ciklus — proces rada komande (a time i organa TS1) na pripremi i organizaciji borbenih dejstava, a posebno rad na donošenju odluke.

Obim i sadržaj taktičkih zadataka zavise od toga koji obrazovno-vaspitni nivo se želi postići i za koji se populacioni nivo rade. Taktičkim zadacima nemoguće je nametnuti sva ograničenja i stvoriti sve pretpostavke koje život i realna situacija nameću, zato se u njihovom koncipiranju ne ide uvek u previše sitne detalje, već se neki sadržaji, problemi, elementi i rešenja daju, odnosno, traže načelno, jer s time pokreće više akcija od strane rešavaoca i postiže više potciljeva na putu do postizanja glavnog cilja.

Borbena dejstva se odvijaju u skladu sa određenim zakonitostima i po određenoj dinamici, a u skladu sa tim i rad organa komande.

Rad komande na pripremi i organizaciji b/d odvija se, posmatrano u vremenu ciklično, po određenim fazama koje se iz zadataka u zadatak ponavljaju.

Organ TS1 u ZTJ, kada je u oče-kujućem rejonu (OR), nalazi se na KM zajedno sa ostalim organima komande, a u b/d na PKM. S obzirom na to da se organ TS1 nalazi zajedno sa ostalim organima, svoj rad mora uklopiti u rad cele komande i usaglasiti ga sa metodom njenog rada.

Rad komande na pripremi i organizaciji b/d, a posebno na donošenju odluke, vrlo je bitan, jer se time presudno utiče na ponošanje sistema u budućnosti, odnosno jedinice u b/d. Zato

organ TSl u tom procesu mora stručno i odgovorno odraditi svoj deo posla u okviru opšteg zadatka.

Radi uspešne pripreme i organizacije b/d načelnik TSl mora, na osnovu raspoloživih informacija, doneti određene odluke koje će inicirati akcije ostalih članova u organu tehničke službe, drugih organa komande i jedinica.

Okolnosti u kojima organ TSl donosi odluke vrlo su složene i različite i najčešće ih karakterišu:

- nedostaci relevantnih činjenica o stanju sistema, okruženja ili protivnika;
- događaji, aktivnosti i pojave koje se najčešće ne ponavljaju;
- ograničenost vremena odlučivanja;
- uticaj rizika, konflikta i neodređenosti, i
- jednovremeni uticaj više ograničenja.

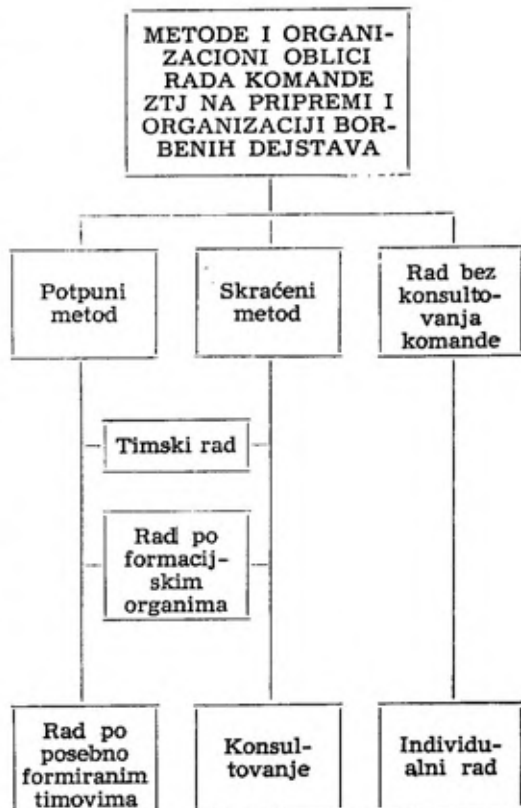
Rad komande na donošenju odluke može se razmatrati sa aspekata vremena trajanja, sadržaja rada i primenjenog organizacionog odlika.

S obzirom na raspoloživo vreme i sadržaj rada, metod rada komande (slika 1) na donošenju odluke može biti:

- potpuni metod,
- skraćeni metod, i
- metod rada bez konsultovanja komande, a s obzirom na organizacione oblike:
 - po formacijskim organima — sektorima,
 - timski rad,
 - rad po posebno formiranim organima,
 - konsultovanje, i
 - individualni rad.

Za uspešno shvatanje metodologije rada organa TSl u b/d najbolji je potpuni metod rada i to po formacijskim organima — sektorima, [1].

Ovaj metod rada primenjuje se: kada se raspolaze sa dovoljno vremena,



Sl. 1 — Metode i organizacioni oblici rada komande ZTJ na primeni i organizaciji borbenih sredstava

kada je komanda na okupu i kada su organi komande osposobljeni za samostalan rad.

Kvalitetni taktički zadaci za obučavanje organa TSl u radu na pripremi i organizaciji b/d sa akcentom na radu u procesu donošenja odluke treba da sadrže određene celine: To su:

— Opis uslova, situacije i okruženja u kojima se odvijaju b/d (»Plavi« — »Crveni«, zadatak više jedinice u čijem je sastavu ZTJ, vremenska i zemljišna situacija),

— Stanje po TOb-u u združenoj taktičkoj jedinici,

— Odluka komandanta više jedinice u čijem je sastavu združena taktička jedinica (ZTJ),

— Zadatak združene taktičke jedinice,

— Pozadinsko obezbeđenje (pored ostalog i odobreni utrošci municije, MES i pogonskih sredstava),

— Izvod iz zapovesti za pozadinu pretpostavljene komande ili naređenja za TOB,

— Osnovna zamisao komandanta za predstojeće b/d (poželjno je da sadrži i očekujuće gubitke, kao informacijsku podlogu za kasniju procenu situacije po TOB-u),

— Osnovna zamisao PKPo za organizaciju PoOb-a za predstojeća borbena dejstva,

— Odluka komandanta za predstojeća b/d,

— Prilozi:

— zamisao dejstva strana (odnosi se na zadatak, ali se radi kao sastavni deo elaborata);

— obostrani raspored snaga;

— raspored jedinica u OR;

— odluka komandanta na karti;

— supozicije (predstavljene tekstem i na karti), i

— prilozi iz domena rada drugih organa komande koji daju informacije koje su u funkciji rešenja zadatka organa TSl.

Zadaci za rešavaoca.

Gledano sa metodološkog aspekta postoje dva karakteristična tipa taktičkih zadataka koje koristimo u obučavanju studenata i slušaoca za njihovo uspešno uključivanje (u ulozi organa TSl) u rad komandi ZTJ na pripremi i organizaciji b/d, sa težištem na donošenju odluke:

a) prvi tip zadataka mogao bi se opisati na sledeći način: jedinica se nalazi u OR, još nije primila borbeni zadatak, poznat je presek opštevojne situacije i situacije po TOB-u u određenom trenutku; posle prijema zadatka, po obavljenom maršu, jedinica poseda položaj, odnosno, uvodi se u borbu;

b) drugi tip zadataka mogao bi se opisati na sledeći način: jedinica je pri-

mila borbeni zadatak i posela položaj, b/d još nisu počela, poznat je presek borbene situacije i stanja u jedinici u određenom trenutku; jedinica se nakon određenih priprema uvodi u borbu i izvodi b/d do izvršenja zadatka, nakon čega se izvlači u određeni rejon radi sređivanja, popune i odmora.

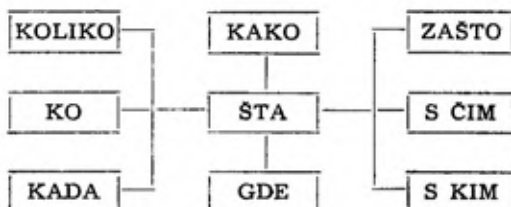
I kod jedne i kod druge vrste zadatka potrebno je: rešiti »za zadatak vreme« stanje po TOB-u, predložiti organizaciju TOB-a za predstojeća b/d, izraditi odgovarajuća dokumenta po tehničkom obezbeđenju koja čine sastavni deo Plana borbenih dejstava i rešiti stanje po TOB-u za date supozicije.

Prvi tip zadataka koristi se češće i bolji je za obučavanje, jer se metodološki bolje može prikazati rad komande i ZTJ, a samim tim i organa TSl na pripremi i organizaciji b/d.

Pri rešavanju taktičkih zadataka u ZTJ neće se detaljno objašnjavati svaki postupak i aktivnost. Podrazumeva se da rešavalac pre dolaska do tog stepena treba da raspolaže određenim fondom znanja, poznaje sistem TOB-a, metode i organizacione forme rada komande na donošenju odluke, odnosno određenim trupnim iskustvom.

Opšte preporuke pri rešavanju taktičkih zadataka

Pri rešavanju taktičkih zadataka uvek se treba pridržavati univerzalnih principa u rešavanju problema i pri tome ići od »poznatog ka nepoznatom, od »opšteg ka pojedinačnom«, od »jednostavnog ka složenijem« i od »bližeg ka daljem«. Rešavalac zadataka (Organ TSl) mora u svakom trenutku vršiti



formalno-logičku analizu situacije i iznalaziti rešenja za nastupajuću varijantu, dajući odgovore na sledeća pitanja: i biti spreman da pruži odgovor na pitanje: šta ako tako ne bude, odnosno, nastupi drugačija situacija.

Svi dati odgovori — rešenja taktičkih zadataka moraju biti: dobro zamišljeni, precizno formulisani, razumljivi i dati u traženom vremenu.

Postupak rešavanja taktičkih zadataka

Nakon (upoznavanja sa zadatkom) čitanja zadatka (do odluke komandanta ZTJ), razgledanja priloga i sagledavanja opštih uslova (neprijatelj, naše snage, zemljište, vreme), u kojima se odvijaju b/d »prema taktičkom zadatku«, rešavalac se »stavlja u situaciju«. Naime, preko taktičkog zadatka doživljava realnu situaciju i sebe vidi kao načelnika TSl u združenoj taktičkoj jedinici koji se nalazi na KM u sklopu organa pozadine, tako da se njegov rad na daljem rešavanju odvija u skladu sa dinamikom i metodom rada komande na pripremi i organizaciji b/d [1].

Rad na rešavanju zadatka dalje se odvija po sledećim fazama:

— I faza: rad organa TSl do prijema zadatka u OR na saniranju stanja po TOB-u;

— II faza: rad organa TSl posle prijema zadatka do donošenja odluke;

— III faza: rad organa TSl od donošenja odluke komandanta do početka borbenih dejstava (planiranje TOB-a);

— IV faza: rad organa TSl u toku borbenih dejstava, i

— V faza: rad organa TSl posle završetka borbenih dejstava.

I FAZA: Rad organa TSl do prijema zadatka u OR na saniranju stanja po TOB-u

Orijentacija u prostoru, vremenu i situaciji.

Sagledavanje stanja i rešavanja problema po TOB-u u ZTJ:

— popuna potčinjenih jedinica municijom;

— popuna potčinjenih jedinica pogonskim sredstvima;

— popuna potčinjenih jedinica r/d, p/m i r/m;

— opravka TMS sa neispravnostima iz domena LR i izvršenje TP na TMS;

— postupak sa TMS sa oštećenjima iz domena SR i GR;

— popuna potčinjenih tehničkih jedinica ljudstvom;

— popuna tehničkih jedinica ZTJ ljudstvom, materijalnim rezervama i nedostajućom opremom.

Izdavanje naređenja sa priložima, pozadinskim (tehničkim) jedinicama, za saniranje stanja po TOB-u (*mora biti optimalno angažovanje raspoloživih resursa, kako bi se zadaci napravili što ranije, jer se još ne zna kada jedinica polazi iz OR*) (izraditi u pismenoj formi).

Izveštaj pretpostavljenoj komandi o stanju po TOB-u i zahtevi za ispomoc na saniranju stanja po TOB-u (izraditi u pismenoj formi).

II FAZA: Rad TSl posle prijema zadatka do donošenja odluke komandanta

Prijem zadatka:

— orijentacija u prostoru, vremenu i situaciji.

Proučavanje i shvatanje zadatka:

— cilj dejstva i ideja manevra komandanta jedinice u čijem je sastavu združena taktička jedinica;

— mesto i uloga ZTJ u borbenom rasporedu više jedinice i zadatak koji iz toga proističe;

— uticaj podrške pretpostavljene komande, suseda i ojačanja na izvršenje zadatka;

— uslovi u kojima ZTJ izvodi zadatak (upotreba NHB b/s);

— način rešavanja TOB-a za ZTJ od strane više komande;

— stanje TOB-a u ZTJ i njegov uticaj na izvršenje zadatka ZTJ;

— mere koje treba preduzeti za izvršenje zadataka TOB-a:

a) izdavanje pripremnog naređenja pozadinskim jedinicama;

b) sagledavanje vremena koje stoji na raspolaganju za pripremu i organizaciju za predstojeća b/d:

— vreme kada komandant ZTJ primi zadatak i gotovost za napad;

— vreme pokreta iz OR;

— vreme kada je organ TSl primio zadatak;

— vreme kada organ TSl podnosi predlog PKPo;

— vreme kada se očekuje saopštavanje odluke komandanta ZTJ,

— raspoloživo vreme za rad komande ZTJ na donošenju odluke, razradi i pripremi za sprovođenje odluke, i

— raspoloživo vreme za nastavak rada na saniranju stanja po TOB;

c) izrada plana rada organa TSl.

Procena situacije i predlog po TOB-u:

Procena situacije, tj. procena sva četiri faktora OB može se vršiti na dva načina: prvo, procenjuju se posebno svi faktori, a zatim, na osnovu tih zaključaka, vrši procena po TOB-u ili, drugo, »istovremeno« se vrši procena po TOB-u i uzima u obzir uticaj pojedinih faktora oružane borbe. S obzirom na to da procena predstavlja svojevrsnu analizu (dakle raščlanjivanje neke celine na sastavne delove radi boljeg izučavanja) bolji je prvi način.

Pri proceni situacije procenjuje se prvo onaj faktor OB gde ćemo, dolazeći do informacija, moći preduzeti mere i aktivnosti koje će najpovoljnije uticati na pripremu, organizaciju i realizaciju budućih b/d.

Dakle, prvo treba proceniti vreme (prvo vreme kao trajanje), zatim naše snage, neprijatelja i zemljište.

Procena opštevojne situacije značajne za TOB.

Procena vremena: vreme kao trajanje, doba dana, godišnje doba, atmosferska pojava, klima i uticaj na zemljište; uticaj ovih pokazatelja na realizaciju TOB-a i rad tehničkih jedinica.

Procena sopstvenih snaga: učešće u béd, gubici u ljudstvu i tehnici u prethodnim dejstvima u borbenim i tehničkim jedinicama, odnosno trenutno stanje po TOB-u, mogući borbeni raspored ZTJ za predstojeći zadatak, popunjenost resursima, obučenost ljudstva u bataljonima — divizionima za zadatke TOB-a, ojačanje ZTJ sa drugim jedinicama, pridodate jedinice, i sl.

Procena zemljišta:

— komunikacije — broj, kvalitet podloge, propusna moć, uzdužne, poprečne, rokadne;

— prohodnost izvan komunikacija (kvalitet podloge);

— vodene prepreke;

— mogućnost inženjerskog uređenja (uređenje stanica za snabdevanje i održavanje);

— naseljenost (blizina naseljenih mesta);

— mogući objekti i položaji za organizovanje b/d i razvoj pojedinih elemenata b/d, i

— objekti — prostorije u zoni upotrebe ZTJ koji su od posebnog značaja za neprijatelja.

Procena neprijatelja:

— identifikovanje i jačina;

— mogući pravci angažovanja;

— raspolaganje i mogućnost upotrebe NHB b/s;

— avijacija;

— artiljerija i rakete, i

— mogućnost upotrebe DTG, vazdušnodesantnih jedinica i drugih specijalnih snaga.

Procena situacije po TOB-u:

— trenutno stanje po TOB-u (gubici, neispravnosti TMS, popunjenost resursima) i njegov uticaj na izvršenje zadatka;

— ojačanje ZTJ resursima za snabdevanje i održavanje, što obavlja pretpostavljena komanda;

— odobreni kapaciteti za snabdevanje i održavanje, sa teritorije koji se ZTJ stavljaju na raspolaganje;

— mogućnost saniranja stanja po TOB-u do početka b/d;

— moguće lokacije za razvoj elemenata TOB-a u predstojećim b/d;

— odobrene količine MS za zadatak;

— mogućnost dotura i popune;

— očekujući gubici i mogućnost saniranja;

— mogućnost izvlačenja i evakuacije težih TMS;

— očekivani ratni plen, njegovo prikupljanje, evakuacija i korištenje;

— zahtevi pretpostavljenoj komandi (na osnovu trenutnog stanja TOB-a u jedinici, procene gubitaka, odobrenih utrošaka MS i obaveza koje iz toga proističu);

— mere obezbeđenja b/d (posebno borbenog obezbeđenja, PNHBOB i inženjersko obezbeđenje);

— razmeštaj elemenata TOB neprijatelja i kako ih paralisati u radu.

Formiranje predloga po TOB-u:

predlog treba da bude dobro zamišljen, precizno formulisano, razumljivo, blagovremeno saopšten — izrađen u pismenoj formi, a sadrži:

— moguće lokacije za razvoj elemenata TOB-a (osnovni i naredni rejon, vreme i pravac premeštanja);

— organizacija snabdevanja (municijska, gorivo, MES);

— organizacija održavanja TMS;

— izvlačenje i evakuacija težih TMS;

— dotur i evakuacija;

— mere obezbeđenja b/d za tehničke jedinice (posebno borbenog obezbeđenja, PNHBOB i inženjerskog obezbeđenja);

— zahtevi svojoj i pretpostavljenoj komandi;

— podaci o mogućem rasporedu elemenata TOB neprijatelja i mere za njihovo neutralisanje.

III FAZA: Rad organa TSI od donošenja odluke komandanta do početka borbenih dejstava (planiranje TOB-a)

Saradnja organa TSI sa ostalim organima komande radi uspešne izrade dokumenata koji regulišu TOB za predstojeći zadatak (obaveze pojedinih organa komande prema organu TSI i tehničkog organa prema drugim organima komande).

1. Izrada plana izviđanja¹⁾ (Prilog 1).

Oformljenje naređenja (svrsishodno, sprovodljivo, blagovremeno, precizno formulisano) za tehničko obezbeđenje:

a) Raspored i razvoj elemenata TOB:

— raspored tehničkih jedinica i ustanova pretpostavljene komande i tehničkih jedinica i ustanova ZTJ;

— raspored rezervi i zaliha OS na teritoriji stavljenih na raspolaganje ZTJ;

— raspored kapaciteta, rezervi i zaliha izvan OS koje su odobrene komandi ZTJ za izvršenje zadatka.

¹⁾ Organ TSI će retko biti u prilici da samostalno organizuje izviđanje, naročito posle integracije jedinica pozadinskih službi i formiranja pozadinskih bataljona, već će se češće naći i u sastavu ekipe koja vrši izviđanje u organizaciji PKPo. S obzirom na to da je logika pristupa problemu i izrade plana izviđanja organa tehničke službe ista, u prilogu je dat uopšten i delimično popunjen Plan izviđanja organa pozadine u koji se, prema konkretnom zadatku, mogu uneti nedostajući konkretni podaci.

Dana u vremenu od do

Sastav grupe:

Sredstva za rad:

Sredstva za kretanje:

Snage i način obezbeđenja radne grupe:

Vreme realizacije	Pravac — rejon koji se izviđa	Radna tačka	Pravac kretanja do RT, udaljenost i vreme	Odgovorni organ za realizaciju	Sarađuju	Sadržaj rada
	Rejon poz. jedinica brigade: 1/pozb, 2/pozb i snč/pozb	RT-1		PKPo		Pokret grupe sa KM i odlazak na RT-1. U putu sagledati zemljište i objekte na pravcu kretanja. Sagledati puteve za dotur i evakuaciju TMS i slanje interventnih ekipa na mesta nastanka neispravnosti.
				PKPo	Načelnici službi K-dant pozb K-diri pozč i snč	Orijentacija (geografska, topografska i taktička). Izbor rejonu za razvoj pozb i pozadinskih četa. Sagled. mogućnosti korištenja kapacit. teritorije. Izdavanje zadataka komandantu pozb i k-drima pozč.
	Rejon poz. jedinica brigade: 1/pozb, 2/pozb i snč/pozb			PKPo		Odlazak na RT-2, upoznavanje sa zemljištem i objektima na pravcu kretanja. Sagledati puteve za dotur i evakuaciju TMS i slanje interventnih ekipa na mesta nastanka neispravnosti.
		RT-2		PKPo	Načelnici službi K-dant pozb K-diri pozč i snč	Isto kao na RT-1
	Rejon poz. jedinica brigade: 1/pozb, 2/pozb i snč/pozb					Odlazak na RT-3, upoznavanje sa zemljištem i objektima na pravcu kretanja. Sagledati puteve za dotur i evakuaciju TMS i slanje interventnih ekipa na mesta nastanka neispravnosti.
		RT-3		PKPo	Načelnici službi K-dant pozb K-diri pozč i snč	Orijentacija (geografska, topografska i taktička). Izbor rejonu za razvoj snč. Sagledavanje mogućnosti korištenja kapaciteta teritorije. Izdavanje zadataka k-dantu pozb i komandirima poz. četa.
	Pravci dovode-nje pozb u rejon razv.			PKPo		Povratak na KM u rejon. Sagledati puteve za dotur i evakuaciju TMS i slanje interventnih ekipa na mesta nastanka neispravnosti.

b) Pretpočinjavanje elemenata TOB:

- pretpočinjavanje tehničkih jedinica—ustanova potčinjenim organskim sastavima;
- stavljanje na raspolaganje kapaciteta, rezervi i zaliha izvan OS potčinjenim organskim sastavima.

c) Organizacija snabdevanja:

- oslanjanje potčinjenih jedinica po snabdevanju;
- odobreni utrošci TMS neposredno potčinjenim jedinicama;
- prioriteti u snabdevanju po jedinicama i sredstvima (u pripremnom periodu, u toku i posle izvršenja zadatka);
- organizacija popune TMS (samo ono što se ne obuhvata operativnim planom popune);
- organizacija dotura i evakuacije TMS;
- regulisanje ostalih izvora snabdevanja (ratni plan, delovi sa TMS iz nepovratnih gubitaka).

d) Organizacija održavanja:

- oslanjanje potčinjenih jedinica po održavanju;
- prioriteti u održavanju TMS, po jedinicama, osnovnim grupacijama sredstava i stepenu oštećenja;
- organizacija održavanja TMS u potčinjenim jedinicama u pripremnom periodu, za vreme i posle b/d;
- organizacija prikupljanja, izvlačenja i evakuacije TMS u potčinjenim jedinicama.

e) Praćenje realizacije TOB-a:

- obaveštavanje potčinjenih jedinica o promenama koje nastanu u organizaciji TOB-a, odnosno o preduzetim merama;
- izveštavanje komande ZTJ (tehničkog organa) od strane potčinjenih jedinica o rejonima razmeštaja i premeštanju njihovih potčinjenih jedinica, utrošcima i gubicima TMS i drugim problemima iz oblasti TOB-a.

f) Izrada priloga uz naređenje za tehničko obezbeđenje:

- Izrada operativnog plana popune (plan popune M,MES i PgSr);
- izrada plana oslanjanja.

g) Izrada operativnog plana održavanja

h) Oformljenje dokumenta za kriptozastitu po TOB-u

i) Oformljenje radne karte organa tehničke službe

j) Pisanje naređenja neposredno potčinjenim tehničkim jedinicama, za borbena dejstva sa potrebnim priložima (liste municije i liste pogonskih sredstava i opreme, planovi održavanja izrađeni na osnovu stvarnih potreba), sa podacima neophodnim za rad tehničkih jedinica i regulisanje zadataka po TOB-u koje izvršavaju tehničke jedinice kroz sledeće elemente:

- najneophodniji podaci o neprijatelju;

- osnovni podaci o borbenom rasporedu jedinica;

- raspored tehničkih jedinica i kapaciteta za TOB pretpostavljene komande;

- raspored dodeljenih kapaciteta, rezervi i zaliha na teritoriji, i način na koji ili koriste tehničke jedinice;

- organizacija rada u tehničkim jedinicama;

- organizacija rada u stanicama i sekcijama;

- rad na SOT-u i SRP-a;

- sastav i zadaci privremenih ekipa koje formiraju tehničke jedinice;

- organizacija prijema TMS od snabdevačkih jedinica pretpostavljene komande i priprema TMS za evakuaciju prema višem nivou snabdevanja i održavanja;

- mere obezbeđenja borbenih dejstava tehničkih jedinica (težište na borbenom obezbeđenju, PNHB i inženjerskom obezbeđenju);

— prilozi uz naređenje (liste municije i liste pogonskih sredstava i opreme, planovi održavanja izrađeni na osnovu stvarnih potreba).

IV FAZA: Rad organa TSl u toku borbenih dejstava

Procena opštevojne situacije i situacije po TOB-u za date situacije — supozicije.

Rešavanje supozicije po TOB-u:

— napisati naređenje tehničkoj jedinici za saniranje stanja po TOB-u (po snabdevanju i održavanju);

— napisati izveštaj pretpostavljenoj komandi o stanju po TOB-u u ZJT;

— ažurirati radnu kartu prema datoj supoziciji — situaciji.

V FAZA: Rad organa TSl posle završetka borbenih dejstava

Rad organa TSl u ovom periodu je sličan, gotovo istovetan radu do prijema zadatka, jer je cilj ovog rada da se stanje po TOB-u sagleda i sanira radi uspešne pripreme za prestojeći zadatak i da se kroz analizu izvuku određena iskustva značajna za budući rad, tako da se pitanja faktički ponavljaju po istom redosledu.

Radi pojednostavljenja i olakšavanja rada na pripremi i organizaciji b/d, organ TSl još u miru priprema određene pomoćne obrasce koji mu olakšavaju rad, kao što su: plan rada organa TSl po prijemu zadatka, sa popisanim aktivnostima, bez unetih vremena trajanja aktivnosti; plan izviđanja, samo formalizovan obrazac, bez unošenja aktivnosti i njihovog vremena trajanja, i dr. Pored toga, rešavalac taktičkih zadataka u fazi pripreme za rešavanje taktičkih zadataka treba da razmišlja o tome.

Prednosti i nedostaci potpunog metoda rada komandi na donošenju odluke

Rešavanje taktičkih zadataka gde je zastupljen popauni metod rada komande — po formacijskim organima, veoma je dobar sa metodološkog aspekta za shvatanje procesa rada komande na pripremi i organizaciji b/d, ali ovaj metod rada ima i određenih nedostataka:

— može se primenjivati samo kod izuzetno dobro obučenih i uigranih organa komandi;

— saradnja po horizontali i vertikalni je vrlo oskudna, pa mnoga pitanja pri proceni situacije ostaju neanalizirana, posebno granična pitanja koja zadiru u nadležnost više odgovornih organa;

— zbog velike količine podataka koji se »serviraju komandantu« odnosno PKPo, ovi nisu u stanju da prate i »registruju« sve detalje predloga i da ih prihvate;

— neelastičnost metoda, jer svaka promena prvobitno donete osnovne zamisli komandanta za predstojeći vid b/d — borbenu radnju, odnosno PKPo za organizaciju PoOb-a nepovoljno deluje na autoritet komandanta, odnosno PKPo i mnogo produžava vreme rada na proceni situacije i podnošenju predloga. Pored toga, često zahteva i ponavljanje određenih faza rada komande na donošenju odluke, i

— ne intenzivira odgovornost donosioca odluke.

Međutim, zbog kompleksnosti problema koji se stavljaju pred komandu, a koju su uslovile velike promene u tehničko-tehnološkom razvoju društva i primenom dostignuća proisteklih iz tog razvoja u vojsci, praksa nalaže prilagođavanje organizacije rada tim promenama i primenu timskog metoda rada komande na pripremi i organizaciji b/d iz više razloga:

— kvalitativna integracija znanja;
— interdisciplinarni pristup rešavanju problema;

— mogućnost prekrivanja graničnih problema i učešća svih zainteresiranih strana u rešavanju problema;

— mogućnost smanjenja nedorečenosti, neizvesnosti i privida u vlastite procene;

— podsticanje organa komande na stručno usavršavanje i stalno praćenje situacije;

— mogućnost jedinstvenog shvaćanja zadatka;

— mogućnost iznalaženja optimalne odluke u optimalnom vremenu;

— racionalno korišćenje štabnih tehničkih sredstava.

S obzirom na veliki značaj tehničkog faktora u b/d, načelnik TSl može se naći u ulozi člana tima, referenti u tehničkom organu u ulozi saradnika člana tima, a pomoćnici referenata u ulozi tehničkog osoblja tima, koji radi na rešavanju određenog problema radi iznalaženja optimalne odluke.

S obzirom na to da je timski rad viši kvalitet grupnog rada i sa metodskog i sa organizacionog aspekta, a rad po formacijskim organima — sektorima je, takođe, grupni rad, neophodno je dobro poznavanje rada po formacijskim organima — sektorima da bi se shvatio timski metod rada.

Kod timskog metoda rada komande na donošenju odluke, rad članova tima, a time i načelnika TSl, zavisiće od rukovodioca tima koji koordinira rad i daje određene zadatke, odnosno traži određene prdloge, ali sposobnost i obučenost organa TSl da rešava probleme pri radu komande po formacijskim organima — sektorima jeste pouzdana garancija za uspešan rad organa TSl pri timskom metodu rada komande, jer rad po formacijskim organima — sektorima zahteva izuzetnu obučenost organa komande za rad na donošenju odluke i dobro poznavanje problema iz »svog sektora«.

Zaključak

I pored jasno, precizno i hronološki definisanih aktivnosti na rešavanju taktičkih zadataka, razrađena metodologija ne ide u pravcu ograničavanja misaonog doprinosa čoveka — organa TSl, njegove kreativnosti, fleksibilnosti u radu, inicijative, intuicije i sposobnosti da se koncentriše i stanje analizira vrlo brzo, prepoznajući ključne osobine i informacije, bez pretraživanja svih mogućih rešenja i da na osnovu toga uz punu odgovornost donese određene odluke koje iniciraju akcije ostalih članova u organu tehničke službe, drugih organa komande i jedinica.

Naprotiv, ponuđena metodologija daje smernice za jedno realno promišljanje borbene situacije i upućuje na sistemski pristup u rešavanju problema s kojima se suočava tehnički organ u toku rada na pripremi i organizaciji borbenih dejstava.

Iskustva iz prakse pokazuju da organ TSl često mora reagovati brzo, u skladu sa trenutnom situacijom, i doneti odluku na osnovu ličnih sposobnosti, znanja, iskustva, intuicije, averzije ili preferencije, pri čemu ponuđena metodologija daje mogućnost za pravilan pristup donosioca odluke problemu.

Prezentirani metodi i prateće napomene daju kvalitetnu osnovu za obučavanje i pripremanje studenata i služalaca u vojnim školama za rad na budućim dužnostima, a mogu se uspešno primenjivati pri sastavljanju taktičkih zadataka i za uigravanje — »trenaž« organa TSl u trupi.

Pri budućem rešavanju taktičkih zadataka preporučuje se insistiranje na radu organa TSl na pripremi i organizaciji b/d u uslovima upotrebe NHB borbenih sredstava i zaoštavanje zahteva u smislu skraćivanja vremena za rešavanje taktičkih zadataka, uz traženje visokog kvaliteta i razvijanje tak-

mičarskog — konkurentskog duha kod rešavaoca. Pored toga, a zavisno od kadrovskih, materijalnih i ostalih moguć-

nosti škole i tehničke službe, potrebno je razvijati taktičke vežbaonice za potrebe TS1.

Literatura:

- [1] Uputstvo za rad komandi — štabova sa pri-
lozima (nacrt). Beograd, SSNO, 1993.
- [2] Pravilo tehničke službe, Beograd, TU SSNO,
1979.
- [3] Grupa autora, Taktika tehničke službe — lek-
cije, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1986.
- [4] Branković, Z., Andrejić, M.: Taktički zadatak
3/83 — Tehničko obezbeđenje mehanizovane
brigade u odbrani — Rešenje po TOB-u, VTA
UVJ, Beograd, 1993.
- [5] Branković, Z., Andrejić M.: Taktički zadatak
5/83 — Tehničko obezbeđenje ojačanog motori-
zovanog bataljona u napadu — Rešenje po
TOB-u, — VTA UVJ, Beograd, 1993.
- [6] Andrejić M. Upravljanje pozadinskim bataljo-
nom brigade KoV u borbenim dejstvima (spe-
cijalistički rad), CVTS KoV »General armije
Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1991.

Mr Dušan Regodić,
major, dipl. inž.

Mr Zoran Bojanić,
major, dipl. inž.

UTICAJ DIMENZIJA I OBLIKA VRHA PROJEKTILA NA DOMET

Date su osnovne postavke proračuna aerodinamičkog koeficijenta otpora pri nultom napadnom uglu i uticaj talasnog otpora na ukupni otpor projektila. Analizirana je promena konstruktivnih parametara vrha, dat je matematički model i primena metode na hipotetički model 122 mm. Prezentirani model omogućava izbor optimalnog oblika i dimenzija vrha projektila koji će dati najveći domet.

Uvod

Pri razvoju nove i modifikaciji postojeće municije nastoji se poboljšati tačnost gađanja, efikasnost projektila i realizacija što većeg dometa.

Za ostvarenje većeg dometa, sa spoljnobalističkog stanovišta, neophodno je smanjenje ukupnog otpora projektila u letu. Ukupni otpor projektila sastavljen je od: talasnog otpora, otpora trenja i baznog otpora. Smanjenjem bilo koje komponente otpora smanjuje se ukupni otpor. U ovom radu biće razmotrene neke mogućnosti smanjenja talasnog otpora modifikacijom konstruktivnih parametara vrha projektila. Ova modifikacija utiče na domet projektila.

U [2], [3] detaljno je izložen numerički proračun aerodinamičkog koeficijenta. U literaturi se može naći veliki broj razvijenih teorijskih, empirijskih i poluempirijskih metoda za proračun aerodinamičkog koeficijenta. Jedna od takvih relativno jednostavnih, ali dovoljno tačnih metoda, izloženih u [1] i [3], jeste metoda MC DRAG. U daljem tekstu se vidi pristup toj metodi.

Opšti pristup jednačinama dinamike stišljivog fluida

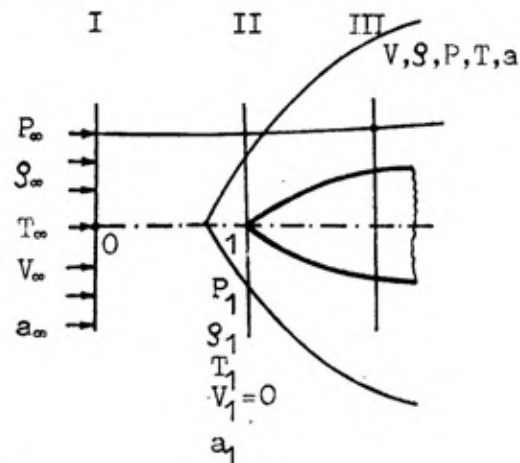
Robert L. Mc Coy [1] pošao je od osnovnih veza teoretski izvedenih u [7]

i [8]. Da bi izračunao ukupni aerodinamički koeficijent izvršio je usklađivanje teorijskih odnosa između parametara atmosfere sa empirijskim vrednostima preko koeficijenata.

Za Mahov broj vrednosti $M=0,2$ strujanje vazduha se više ne može smatrati nestišljivim, tj. $\rho = \text{const.}$ Parametri struje vazduha i brzine u slučaju promenljive gustine računaju se na osnovu jednačine duž jedne strujnice:

$$\frac{x}{x-1} \cdot \frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{const.} \quad (1)$$

Relaciju (1) primenimo na dve poznate tačke koje se nalaze na istoj strujnici, slika 1.



Sl. 1

Prva tačka se nalazi u neporemećenoj struji i karakteriše se pritiskom p_∞ , gustinom ρ_∞ i brzinom v_∞ . Druga tačka se nalazi na vrhu projektila i karakteriše se pritiskom p_1 , gustinom ρ_1 i brzinom $v_1=0$.

$$\frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \frac{p_\infty}{\rho_\infty} + \frac{v_\infty^2}{2} = \frac{\kappa}{\kappa-1} \cdot \frac{p_1}{\rho_1} \quad (2)$$

Da bismo odredili brzinu neophodno je odrediti vrednost dinamičkog pritiska $p_1 - p_\infty$. Jednačina Sen-Venana:

$$\frac{p_1}{p_\infty} = \left[1 + \frac{\kappa-1}{2\kappa} \cdot \frac{\rho_\infty}{p_\infty} v_\infty^2 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \quad (3)$$

napisana u drugom obliku:

$$p_1 - p_\infty = p_\infty \left[\left(1 + \frac{\kappa-1}{2\kappa} \cdot \frac{\rho_\infty}{p_\infty} v_\infty^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} - 1 \right] \quad (4)$$

daje nam dinamički pritisak. Kako je vrednost $p_\infty/\rho_\infty = RT$ i brzina zvuka $c = \sqrt{\kappa RT}$, jednačina (4) može se napisati u novom obliku:

$$\frac{p_1 - p_\infty}{p_\infty} = \left[\left(1 + \frac{\kappa-1}{2} M^2 \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} - 1 \right]$$

Kod stišljivog nadzvučnog strujanja, promena pritiska od p_∞ u neuznemirenoj nadzvučnoj struji do pritiska na vrhu projektila p_1 , odvija se neizentropski kroz normalni udarni talas.

U aerodinamici velikih brzina, Reijevo jednačinom uspostavlja se odnos dinamičkog pritiska i brzine:

$$p_1 - p_\infty = p_\infty \left\{ \left(\frac{\kappa-1}{2\kappa} \cdot \frac{\rho_\infty v_\infty^2}{p_\infty} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} - 1 \right\} \quad (5)$$

ili, napisano na drugi način:

$$\frac{p_1 - p_\infty}{p_\infty} = \left[\frac{\kappa-1}{2} M^2 \right]^{\frac{\kappa}{\kappa-1}} \left[\frac{\kappa+1}{2\kappa M^2 - (\kappa-1)} \right]^{\frac{1}{\kappa-1}} - 1$$

Za normalne uslove $\kappa=1.4$ pa se dobije:

$$\frac{p_1 - p_\infty}{p_\infty} = \left[1.2 M^2 \right]^{3.5} \left[\frac{6}{7M^2 - 1} \right]^{2.5} - 1$$

Definisanje izraza za proračun aerodinamičkog koeficijenta otpora C_{D0}

Ukupni aerodinamički koeficijent otpora iznosi:

$$C_{D0} = C_{DH} + C_{DSF} + C_{DRNI} + C_{DET} + C_{DB} \quad (9)$$

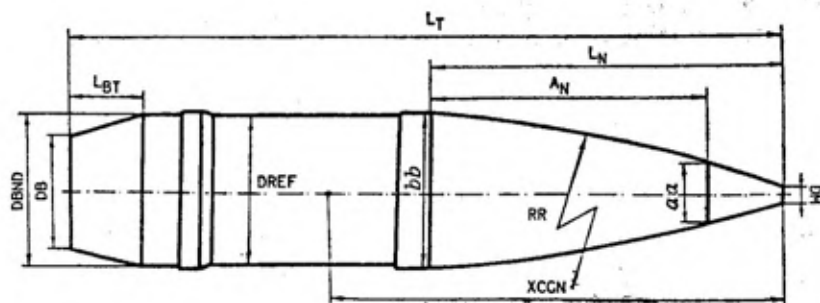
gde su:

- C_{DH} — koeficijent otpora vrha projektila
- C_{DSF} — koeficijent otpora trenja
- C_{DRNI} — koeficijent otpora vodećeg prstena
- C_{DET} — koeficijent otpora zadnjeg konusa, i
- C_{DB} — koeficijent otpora dna projektila.

Pregled upotrebljenih oznaka

Na slici 2 prikazani su konstrukcioni parametri koji utiču na vrednosti aerodinamičkog koeficijenta a upotrebljeni su kao ulazne veličine u programu MC DRAG.

- DREF — referentni kalibar projektila (mm),
- LT — dužina projektila u kalibrima,
- LN — dužina prednjeg dela u kalibrima,
- RTR — odnos poluprečnika RT/R ,



Sl. 2

- LBT — dužina zadnjeg konusa u ka-
 DB — prečnik baze u kalibrima,
 DM — prečnik zatupljenja pred-
 njeg dela u kalibrima,
 DBND — prečnik vodećeg prstena u
 kalibrima,
 XCGN — položaj težišta od vrha pro-
 jektila u kalibrima,
 BLC — COD za vrstu graničnog slo-
 ja,
 L/T=1 — laminaran,
 L/T=2 — turbolentan,
 NSL — broj projektila za koji se že-
 li proračun.

Koeficijent otpora vrha projektila

Vrh projektila može biti izveden u obliku sekantnog ili tangentnog oživala, konusa i kombinacije. Koeficijent otpora vrha projektila na osnovu Š1C iznosi:

$$C_{DH}(M_{\infty}^2 - 1) = f(\tau/\sqrt{M_{\infty}^2 - 1}, \tau),$$

odnosno

$$C_{DH}(M_{\infty}^2 - 1) = f(C_1 - C_2\tau^2) [\tau/\sqrt{M_{\infty}^2 - 1}] \quad (7)$$

$$C_{DH} = C_{DHT} + C_{DMP} \quad (8)$$

gde je:

$$C_{DHT} = (C_1 - C_2\tau^2) [\tau/\sqrt{M_{\infty}^2 - 1}]^{(C_3 + C_4\tau)} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{d - d_B}{2L_{BT}}$$

$$C_1 = 0,7156 - 0,5313 (R_T/R) +$$

$$+ 0,5950 (R_T/R)^2$$

$$C_2 = 0,796 - 0,0779 (R_T/R)$$

$$C_3 = 1,587 + 0,049 (R_T/R)$$

$$C_4 = 0,1122 + 0,1658 (R_T/R)$$

$$RF = \sqrt{M_{\infty}^2 - 1}$$

$$C_{\eta} = \frac{1}{M_{\infty} - 1}$$

$$M_C = 1 + 0,9567 \tau^{1,65}$$

Za $M_{\infty} < M_C$ uvodi se oznaka $ZE =$
 $= RF = \sqrt{M_C^2 - 1}$ i sledi:

$$C_{HI} = \frac{M_{\infty}^2 - 1}{2,4 M_{\infty}^2}$$

Za $M_{\infty} < 1$ uvodi se oznaka

$$P_{TP} = (1 + 0,2 M_{\infty}^2)^{3,5} \quad (10)$$

Za nadzvučno strujanje $M_{\infty} > 1$ pa je vrednost

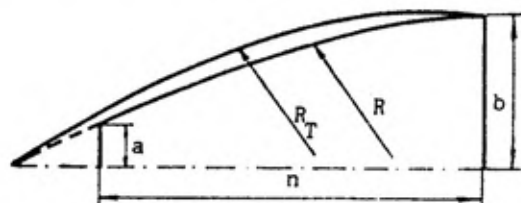
$$P_{TP} = (1,2 M_{\infty}^2)^{3,5} \left[\frac{6}{7 M_{\infty}^2 - 1} \right]^{2,5} \quad (11)$$

$$C_{DHP} = \frac{1,22 (P_{TP} - 1) d_M^2}{M_{\infty}^2} \quad (12)$$

Za podzvučno strujanje $M < 1$ vrednost koeficijenta $C_{DMP} = 0$, a za nadzvučno strujanje pri $M > 1,41$ vrednost koeficijenta $C_{DMP} = 0,85 C_{DHP}$. U intervalu $0,91 < M < 1,4$

$$C_{DMP} = (0,245 + 2,88 C_{HI}) C_{DHP} \quad (13)$$

Na slici 3 prikazane su dimenzije vrha tangentnog i sekantnog oživala.



Sl. 3

Radijus tangentnog oživala iznosi:

$$R_T = \sqrt{c^2 + \frac{c^2 n^2}{(b-a)^2}}$$

gde je:

$$c = \sqrt{\frac{1}{4} (b-a)^2 + n^2}$$

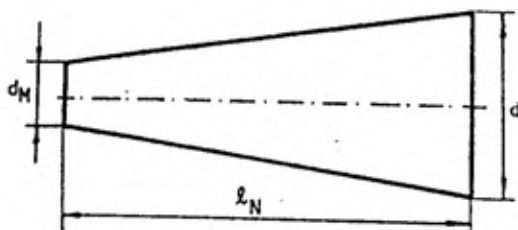
- n — dužina oživala,
 a i b — poluprečnici baze oživala,
 R — stvarni radijus (za konus $R = \infty$).

Na osnovu dimenzija radijusa tangentnog i sekantnog oživala dobija se:

- $R_T/R = 0$ za konus,
 $R_T/R = 1$ za tangenti ožival, i
 $R_T/R = 0-1$ za varijacije sekantnog oživala.

Nagib koničnog vrha prikazanog na slici 4 iznosi:

$$\tau = \frac{d - d_M}{L_N}$$



Sl. 4

Jednačina za koeficijent otpora za konični vrh C_{DH} koriguje se sa koeficijentom promene pritiska C_{PS} :

$$C_{DH} = \frac{(C_1 - C_2 \tau^2)}{M_\infty^2 - 1} \left[\tau \sqrt{M_\infty^2 - 1} \right]^{(C_3 + C_4 \tau)} + \frac{\pi}{4} d_M^2 C_{PS} \quad (14)$$

gde je po Mooru:

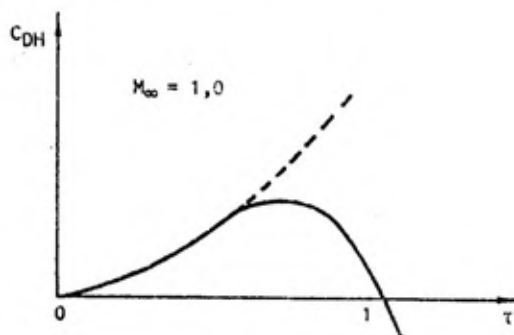
$$C_{PS} = \frac{2}{\kappa M_\infty^2} \left\{ K \left[\frac{(\kappa + 1)M}{2} \right]^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} \left[\frac{\kappa + 1}{2\kappa M^2 - (\kappa - 1)} \right]^{\frac{\kappa}{\kappa - 1} - 1} - 1 \right\} \quad (15)$$

K predstavlja koeficijent korekcije zbog promene pritiska na površini. Chartes i Stein su predložili $K = 0,9$. Dickinson je dao eksperimentalne rezultate za konični oživalni vrh pri supersoničnim brzinama $K = 0,75$.

Cole, Solomon i Willmarth su predložili za vitke oživale:

$$\frac{C_{DH}}{\tau^3} + \ln \tau = f \left[\frac{M_\infty^2 - 1}{(\kappa + 1) M_\infty^2 \tau^2} \right] \quad (16)$$

Proračunate vrednosti su približno jednake eksperimentalnim. Na slici 5 prikazana je funkcija $C_{DH} = -\tau^3 \ln \tau$ za $M = 1$.



Sl. 5

Von Karman je dao za dvodimenzionalnu transoniku vitkih tela pojednostavljenu formulu:

$$C_{DH} [(\kappa + 1) M_\infty^2]^{1/3} = f \left\{ \frac{M_\infty^2 - 1}{[(\kappa + 1) M_\infty^2 \tau]^{2/3}} \right\} \quad (17)$$

Analogno za osnosimetrični trodimenzionalni oblik za transoniku:

$$C_{DH} = F(\tau) + f \left[\frac{\tau(M_\infty^2 - 1)}{(\alpha + 1) M_\infty^2} \right] \quad (18)$$

Za $M_\infty = 1$ koeficijent otpora je $\tau^{9/5}$, pa je za transoniku koeficijent otpora:

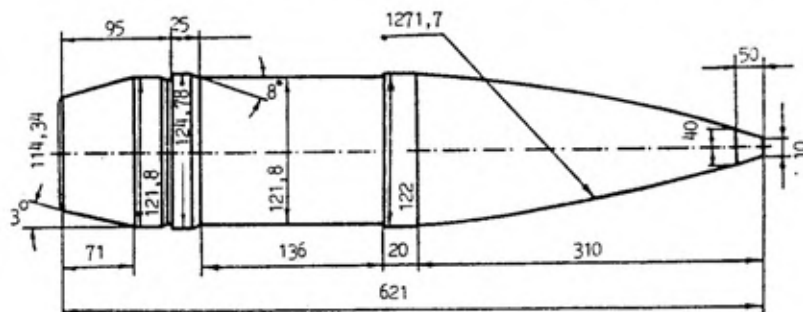
$$C_{DH} = 0,368 \tau^{9/5} + \frac{1,6(M_\infty^2 - 1)}{(\alpha + 1) M_\infty^2}$$

za $M_\infty > M_c$ gde je $M_c = (1 + 0,552\tau^{4/5})^{-1/2}$.

Analiza dobijenih rezultata za aerodinamičke koeficijente

Nakon izvršenog proračuna zaključujemo da je za predloženi hipotetički projektil, kalibra $d=122$ mm, $V_0=689$ m/s i mase $m=23,371$ kg sekantni ožival optimalni oblik vrha projektila. Na slici 6 date su dimenzije projektila neophodne za definisanje ulazne datoteke.

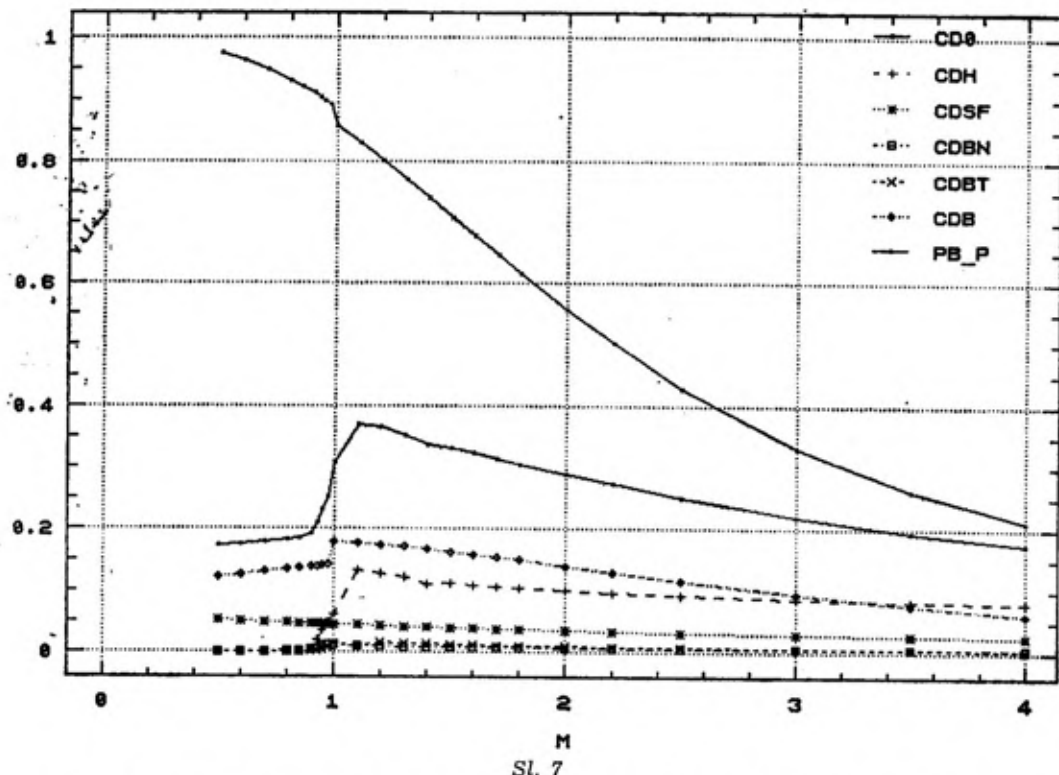
U tabeli 1 date su vrednosti aerodinamičkog koeficijenta C_{D0} sa komponentama za sekantni ožival za vrednosti Mahovog broja $M=0,5$ do 4.



Sl. 6

Tabela 1

M	CDO	CDH	CDSF	CDBND	CDBT	CDB	PB/P1
0,500	0,173	0,000	0,051	0,000	0,000	0,121	0,976
0,600	0,175	0,000	0,050	0,000	0,000	0,125	0,964
0,700	0,178	0,000	0,048	0,000	0,000	0,130	0,949
0,800	0,182	0,000	0,047	0,001	0,000	0,134	0,932
0,850	0,184	0,000	0,046	0,002	0,000	0,136	0,922
0,900	0,191	0,003	0,045	0,004	0,001	0,138	0,911
0,925	0,210	0,019	0,045	0,006	0,001	0,139	0,905
0,950	0,230	0,034	0,045	0,009	0,003	0,140	0,899
0,975	0,251	0,048	0,044	0,011	0,007	0,141	0,893
1,000	0,308	0,061	0,044	0,011	0,014	0,178	0,858
1,100	0,369	0,132	0,043	0,010	0,009	0,176	0,831
1,200	0,365	0,127	0,042	0,009	0,015	0,173	0,802
1,300	0,352	0,120	0,041	0,008	0,014	0,170	0,772
1,400	0,335	0,109	0,040	0,008	0,013	0,166	0,741
1,500	0,331	0,111	0,039	0,007	0,012	0,162	0,709
1,600	0,322	0,108	0,038	0,007	0,011	0,158	0,678
1,700	0,313	0,105	0,037	0,007	0,010	0,153	0,647
1,800	0,304	0,103	0,036	0,007	0,010	0,149	0,616
2,000	0,287	0,099	0,035	0,006	0,009	0,139	0,557
2,200	0,272	0,096	0,033	0,006	0,008	0,129	0,502
2,500	0,250	0,092	0,031	0,006	0,007	0,115	0,428
3,000	0,219	0,087	0,028	0,005	0,006	0,093	0,331
3,500	0,194	0,083	0,026	0,005	0,005	0,076	0,261
4,000	0,175	0,080	0,024	0,005	0,004	0,062	0,211

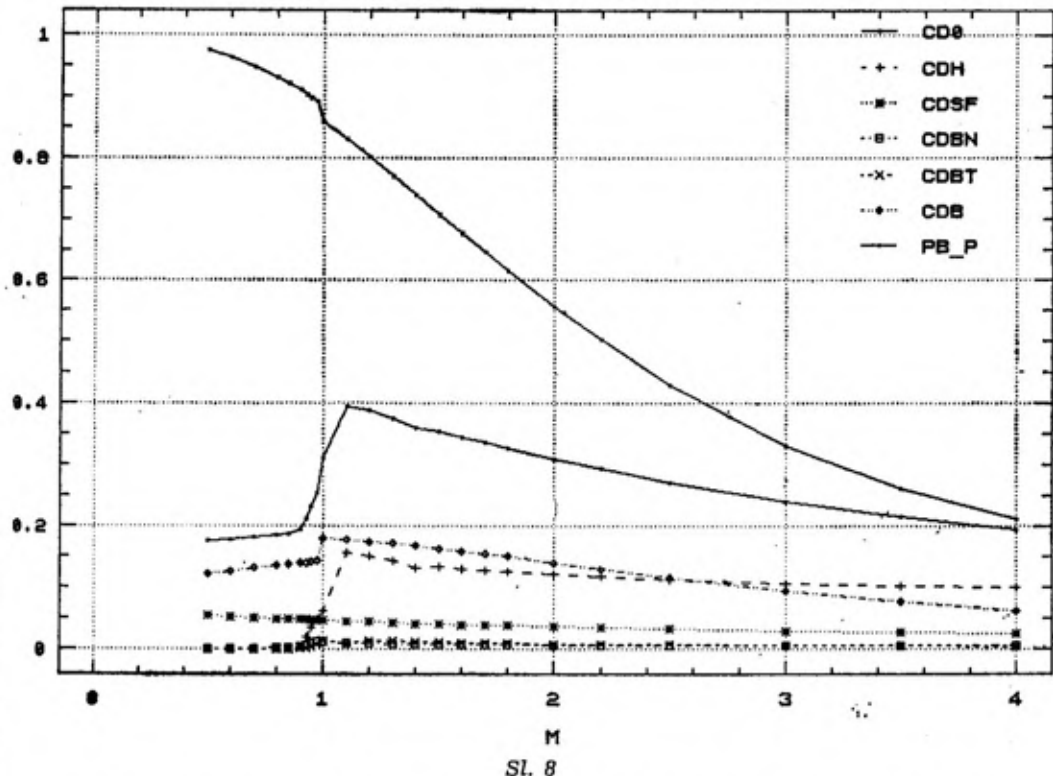


Na slici 7 prikazana je zavisnost promene aerodinamičkog koeficijenta i komponenti aerodinamičkog koeficijenta u funkciji promene Mahovog broja za sekantni ožival.

U tabeli 2 date su vrednosti aerodinamičkog koeficijenta C_{DO} za tangenti ožival za vrednosti Mahovog broja od 0,5 do 4.

Tabela 2

M	CDO	CDH	CDSF	CDBND	CDBT	CDB	PB/P1
0,500	0,175	0,000	0,053	0,000	0,000	0,121	0,976
0,600	0,177	0,000	0,051	0,000	0,000	0,125	0,964
0,700	0,180	0,000	0,050	0,000	0,000	0,130	0,949
0,800	0,184	0,000	0,048	0,001	0,000	0,134	0,932
0,850	0,186	0,000	0,048	0,002	0,000	0,136	0,922
0,900	0,193	0,003	0,047	0,004	0,001	0,138	0,911
0,925	0,212	0,019	0,047	0,006	0,001	0,139	0,905
0,950	0,232	0,034	0,046	0,009	0,003	0,140	0,899
0,975	0,253	0,048	0,046	0,011	0,007	0,141	0,893
1,000	0,310	0,061	0,046	0,011	0,014	0,178	0,858
1,100	0,393	0,155	0,044	0,010	0,009	0,176	0,831
1,200	0,388	0,149	0,043	0,009	0,014	0,173	0,802
1,300	0,375	0,142	0,042	0,008	0,013	0,170	0,772
1,400	0,358	0,131	0,041	0,008	0,012	0,166	0,741
1,500	0,354	0,133	0,040	0,007	0,011	0,162	0,709
1,600	0,344	0,129	0,039	0,007	0,010	0,158	0,678
1,700	0,335	0,126	0,038	0,007	0,010	0,153	0,647
1,800	0,326	0,124	0,038	0,007	0,009	0,149	0,616
2,000	0,309	0,120	0,036	0,006	0,008	0,139	0,557
2,200	0,293	0,116	0,034	0,006	0,008	0,129	0,502
2,500	0,271	0,112	0,032	0,006	0,007	0,115	0,428
3,000	0,240	0,106	0,029	0,005	0,006	0,093	0,331
3,500	0,215	0,102	0,027	0,005	0,005	0,076	0,261
4,000	0,194	0,099	0,025	0,005	0,004	0,062	0,211



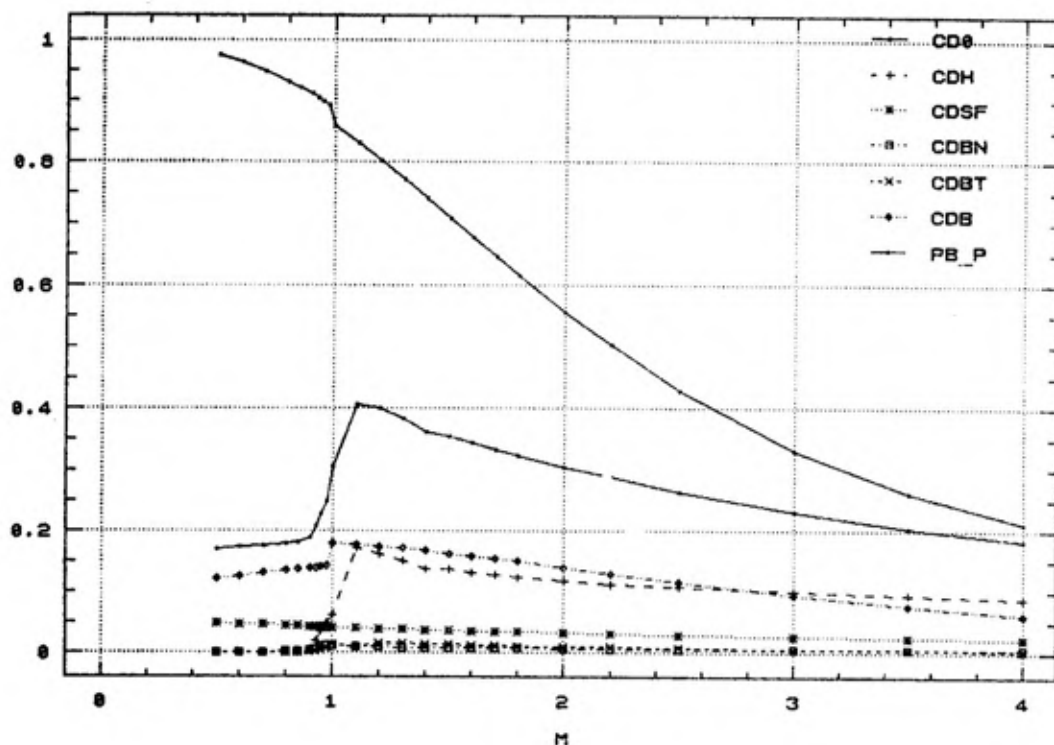
Sl. 8

Na slici 8 prikazana je zavisnost promene aerodinamičkog koeficijenta C_{D0} i komponenti za tangenti ožival u funkciji Mahovog broja.

U tabeli 3 date su vrednosti aerodinamičkog koeficijenta u funkciji promene Mahovog broja od 0,5 do 4 za kosusni vrh projektila.

Tabela 3

M	CDO	CDH	CDSF	CDBND	CDBT	CDB	PB/P1
0,500	0,169	0,000	0,048	0,000	0,000	0,121	0,976
0,600	0,172	0,000	0,046	0,000	0,000	0,125	0,964
0,700	0,175	0,000	0,045	0,000	0,000	0,130	0,949
0,800	0,179	0,000	0,043	0,001	0,000	0,134	0,932
0,850	0,181	0,000	0,043	0,002	0,000	0,136	0,922
0,900	0,188	0,003	0,042	0,004	0,001	0,138	0,911
0,925	0,207	0,019	0,042	0,006	0,001	0,139	0,905
0,950	0,227	0,034	0,042	0,009	0,003	0,140	0,899
0,975	0,248	0,048	0,041	0,011	0,007	0,141	0,893
1,000	0,305	0,061	0,041	0,011	0,014	0,178	0,858
1,100	0,405	0,171	0,040	0,010	0,009	0,176	0,831
1,200	0,399	0,162	0,039	0,009	0,016	0,173	0,802
1,300	0,381	0,150	0,038	0,008	0,015	0,170	0,772
1,400	0,360	0,136	0,037	0,008	0,014	0,166	0,741
1,500	0,354	0,136	0,036	0,007	0,013	0,162	0,709
1,600	0,343	0,131	0,035	0,007	0,012	0,158	0,678
1,700	0,332	0,127	0,034	0,007	0,011	0,153	0,647
1,800	0,322	0,123	0,034	0,007	0,010	0,149	0,616
2,000	0,304	0,117	0,032	0,006	0,009	0,139	0,557
2,200	0,287	0,112	0,031	0,006	0,009	0,129	0,502
2,500	0,263	0,107	0,029	0,006	0,007	0,115	0,428
3,000	0,230	0,099	0,026	0,005	0,006	0,093	0,331
3,500	0,204	0,094	0,024	0,005	0,005	0,076	0,261
4,000	0,183	0,089	0,022	0,005	0,004	0,062	0,211



Sl. 9

Na slici 9 data je zavisnost aerodinamičkog koeficijenta C_{D0} u funkciji Mahovog broja za konusni vrh projektila.

Aerodinamički koeficijent $C_{D0}(M)$ proračunat je za različite oblike vrha projektila, a etalon aerodinamičkog koeficijenta dobija se iz Š5C. Za $M=v/a=689/340,79=2,0235$ u tabeli 4 prikazane su vrednosti koeficijenta oblika (i), etalona aerodinamičkog koeficijenta

$C_{Det}(M)$ i proračunatog aerodinamičkog koeficijenta $C_{D0}(M)$ za različite oblike projektila.

Zaključak

Optimizacijom geometrije vrha projektila izvršeno je smanjenje procentualnog udela talasnog otpora vrha projektila u ukupnom otporu vazduha. U tabeli 5 dat je uporedni prikaz otpo-

Tabela 4

Oblik vrha projektila	$C_{D0}(M)$	$C_{Det}(M)$	i
Sekantni ožival	0,286	0,3028	0,945
Tangentni ožival	0,308	0,3028	1,017
Konusni vrh	0,303	0,3028	1,001

Tabela 5

Brzina projektila $M=V/a$	C_{DH}/C_{DHO} [%]		
	sek. oživ.	tang. oživ.	kon. vrh
0,90	1,57	1,55	1,6
1,10	35,77	39,44	42,3
2,00	34,49	38,84	38,49

Tabela 6

ra vrha projektila u odnosu na ukupni otpor za različite brzine opstrujavanja.

Promena oblika vrha projektila rezultirala je manji otpor vazduha. U tabeli 6 date su vrednosti dometa za početnu brzinu $V_0 = 689$ m/s, polazni ugao $\theta_0 = 10^\circ$ do 50° .

Na osnovu tabele 6 i prethodne analize zaključujemo da je maksimalni domet realizovan sa polaznim uglom $\theta_0 = 45^\circ$ za sva tri oblika vrha projektila. Projektil sa sekantnim oživalom ima najveći domet.

θ_0 [°]	DOMET X [m]		
	sekan. ožival	tangent. ožival	konusni vrh
10	8683,6	8412,0	8475,3
20	12551,4	12128,6	12226,6
30	15134,8	14597,4	14722,3
40	16589,5	15954,4	16101,9
45	16811,3	16145,6	16300,0
50	16641,2	15965,0	16121,7

Literatura:

- [1] Robert, L. Mc Coy: »MC DRAG« a computer program for estimating the drag coefficients of projectiles, AD O08 110, 1981.
- [2] Janković, S.: Aerodinamika projektila, Mašinski fakultet Beograd, 1978.
- [3] Regodić, D.: Aerodinamika rotacionog tela, lekcije, UVJ Beograd, 1994.
- [4] Bojanić, Z.: Matematički model 6-DOF za real-time simulacije u sistemima za upravljanje vatrom, VTA, 1994.
- [5] Janković, S.: Spoljna balistika, VIZ, Beograd, 1979.
- [6] Gajić, M., Petrović D.: Predavanja na VTA, 1992.
- [7] Krasnov, N. F.: Aerodinamika, Moskva, 1980.
- [8] Hanjalić, K.: Dinamika stišljivog fluida, Svetlost, Sarajevo, 1978.

Zoran Maletić,
poručnik, dipl. inž.

Dr Dušan Rajić,
kapetan I klase, dipl. inž.

IDENTIFIKACIJA HEMIJSKE MUNICIJE ZAPLENJENE U RATU (II DEO)

Statičkim aktiviranjem hemijskog projektila nepoznatog sadržaja može se, uz minimalnu kontaminaciju terena, izvršiti nasilno otvaranje košuljice i pouzdano ustanoviti da li je i kojom vrstom bojnog otrova dotični projektil laborisan. U radu je definisana metodologija statičkog aktiviranja hemijskog projektila.

Uvod

U savremenom ratu mogućnost primene hemijskog oružja predstavlja realnost. Ako se neka zemlja obavezala da dosledno poštuje konvencije o zabrani upotrebe i proizvodnje hemijskog oružja, to ne znači da ona ne može postati žrtva potencijalnog agresora spremnog da takva sredstva upotrebi. U okviru zaštite od hemijskog oružja, u prethodnim radovima [1, 2] razmatrana je mogućnost identifikacije zaplenjene hemijske municije na osnovu oznaka, konstrukcije i efekata na cilju nakon dinamičkog aktiviranja. U radu je razmotren model statičkog aktiviranja hemijskog projektila nepoznatog sadržaja i na taj način zaokružen problem identifikacije hemijske municije.

Statičko aktiviranje projektila

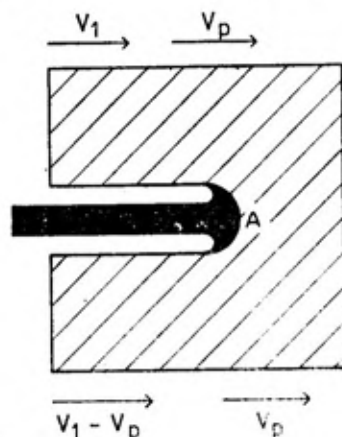
Statičko otvaranje projektila obuhvata postupak probijanja košuljice projektila aktiviranjem eksploziva postavljenog na njen najtanji deo. Vrstu i oblik eksploziva treba izabrati tako da otvor koji se želi dobiti bude što manji. Taj zahtev može biti ispunjen ukoliko se eksplozivno punjenje formira u tzv. kumulativnom obliku. Kumulativno eksplozivno punjenje je specijalan slučaj eksplozivnog punjenja. Zahvaljujući izvesnim konstrukcionim specifično-

stima, dejstvo eksplozije takvog punjenja je u prostoru orijentisano u izabranom pravcu.

Princip dejstva kumulativnog eksplozivnog punjenja sa metalnom oblogom šupljine u osnovi je izučen. Detonacioni talas iniciran u eksplozivnom punjenju na strani suprotnoj od kumulativne šupljine, kreće se prema šupljini i zahvata metalnu oblogu šupljine. Pod dejstvom pritiska u detonacionom talasu dolazi do razaranja obloge i potiskivanja njenih delova prema osi kumulativne šupljine. Posle spajanja (sudara) na osi kumulativne šupljine delovi obloge se dele na dva dela. Levo od tačke spajanja formira se od spoljnjih slojeva metalne obloge sekundarni deo mlaza. Taj deo mlaza, praktično, nema ulogu u probijanju. Desno od tačke spajanja formira se od unutrašnjih slojeva metalne obloge primarni deo kumulativnog mlaza, koji se kreće udesno vrlo velikom brzinom. Upravo taj deo kumulativnog mlaza, iako je njegova masa znatno manja od mase sekundarnog mlaza, zbog velike brzine probija prepreke velike debljine. Ako se na putu kumulativnog mlaza nađe prepreka, mlaz će — zahvaljujući svojoj velikoj kinetičkoj energiji, — prodirati u prepreku deformišući je. U materijalu prepreke koji je potisnut radikalno ostaje otvor čija se dubina povećava brzinom zavisnom od parametara

mlaza. Polazeći od velike brzine kretanja mlaza, međusobno dejstvo mlaza i prepreke može se razmatrati kao međusobno dejstvo idealne tečnosti, primenjujući jednačine hidrodinamike.

Posmatraće se kumulativni mlaz gustine ρ_m i dužine l_m koji se kreće brzinom v_1 . Na slici 1. šematski je prikazano prodiranje mlaza u prepreku.



Sl. 1 — Prodiranje kumulativnog mlaza u prepreku

Tačka A (tačka sudara) kreće se u prepreci brzinom v_p sve dok se mlaz »ne istroši« (u gornjem delu slike strelice pokazuju realan smer brzine v_1 i v_p).

Ako se uvede pokretan koordinatni sistem koji se kreće zajedno sa tačkom A, materijal prepreke će se kretati ulevo brzinom v_p , a mlaz udesno brzinom $v_1 - v_p$ (ove brzine prikazane su strelicama u donjem delu slike). Primenom Bernulijeve jednačine:

$$p + \rho \cdot v^2 = \text{const.} \quad (1)$$

i korišćenjem jednakosti pritiska p na obe strane kontaktne površine mlaza i prepreke dobija se:

$$\rho_m \cdot (v_1 - v_p)^2 = \rho_p \cdot v_p^2 \quad (2)$$

$$\frac{v_p}{v_1 - v_p} = \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_p}} \quad (3)$$

gde je:

ρ_p = gustina materijala prepreke.

Kako je ukupno vreme delovanja mlaza:

$$t = \frac{v_1 - v_p}{l_m} \quad (4)$$

dubina prodiranja mlaza biće:

$$l_p = v_p \cdot t = \frac{v_p}{v_1 - v_p} \cdot l_m = l_m \sqrt{\frac{\rho_m}{\rho_p}} \quad (5)$$

Dobijeni izraz za l_p odgovara idealiziranim uslovima i u praksi se može koristiti samo pri vrlo približnim proračunima. Neophodno je pri tome za vrednost dužine mlaza l_m uzimati 2 do 4 puta veću vrednost dužine kumulativne šupljine.

Ako se mehanizam prodiranja razmatra u realnim okvirima, a ne potpuno idealizirano, očigledno je da intenzitet prodiranja zavisi ne samo od gustine već i od drugih, prvenstveno mehaničkih karakteristika prepreke. Uvođenjem izvesne funkcije Φ , koja treba da predstavlja gubitke energije mlaza u procesu prodiranja (deformacioni rad, zagrevanje mete), stanje ravnoteže u tački A može se predstaviti izrazom:

$$\rho_m \frac{(v_1 - v_p)^2}{2} = \rho_p \frac{v_p^2}{2} + \Phi \quad (6)$$

Rešavanjem jednačine po v_p , vodeći računa o rešenju koje ima fizičkog smisla, dobija se:

$$v_p = v_1 \frac{\rho_m}{\rho_m - \rho_p} \left[1 - \sqrt{1 - \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right) \left(1 - 2 \frac{\Phi}{\rho_m v_1^2}\right)} \right] \quad (7)$$

a uvođenjem ovog izraza za v_p u izraz:

$$l_p = l_m \left[1 - \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_m} + 2 \frac{\Phi}{\rho_m v_1^2} \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right)} \right] \left[\sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_m} + 2 \frac{\Phi}{\rho_m v_1^2} \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right)} - \frac{\rho_p}{\rho_m} \right] \quad (8)$$

M. A. Cook preporučuje za funkciju ϕ vrednost 1,75 δv (δv je granica razvlačenja materijala prepreke) u slučajevima kada brzina mlaza ima vrednost pri kojoj stvarni mehanizam probijanja stvarno odstupa od idealiziranog stanja, odnosno u slučajevima kada je $v_1 < 4000$ m/s. U slučajevima kada je $v_1 > 4000$ m/s, može se smatrati da je $\phi = 0$.

Određivanje dubine prodiranja mlaza u prepreku, u pojedinim konkretnim slučajevima, može dati rezultate koji će znatno odstupati od eksperimentalnih. To je sasvim razumljivo ako se ima u vidu složenost mehanizma prodiranja mlaza i uticaj brojnih faktora koji se ne mogu obuhvatiti jednim egzaktnim matematičkim izrazom.

Eksperimentalni deo

Za izvođenje eksperimenta uzeta su četiri projektila kalibra 155 mm čiji se sadržaj nije mogao utvrditi ni jednom od poznatih metoda identifikacije, pa se posumnjalo da se radi o hemijskoj municiji.

Eksperiment je izveden na poligonu koji je ispunjavao sve bezbednosne uslove kad je reč o udaljenosti od naselejenih mesta.

Tokom eksperimenta preduzete su sve mere pozadinskog i borbenog obezbeđenja, kao i protivhemijske zaštite.

Za statičko aktiviranje projektila 155 mm, identifikacijom i dekontaminacijom njihove sadržine, uzeta su sledeća sredstva:

— 6 kumulativnih punjenja od plastičnog eksploziva heksogena od po 100 g,

— 6 kumulativnih levaka konusnog oblika, debljine 1 mm, izrađenih od bakra,

— 6 detonatorskih kapisli, azidnih br. 8,

— 10 m sporogorećeg štapina,

— 2 ručna hemijska detektora sa indikatorskim cevčicama (HD-M1),

— automobil-cisterna za dekontaminaciju (ACD M71),

— zaštitne maske M2 i zaštitna odelo,

— 50 kg kaporita sa 65% aktivnog hlora,

— 2 kg NaOH,

— 150 l vode,

— bure od 200 l.

Sa artiljerijskih projektila se najpre skida upaljač i, ako je moguće, vadi umetnuto eksplozivno punjenje. Potom se plastični eksploziv formira u obliku valjka i umetne u aluminijumski cilindar koji je sa druge strane bio zatvoren konusnim levkom od bakra. Na taj način formirano je improvizovano kumulativno eksplozivno punjenje. Sa gornje strane eksplozivnog punjenja metalnim šiljkom napravljeno je udubljenje u plastičnom eksplozivu i u njega smeštena kapisla sa sporogorećim štapinom.

Nakon ukopavanja projektila u zemlju, na košuljicu ispod gornjeg centrirajućeg ojačanja postavljeno je kumulativno eksplozivno punjenje i pričvršćeno lepljivom trakom za košuljicu projektila. Aktiviranje eksplozivnog punjenja izvedeno je iz zaklona, koji se nalazi na bezbednoj udaljenosti.

Ista metoda primenjena je i kod ostalih projektila.

Rezultati i diskusija

Aktiviranje improvizovanog kumulativnog eksplozivnog punjenja izvedeno je iz zaklona sa bezbedne udaljenosti. Pre aktiviranja preduzete su sve mere bezbednosti i zaštite ljudstva koje je učestvovalo u izvođenju eksperimenta.

Ispravnost i kompletnost sredstava za detekciju i zaštitu proverena je neposredno pre aktiviranja projektila, radi izbegavanja neželjenih posledica ukoliko je projektil laborisan bojnim otrovom.

U blizini mesta izvođenja eksperimenta nalazile su se dovoljne količine dekontaminacionih materija ukoliko i pored svih preduzetih mera opreza, dođe do kontaminacije ljudstva koje je izvodilo eksperiment.

Aktiviranjem eksplozivnog punjenja postavljenog na košuljicu projektila, iznad mesta aktiviranja razvio se gust beli oblak dima. On se vrlo sporo širio, što je bio dovoljan indikator da se posumnja na dimni projektil.

Otvor na košuljici dobijen aktiviranjem improvizovanog eksplozivnog punjenja bio je dovoljno širok da se detekcija i dekontaminacija mogu izvršiti.

Zbog nepouzdanosti organoleptičkog načina identifikacije, naknadno je, pomoću hemijskih detektora i indikatorskih cevčica, nedvosmisleno utvrđeno da je projektil laborisan dimnom smešom a ne toksičnom materijom.

I pored toga što je pretpostavka da su projektili laborisani bojnim otrovom bila pogrešna, na ovaj način utvrđeno je da se identifikacija sadržaja nekog projektila dosta sigurno može izvršiti njegovim statičkim aktiviranjem, uz preduzimanje svih mera bezbednosti i primenu sredstava protivhemijske zaštite.

Da su projektili bili laborisani toksičnom materijom, nakon aktiviranja eksplozivnog punjenja i probijanja košuljice, pristupilo bi se detekciji i identifikaciji bojnog otrova, a nakon toga i dekontaminaciji.

Literatura:

[1] Rajić, D. (1992), Označavanje hemijske municije stranog porekla, VTG, br. 5/92.

Zaključak

Primenom statičke metode aktiviranja hemijskog projektila može se sa sigurnošću identifikovati njegov sadržaj.

Pri korišćenju ove metode osnovno je izabrati količinu, oblik i vrstu eksplozivnog punjenja, te formiranjem i aktiviranjem improvizovanog kumulativnog punjenja napraviti otvor u košuljici na njenom najtanjem delu. Neophodno je izbeći rasprskavanje cele košuljice, radi izbegavanja mogućnosti šire kontaminacije terena.

Nakon aktiviranja kumulativnog punjenja potrebno je nekom od metoda izvršiti detekciju i identifikaciju unutrašnjeg sadržaja, tj. kapljica ili para bojnog otrova. Ukoliko na terenu ne postoji mogućnost analize otrova, uzorke treba poslati na analizu u najbližu naučnu ustanovu.

Posle toga treba izvršiti dekontaminaciju ljudstva, MTS i terena, primenom metoda i materijala koji su najpogodniji za dotičnu toksičnu materiju.

Pri izvođenju identifikacije na ovakav način veoma je važno napraviti organizaciju posla i preduzeti sve mere obezbeđenja, bezbednosti i zaštite, radi izbegavanja nastanka akcidenta.

Ova metoda identifikacije daje nedvosmislene odgovore na pitanje da li se u projektilu nepoznatog porekla nalazi bojni otrov. Ta činjenica favorizuje ovu metodu kada se pred stručne organe postavlja problem identifikacije nepoznate municije.

[2] Rajić, D. Maletić Z. (1994), Identifikacija hemijske municije zaplenjena u ratu (I deo), VTG, br. 2/94.

ANALIZA MOGUĆNOSTI KORIŠĆENJA METEORSKIH TRAGOVA ZA VOJNE RADIO-KOMUNIKACIJE

U ovom radu izvršena je analiza radio-komunikacionih sistema kod kojih se prostiranje bazira na refleksiji od meteorskih tragova. Ovi radio-komunikacioni sistemi imaju karakteristike koje ih čine posebno pogodnim za vojne primene: otežano izviđanje, otežano prisluškivanje, otežano ometanje prijema i visok stepen otpornosti na zračenje uzrokovano nuklearnom eksplozijom. Navedeni su empirijski izrazi za srednji informacijski protok i srednje vreme čekanja poruka. Ovi izrazi su, zatim, upotrebljeni za ocenu karakteristika nekoliko vrsta vojnih radio-komunikacionih sistema po meteorskim tragovima.

Uvod

Pošto se Zemlja kreće kroz prostor, na nju neprekidno pada meteorska prašina. Meteori sagorevaju pri prolazu kroz atmosferu pri čemu se formira dugi jonizovani trag, na visini između 80 i 120 km iznad Zemljine površine. Iako se ovaj jonizovani trag difundira u okolni prostor za svega nekoliko sekundi, on ipak, za to vreme reflektuje radio-sigale koji omogućavaju radio-komunikaciju do 2000 km. Frekvencijski opseg za radio-propagaciju po meteorskim tragovima iznosi od 30 MHz do 100 MHz. Donja granica određena je zahtevom da se izbegne refleksija zbog efekta raspršivanja u jonosferi, a gornja osetljivost prijemnika, jer su refleksije signala visokih frekvencija slabije od refleksija signala nižih frekvencija.

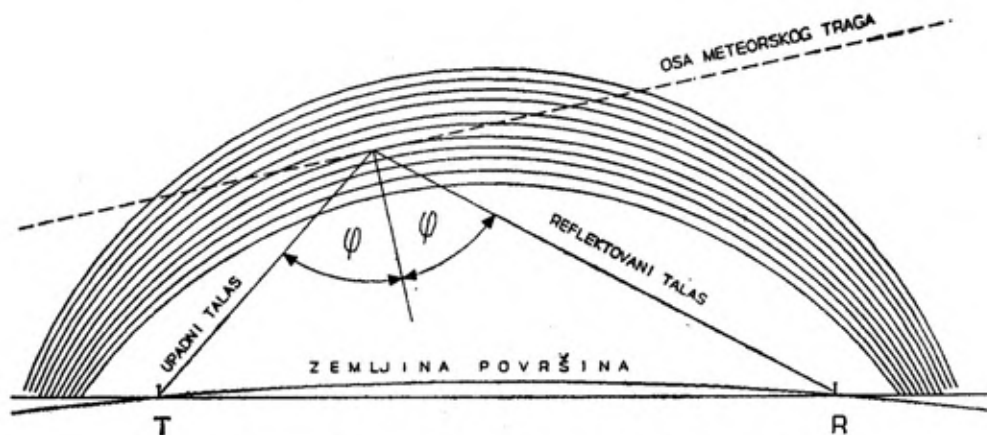
Krajem pedesetih i početkom šezdesetih godina vršena su značajna istraživanja u oblasti prenosa digitalnih signala iza linije optičke vidljivosti pomoću radio-komunikacija po meteorskim tragovima. Tadašnje stanje tehnologije nije omogućavalo realizaciju ovakvog tipa radio-uređaja prihvatljivih dimenzija. Razvoj mikroprocesora, koji omogućavaju jeftin i kvalitetan sistem za kontrolu protokola i pojava jeftinih memorija, za baferovanje podataka, omogućili su brz razvoj radio-komunikacija po meteorskim tragovima. Ot-

pornost na nuklearno zračenje meteorskih tragova je bolja od drugih medija za prenos talasa iza linije optičke vidljivosti, kao što su satelitski i VF jonosferski talasi. To je posebno značajno sa aspekta primene u vojnim radio-komunikacijama.

U ovom radu prikazane su osnovne karakteristike radio-komunikacija po meteorskim tragovima koje su važne za vojnu primenu. Analitički model koji opisuje karakteristike meteorske veze najpre je prikazan, a zatim primenjen za procenu performansi u nekoliko mogućih vojnih primena. Posle uvodnih napomena, u drugom poglavlju prikazane su osnovne osobine meteorskih tragova kao prenosnog medijuma. U trećem poglavlju razmatrane su mogućnosti vojnih radio-komunikacionih sistema po meteorskim tragovima, a u četvrtom se prikazuje radio-komunikacija po meteorskim tragovima, i nekoliko mogućnosti kao za vojnu primenu, glavne karakteristike za svaku od njih. U petom poglavlju dati su osnovni zaključci ovog rada.

Opis radio-komunikacionih sistema sa prenosom signala pomoću meteorskih tragova

Radio-komunikacioni sistemi sa prenosom signala pomoću meteorskih tragova prenose poruke u diskretnim



Sl. 1 — Geometrija radio-komunikacije po meteorskom tragu

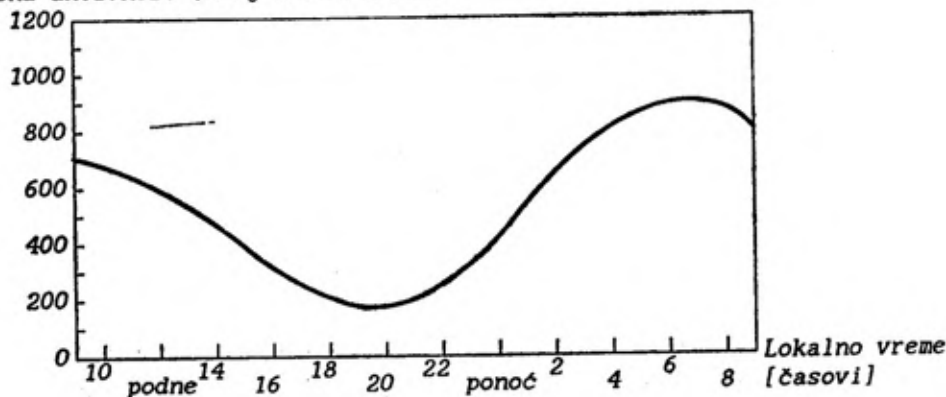
vremenskim intervalima. Radio-veza je uspostavljena jedino za vreme kratkog intervala, kada se stvori meteorski trag podesne geometrijske orijentacije u odnosu na položaj predajnika i prijemnika. Pod podesnom orijentacijom smatra se takav položaj traga kod kojeg su jednaki upadni i izlazni ugao putanje predajnik — meteorski trag — prijemnik (slika 1). Ovaj geometrijski položaj, poznat kao refleksija od ravne površine, zadovoljava bilo kakav trag koji je tangenta jednog iz familije elipsoida, koji u žižama imaju predajnik i prijemnik.

Dnevne i sezonske varijacije pojavljivanja upotrebljivih meteorskih

tragova mogu se objasniti na osnovu promene brzine i gustine prolaza meteora kroz Zemljinu orbitu. Ovi zaključci su detaljno objašnjeni u literaturi (1). Slika 2 i 3 ilustruju ove varijacije. Sezonske promene upotrebljivih tragova su u direktnoj srazmeri sa gustinom meteora duž Zemljine orbite, koja je prikazana na slici 3.

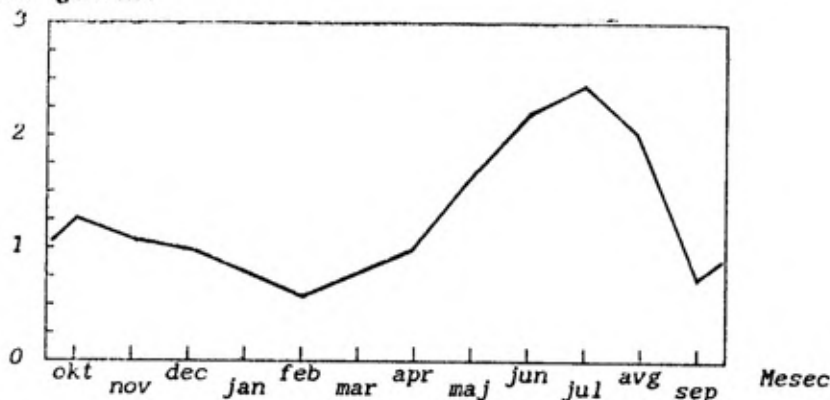
Važne karakteristike radio-komunikacija po meteorskim tragovima su tajnost i pouzdanost komunikacije. Imajući u vidu mehanizam prostiranja signala pomoću meteorskog traga između predajnika i prijemnika, ovaj signal može biti detektovan pomoću prislušnog prijemnika samo ukoliko se

Meteorska aktivnost (broj meteora/čas)



Sl. 2 — Dnevne varijacije meteorskih aktivnosti

Relativna gustina



Sl. 3 — Sezonske varijacije meteorske aktivnosti duž Zemljine orbite

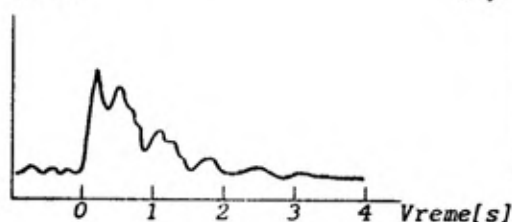
on nalazi unutar granica elipsoida u neposrednoj blizini radio-komunikacionog prijemnika.

Ometački signali (namerni ili ne-namerni) prostiraju se do prijemnika, jedino ako se ometački predajnik nalazi unutar traga komunikacionog predanjika. Merenja pokazuju da su velika i mala osa traga reda 3200 i 40 km,

respektivno. Ove karakteristike imaju veliki značaj za vojnu primenu radio-komunikacija po meteorskim tragovima.

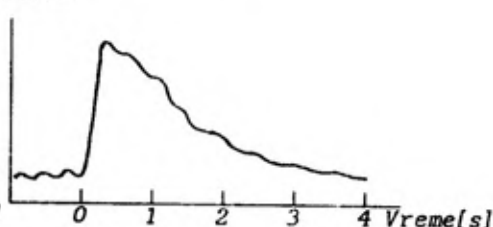
Meteorski tragovi se karakterišu gustinom slobodnih elektrona u tragu. Generalno, tragovi sa manjom gustinom su kraćeg veka ali su brojniji od tragova sa većom gustinom. Takođe,

Amplituda



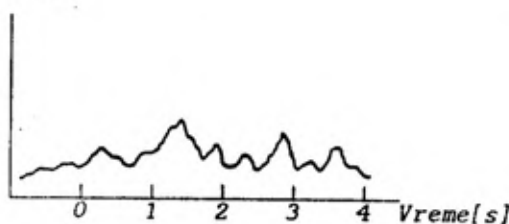
a)

Amplituda



b)

Amplituda



c)

Sl. 4 — Tipični reflektovani signali od tri vrste meteorskih tragova:

(a) trag male gustine, (b) trag velike gustine koji omogućava refleksiju kao od ravne površine, (c) trag iskrivljen pod uticajem vetra koji ne omogućava refleksiju kao od ravne površine

usled vetra može doći do promene konfiguracije traga. Tipični primeri tragova ilustrovani su na slici 4.

Pored jonizovanih tragova nastalih prolaskom meteora, u jonosferi postoji još nekoliko mehanizma koji omogućavaju radio-refleksiju signala nižih VVF frekvencija. Do refleksije može doći i usled prisustva sporadičnog E sloja, proširenog sloja F i raspršenja zbog polarne svetlosti. Prisutvo ovih neregularnosti u atmosferi može povećati radio-komunikacioni kapacitet veze po meteorskim tragovima, ali i izazvati neželjenu interferenciju sa nekom drugom vezom po meteorskom tragu ili umanjiti prirodnu otpornost na ometanje i povećati prirodno malu verovatnoću izviđanja.

Analiza sistema

Postoje tri načina rada radio-komunikacionih sistema za prenos signala sistema po meteorskim tragovima: veza između dve tačke, rad u radio-mreži i radio-difuzija. Iako bi sistemi po meteorskim tragovima mogli da rade na bilo koj od ova tri načina, do sada poznati sistemi isključivo služe za veze između dve tačke. U ovom poglavlju biće reči o mogućnostima realizacije sistema po meteorskim tragovima za svaki od ova tri moguća načina rada.

Veza između dve tačke je najjednostavnija za realizaciju. Da bi se ostvarila ovakva veza, potrebno je da predajni terminal prepoznaje početak i kraj upotrebljivog traga. Ako prenos počinje suviše kasno ili završava prebrzo, dragoceno vreme trajanja traga ostaće neiskorišćeno. Ako se prenos nastavi posle prestanka korisnog dela traga, pojaviće se veliki broj grešaka.

Pretpostavlja se da je povratna veza u svim vezama između dve tačke ostvarena. U poludupleskom slučaju direktna i povratna veza dele istu frekvenciju, dok u dupleskom slučaju koriste dve različite frekvencije. Za omo-

gućavanje prenosa podataka između tačke A i tačke B, najjednostavnija metoda je dodeljivanje različitih frekvencija svakom predajniku i kontinualna predaja test-signal iz glavne stanice (recimo tačka A). Kada prijemnik iz tačke B detektuje test signal, predajnik iz tačke B šalje preambulu, nakon koje sledi informacija. Stanica u tački A koristi preambulu da sinhronizuje svoj prijemnik i omogući ispravan prijem poruke. Uobičajeno je da stanica A potvrđuje prijem poruke ili bloka podataka.

Nekoliko oblika ovog osnovnog sistema je razvijeno. Prvi sistemi po meteorskim tragovima merili su amplitudu ulaznog signala da bi odredili da li je test-signal bio primljen. JANET sistem (3) usavršen je po navedenoj proceduri uz odgovarajuću izmenu. Kod njega se, za određivanje da li je test-signal primljen ili ne, meri odnos signal — šum, i na taj način se smanjuje greška. Nakon opsežnog testiranja JANET sistema zaključeno je da se ovakvim pristupom ne postiže kompromis između efikasne upotrebe kanala i male verovatnoće pojave greške. Zato je razvijen novi sistem koji koristi automatsku potvrdu prijema na bazi znaka dužine 7 bita. Ovakav način rada primenjen je kod COMET sistema (4).

Mogućnost realizacije radio-mreže na bazi sistema za prenos po meteorskim tragovima nije dovoljno istražena. Jedinu poznatu sistem sposoban da radi na ovaj način projektovala je firma Western Union. Trenutno je instaliran u ministarstvu za poljoprivredu SAD. Ovaj sistem se sastoji od 511 udaljenih stanica, koje komuniciraju sa dve glavne stanice. Ministarstvo za poljoprivredu koristi jednosmeran prenos podataka od udaljenih do glavne stanice. Sistem može biti adaptiran tako da omogućiti i dvosmeran prenos. Mreža može biti ostvarena ako glavna stanica radi u »store-and-forward« modu.

Sistemi radio-difuzije nisu dovoljno razmatrani u literaturi o meteor-

skim komunikacijama. Ako se pođe od definicije radio-difuzije vidi se da je sprega od predajnika do prijemnika neprimenljiva na uobičajenu konfiguraciju meteorskih veza. Umesto toga, predajnik mora dovoljno dugo vremena da ponavlja informaciju, kako bi osigurao verovatnoću prijema od svih udaljenih stanica. Ponavljanje poruka zahteva dovoljno sažete poruke, kako bi se za prenos mogao iskoristiti jedan meteorski trag prosečnog trajanja. Svakoj ponovljenoj poruci mora prethoditi preambula, koja omogućuje sinhronizaciju udaljenih prijemnika.

Ovakav sistem radio-difuzije za svoj rad koristi jednostavni model meteorske veze. Jednu od mera za ocenu performansi predstavlja vreme prenosa koje je potrebno da sve udaljene stanice prime poruku sa odgovarajućom verovatnoćom. Ovo vreme prenosa zavisi od prosečnog trajanja traga, broja udaljenih stanica i željene verovatnoće uspešnog prijema. Tabela 1 prikazuje vreme prenosa poruke, uz osiguranje 99 procenata verovatnoće prijema svih L udaljenih stanica, u funkciji ukupnog trajanja poruke (uključujući trajanje

informacije). Pretpostavljeno je prosečno trajanje traga od 0,58 s i prosečno vreme između pojavljivanja tragova od 10 s.

Proračuni u tabeli zasnivaju se na podatku da je gornja granica ukupnog prosečnog vremena trajanja poruka 1 s. Pretpostavljeno je trajanje preambule od 50 ms. Informaciona brzina je 2000 bit/s (tipično za meteorske veze). Sa povećanjem informacione brzine, odnosno predajne snage, broj karaktera u poruci može se povećati.

Analiza verovatnoće izviđanja i otpornosti na ometanje

Jedna od glavnih prednosti komunikacija pomoću meteorskih tragova je osobina tajnosti, koja je rezultat ograničenog dometa reflektovanih talasa od meteorskih tragova. Ovoj osobini posvećena je značajna pažnja u literaturi o meteorskim komunikacijama. Takođe, ona je uzrok većeg broja zahteva za opremanje bronjih vojnih i civilnih službi sa sistemima meteorske veze.

U drugom poglavlju opisan je pojam eliptičnog traga. Naravno, ovaj trag nije strogo određen, nije određena granica unutar koje će signal biti uvek primljen, a iza koje neće nikada biti primljen. Umesto toga, bolje je opisana situacija pomoću slike 5. Na slici su prikazani teorijski i eksperimentalni rezultati odnosa isgnala, primljenih sa dva različita prijemnika u funkciji razdaljine među njima. Kada se jedan od prijemnika kreće pod pravim uglom na prenosni put, njihov odnos brže opada nego kada se prijemnik kreće u smeru prenosnog puta.

Dok teorijski rezultati pokazuju da se odnos primljenih signala sa dva prijemnika smešetnih duž prinosnog puta smanjuje veoma sporo, eksperimentalni rezultati ukazuju na dve ključne tačke: teorijski rezultati se teško postižu u praksi, što prikazuje slika 5. Čak i kada su dva prijemnika smeštena jedan pored drugog, odnos primljenih

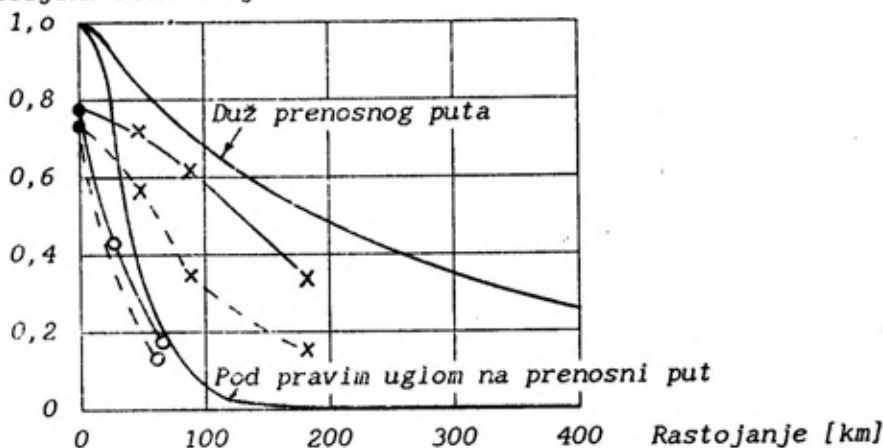
Tabela 1

Potrebno vreme prenosa da bi se, za L udaljenih korisnika, obezbedila verovatnoća prijema radio-difuzne poruke od 99%

Ukupno trajanje poruke	Potrebno vreme prenosa u minutama			
	$L=1$	$L=10$	$L=20$	$L=50$
35 ms	0,77	1,2	1,3	1,4
100 ms	0,86	1,3	1,4	1,6
300 ms	1,2	1,8	2,0	2,2
500 ms	1,7	2,6	2,8	3,2
700 ms	2,4	3,6	4,0	4,5
1,0 s	4,1	6,1	6,7	7,5
1,5 s	9,6	14,4	15,8	17,7
2,0 s	22,7	34,1	37,5	42,0

L — broj udaljenih stanica
 prosečno trajanje traga = 0,58 s
 prosečan interval između tragova = 10 s

Koeficijent korelacije



Sl. 5 — Koeficijent korelacije u blizini radio-komunikacionog prijemnika u meteorskoj vezi

Teorijski rezultati —————
 Eksperimentalni rezultati (46 MHz)
 U smeru prenosnog puta x—x—x—x
 Pod pravim uglom na prenosni put 0—0—0—0
 Eksperimentalni rezultati (92 MHz)
 U smeru prenosnog puta x---x---x
 Pod pravim uglom na prenosni put 0---0---0

signala je manji od jedinica. Ovaj efekat se pripisuje neprilagođenju antenskih sistema oba prijemnika. Odnos signala opada na višim radnim frekvencijama. Takođe, vetar može da iskrivi trag, odnosno da formira novi trag, usled čega dolazi do fedinga u prijemnicima. To formiranje novog traga ima za posledicu da se reflektovani talas pojavi i tamo gde se ne bi smeo pojaviti. Može se reći da je malu verovatnoću izviđanja moguće postići režimom rada u kojem se poruka šalje u kratkim vremenskim intervalima.

Ometanje je moguće postići sa ometačem u zoni optičke vidljivosti. Potrebno je da se signal ometača reflektuje od meteorskog traga i na taj način uzrokuje gubljenje korisnog signala. U slučaju da se ometač nalazi iza linije optičke vidljivosti, on može prekinuti vezu jedino u slučaju da se njegov talas reflektuje od traga od kojeg se reflektuje korisni signal.

Parametri sistema

Parametri sistema, od najvećeg interesa za vonju primenu, jesu srednji informacioni protok (u bitima u sekundi), srednje vreme čekanja (za prenos poruke specificirane dužine), verovatnoća greške, maksimalni domet, mala verovatnoća izviđanja i nemogućnost ometanja. Ovi parametri zavise od uslova okoline, kao što su nivo šuma, spoljne smetnje, geografska lokacija, doba godine i doba dana. S druge strane, ovi parametri mogu se kontrolisati pomoću predajne snage, frekvencije nosioca, trenutne informacione brzine i koeficijenta antenskog pojačanja. U ovom poglavlju biće razmatran uticaj parametara sistema i okoline na rad sistema.

Zbog promenljivosti odnosa signal — šum kod različitih tragova, pa i unutar jednog traga javljaju se teškoće pri određivanju greške koja će se javiti u kanalima meteorske veze. U literaturi je malo eksperimentalnih rezultata, ko-

ji se odnose na intenzitet pojavljivanja greške. Statistički podaci koji se odnose na broj pogrešnih bita zahtevaju izračunavanje dva važna parametra: verovatnoće detektovanja greške (budući da se greška rezultuje u ponovnom prenosu bloka podataka) i verovatnoće nedetektovanja greške (što je mera pouzdanosti sistema).

Kod sistema koji koriste automatsku potvrdu prijema postoji zavisnost između pouzdanosti i protoka informacija. Da bi se izrazila priroda ove veze, teorijski protok informacija hipotetične meteorske veze računat je u funkciji trenutne informacione brzine, prosečnog intervala između pojavljivanja tragova, dužine bloka posle kojeg se vrši potvrda prijema i verovatnoće greške u kanalu, uzimajući da je prosečno trajanje traga 0,58 s.

Dva osnovna parametra koja određuju performanse meteorske veze su dužina bloka i broj zaštitnih bita po bloku. Dužina bloka je u vezi sa protokom informacija, dok broj zaštitnih bita utiče na pouzdanost. Protok informacija i pouzdanost deluje na verovatnoću greške P_e . Tabela 2 prikazuje međusobni uticaj ovih parametara. U njoj je prikazan teorijski protok informacija tipične meteorske veze u funkciji dužine bloka i broja pogrešnih bita, za dva slučaja: blok sadrži 4 zaštitna bita i blok sadrži 16 zaštitnih bita. Uzeta je radna frekvencija od 40 MHz i predajna snaga od 200 W.

Informacioni protok meteorske veze zavisi od predajne snage, radne frekvencije, željenog dometa i trenutnog informacionog protoka. Neki jednostavni proračuni govore da je za fiksnu dužinu bloka i fiksni broj zaštitnih bita informacioni protok približno proporcionalan trenutnom informacionom protoku, pod pretpostavkom da predajna snaga linearno raste sa informacionom brzinom, održavajući konstantnu verovatnoću greške. Ako predajnu snagu držimo konstantnom, eksperimentalni rezultati pokazuju da se informacioni protok menja kao $R^{0.4}$, gdje je R tre-

Tabela 2

Teorijski informacioni protok i verovatnoća nedetektovanja greške sistema sa automatskom potvrdom prijema:

a) 4 zaštitna bita po bloku, b) 16 zaštitnih bita po bloku

a)

Dužina bloka (biti)	$P_e = 10^{-3}$		$P_e = 10^{-5}$	
	Informacioni protok (b/s)	Verovatnoća nedetektovanja greške	Informacioni protok (b/s)	Verovatnoća nedetektovanja greške
10	65,5	$7,4 \times 10^{-9}$	51,3	$7,0 \times 10^{-6}$
20	86,2	$1,2 \times 10^{-5}$	62,1	$9,9 \times 10^{-4}$
50	92,5	$7,3 \times 10^{-5}$	44,2	$4,7 \times 10^{-3}$
100	85,9	$2,8 \times 10^{-4}$	22,3	$1,2 \times 10^{-2}$
200	70,7	$1,0 \times 10^{-3}$	7,32	$1,7 \times 10^{-2}$

b)

Dužina bloka (biti)	$P_e = 10^{-3}$		$P_e = 10^{-5}$	
	Informacioni protok (b/s)	Verovatnoća nedetektovanja greške	Informacioni protok (b/s)	Verovatnoća nedetektovanja greške
20	21,5	$1,9 \times 10^{-14}$	15,5	$1,7 \times 10^{-16}$
50	68,7	$2,3 \times 10^{-16}$	32,5	$1,6 \times 10^{-18}$
100	75,6	$1,0 \times 10^{-12}$	20,0	$4,4 \times 10^{-4}$
200	65,8	$3,2 \times 10^{-4}$	6,68	$5,5 \times 10^{-7}$
400	48,4	$1,1 \times 10^{-4}$	0,87	$3,0 \times 10^{-4}$

Parametri koji su upotrebljeni za proračunavanje:

informaciona brzina = 2000 bit/s,

prosečno trajanje traga = 0,58 s,

prosečan interval pojavljivanja tragova = 10 s,

dužina puta = 1000 km.

nutna informaciona brzina. Informaciona brzina može da raste do određene vrednosti. Njen dalji porast je ograničen intersimbolskom interferencijom zbog efekta višeputne propagacije.

Za meteorske sisteme koji rade sa fiksnom informacionom brzinom, eksperimentalno je prikazano da je protok

informacija sa $P^{0,6}$, gde je P efektivno izračena snaga predajnika. Ovaj rezultat je u skladu sa teorijskim stavom da je broj iskorišćenih meteorskih tragova proporcionalan kvadratnom korenu iz predajne snage.

Zavisnost $P^{0,6}$ omogućava da se odredi kako promene dobitka antene i predajne snage utiču na informacioni protok. Međutim, ona ne može poslužiti za procenu uticaja dometa na informacioni protok. Za procenu zavisnosti informacionog protoka od rastojanja razvijene su određene empirijske relacije. One su dobijene na osnovu eksperimentalnih podataka i prikazane su u tabeli 3.

Tabela 3

Zavisnost informacionog protoka od komunikacionog dometa

Domet (km)	Empirijska relacija za informacioni protok
200 — 480	0,58 T.
480 — 770	(D/770)T.
770 — 1280	T.
1280 — 2000	$T \cdot (0,0006 (D - 1280))$

Primerbe: T. — Informacioni protok na rastojanju od 1 000 km,
D — Komunikacioni domet (km)

Zavisnost informacionog protoka od frekvencije je složeno pitanje. Jednostavna teorijske analiza, koja uzima u obzir prosečno pojavljivanje tragova, sposobnost tragova da vrše refleksiju i kosmički šum, ukazuje da je informacioni protok srazmeran sa $f^{-2,4}$, gde je f frekvencija nosioca. Jedinu izmereni podaci koji su na raspolaganju predstavljaju informacioni protok COMET sistema za frekvencije 40 MHz i 100 MHz. Informacioni protok ovog sistema u proseku je srazmeran $f^{-4,2}$, pri čemu je informacioni protok srazmeran $f^{-2,4}$ za frekvenciju 40 MHz, a eksponat raste sa porastom frekvencije nosioca.

Pored ovih faktora postoje i dodatni koji su izvan kontrole projektanta sistema. Informacioni protok zavisi i

od promenljivih uslova okoline, kao što su doba dana i doba godine. Otuda ove promene imaju za posledicu pet dnevnih i tri sezone podele.

Još jedan važan parametar je vreme čekanja između slanja poruka, odnosno verovatnoća da je vreme čekanja manje od specificirane vrednosti. U tabeli 4 data je veza između vremena čekanja i sinhronizacionog vremena za slučaj prenosa poruke od 500 karaktera informacionom brzinom 2000 bit/s uz verovatnoću uspešnog prenosa od 90 procenata. Iz tabele se vidi da vreme čekanja polagano raste sa porastom sinhronizacionog vremena, sve dok se sinhronizaciono vreme ne približi prosenčom vremenu pojavljivanja tragova. Porast sinhronizacionog vremena uslovljava poruke. Međutim, dobro projektovan sistem može izbeći nepotrebno kašnjenje poruke, radom sa manjim vremenom čekanja.

Tabela 4

Vreme čekanja za poruku od 500 karaktera kao funkcija vremena akvizicije sinhronizacije

Vreme akvizicije sinhronizacije	Vreme čekanja (sekunde)
0 ms	27,8
50 ms	30,3
100 ms	33,1
200 ms	39,3
500 ms	65,9
1 s	156
2 s	875

Primerbe: verovatnoća uspešne komunikacije = 0,9,
informaciona brzina = 2 000 bit/s,
prosečan interval između pojavljivanja tragova = 4 s,
prosečno trajanje traga = 0,58 s

Cena terminala za meteorske veze zavisi od arhitekture sistema. Na primer. Western Union je konstruisao glavnu stanicu sposobnu da opslužuje 200 udaljenih stanica. Cena takve stanice kreće se od 75 000 do 100 000 do-

lara (uključujući instalaciju), zavisno od specijalnih karakteristika. Udaljene stanice koštaju oko 5 000 dolara bez mikroprocesora, a 8 000 dolara sa mikroprocesorom.

COMET sistem je projektovan za vezu dve tačke sa identičnim terminalima. Cena osnovnog mini računara COMET sistema je oko 6 000 dolara, ne uključujući radio-opremu (predajnici, antene, itd.). Za sličan stepen usluga, radio-oprema za sistem meteorske veze košta manje od opreme za konvencionalnu VF vezu zbog manjih zahteva u pogledu predajnika i antena.

Primena u vojne svrhe

Kao što se moglo videti, meteorska veza koristi neobičan propagacioni medijum, sa mnogo neobičnih i interesantnih osobina. Svaka od ovih osobina može biti prednost ili nedostatak, zavisno do primene. U ovom poglavlju navedene su brojne potencijalne mogućnosti za vonju primenu radio-komunikacija po meteorskim tragovima. Za svaku od njih navedene su karakteristike.

Prenos podataka iza linije optičke vidljivosti podrazumeva prenošenje digitalnih podataka između fiksnih ili mobilnih platformi, sa srednjim informacionim protokom od 75 do 2 400 bit/s. Mobilne platforme mogu biti dižpovi, transporteri ili letelice. Način komunikacije može biti veza dve tačke, radio-difuzija. Meteorska veza se najviše upotrebljava za rastojanja od 100 do 2 000 km (vidi tabelu 3), s obzirom na to da se površinski VF talas koristi za manja rastojanja.

U slučaju veze između dve tačke, sistem najčešće radi sa srednjim informacionim protokom od 75—2 400 bit/s. Ovaj sistem će najbolje odgovoriti na zahteve sa multimodnim prenosom, ukoliko je frekvencija nosioca 40 MHz. Trenutna informaciona brzina ovakvog sistema je ograničena na 10 kbit/s.

Za ove vrednosti parametara, odnos informacionog protoka i srednjeg

intervala između pojavljivanja tragova je 4 754 bit/s. Tako bi za informacioni protok od 2 400 bit/s, srednji interval između pojavljivanja tragova trebalo da bude oko 2 s. Iz tabele 5 se vidi da je ova vrednost manja od prepodnevne julske vrednosti (2,5 s) za COMET sistem. Postizanje godišnjeg proseka od 2 400 bit/s za vreme prepodnevniha časova zahteva predajnu snagu od oko 3 kW. Za postizanje 2 400 bit/s u uslovima prosečnog kasnog popodneva, predajna snaga treba da bude oko 47 kW. (2).

Tabela 5

Prosečno vreme između poruka kod sistema COMET

Doba dana	Sezona		
	Juli (max.)	Februar (min.)	Godiš. prosek
6 časova pre podne (max. aktivnost)	2,5 s	6,25 s	4 s
6 časova posle podne (min. aktivnost)	25 s	16,67 s	20 s

Za gornje proračune pretpostavljeno je antenski dobitak od 10 dB. U mobilno-fiksnim vezama može biti upotrebljena antena sa većim dobitkom. U tabeli 6 prikazane su neke karakteristike mobilno-fiksnih konvencionalnih sistema i sistema male verovatnoće izviđanja.

Primarni konkurent meteorskim vezama je VF jonosferski kanal. Međutim taj medijum prati nekoliko problema. Mnogi od tih problema, koji smanjuju mogućnosti VF komunikacija manje su izraženi kod meteorske veze. Generalno, meteorske veze su manje podložne prirodnim promenama, jonosferskim smetnjama i uticaju zračenja usled nuklearne eksplozije. Ove smetnje često rezultiraju povećanjem apsorpcionog sloja D, čiji uticaj jako opada sa povećanjem frekvencije. Polarna

svetlost, na najjužnijim i najsevernijim geografskim širinama, negativno utiče na VF komunikaciju, za razliku od meteorske veze gde je taj uticaj manji.

Tehničke prednosti meteorske veze u odnosu na VF vezu su manje antene i manje složena oprema. Ostale prednosti su delimično prouzrokovane fiksnom radnom frekvencijom, bez potrebe da se menja sa promenom daljine, doba dana, doba godine ili pozicija Sunčevih pega. Sama činjenica da je VVF opseg manje zauzet od VF opsega, omogućuje lakše dobijanje VVF frekvencija i manju interferenciju sa ostlim korisnicima.

Kada je Western Union demonstrirala sistem meteorske veze, videlo se da sistem izvanredno odgovara za prenos podataka iz velikog broja senzora do glavne stanice. Sa ovim sistemom povezano je 200 gradova i postignut je prenos podataka od 200 bita bez greške iz najmanje 180 od ovih gradova za

vreme 10—20 minuta (zavisno od sezone i doba dana).

Pošto se svaka kombinacija udaljene i glavne stanice može tretirati kao veza dve tačke, prethodni proračuni odgovaraju ovoj upotrebi. Koristeći dipol-antene kod udaljene stanice, srednji informacioni protok od 75 bit/s se lako postiže sa predajnom snagom od nekoliko stotina vati. Vreme, za koje se ovaj protok informacija održava, zavisi od tipa napojnih baterija i napojnog mehanizma (Western Union sistem koristi solarnu energiju za punjenje baterija).

Upotreba širokog frekvencijskog opsega u meteorskim vezama dovela je do eksperimenata sa prenosom faksimila. Otuda, 1957. godine sprovedeni su testovi o prenosu analognog faksimila niske rezolucije (76 elemenat/inč) u ograničenom frekvencijskom opsegu od 27 kHz. Upotrebom predanje snage od 20 kW, crno-bele slike su se uspešno prenosile na razdaljini većoj od 1 500 km, sa frekvencijom nosioca od 40 MHz.

Tabela 6

Sumarne karakteristike meteorskih komunikacija u vojnoj primeni

Primena		RF frek. (MHz)	Brzina pre- nosa podat. u kanalu	Zračena snaga		Domet [km]	Procenjene performanse	
				AM	PM		Inform. protok	Vreme čekanja
Mobilno-mobilna telegrafija		40	10 kb/s	10 W	150 W	770 — 1280	75 b/s	
Mobilno-fiksna telegrafija	Konvenc	40	10 kb/s	300 W	4,7 kW	770 — 1280	2400 b/s	
	LPI	70	32 kb/s	5 W	80 W	770 — 1280	75 b/s	
Stanica za prikupljanje podataka od senzora		40	10 kb/s	30 W	500 W	770 — 1280	75 b/s	
Prenos faksimila		40	4 MHz/ši- rina opsega	1 MW		770 — 1280		Do nekol. min/ /slici

LPI — mala verovatnoća izviđanja,

AM — pre podne,

PM — posle podne

Mnogo ranije, Raytheon je sproveo testove za povezivanje američkih televizijskih stanica, u dometu od 1 000 do 2 000 km. Prema njegovim proračunima, televizijski signal širine 4 MHz može biti prenesen sa frekvencijom nosioca od 40 MHz, koristeći predajnu snagu od 1 MW. Sa takvom šemom prosečno vreme čekanja biće oko 15 minuta, a prosečno trajanje traga treba da bude oko nekoliko sekundi.

Sprovedeni eksperimenti su potvrdili da je pomoću refleksije signala od meteorskih tragova moguće ostvariti prenos faksimila na daljinu. Pritom se može izvršiti prenos jedne slike po jednom tragu, čak iako je trag relativno kratkog trajanja. Ovakav sistem veze, bez specijalnih poteškoća, može biti primenjen u mobilno-mobilnoj ili mobilno-fiksnjoj vezi.

Vreme čekanja za ovu vrstu prenosa biće na granici od nekoliko minuta po slici. Takva vremena čekanja su neprihvatljiva za sadašnje vojne zahteve. Pored ovog nedostatka, nedostatak kriptografske zaštite ove vrste analognih sistema može predstavljati problem u nekim vojnim primenama.

Zaključak

Na kraju se može reći da su meteorski tragovi dobro izučeni medijum sa aspekta njihovog korišćenja za radio-komunikacije. Ostala su još neka nerešena pitanja, uprkos opsežnim istraživanjima u poslednje dve dekade. Među najvažnijim pitanjima su promene meteorske statistike sa radnom frekvencijom, posebno u opsegu od 50 do 80 MHz.

U ovom radu je razmatrana i ocenjena primena radio-komunikacija po meteorskim tragovima u vojne svrhe. Karakteristike svake primene ponaosob sumirane su u tabeli 6. Primene koje mnogo obećavaju su mobilno-mobilni i mobilno-fiksni sistemi male verovatnoće izviđanja, sistemi za prikupljanje i prenos podataka i sistemi za prenos faksimila. U svakoj od ove tri primene koriste se prednosti koje pružaju meteorski tragovi kao prenosni medijum, a to su privatnost, mogućnost rada sa fiksnom frekvencijom unutar neograničenog vremenskog intervala i mogućnost rada u širokom opsegu učestalosti.

Literatura:

- [1] G. R. Sugar: Radio Propagation by Reflection from Meteor Trails, Proc. IEEE, Vol. 52, February 1964, pp. 116-138.
- [2] J. D. Oetting: An Analysis of Meteor Bursts Communications for Military Applications, IEEE Trans. on Comm., Vol. COM-28, № 9, September 1980, pp. 1591-1601.
- [3] P. A. Forsyth, E. L. Vogan, D. R. Hansen, C. O. Hines: The Principles of JANET - A Meteor-burst Communications System, Proc. IRE, December 1957.
- [4] P. J. Bartholome, I. M. Vogt: COMET - A Meteor-burst System Incorporating ARQ and Diversity Reception, IEEE Trans. Comm. Techn., Vol. Com-16, April 1968.
- [5] D. Yaruz: Meteor Bursts Communications, IEEE Comm. Magazine, September 1980, pp. 40-48.
- [6] H. Nes: Dimensioning Technique for Meteor-Burst Communication Systems, IEE Proc., Vol. 132, Pt. E, № 6, October 1985, pp. 505-510.
- [7] Meteor Scatter Communications, prospekt firme Hollis International.

MODELOVANJE MAGISTRALA ZA PRENOS PODATAKA ELEKTRONSKOG SISTEMA VAZDUHOPLOVA U REALNIM EKSPLOATACIONIM USLOVIMA UZ PRIMENU AKTIVNE REDUNDANSE

U radu su prezentirani rezultati matematičkog modela koji omogućava analizu raspoloživosti veza između pojedinih delova elektronskog sistema i njihov uticaj na raspoloživost veza i elektronskog sistema u savremenim borbenim avionima. Prikazan je matematički model kojim je analiziran uticaj elektromagnetske interferencije na raspoloživost magistrala podataka i elektronskog sistema i rezultati ostvareni ovim putem. Pored toga, detaljno je prikazan model magistralne podataka redundovane sa magistralom u pripravnosti (aktivna redundansa) za rad u realnim (mirnodopskim) eksploatacionim uslovima. Program urađen na osnovu modela daje srednje vreme do prvog otkaza sistema i grafički prikazuje njegovu zavisnost od ulaznih parametara.

Uvod

Elektronski sistem savremenih borbenih letelica ostvaruje kompletnu koordinaciju i kontrolu svih operacija koje ta letelica obavlja u toku izvršavanja zadataka. Sistem integriše [1, 2, 3]: elektronsku opremu, sisteme letelice, sistem upravljanja borbenim sredstvima, električne komande leta i integrisanu pilotku kabinu.

Povezivanje elemenata sistema može biti individualno ili integrisano raznim standardima, najčešće sa MIL-STD-1553 [4, 5, 6], a u radu [1] je optimizovan predlog integracije elektronskih sistema sa tri magistrale za višenamenski savremeno opremljeni borbeni avion: magistrala upravljanja letom; magistrala zadatka (misije); magistrala naoružanja.

Sistem veza i njegov uticaj na raspoloživost elektronskog sistema vazduhoplova

Pri analizi pouzdanosti elektronskih sistema polazi se od postupka alokacije pouzdanosti svakog sastavnog dela, preko uređaja i podsistema, do kompletnog sistema [5, 6]. S obzirom na obimnost posla, korišten je programski paket za analizu pouzdanosti složenih sistema (APSS) [7].

Na osnovu podataka za francuski avion MIRAGE 2000 [5], koji je projektovan sa pouzdanošću $R=0,955$, uz eksponencijalnu raspodelu otkaza pouzdanost delova mora biti veća od pouzdanosti aviona za 1,047 puta, a intenzitet otkaza elektronskih sistema za više od deset puta manji od intenziteta otkaza aviona.

Da bi se došlo do podataka o raspoloživosti različitih sistema veza, analizirane su sledeće konfiguracije:

- prenos podataka neintegrisanog sistema velikim brojem veza;
- tri magistrale u rednoj vezi sa elementima integrisanog elektronskog sistema;
- tri redundovane magistrale u rednoj vezi sa elementima integrisanog elektronskog sistema.

U razmatranju raspoloživosti elektronskog neintegrisanog sistema računat zadatka i generisanja simbola komunicira direktno sa ostalim elementima sistema, a otkaz bilo kog elementa izaziva otkaz celog sistema. Proračun je izvršen za misiju trajanja od 600 časova, za projektovanu pouzdanost aviona 0,955, intenzitet otkaza (λ_a) aviona, intenzitet otkaza (λ_{oe}) i pouzdanost (R_{oe}) elektronskih sistema:

$$\lambda_a = 76,74 \cdot 10^{-6} \text{ čas}^{-1};$$

$$\lambda_{oe} = 17 \cdot 10^{-6} \text{ čas}^{-1}$$

$$R_{oe} = e - \lambda_{oe} t = 0,999660057$$

Ukupna raspoloživost u idealnom slučaju iznosi $A=0,998386564$, a ukupna raspoloživost neintegrisanog elektronskog sistema sa velikim brojem individualnih veza: $A=0,78562406$, što je izuzetno malo, odstupa od tražene vrednosti i obara raspoloživost aviona kao celine.

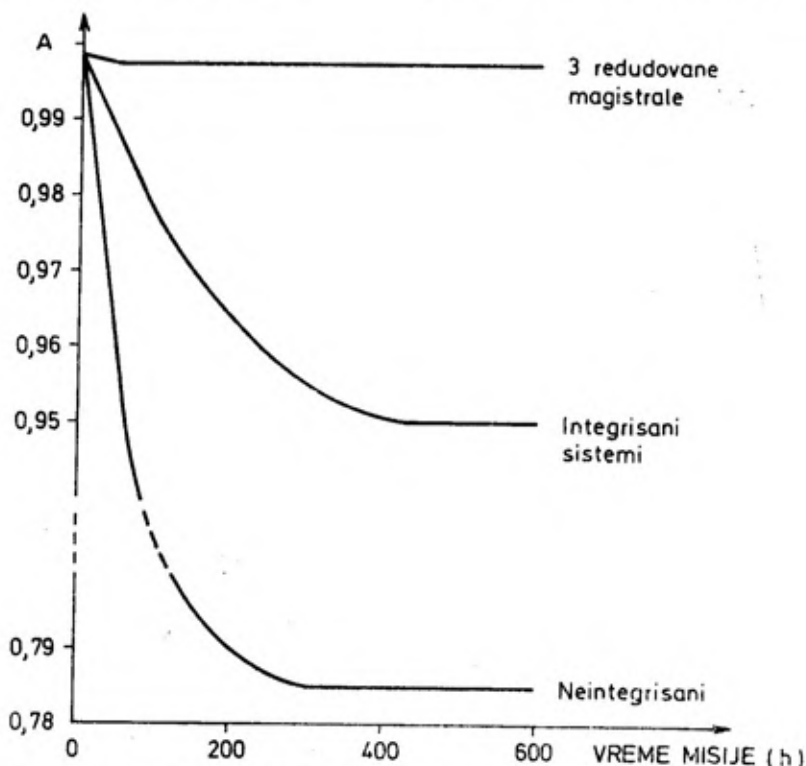
Posmatra li se sistem integrisane elektronske opreme koji se integriše sa tri magistrale, vrednost ukupne raspoloživosti iznosi $A=0,95089302$, što je još daleko od zahtevane vrednosti.

S obzirom na to da nema mogućnosti da se poveća parametar (μ), preko redundovanja magistrala povećaće se raspoloživost sistema veza i elektronskog sistema aviona. Za sistem sa tri redundovane magistrale, raspoloživost je dostigla svoju maksimalnu vrednost od $A=0,9971187$, koja, međutim, još nije dostigla i vrednost koja zadovoljava postavljeni uslov $A=R$.

Izvori elektromagnetske interferencije na avionu i modelovanje njihovog uticaja na prenos podataka

Prethodni proračun je urađen za žičanu magistralu posmatranu u idealnim uslovima, dok se u praksi, pored stalnih uticaja, pojavljuju i povremeni uticaji koji zajedno predstavljaju različit nivo opasnosti za prenos podataka, a time i za sigurnost letelice. Stalni izvori elektromagnetske interferencije na avionu su: linije napajanja frekvencije 400 Hz, zemaljski i avio-izvori radio-frekvencija, električni prelazni režimi, trenutni prekidi magistrale za napajanje, elektromagnetski impulsi nuklearnih eksplozija.

U radu je izvršeno modeliranje uticaja smetnji na prenos podataka žičanom magistralom, a za potrebe proračuna korišćene su konkretne vredno-



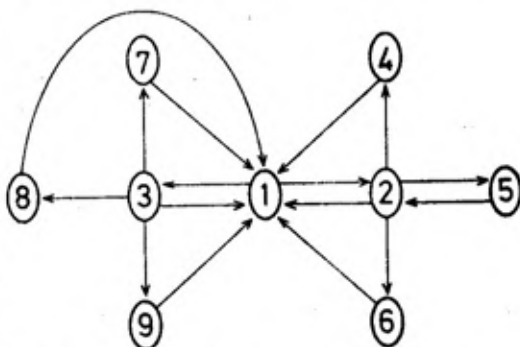
Sl. 1 — Raspoloživost neintegrisanog elektronskog sistema, integrisanog sistema sa tri magistrale i sistema sa tri redundovane magistrale

sti za magistrale prema američkom vojnom standardu MIL-STD-1553 [8, 9] i vrednosti uticaja elektromagnetske interferencije dostupne iz literature [10, 11, 12].

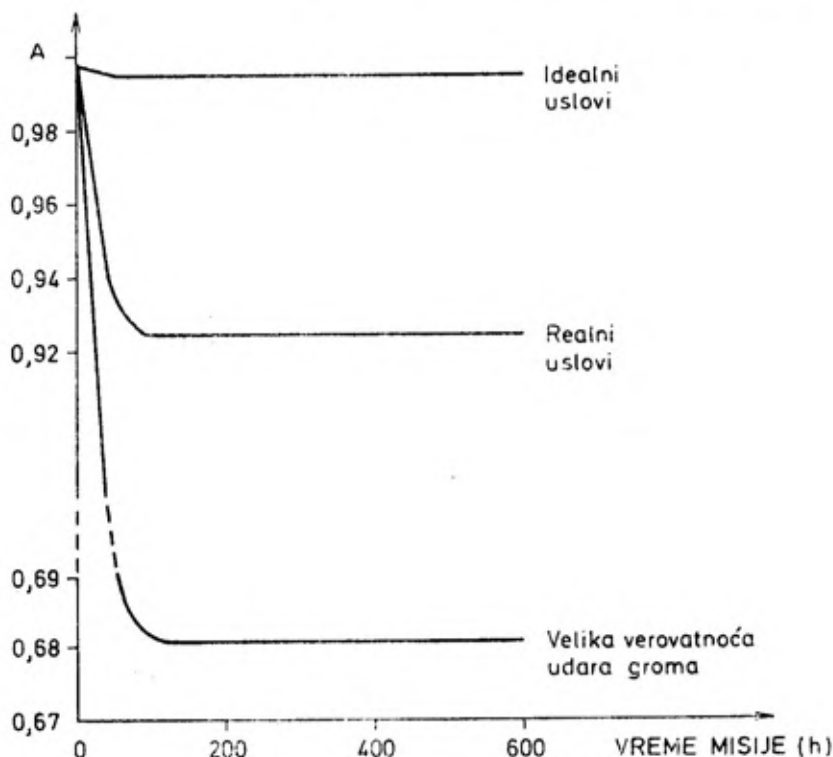
Uticaj elektromagnetske interferencije na elektronske sisteme aviona zavisi od konstrukcije žičane magistrale — provodnika signala koji preko svojih fizičkih uslova (dimenzije, uzemljenje, povratni vodovi, zaštite, veze zaštite, odvajanja i dužina žice) i drugih svojstava (metali, dielektrici, otpornost, induktivnost, kapacitivnost, impedansa i nelinearni efekti) određuju uticaj interferencije. U praksi se koriste: jedan vod sa povratnom vezom preko konstrukcije aviona, upredene parice radi minimalne indukcije magnetnog polja, ekranizirane upredene parice, balansirani izolovani projekat žičane magistra-

le za minimalnu zajedničku impedansu, optička magistrala, i kod svih se uticaj EMI razlikuje.

Kod modela koji opisuje uticaj elektromagnetskih smetnji na žičanu magistralu izvedenu prema MIL-STD-1553



Sl. 2 — Dijagram modela uticaja elektromagnetskih smetnji na žičanu magistralu 1553



Sl. 3 — Raspoloživost integrisanog elektronskog sistema sa tri redundantne magistrale u uslovima bez smetnji, u realnim radnim uslovima i u uslovima velike verovatnoće udara groma

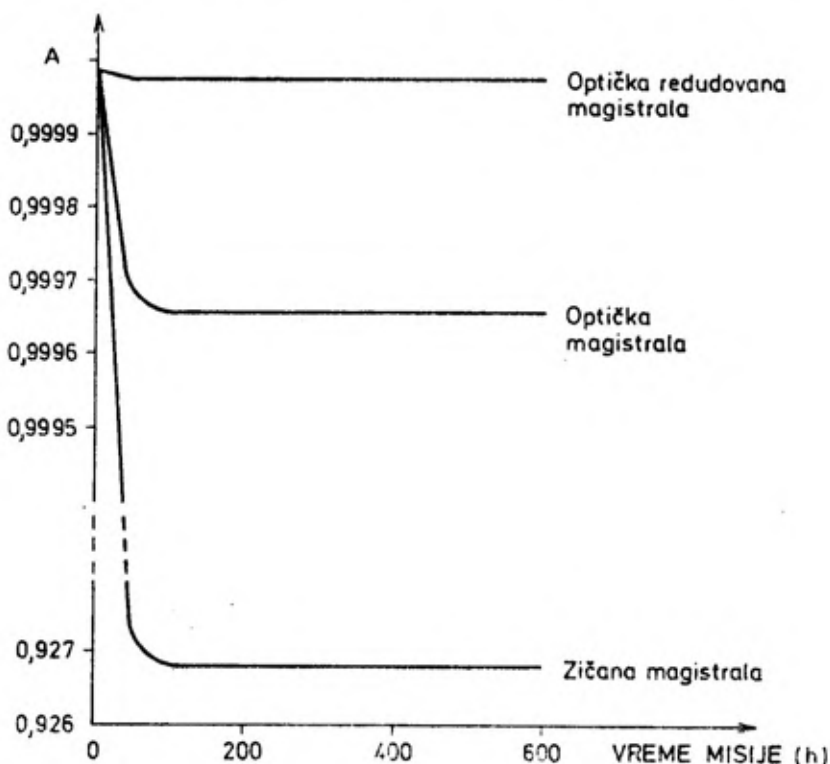
prelazak u neispravno stanje izazivaju samo uparene smetnje, a model ima tri ispravna radna stanja koja se međusobno razlikuju na osnovu osetljivosti na grešku. [13] Pri određivanju vrednosti intenziteta otkaza vođeno je računa o smetnjama koje su stalno prisutne, a uvedeno je i ograničenje — raspodele kvarova i popravki imaju eksponencijalnu raspodelu u vremenu. Modeliranje i proračun izvedeni su na programskom paketu za analizu pouzdanosti složenih sistema (APSS).

Model izveden za analizu uticaja elektromagnetske interferencije na prenos podataka magistralom poslužio je za proračune raspoloživosti u dva slučaja. U prvom slučaju proračun je za normalne uslove pojavljivanja smetnji i prosečan udar groma od 1/2100 časova leta, raspoloživost žičane magistrale je

$A_m = 0,97513410$, pa je realna raspoloživost elektronskog sistema aviona $A = 0,926829$, što je mnogo ispod idealne vrednosti. Proračun izveden za uslove u kojima postoji velika verovatnoća udara groma daje raspoloživost magistrale $A_m = 0,879808$, a raspoloživost celokupnog integrisanog elektronskog sistema iznosi $A = 0,680795$, što pokazuje da se pri takvim uslovima otežava delovanje pilota.

Treba naglasiti da u postupku modeliranja nisu uzete u obzir smetnje nastale namernim ometajućim dejstvima protivnika i od elektromagnetskog impulsa nuklearne eksplozije.

Elektromagnetski talasi, čak i elektromagnetski impuls nuklearne eksplozije ne utiču na informacije koje se prenose optičkim kablovima, pa je raspoloživost integrisanog elektronskog siste-



Sl. 4 — Raspoloživost integrisanog elektronskog sistema u realnim radnim uslovima: sa tri redundantne magistrale, sa optičkom magistralom i sa tri optičke redundantne magistrale

ma sa magistralom izvedenom od optičkog vlakna i uz ostale iste parametre $A=0,999660051$. U slučaju redundovanih magistrala $A=0,99999999$. Oba rezultata imaju vrednost veću od tražene i utiču na porast raspoloživosti aviona kao celine [14, 15].

Modeliranje srednjeg vremena do otkaza sistema kod redundovanih avionskih magistrala u realnim eksploatacionim uslovima

Da bi se došlo do podataka o srednjem vremenu do prvog otkaza magistrala sa magistralama u pripravnosti (aktivna redundansa), Markovljevom tehnikom razvijen je originalan model za rad u realnim eksploatacionim uslovima. Pri analizi modela pretpostavljeno je da su raspodele otkaza i popravki načelne i proizvoljne, a na osnovu modela razvijen je i odgovarajući računarski program. [16, 17, 18]

Prilikom analize ovog modela postavljene su sledeće pretpostavke:

— sistem se sastoji od dve magistrale: prva je operativna, a druga u pripravnosti;

— operativna magistrala može biti u jednom od navedenih režima:

- I — ispravan rad,
- S — rad u uslovima smetnji,
- S_1 — prekid veze usled pojačanih smetnji,
- P — prekid veze usled kvara,
- O — otklanjanje prekida veze usled jakih smetnji,
- O_1 — otklanjanje uzroka prekida veze,
- I_1 — ispravan rad posle uticaja smetnji;

— magistrala u pripravnosti može biti u jednom od sledećih režima :

- I — ispravan rad,
- M — mirovanje — pripravnost,

P_1 — prekid veze,

O_2 — prekid traje, čekanje na opravku;

— operativna magistrala ima dva režima rada:

I — ispravan rad,

S — rad u uslovima smetnji;

— magistrala u pripravnosti ima samo normalan režim rada;

— operativna magistrala u I režimu ne može otkazati bez prolaza kroz S režim, dok magistrala u pripravnosti prilikom otkaza preskače S režim i otkazuje u potpunosti, a posle popravke radi kao nova;

— operativna magistrala iz S režima postaje operativna kao I_1 , a kada otkaze ide na generalnu popravku, posle čega radi kao nova i smatra se da je u I režimu;

— prelazak iz režima u režim je perfektan i trenutni;

— za sve popravke postoji pribor i prednost se daje operativnoj magistrali. Magistrala u pripravnosti se servisira odvojeno;

— vremena otkaza i popravke su proizvoljne funkcije.

Pod navedenim pretpostavkama sistem mora biti u jednom od sledećih stanja:

- $S_0(I, M)$ — prva magistrala ispravno radi, a druga je u pripravnosti,
- $S_1(S, M)$ — prva magistrala je pod smetnjama, a druga je u pripravnosti,
- $S_2(P_s, I)$ — prva magistrala ima prekid veza usled pojačanih smetnji, a druga ispravno radi,
- $S_3(I_1, M)$ — prva magistrala ispravno radi posle uticaja smetnji, a druga je u pripravnosti,

$S_4(P, I)$ — prva magistrala ima prekid veze usled kvara, a druga ispravno radi,

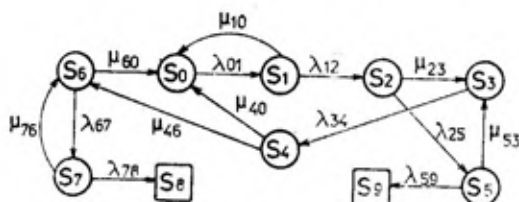
$S_5(I_1, P_1)$ — prva magistrala ispravno radi posle uticaja smetnji, a druga ima prekid veze,

$S_6(I, P_1)$ — prva magistrala ispravno radi, a druga ima prekid veze,

$S_7(S, P_1)$ — prva magistrala je pod uticajem smetnji, a druga ima prekid veze,

$S_8(P, P_1)$ — prva magistrala ima prekid veze usled pojačanih smetnji, a druga ima prekid veza,

$S_9(P, P_1)$ — prva magistrala ima prekid veze usled kvara, a druga ima prekid veza.



Sl. 5 — Dijagram stanja modela sa magistralom u pripravnosti za rad u realnim eksploatacionim uslovima

Relacije koje opisuju prelaze sistema u pojedina stanja su:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = \mu_{10}P_1(t) + \mu_{40}P_4(t) + \mu_{60}P_6(t) - \lambda_{00}P_0(t)$$

$$\frac{dP_1(t)}{dt} = \lambda_{01}P_0(t) - \lambda_{11}P_1(t)$$

$$\frac{dP_2(t)}{dt} = \lambda_{12}P_1(t) - \lambda_{22}P_2(t)$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = \mu_{23}P_2(t) + \mu_{59}P_5(t) - \lambda_{33}P_3(t)$$

$$\frac{dP_4(t)}{dt} = \lambda_{34}P_3(t) - \lambda_{44}P_4(t)$$

$$\frac{dP_5(t)}{dt} = \lambda_{25}P_2(t) - \lambda_{55}P_5(t)$$

$$\frac{dP_6(t)}{dt} = \mu_{46}P_4(t) + \mu_{76}P_7(t) - \lambda_{66}P_6(t)$$

$$\frac{dP_7(t)}{dt} = \mu_{67}P_6(t) - \lambda_{77}P_7(t)$$

$$\frac{dP_8(t)}{dt} = \lambda_{78}P_7(t)$$

$$\frac{dP_9(t)}{dt} = \lambda_{59}P_5(t)$$

Primenom Laplasove transformacije dobija se sistem od deset jednačina, koje postaju linearne ako su (λ_{ij}) i (μ_{ij}) konstantni. Na osnovu tih relacija određuju se verovatnoće nalaženja u apsorpcionim stanjima S_8 i S_9 , tj. u stanjima kada sistem ne obavlja željenu funkciju. Sistem jednačina pišemo u matricnom obliku, tako da imamo: $AL = P$, gde je A — matrica sistema, L — matrica Laplasovih transformacija, a P — matrica početnih uslova.

$$A = \begin{bmatrix} s + \lambda_{00} & -\mu_{10} & 0 & 0 & -\mu_{40} & 0 & -\mu_{60} & 0 \\ -\lambda_{01} & s + \lambda_{11} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\lambda_{12} & s + \lambda_{22} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\mu_{23} & s + \lambda_{33} & 0 & -\mu_{59} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\lambda_{34} & s + \lambda_{44} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\lambda_{25} & 0 & 0 & s + \lambda_{55} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -\mu_{46} & 0 & s + \lambda_{66} & -\mu_{76} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\lambda_{67} & s + \lambda_{77} \end{bmatrix}$$

$$P = \begin{bmatrix} P_0(0) \\ P_1(0) \\ P_2(0) \\ P_3(0) \\ P_4(0) \\ P_5(0) \\ P_6(0) \\ P_7(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} L = \begin{bmatrix} L[P_0(t)] \\ L[P_1(t)] \\ L[P_2(t)] \\ L[P_3(t)] \\ L[P_4(t)] \\ L[P_5(t)] \\ L[P_6(t)] \\ L[P_7(t)] \end{bmatrix}$$

Sistem se rešava Kramerovim pravilom, a rešenje za glavnu determinantu i subdeterminante daćemo samo u konačnom obliku.

$$D = (s + \lambda_{00}) (s + \lambda_{11}) (s + \lambda_{22}) (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) (s + \lambda_{55}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76} + \\ + \lambda_{01} \{ \lambda_{12} \lambda_{23} \lambda_{34} \lambda_{40} (s + \lambda_{55}) \lambda_{67} [\mu_{76} - (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77})] + \lambda_{25} \lambda_{34} \lambda_{53} [\mu_{40} (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \\ - \mu_{40} \lambda_{76} \lambda_{67} + \mu_{46} \mu_{60} (s + \lambda_{77})] - \mu_{10} (s + \lambda_{22}) (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) (s + \lambda_{55}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76}] \}$$

Subdeterminante sistema su:

$$D_0 = (s + \lambda_{11}) (s + \lambda_{22}) (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) (s + \lambda_{55}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76}]$$

$$D_1 = \lambda_{01} (s + \lambda_{22}) (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76}]$$

$$D_2 = \lambda_{01} \lambda_{12} (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) (s + \lambda_{55}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76}]$$

$$D_3 = \lambda_{01} \lambda_{12} (s + \lambda_{44}) [\lambda_{23} \lambda_{76} \lambda_{67} (s + \lambda_{55}) - \mu_{23} (s + \lambda_{55}) (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) + \lambda_{25} \lambda_{67} \lambda_{53} \lambda_{76} - \\ - \lambda_{25} \lambda_{53} (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77})]$$

$$D_4 = \lambda_{01} \lambda_{12} \lambda_{34} [-\mu_{23} (s + \lambda_{55}) (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) + \mu_{23} \lambda_{67} \lambda_{76} (s + \lambda_{55}) - \lambda_{25} \lambda_{53} (s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) + \\ + \lambda_{25} \lambda_{67} \lambda_{53} \lambda_{76}]$$

$$D_5 = \lambda_{01} \lambda_{12} \lambda_{25} (s + \lambda_{33}) (s + \lambda_{44}) [(s + \lambda_{66}) (s + \lambda_{77}) - \lambda_{67} \lambda_{76}]$$

$$D_6 = \lambda_{01} \lambda_{12} \lambda_{46} (s + \lambda_{77}) [\mu_{23} \lambda_{34} (s + \lambda_{55}) + \lambda_{25} \lambda_{53} \lambda_{34}]$$

$$D_7 = \lambda_{01} \lambda_{12} \lambda_{34} \lambda_{67} \lambda_{46} [\mu_{23} (s + \lambda_{55}) + \lambda_{25} \lambda_{53}]$$

Verovatnoće stanja dobijaju se iz sledećih izraza:

$$P_0(s) = \frac{D_0}{D}, P_1(s) = \frac{D_1}{D}, \dots, P_7(s) = \frac{D_7}{D}$$

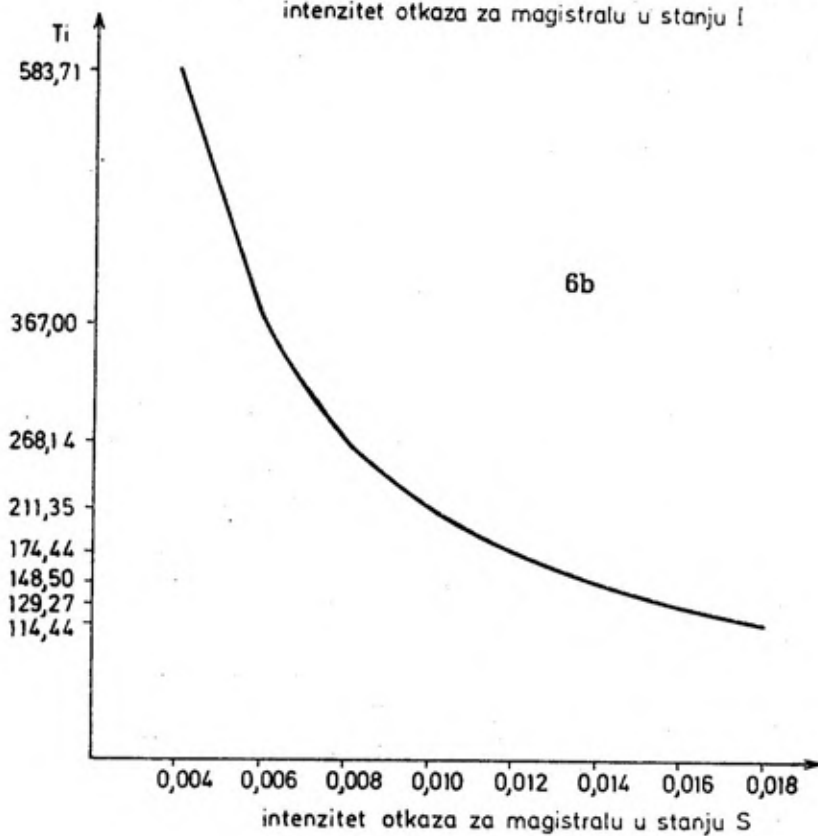
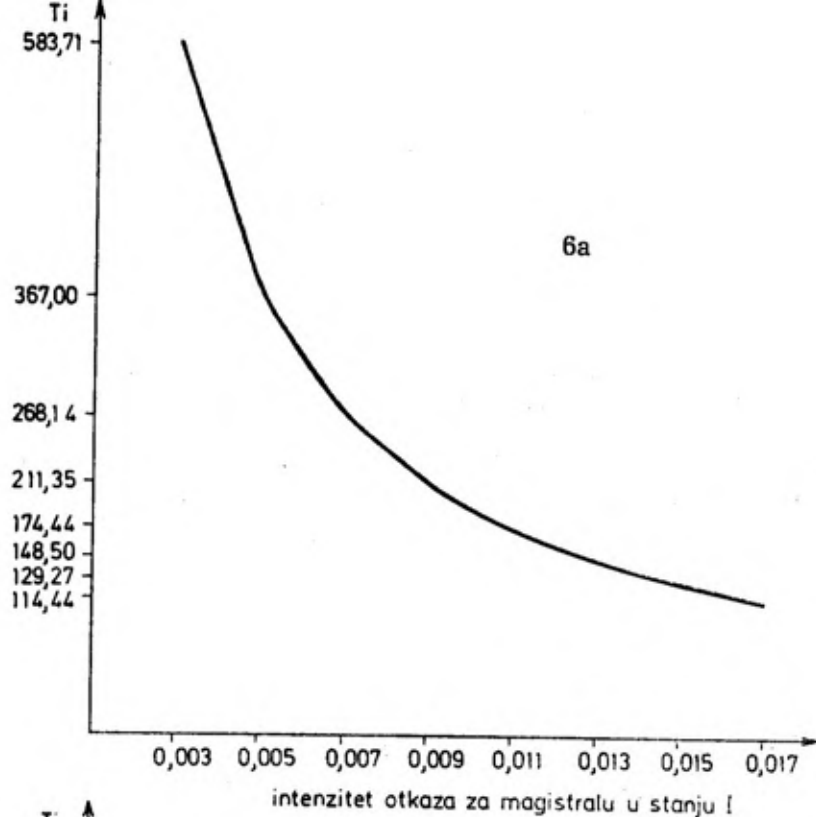
Da bismo iz kompleksnog domena ponovo prešli u vremenski, potrebno je izvršiti inverznu Laplasovu transformaciju:

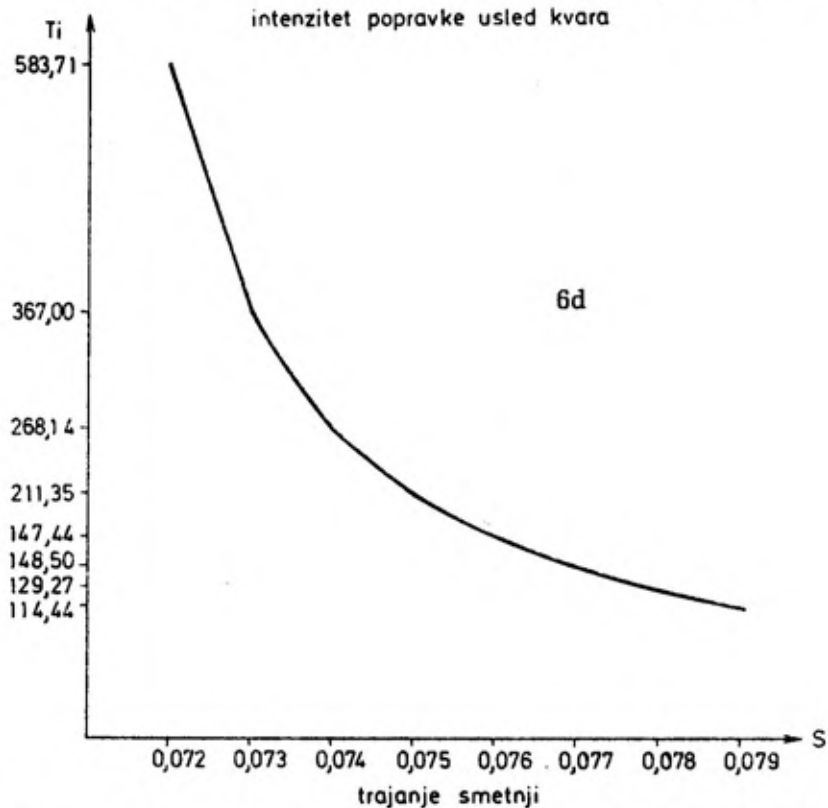
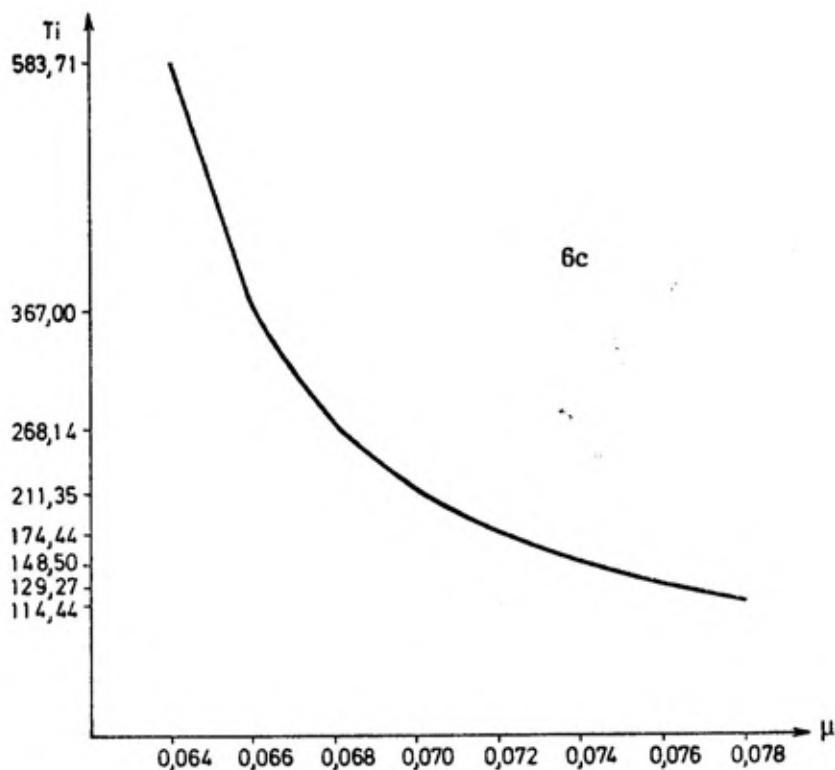
$$P_0(t) = L^{-1} \left[\frac{D_0}{D} \right], P_1(t) = L^{-1} \left[\frac{D_1}{D} \right], \dots, P_7(t) = L^{-1} \left[\frac{D_7}{D} \right]$$

Pouzdanost sistema određuje se kao zbir verovatnoća nalaženja sistema u stanjima S0 do S7, ili kao jedan minus verovatnoća nalaženja u stanjima S8 i S9.

$$R_s(t) = P_0(t) + P_1(t) + P_2(t) + \dots + P_7(t)$$

Srednje vreme do otkaza sistema kod redundovanih avionskih magistrala u realnim eksploatacionim uslovima sa-





Sl. 6 — Srednje vreme do prvog otkaza sistema zavisno od intenziteta otkaza, intenziteta popravke i trajanja smetnji

da se izračunava pomoću teoretskog obrasca:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) dt$$

Analiziran je rad sistema sa dve magistrale, od kojih je jedna u pripravnosti, pri čemu se smatralo da su načini otkaza osnovne i redundovane magistrale donekle različiti.

Originalno razvijen model redundovanih vazduhoplovnih magistrala (operativna magistrala sa magistralom u pripravnosti — aktivna redundansa) za rad u realnim eksploatacionim uslovima pruža podatak o srednjem vremenu do prvog otkaza bez ograničenja u pogledu raspodela otkaza i popravki. Program je pogodan za rad i putem menija omogućava izbor režima rada, pruža opšte podatke o sebi i pomoć u radu, zahteva pojedinačno unošenje intenziteta otkaza i vremena opravke u pojedinim režimima rada magistrale kao ulaznih podataka i daje izlazne rezultate tabelarno ili grafički, na ekran ili printer. Izlazni podaci u potpunosti zavise od unesenih podataka i njihova promena daje očekivane promene rezultata, što potvrđuje ispravnost modela i programa.

Zaključak

Na osnovu rezultata u radu nameće se zaključak da pri izboru sistema veza elektronskog sistema borbenog

aviona nesumnjivu prednost imaju integrisani sistemi sa redundovanim optičkim magistralama ($A=0,99999999$) koje popravljaju raspoloživost celokupnog sistema, smanjuju njegovu težinu, omogućavaju povećanje brzine komunikacije i popravljaju letne sposobnosti aviona i njegove borbene performanse. Integrisani sistemi sa žičanim magistralama podataka su nešto lošije rešenje ($A=0,9971187$), dok bi primenu neintegrisanih elektronskih sistema ($A=0,78562406$) — koji, pored ostalih nedostataka, smanjuju i raspoloživost elektronskih sistema aviona — trebalo izbegavati.

Ovi rezultati su još interesantniji kada se uporede sa rezultatima modela za analizu uticaja elektromagnetske interferencije na prenos podataka magistralom. Pri normalnim uslovima pojavljivanja smetnji i prosečnom udaru groma raspoloživost elektronskog sistema aviona pada na $A=0,926829$, a u uslovima velike verovatnoće udara groma — raspoloživost integrisanog elektronskog sistema iznosi samo $A=0,680795$.

Model i program koji tretiraju redundovane magistrale u realnim eksploatacionim uslovima, a daju podatke o srednjem vremenu do prvog otkaza i njegovu zavisnost od ulaznih parametara — zaokružuju celinu rada. Unošenjem realnih parametara kao ulaznih veličina u ovaj program, projektanti mogu doći do mnoštva korisnih podataka, s obzirom na to da izlazni podaci zavise od brojnih ulaznih parametara.

Literatura:

- [1] N. Parčina: »Integracija avionskih sistema na savremenom borbenom avionu«, Glasnik RV i PVO, br. 6, str. 39—45, dec. 1991.
- [2] B. C. Wheeler: »Modern american fighters and attack aircraft« London, Salamander book, 1980.
- [3] B. Guston: »Modern air combat«, London, Salamander book; 1983.
- [4] D. R. Morgan: »Pave Pace: System avionics for the 21st century« IEEE AES Magazine; January 1989.
- [5] G. Ivanović, P. Todorović: »Alokacija pouzdanosti u projektovanju borbenog aviona«, Glasnik RV i PVO, br. 3, str. 17—22, maj 1991.
- [6] N. Parčina, R. Ramović i dr.: »Povećanje raspoloživosti elektronskog sistema savremenih letelica pogodnim projektovanjem veza za prenos podataka«, ETAN, 1992.
- [7] Dokumentacija programa za analizu pouzd. složenih sistema Institut »B. Kidrič«, Vinča; 1987.
- [8] D. C., Pinkowitz: »MIL-STD-1553 The military standard for avionics integration«, DDC Application Notes; № 26; March 1984.
- [9] DDC: »MIL-STD-1553 Desinger's guide«.
- [10] C. A. Clark: »Avionics electromagnetic interference immunity and environment«, IEEE; № 8; 1988.

- [11] A. Lockyer: »Electromagnetic compatibility modeling for future avionics systems«, IEEE; № 9; 1986.
- [12] Elamin: »Aircraft electricity and electronics« McGraw Hill; New York; 1989.
- [13] R. Ramović, N. Parčina i dr.: »Povećanje raspoloživost elektronskih sistema savremenih letelica integriranjem sistema i primenom optičkog vlakna kao magistrale za prenos podataka«, VTG 3/92, 248-255.
- [14] M. Rells: »Military Avionics LANs Point Toward Fiber Optics« Defense electronic; № 47; Oct 1983.
- [15] R. Ramović, N. Parčina i dr.: »Povećanje raspoloživosti elektronskog sistema savremenih letelica primenom optičkog vlakna kao magistrale za prenos podataka«, ETAN, 1992.
- [16] Jinhua Cao i dr.: »Reliability analysis of a two-unit cold standby system with replaceable repair facility«, Microelectronic Reliability; V. 29, №2; 1989.
- [17] Mokaddis, El-Said: »Two models for two dissimilar unit cold standby redundant system with partial failure and two types of repairs«, Microelectronic Reliability; V. 30, №3; 1990.
- [18] M. Janković, R. Ramović, N. Parčina i dr.: »Modelovanje pouzdanosti magistrala za prenos podataka na vazduhoplovima«, ETAN, 1993.

Dr Svetomir Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

TEORIJA EFEKTIVNOSTI — REŠENI ISPITNI ZADACI

(PRIKAZ KNJIGE)

U izdanju Mašinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, objavljena je knjiga **TEORIJA EFEKTIVNOSTI — REŠENI ISPITNI ZADACI**, autora prof. dr Jovana B. Todorovića, dipl. inž. mašinstva, redovnog profesora i šefa katedre za motorna vozila na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i mr Branka Vasića, dipl. inž. mašinstva, asistenta na istoj katedri.

U ovoj knjizi, koja je posvećena problemima iz teorije efektivnosti, rešeni su zadaci koji objedinjavaju, kombinuju oblasti teorije pouzdanosti i teorije održavanja tehničkih sistema. Obuhvaćeni su svi tipični ispitni zadaci iz predmeta »teorija efektivnosti« na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i predmeta »efektivnost i pouzdanost« na Vazduhoplovno-tehničkoj vojno akademiji u Zarkovu.

Većina zadataka, koji se se pojavljivali na ispitima iz ovih predmeta u poslednje tri godine, osmišljena je na potpuno nov način i koncipirana tako da za rešavanje traži potpuno znanje ili, bolje rečeno, razumevanje iz celokupnog područja inženjerske delatnosti kojom se bavi teorija efektivnosti.

Knjiga sadrži postavke i rešenja 40 zadataka koji zahvataju teorijske i praktične probleme iz teorije pouzdanosti i teorije održavanja različitih tehničkih sistema, a čije rešavanje traži primenu naučnih i inženjerskih metoda.

Svojom edukativnom formom i jasnim stilom pisanja, razumljivošću postavki zadataka i sistematičnim i instruktivnim postupkom njihovog rešavanja, uz primenu savremene naučne metodologije inženjerstva pouzdanosti i inženjerstva održavanja, ova knjiga će biti veoma korisna studentima i inženjerima koji se bave ovom problematikom, pa dajemo prikaz knjige, koja, veruje se, zaslužuje pažnju šireg kruga čitalaca i u Vojsci Jugoslavije.

Radi prikaza karakterističnih problema koji se rešavaju, za neke zadatke dajemo opis njihovih postavki (bez navođenja numeričkih vrednosti), a čitaocima ostaje da dublje upoznaju sve zadatke i postupak njihovog rešavanja.

* **ZADATAK 3** — Za dvokružni sistem za kočenje motornog vozila date su minimalne vrednosti usporjenja (prema ECE) i zadate su pouzdanosti sastavnih elemenata sistema. Potrebno je nacrtati blok-shemu kočnog sistema i izračunati njegovu pouzdanost.

* **ZADATAK 4** — Za sistem čije se održavanje vrši preventivnom i korektivnom zamenom data je, u grafičkom obliku, funkcija raspodele vremena rada do pojave otkaza posmatranog elementa i zadata su vremena preventivne i korektivne zamene. Traži se izbor najbolje varijante održavanja (sa stanovišta gotovosti): preventivno održavanje (jedna od dve zadate varijante

sa različitim periodičnostima) ili korektivno održavanje.

* **ZADATAK 5** — Za sastavne elemente mehaničkog i hidrauličnog sistema aktiviranja repne komande jednog aviona, čije se pouzdanosti pokoravaju eksponencijalnom zakonu raspodele, zadata su srednja vremena u radu. Potrebno je nacrtati blok-shemu pouzdanosti ovog sistema i odrediti pouzdanost nakon zadatog broja časova rada.

* **ZADATAK 8** — Zadata su vremena otkaza pojedinih istotipskih elemenata, za određeni period vremena rada. Potrebno je nacrtati funkcije pouzdanosti i nepouzdanosti, histogram otkaza, funkciju intenziteta otkaza i odrediti parametre i zakon Vejbulove raspodele otkaza.

* **ZADATAK 9** — Dato je stablo otkaza sistema za kočenje jednog motornog vozila. Potrebno je napisati Bulove jednačine za sva logička kola i redukovani izraz za vršni (TOP) događaj, primenjujući pravila Bulove algebre.

* **ZADATAK 13** — Za kompleksni sistem čija je pouzdanost data jednačinom, potrebno je: nacrtati blok-shemu pouzdanosti, odrediti srednje vreme do otkaza sistema za zadati intenzitet otkaza, odrediti pouzdanost sistema koristeći Vejbulov verovatnosni papir za zadato vreme rada i odrediti prosečno vreme za opravku, za definisanu gotovost sistema.

* **ZADATAK 16** — Za petostepeni sinhronizovani zupčanički menjački prenosnik motornog vozila potrebno je: razviti stablo otkaza menjača, usvajajući završni događaj da »menjač ne može da prenosi moment« i za poznatu funkciju pouzdanosti menjača odrediti funkciju gustine raspodele vremena do pojave otkaza, kao i funkciju intenziteta otkaza.

* **ZADATAK 30** — Data je shema strukture sistema protivavionske artiljerije i sheme strukture dva modula ovog sistema. Zadate su pouzdanosti

elemenata modula, a potrebno je odrediti pouzdanost ovog sistema PA.

* **ZADATAK 31** — Ispitivanjem u procesu rada skupa istotipskih elemenata dati su njihovi otkazi koji nastaju u određenim intervalima vremena. Potrebno je: odrediti teorijsku raspodelu pouzdanosti u analitičkom obliku pomoću Vejbulovog verovatnosnog papira i nacrtati dijagram teorijske funkcije pouzdanosti, a zatim grafičkim integraljenjem odrediti optimalni period zamene elemenata za zadate troškove korektivne i preventivne zamene i za zadati model ukupnih troškova održavanja.

* **ZADATAK 37** — Iz vremenske slike stanja jednog sistema aviona zadata su vremena postupaka održavanja (preventivnih i korektivnih) za određeni broj časova leta aviona. Definirano je aktivno vreme održavanja i vreme čekanja na rezervne delove. Potrebno je: odrediti operativnu, unutrašnju i ostvarenu gotovost sistema i nacrtati vremensku sliku stanja za zadati broj časova leta.

* **ZADATAK 39** — Sistem za upravljanje jednog motornog vozila prikazan je blok-shemom i zadata je pouzdanost pojedinih elemenata sistema za određeno vreme časova rada. Potrebno je odrediti pouzdanost ovog sistema posle zadatog vremena rada, pod uslovom da su intenziteti otkaza svih elemenata konstantni, a zatim nacrtati stablo otkaza ovog sistema.

* **ZADATAK 40** — Da bi dati sistem bio ispravan, potrebno je da svi njegovi podsystemi budu ispravni. Za ispravno funkcionisanje četvrtog podsystema neophodno je da bude ispravan bar jedan od 3 elementa. Potrebno je: nacrtati blok-shemu pouzdanosti sistema i izvršiti alokaciju pouzdanosti na podsysteme i elemente četvrtog podsystema za zahtevanu pouzdanost sistema i zadato vreme rada.

Osim kao udžbenik za navedene predmete, kao i za grupu predmeta na

magistarskim i specijalističkim studijama iz oblasti efektivnosti, pouzdanosti i održavanja, ova knjiga može korisno poslužiti i studentima drugih srodnih fakulteta i vojnih akademija, koji u svojim nastavnim planovima i programima izučavaju ovu materiju.

Očekuje se, takođe, da će knjigu koristiti i mnogi drugi zainteresovani,

naročito mladi inženjeri i profesionalni oficiri VJ koji rade na problemima iz ovog područja.

Obim knjige je 149 strana i može se naručiti na Mašinskom fakultetu Univerziteta u Beogradu, 27. marta 80, 11000 Beograd (telefon: 3226-923).



prikazi iz inostranih časopisa

RAZVOJ LAKIH TENKOVA U SAD*

Vojni stručnjaci SAD smatraju da su laki tenkovi predviđeni za obavljanje zadataka izviđanja, borbenog osiguranja, vatrene podrške borbenih dejstava izviđačkih jedinica i za zadatke održavanja veze i sadejstava jedinica. Ne isključuje se ni primena lakih tenkova u borbi protiv glavnih borbenih tenkova, kao i za uništavanje otpornih tačaka i odbrambenih fortifikacija protivnika.

Perspektivni laki tenkovi moraju da imaju visoka taktičko-tehnička svojstva:

- mogućnost obavljanja zadataka izviđanja u svako doba dana i u svim vremenskim uslovima,

- znatnu vatrenu moć,

- visoke manevarske sposobnosti i sposobnost savlađivanja svih vrsta zemljišta, uključujući savlađivanje vodenih prepreka plovidbom,

- mogućnost prevoženja transportnim avionom i izbacivanje pomoću padobrana,

- visok stepen autonomnosti pri borbenim dejstvima, sa povećanim bor-

benim kompletom municije i dovoljnom rezervom goriva,

- opremljenost savremenim tehničkim sredstvima za izviđanje,

- mala demaskirajuća svojstva.

Danas se u naoružanju KoV SAD nalaze laki tenkovi M41, naoružani topom kalibra 76 mm (ušao u naoružanje 1958. godine) i M551 »Seridan«, naoružani zanimljivom kombinacijom topa kalibra 152 mm koji je jednovremeno i lanser protivoklopnih vođenih projektila »Šilela« (ušao u naoružanje 1966. god.). Oko 500 lakih tenkova M551 »Seridan« nalaze se u naoružanju 101. vazdušnojurišne i 82. vazdušnodesantne divizije, dok su ostali tenkovi u vojnim skladištima. Predviđeno je da laki tenk »Seridan« zameni tenk M41. Prema američkim podacima, u toku 1992. godine, bilo je ukupno 1500 takvih tenkova. Ipak, u toku trupne eksploatacije otkriveni su konstruktivno-tehnički nedostaci ovog tenka, pa su povučeni iz naoružanja izviđačkih bataljona divizija.

Godine 1980. komande KoV i Mornaričke pešadije SAD ponovo su pokrenule pitanje razvoja lakih tenkova sa masom u borbenom stanju 16—22 t koji bi mogli biti prevoženi transportnim avionima C-130. U razmatranju su dva projekta: HIMAG i HSTVL. Godine

* Zarubežnoe voennoe obozrenie, 2/94.

1984. oba projekta su objedinjena u novi program XM4 koji predviđa razvoj lakog tenka za snage za brze intervencije. Bilo je predviđeno da ovaj novi tenk uđe u naoružanje KoV i Mornaričke pešadije 1991. godine, ali zbog finansijskih teškoća program XM4 nije dovršen.

Komanda KoV SAD 1987. godine ponovo se vratila razvoju lakih tenkova u okviru programa »oklopnog sistema topa« AGS (Armoured Gun System). Industrija je u ovom programu pošla od korišćenja već razvijenih sklopova i agregata kao što su sistem za upravljanje vatrom, pogonska grupa i transmisija. U maju iste godine počela su ispitivanja nekih tipova lakih tenkova koji su pretendovali da se uključe u program AGS na bazi konkursa. Bilo je uključeno nekoliko američkih i stranih firmi, a predstavljen je zajednički američko-britanski projekt lakog tenka »Vickers«. Najvažnijim kriterijumima za pobjedu na konkursu smatrane su optimalne dimenzije i masa u borbenom stanju radi prevoženja vazdušnim putem i visoki nivo oklopne zaštite.

Osnovni taktičko-tehnički podaci lakih tenkova po programu AGS i tenka »Seridan« dati su u tabeli.

Laki tenk XM8

Američka firma »Fud Mašineri« konstruisala je laki tenk XM8 (sl. 1) na sopstvenu inicijativu i prijavila ga za konkursna ispitivanja. Prvi opitni tenk bio je izrađen 1985. godine. Do oktobra iste godine već je prošao ispitivanja pokretljivosti (oko 480 km). U završnoj fazi ispitivanja, u jesen 1986. godine, ispitivano je gađanje iz pokreta uz upotrebu sistema za stabilizaciju.

Planom realizacije programa razvoja lakog tenka MX8 u prvoj etapi, koja je koštala oko 119 miliona dolara, a rok je bio 1990—1994, predviđena je izrada šest probnih tenkova, ispitivanje gađanja u telo tenka i kupolu, kao i ispitivanje dva tipa automata za punjenje topa. U drugoj etapi (1994—1997), čiji bi troškovi iznosili 180 miliona dolara, predviđena je izrada 69 tenkova, a u trećoj (1997—2001) je planirana serijska proizvodnja još 231 tenka, dok bi troškovi iznosili oko 600 miliona dolara. Oko 70 od 300 tenkova imaće masu u borbenom stanju do 16 t na račun manje rezerve goriva i municije radi ispitivanja izbacivanja iz aviona pomoću sistema padobrana, dok bi ostali tenkovi imali masu u borbenom stanju oko 20 t.



Sl. 1 — Laki tenk XM8 — pobjednik na konkursu AGS

Laki tenk XM8 ima klasičnu konstrukciju kupole sa tri člana posade i automatom za punjenje topa. Kupola i telo su zavarene konstrukcije, a oklopne ploče su izrađene od legure aluminijuma sa dodatnim slojem čeličnog oklopa. Radi poboljšanja oklopne zaštite, na bokovima se pričvršćuju oklopne ploče od kompozitnog materijala ili elementi dinamičke zaštite. Čeon i deo tela tenka i kupola obezbeđuju zaštitu od protivoklopnih potkalibarskih projektila kalibra 30 mm.

Vozač je smešten u prednjem delu vozila i opremljen sa pet osmatračkih periskopa, od kojih se srednji može zameniti uređajem za noćnu vožnju. U desnom delu kupole, smešteni su, jedan iza drugog, komandir vozila i nišandžija. Kupola je opremljena sa osam periskopskih uređaja za kružno osmatranje oko vozila. Komandirov panoramski dnevno-noćni nišan IC tipa stabilizovan je u dve ravni. Kada se ne koristi može se uvući u kupolu kao periskop. Uređaji za okretanje kupole i navođenje topa izrađeni su na bazi uređaja tenka M-1. Ispred nišandžije ugrađen je kombinovani termovizijski nišan, stabilizovan u dve ravni, sinhronizovan sa laserskim daljinomerom. Komandir i nišandžija raspolažu termovizijskim displejima koji se mogu uključivati u vidna polja oba nišana; time je moguće koristiti sistem za upravljanje vatrom istovremeno za traženje i gađanje ciljeva. Pored toga, nišandžija ima pomoćni nišan »Galileo«, italijanske proizvodnje, postavljen spregnuto sa osnovnim nišanom (sa desne strane topa).

Serijski tenkovi će biti naoružani osnovnim oruđem 105 mm sa izolučenom cevi M68A1 ili topom u fazi razvoja EX-35 sa skraćenim trzanjem. Sistem za upravljanje vatrom »pozajmljen« je sa tenka M-1, a komandne table nišandžije i komandira izrađene su na bazi onih iz borbenog vozila pešadije M2 »Bredli«. Top 105 mm opremljen je napravom za brzu proveru nišana. Na zadnjem delu krova kupole ugrađen je davač brzine vetra.

Sa leve strane topa ugrađen je sistem za automatsko punjenje topa koji omogućuje povećanje brzine gađanja do 12 granata/min. Ovaj automat prima 19 metaka 105 mm koji su postavljeni vertikalno (dno čahure dole). U položaj za punjenje metak se pomera pomoću lančanog pogona po vodicama, poluga automata podiže metak u korist klizač, pomera ga uvis i napred i uvodi u zadnjak topa. Posle opaljenja pokretni delovi topa imaju dužinu od 533 mm, zatvarač se otvara i prazna čahura se izbacuje van kupole kroz otvor u zadnjem delu kupole. Za ponovno punjenje top se vraća u horizontalni položaj.

Automat za punjenje topa odvojen je od borbenog odeljenja tenka hermetičkom pregradom kako bi se posada zaštitila pri gađanju u uslovima primene oružja za masovno uništenje kada je otvoren zadnjak topa ili pri izbacivanju prazne čahure. Na krovu kupole predviđene su specijalne izbacujuće ploče za smanjivanje dejstva protivničkih protivoklopnih projektila. Posle odabiranja odgovarajućeg metka, proces punjenja topa traje 5 s. Ako to borbeno situacija zahteva, automat za punjenje topa omogućuje da se prethodno odabrani metak vrati u početni položaj radi zamene metkom sa projektilom odgovarajućeg tipa. Popuna vozila borbenim kompletom municije obavlja se kroz otvor za izbacivanje praznih čahura, a predviđena je mogućnost da jedan od trojice članova posade ručno popuni magacin municijom kroz otvor na krovu kupole koji se nalazi iznad topa. Top 105 mm može da ispaljuje svu standardnu NATO municiju, uključujući metke sa protivoklopnim potkalibarskim, rasprskavajuće-razornim, kumulativnim i vežbovnim granatama.

Kao sekundarno naoružanje ovog tenka koristi se mitraljez M240 kal. 7,62 mm sa borbenim kompletom municije od 1600 metaka spremnih za gađanje i 3400 rezervnih.

Laki tenk XM8 opremljen je usavršenim sistemom za postavljanje dim-

nih zavesa. Na bokovima kupole ugrađeni su šestocevni bacači bombi: dim-nih L8 za maskiranje od vizuelnog osmatranja i M76 za maskiranje od IC osmatranja. U kabini je smeštena komandna tabla koja omogućuje ispaljivanje bombi sa levog ili desnog boka, kao i odabiranje tipa bombe. Tenkovi serijske proizvodnje imaju sistem za NBH zaštitu.

Tenk ima ugrađenu dijagnostičku opremu koja automatski obaveštava članove posade o pojavi neispravnosti i tehničkom stanju osnovnih agregata i sklopova vozila.

Pogonsku grupu ovog tenka sačinjavaju 6-cilindarski dizel-motor 6V-92TA firme »Detroit Diesel« i hidromehanička transmisija HMPT-500-3 firme »General Electric«. Razmatraju se i druge kombinacije pogonske grupe: gasnoturbinski motor GT601 i transmisija X-300-5X-3; dizel-motor VTA-903T i transmisija HMPT-500 ili dizel-motor 6V-53T i automatska transmisija X-200-5.

Objavljeno je da se ceo pogonski blok može izvaditi iz tenka za 40 minuta, a firma »Fud Mašineri« pokušava da smanji to vreme na samo 20 minuta.

Na zadnjem delu tela tenka postoji rampa koja se pokreće hidraulički i u horizontalnom položaju predstavlja radnu platformu pri opravci ili održavanju pogonskog bloka. Motor, transmisija i agregati sistema hlađenja postavljeni su na klizačima i po njima se lako mogu izvući iz vozila na radnu platformu. Oslanjanje hodnog dela tenka je torzionog tipa, sa svake strane ima po šest udvojenih potpornih točkova obloženih gumom, pogonski točkovi su pozadi a lenjivci napred. Amortizeri su isti kao i na oklopnom transporteru M113A3 i imaju dinamički hod od 250 mm. Postavljeni su na prvom, četvrtom i šestom paru točkova. Gusenice su čelične sa paralelnim zglobovima i skidajućim gumenim papučama. Dužina (korak) članka je 152 mm a širina 381 mm.

Za kasnije je predviđeno opremanje ovog lakog tenka dodatnim oklopom, efikasnijim osnovnim naoružanjem, usavršenijim sistemom za upravljanje vatrom i hidropneumatskim oslanjanjem hodnog dela.

Laki tenk »Stingrej«

Za učestvovanje u programu AGS američka firma »Kadilak Geidž« konstruisala je laki tenk »Stingrej« (sl. 2) i dala prioritet mnogim taktičko-tehničkim karakteristikama: velika vatrena moć topa 105 mm, mogućnost gađanja municijom koja je standardizovana u okviru NATO, dobre manevarske sposobnosti i velika autonomija vožnje, niska silueta poboljšava verovatnoću opstanka na bojištu, korišćenje već postojećih sklopova i agregata, relativno mala masa u borbenom stanju i sposobnost prevoženja avionima C-130 »Hercules«. Ovaj laki tenk klasično je komponovan: upravo odeljenje je u prednjem delu vozila, borbeno odeljenje u srednjem, a motorno u zadnjem delu. Ovaj tenk ima četiri člana posade.

Telo tenka zavarene je konstrukcije iz čeličnih oklopnih ploča. Oklop obezbeđuje čeonu zaštitu od zrna kalibra 14,5 mm (probojnih), a bočnu zaštitu od zrna 7,62 mm. Vozač sedi u sredini prednjeg dela tela vozila a u poklopac njegovog otvora ugrađena su tri periskopa koji obezbeđuju vidno polje od 120°. Srednji periskop može da bude zamenjen uređajem za noćno osmatranje. Trosedna kupola tenka zavarena je konstrukcije, izrađena od čeličnog oklopa, koji obezbeđuje isti nivo zaštite kao i oklop tela vozila. Ravne oklopne ploče omogućuju da se kasnije konstrukcija kupole ojača bez većih prepravki.

Sedište komandira u kupoli nalazi se sa desne strane, nišandžije — ispred njega, dok je punilac sa leve strane. Nišandžija ima kombinovani nišan M36E1, ugrađen u krov kupole. Umesto ovog nišana može se ugraditi kombinovani nišan M36E1 IPR sa laserskim dalji-

nomerom ili termovizorom. Komandir ima kombinovani nišan i sedam periskopskih osmatračkih uređaja. Za okretanje kupole i podizanje topa koristi se elektrohidraulički sistem sa udvojenim ručnim pogonom. Kupola se može okretati 360° brzinom od $40^\circ/\text{s}$.

Ovaj tenk naoružan je engleskim topom 105 mm L7A3 sa izolućenom cevi i kratkim trzanjem, koji ispaljuje municiju standardizovanu u okviru NATO. Borbeni komplet sastoji se od 36 metaka, smeštenih ispod pogona kupole. Sekundarno naoružanje predstavlja mitraljez 7,62 mm M240, spregnut sa topom (borbeni komplet 2400 metaka) i protivavionski mitraljez 12,7 mm. Na bokovima kupole ugrađena su po četiri bacača dimnih bombi sa električnim pogonom (borbeni komplet 16 bombi).

Sistem za upravljanje vatrom firme »Markoni«, pored nišana, sastoji se od komandne table komandira, davača brzine bočnog vetra i ugla nagiba ramena topa, balističkog računara i mehanizma za okretanje kupole i podizanje topa. Karakteristična osobenost je ugrađeni trenažni uređaj kod kojeg računar može u vidno polje nišana da sintetizuje sliku cilja, što omogućuje sprovođenje obuke nišandžija.

Za pogon vozila koristi se 8-cilindarski dizel-motor 8V-92TA postavljen poprečno, čime je maksimalno iskorišćena zapremina motorskog odeljenja. Motor je spojen sa automatskom transmisijom XTG-411-2A firme »Alison«, koja ima automatski blokirajući hidrotransformator sa pojačavanjem obrtnog momenta za 2,4 puta. Za ovaj tenk su specijalno konstruisani planetarni bočni menjači.

Posebna pažnja posvećena je IC maskiranju. Smanjivanje zračenja toplote motora obezbeđeno je usklađivanjem izduvnih gasova sa strujom vazduha od sistema hlađenja motora. Izduvni kolektor smešten je u zadnjem delu tela vozila.

Oslanjanje hodnog dela je torziono, izrađeno na bazi oslanjanja samohodne haubice 155 mm M109. Sastoji se od po šest udvojenih točkova obloženih gumom i tri valjka za premotavanje gusenica sa tenka M41. Pogonski točak je napred, a lenjivac pozadi. Na prvom, drugom i šestom paru potpornih točkova postavljeni su hidraulički amortizeri. Članci gusenica imaju po dve osovine, skidajuće gumene papuče, a širina gusenica je 380 mm.



Sl. 2 — Laki tenk »Stingrej«

Laki tenk »Stingrej« ima standardni uređaj za prečišćavanje i ventilaciju vazduha M13A1. Vozilo može da bude obojeno bojom otpornom na različite hemijske materije.

Na zahtev kupaca, u tenk može da bude ugrađena navigaciona oprema, sistem za postavljanje dimne zavese i različite radio-stanice i uređaji za međusobni razgovor članova posade.

Navodi se da je cena lakog tenka »Stingrej« oko milion dolara (prema cenama iz 1985. godine), zavisno od ugradnje dopunske opreme.

Laki tenk TCM

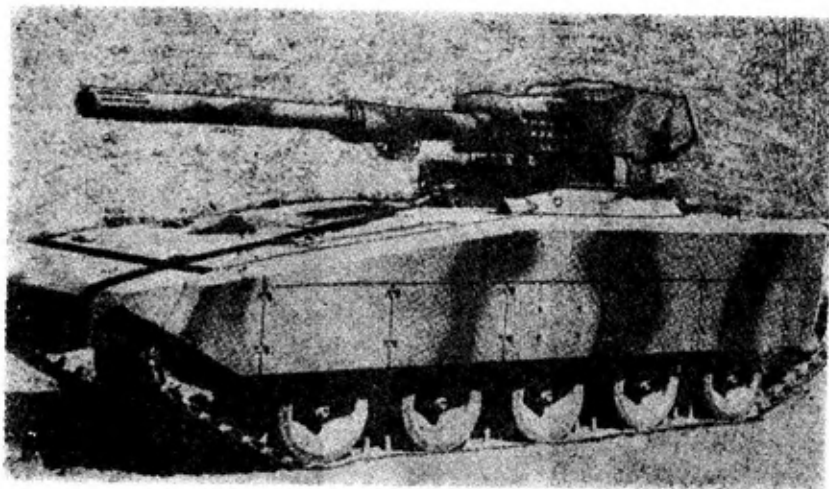
Treći laki tenk, koji učestvuje u programu AGS, jeste TCM (sl. 3) kompanije »Teledajn kontinental motors«. U konstruisanju ovog tenka maksimalno su iskorišćeni postojeći sklopovi i agregati oslanjanja, transmisije, električnog pogona kupole i sistema za stabilizaciju naoružanja.

Razvoj ovog tenka započet je 1982, a prvi probni primerak završen je 1983. godine. Jedan od osnovnih zahteva za projektovanje bio je obezbeđenje što većeg stepena verovatnoće opstanka tenka na bojištu zahvaljujući niskoj si-

lueti i optimalnom razmeštaju članova posade u vozilu.

Telo tenka zavarene je konstrukcije od valjanog homogenog oklopa. Za ojačanje oklopne zaštite uveliko su korišćeni kompozitni materijali. Tako su bokovi tela vozila ojačani ekranima od kompozitnog materijala. Prednji deo i dno u oblasti upravnog kao i borbenog odeljenja izrađeni su od duplih ploča radi smanjenja dejstva granata i mina. Predviđena je mogućnost postavljanja minočistača ili buldožerskog radnika.

Prednost u konstrukciji ovog tenka jeste što je top 105 mm XM35 sa izoliranim cevima postavljen na spoljašnjem lafetu iznad dvosedne ravne kupole. Spoljašnji lafet nije novina, ali originalnost predstavlja dovod municije koji se ostvaruje iz kupole kroz osnovu na kojoj je ugrađen top. Tako otpada potreba za smeštaj municije na nivou kanala cevi topa zbog opasnosti da je protivnik pogodi, a takođe i potreba da se municija vadi iz vozila i top puni spolja, kako se to radi kod sistema punjenja sa rotirajućom i obrtnom polugom (klizačem). Top se automatski puni, ali u slučaju kvara može se obaviti ručno posluživanje. Kod drugih konstrukcija tenkovskog oruđa ugrađenog spolja, kada se pokvari automat za punjenje to-



Sl. 3 — Laki tenk TCM

pa, ručno punjenje je ili vrlo teško ili nije moguće.

Drugom prednošću lakog tenka TCM vojni stručnjaci smatraju ograničenu čeonu površinu, što je veoma važno pri niskom nivou oklopne zaštite jer se smanjuje verovatnoća pogađanja vozila. Takođe se smatra da laki tenk TCM na delimično zaklonjenom položaju ima za opstanak na bojištu iste šanse kao i osnovni borbeni tenk M1 »Abrams«, čija je površina čeonke projekcije oklopljene kupole znatno veća.

Karakterističan nedostatak borbenih vozila sa naoružanjem na spoljašnjem lafetu jeste nemogućnost da komandir vozila osmatra sa najviše tačke vozila, ali to nije toliko značajno za laki tenk jer on nema široki spektar izvršavanja borbenih zadataka: njegovi zadaci su uglavnom odbrambeni a ne ofanzivni. Kupola ovog tenka je tako konstruisana da komandir, koji sedi ispod ravni topa, ima ugao vidnog polja od 330° a njegovo vidno polje se preklapa sa vidnim poljem nišandžije, čiji je ugao osmatranja 225° . Prema potrebi, na visini topa može se postaviti IC panoramski nišan.

U kupoli sede, jedan do drugog, dva člana posade: nišandžija levo a komandir desno. Obojica imaju jedan zajednički ulazni otvor i mogu koristiti udvojene instrumente za upravljanje izvedene na centralnu tablu ispred njih. Tu se nalaze i ručice za upravljanje i optički dodaci za pomoćni periskopski nišan mehanički povezan sa topom. Komandir ima video-kanal, koji je povezan sa nezavisnim nišanom nišandžije. Taj nišan, koji je u stvari periskopski nišan niskog nivoa sa ljuljajućim ogleдалom glave, ima dnevne ogranke sa osmostrukim i jednostrukim uveličavanjem, termovizijski kanal i laserski daljinomer. Vozačevo sedište nalazi se u prednjem delu tela vozila sa leve strane iznad drugog potpornog točka, radi poboljšanja zaštite pri eksploziji mine.

Osnovno naoružanje tenka TCM je top 105 mm XM35 sa izolovanim cevima, koji koristi municiju standardizovanu

u NATO paktu. Top je stabilizovan u dve ravni, a navodi se električnim putem.

Automat za punjenje topa municijom ima magacin tipa doboš u kojem je smešteno osam metaka. Mehanizam za automatsko punjenje smešten je horizontalno između dva člana posade u donjoj polovini kupole. Može se lako ručno ponovo napuniti, a takođe i automatski pomoću dva magacina istog tipa smeštena u dnu tela i svaki ima po 10 metaka smeštenih u spoljašnji prstenasti držač i po 5 metaka smeštenih u unutrašnji prsten. Između oba magacina mogu da stanu još tri metka. Ukupan borbeni komplet topovske municije iznosi 42 metka. Kao sekundarno naoružanje koristi se mitraljez 7,62 mm koji je spregnut sa topom. U sistem za upravljanje vatrom spadaju dnevni i noćni nišani nišandžije i komandira sa laserskim daljinomerima i termovizorima.

Za pogon tenka koristi se dizel-motor VTA-903T sa turbopunjačem. Motor je smešten u prednjem delu tela tenka. Transmisija je HMPT-500. Smeštajem pogonskog bloka u prednji deo vozila poboljšava se zaštita članova posade.

Hidropneumatsko oslanjanje hodnog dela obezbeđuje relativno dobru pokretljivost tenka preko ispresecanog zemljišta i udobnu vožnju članovima posade. Za razliku od drugih sličnih, ovaj tenk ima 5 a ne 6 potpornih točkova. Preko vodenih prepreka kreće se primenom specijalnih sredstava za obezbeđivanje plovnosti.

Od ostale opreme tenk TCM ima ugrađen automatski protivpožarni sistem i uređaje za prečišćavanje vazduha.

Na bazi tenka TCM, firma »Teledaj kontinental motors« planira da počne proizvodnju familije borbenih vozila za različite namene. Jedna od perspektivnih varijanti je samohodni kompleks sa protivoklopnim vođenim projektilima i samohodni top 120 mm.

Osnovne karakteristike lakih tenkova koji su u serijskoj proizvodnji ili u fazi razvoja u SAD

Taktičko-tehničke karakteristike	M551 »Seridan«	XM8	»Stingrej«	TCM	»Vikers« ¹⁾
Masa u borbenom stanju (t)	15,83	19,414	21,2	19,05	19,75
Posada (ljudi)	4	3	4	3	4
Dimenzije (mm)					
dužina sa topom napred	6.299	9.370	9.300	7.490	8.610
dužina tela vozila	6.299	6.197	6.448	6.273	6.200
visina	2.272	2.349	2.550	2.540	2.620
širina	2.819	2.692	2.710	2.692	2.690
Naoružanje (broj x kalibar) (mm)	1 x 152 mm top-lanser raketa »Silela«	1 x 105	1 x 105	1 x 105	1 x 105
spregnuti mitraljez protivavionski mitraljez	1 x 7,62 1 x 12,7	1 x 7,62 —	1 x 7,62 1 x 12,7	1 x 7,62 1 x 7,62	1 x 7,62 1 x 12,7
Uglovi gađanja (stepeni)					
vertikalni	od —8 do +19,5	od —10 do +20	od —7,5 do +20	od —10 do +18	od —10 do +20
horizontalni	360	360	360	360	360
Borbeni komplet (kom)					
metaka za top	30	43	36	42	41
za mitraljez 7,62 mm	3.080	5.000	2.400	5.000	2.600
za mitraljez 12,7 mm	1.000	—	1.100	—	500
Oklopna zaštita od zrna streljačkog naoružanja i parčadi					
Oznaka dizel-motora i snaga (kW)	6V-53T 220,8	6V-92TA 406,27	8V-92TA 393,76	VTA-903T 368	6V-92TA 406,27
Tip i oznaka transmisije	hidrome- hantička, TG-250	hidrome- hantička, HMPT- -500-3	automat- ska XTG- -411-2A	hidrome- hantička HMPT 500	hidrome- hantička HMPT- -500-3
Brzina kretanja (km/h) maksimalna na putu preko vode	70 5,8	70 —	67 —	72—80 —	70 —
Autonomija vožnje putem (km)	600	480	480	480	480
Savlađivanje prepreka uspon (stepeni)	31	30	30	30	30
zid (m)	0,84	0,76	0,76	0,838	0,76
rov (m)	2,1	2,13	2,13	2,56	0,69
Srednji specifični pritisk (kPa)	49	69	72	70	69

1) Zajednički razvoj SAD i Velike Britanije

Ministarstvo odbrane SAD je 1992. godine na osnovu rezultata konkursnih ispitivanja objavilo da je u okviru programa lakog tenka AGS pobednik — tenk XM8. Možda je tome doprinela i činjenica da su u konstruisanju ovoga tenka korišćena rešenja drugih tenkova, što će znatno pojeftiniti serijsku proizvodnju.

P. Marjanović

AUSTRIJSKI AUTOMAT 9 mm TMP*

Austrijska firma »Štajer-Manliher« prikazala je, početkom 1992. godine, novi proizvod — automat 9 mm TMP ili, po klasifikaciji njegovih konstruktora, taktički automatski pištolj TMP (Tactical Machine Pistol).

Konstruktori su težili da naprave lično oružje za samoodbranu koje se odlikuje malom masom, kompaktnošću, mogućnošću upravljanja vatrom, sa ciljem da po vatrenoj moći bude ekvivalentno automatu ali sa masom i dimenzijama automatskog pištolja. Nameravalo se da se primenom kompozitnih materijala smanji cena proizvodnje, koja bi trebalo da odgovara ceni običnog (samopunećeg) pištolja. Proizvođač je težio da smanji veliko rasturanje pogodaka pri automatskom gađanju, što je inače karakteristika mnogih automata, te da obezbedi efikasan dolet na daljini od 25 m. Konstruktori su odustali od korišćenja novog metka 5,7 mm, uzimajući u obzir teškoće pri njegovom uvođenju u naoružanje, a odabrali su formacijski metak 9 mm NATO pakta.

Automatski pištolj TMP samo je neznatno veći od običnog pištolja (dužina 280 mm, širina 45 mm, visina 162 mm), a lakši je od formacijskih automata (masa bez metaka 1,3 kg). Spoljašnji delovi pištolja su zaobljeni, što je se postiglo izradom tela pištolja i

okvira metodom livenja od kompozitnih materijala.

Konstruktivna shema automatskog pištolja TMP razlikuje se od shema drugih automatskih pištolja. U gornjem delu tela smešteni su pokretni delovi, a otvor za izbacivanje praznih čahura zatvoren je pri završenoj cevi zatvaračem, čime se sprečava prodiranje nečistoće i vode u pištolj. U donjem delu pištolja smešten je mehanizam za okidanje i opaljivanje, kao i regulator paljbe koji je istovremeno i osigurač. Neposredno iznad prednjeg rukohvata pištolja nalazi se utvrđivač koji spaja gornji i donji deo tela pištolja.

Cev, dužine 150 mm, smeštena je u cevastu oblogu. Spoljni prečnik usta cevi znatno je povećan, čime se omogućilo usmereno kretanje cevi kroz cevastu oblogu posle opaljivanja metka. Cevasta obloga pričvršćena je za telo pištolja. Deo cevi oko usta ima navoje za pričvršćivanje prigušivača zvuka. Cev je dovoljno masivna, a njena izrada je u velikoj meri komplikovana. Na spoljašnjem srednjem delu cevi izrađena su dva figurna ureza, a u zadnjem 8 ispusta koji obezbeđuju spajanje za zatvaračem koji se kreće po vodičama. U zatvaraču je smešten udarač. Pokretni delovi automatskog pištolja TMP, posle opaljenja metka i trzanja, vraćaju se u prednji položaj dejstvom povratnog mehanizma, koji se sastoji od povratne opruge i usmeravajuće šipke povratne opruge.

U trenutku opaljenja metka cev je zatvorena zatvaračem, zatim se cev i zatvarač zajedno vraćaju nazad (trzanje). U fazi trzanja, posle 4 mm cev počinje da se okreće u pravcu kazaljke na časovniku usled uzajamnog dejstva bregastog ispusta cevaste obloge i figurnog ureza na cevi. Kada bregasti ispust dođe do kraja unutrašnjeg figurnog ureza prestaje kretanje cevi i u tom trenutku cev se toliko okrene da se zatvarač oslobodi, pa nastavi da se kreće nazad, pri čemu izvlači i izbacuje praznu čahuru. Pri povratnom kretanju pokretnih delova napred, zatvarač uvodi novi

* Zarubežnoe voennoe obozrenie, 10/93.

metak u ležište, cev se okreće u smeru suprotnom od kretanja kazaljke na časovniku i dolazi do završavanja zatvarača i cevi. Na taj način automatika pištolja TMP obezbeđuje sigurno zatvaranje cevi u trenutku opaljenja metka, ali to smanjuje brzinu gađanja i impuls trzanja.

Ručica za ponovno punjenje nalazi se u zadnjem delu tela pištolja. Utvrđivač magacina (šaržera), čiji je kapacitet 15 ili 30 metaka, nalazi se iznad braničara. Na površini tela pištolja postoje vodiče za optički ili laserski nišan (koji je varijanta laserskih nišana malo većih od cigarete). Baterija za napajanje laserskog nišana nalazi se u prednjem rukohvatu.

Pištolj TMP konstruisan je za jediničnu i rafalnu paljbu. Jedinična paljba vrši se povlačenjem dvostepenaste obarače otprilike za polovinu hoda, kada je regulator paljbe — osigurač (koji se kreće u horizontalnoj ravni) postavljen u srednji položaj. Prilikom povlačenja obarače do kraja pištolj gađa rafalno, brzinom 800—900 metaka/min. Kada se regulator paljbe pomeri u krajnji levi položaj moguće je samo automatsko gađanje. U položaju »osigurano«, regulator paljbe — osigurač blokira obaraču i sprečava njeno povlačenje.

Pištolj TMP ima još tri osigurača koji sprečavaju slučajno opaljenje metka pri nepotpunom završavanju cevi zatvaračem ili pri padu pištolja, nezavisno od položaja regulatora paljbe — osigurača.

Konstruktori su odustali od kundaka jer su poslednja ispitivanja pokazala da se kod oružja sa kundakom povećava vreme prenošenja vatre sa jednog na drugi cilj. Stručnjaci tvrde da postojanje prednjeg rukohvata pomaže instinktivno usmeravanje pištolja prema cilju i smanjuje vreme od donošenja odluke da se gađa do momenta otvaranja vatre na cilj.

P. Marjanović

PERSPEKTIVE RAZVOJA MINOBACAČKOG NAORUŽANJA*

U razvoju minobacačkog naoružanja došlo je do pomaka. Konstruišu se samohodni minobacači sa kupolom i potpunom oklopnom zaštitom članova posade, opreme i municije. Najviše se radi na razvoju minobacača sa glatkom cevi i punjenjem kroz usta cevi. Oni su konstruisani prema klasičnoj shemi imaginarnog trougla sa paljenjem punjenja po Stoksovoj shemi. Naime, paljenje i sagorevanje osnovnog pogonskog punjenja odvija se u unutrašnjosti patrona koji se nalazi u šupljor cevi — ležištu metka. Kada dostignu određeni pritisak, barutni gasovi probijaju zidove patrona osnovnog punjenja, pale dopunska punjenja i izbacuju minu. Shema imaginarnog trougla je sledeća: cev minobacača zglobno je vezana dvonožnim lafetom i podlogom; dvonožni lafet i podloga oslanjaju se na zemlju, a između njih nema zglobne veze. Primer konstrukcije pomenutog bacača prikazan je na sl. 1.

U vreme kada su borbene snage protivnika zasićene mehanizovanim sredstvima, kada je poboljšana zaštita ciljeva i ljudstva od dejstva zrna malokalibarske municije i parčadi, od konstruktora minobacačkog naoružanja se zahteva da bitno poboljšaju efikasnost municije, uključujući njihovu kinetičku energiju pri uništenju ciljeva parčadnim dejstvom. Rastresit raspored borbenih jedinica i povećanje dubine ešeloniranja jedinica u uslovima velikih manevarskih sposobnosti u toku borbenih dejstava zahtevaju povećanje dometa vatrenih i taktičkih mogućnosti i manevarskih sposobnosti minobacača. Pri transportu trupa vazдушnim putem takođe je potrebno smanjivanje mase i dimenzija oružja, s tim da se ne smanjuje njihova borbena mogućnost i efikasnost.

* Zarubežnoe voennoe obozrenie, 10/93.

U NATO imaju primedbe na šarolikost tipova minobacača, što otežava njihovu eksploataciju i borbenu primenu, koordinaciju upravljanja vatrom i materijalno-tehničko obezbeđivanje (logistička podrška). Da bi se to rešilo, smatra se da treba rešiti pitanje unifikacije minobacača i njihove municije. Ističe se i činjenica da mine imaju malu brzinu i dugo vreme leta, što omogućava lako otkrivanje vatrenih položaja minobacača. Zbog toga se u svetu intenzivno radi na razvoju novih tipova minobacača, uglavnom samohodnih, sa visokim manevarskim sposobnostima. Pored ovih, i drugi zahtevi, koji se postavljaju konstruktorima minobacačkog naoružanja, pokazuju da će se njihov razvoj kretati u pravcu povećanja dometa, pouzdanosti, manevarskih osobina, brzine gađanja, gustine i preciznosti vatre.

Povećanje dometa minobacača ostvarilo bi se povećanjem početne brzine mine, dodatnim povećanjem brzine mine na putanji, i smanjenjem gubitaka brzine na putanji. Za povećanje početne brzine mine, u prvom redu, koriste se jači pogonski baruti, koji bi obezbedili povećanje početne brzine bez bitnog povećanja pritiska u cevi. U drugom redu koristilo bi se i povećanje dužine cevi minobacača. Za smanjenje energetskih gubitaka usavršava se konstrukcija pogonskih punjenja, poboljšava kvalitet stabilizatora i tela radi poboljšanja aerodinamičkog oblika mina. Za dodatno povećanje brzine na putanji razvijaju se, i sve se više koriste, nove aktivno-reaktivne mine, zbog čega je priraštaj početne brzine do 125 m/s i više.

Za poboljšanje manevarskih osobina smanjuje se masa minobacača u borbenom i marševskom položaju. U tom smislu, istražuju se mogućnosti korišćenja lakih materijala velike čvrstoće, tvrdoće i otpornosti na koroziju. Ispituju se legirani čelici, lake legure velike čvrstoće (uz korišćenje aluminijuma, titana, hroma, nikla, molibdena), kao i armirane plastične mase. Rezul-

tati sličnih ispitivanja iz ranijeg perioda već su konkretno realizovani. Tako je cev minobacača L16A1 kal. 81 mm izrađena od legiranog čelika, a minobacača M61 istog kalibra — od hrominikl čelika. U mnogim zemljama Zapada za mine su izrađeni polietilenski kontejneri umesto drvene ambalaže, a za pogonska punjenja — ambalaža od lakih sintetičkih materijala. To je doprinelo znatnom smanjenju ukupne mase borbenog kompleta municije, poboljšanju eksploatacione pouzdanosti pri čuvanju i prevoženju.

Za poboljšanje manevarskih osobina radi se i na razvoju samohodnih minobacača, a za šasijske se koriste perspektivna sredstva koja mogu ploviti preko vode, mogu se prevoziti transportnim avionima i imaju povećanu brzinu, prohodnost i autonomiju vožnje. Razvijaju se novi protivtrajući sistemi, torzionog ili hidropneumatskog tipa, koji znatno smanjuju silu trzanja što omogućava da se kao šasijske za samohodne minobacače koriste lakša vozila sa visokim manevarskim sposobnostima.

Radi povećanja bezbednosti upotrebe minobacača i njihove municije razvijaju se novi eksplozivni i pouzdani unificirani nekontaktni upaljači, usavršava se mehanizam za okidanje i opaljivanje i osigurači (blokatori) za njih. U poslednje vreme u nekim zemljama Zapada (SAD, Velika Britanija, Nemačka) radi se na razvoju samohodnih bacača 120 mm sa kupolom koji se pune kroz zadnjak. Za njih se rade automati za punjenje, uz primenu robota, i sistemi za dijagnosticiranje neispravnosti.

Brzina gađanja minobacača koji se pune kroz usta cevi relativno je visoka, mada se trajanje neprekidnog gađanja ograničava temperaturom zagrevanja cevi koja iznosi 180—200°C zbog mogućnosti samopaljenja baruta u dopunskim punjenjima. Stoga se za povećanje brzine gađanja istražuju novi čelici i legure koje su otporne na zagrevanje, imaju veliku čvrstoću i pove-

ćanu razmenu toplote sa okolnom sredom. Istražuju se nove konstruktivne sheme i plastično-keramički materijali za zaptivne prstenove mina koji snižavaju trenje pri kretanju mine kroz cevi. Radi se i na novim recepturama baruta sa niskom temperaturom sagorevanja za pogonske barute.

Jedna od mera za povećanje brzine gađanja minobacača jeste konstruisanje mehaničkih i automatskih uređaja, koji posle opaljivanja mina vraćaju minobacač u prvobitno stanje nišanje. U Švajcarskoj su registrovani patenti magacina za mine i uređaj za punjenje minobacača kroz usta cevi, a izrađuju se i automatski minobacači u kupoli (SAD, Velika Britanija, Nemačka).

Istraživanja u oblasti poboljšanja gustine vatre i preciznosti pogađanja usmerena su na usavršavanje konstrukcije pogonskih punjenja i uređaja za paljenje, stvaranje novih zaptivnih uređaja i poboljšavanje aerodinamičkih oblika mina. Radi se i na novim stabilizatorima radi poboljšavanja stabilnosti mina putanji, uz mogućnost rotiranja mina. Menja se konstrukcija i oblik podloge kako bi se obezbedila veća stabilnost minobacača pri gađanju, razvijaju se nove nišanske sprave i usavršavaju tablice gađanja. Minobacači i minobacačke jedinice opremaju se savremenim sredstvima za obezbeđivanje gađanja i upravljanja vatrom. Pretpostavlja se da će se u SAD samohodni minobacač FAMS opremiti sistemom za topografsko vezivanje i orijentaciju, računarnom koji će izračunavati elemente za gađanje i upravljanje vatrom i automatskim sistemom za navođenje minobacača.

Od početka osamdesetih godina razmatra se mogućnost upotrebe minobacača kao sredstva za protivoklopnu borbu, jer mine mogu da uništavaju tenkove i borbena vozila pešadije udarom u gornju ploču. Pored toga, domet savremenih minobacača 81 i 120 mm od 5 do 8 km je veći od dometa protivoklopnih raketnih sistema i protivtenkov-

skih topova. Radi toga, u nekim zemljama Zapada aktiviran je razvoj minobacačke vođene municije kojoj nije potrebno »osvetljavati« ciljeve. U Nemačkoj se od 1975. radi na razvoju mine »Busard« 120 mm koja ima poluaktivni sistem vođenja sa laserskom glavom za samonavođenje, ali joj je obavezno prethodno »osvetljavanje« cilja, što nije uvek moguće u savremenim uslovima na bojištu. Zbog toga se poslednjih godina uspešno radi na razvoju vođenih mina sa IC ili radarskom glavom za samonavođenje (u milimetarskom talasnom opsegu), a koje dejstvuju po principu »ispali i zaboravi«. U tom slučaju, na padajućem delu putanje (»Merlin« 81 mm) obezbeđuje se kružno skaniranje zemljišta vidnim poljem glave za samonavođenje. Površina skaniranja kod traženja pokretnog cilja je 300 x 300 m. Ako takav cilj nije otkriven, počinje traženje nepokretnog cilja na površini od 100 x 100 m. Kada se cilj otkrije, repni stabilizator i 4 kormila na prednjem delu tela mine navode minu na cilj.

Upotređujući protivoklopni raketni sistem »Milan« (domet 2 km, cena 7.500 funti sterlinga) i vođenu minu »Merlin« (domet 4,5 do 5 km, cena 3.700 funti sterlinga) jasno se vidi prednost mine »Merlin«.

Mine sa aktivnim sistemima vođenja razvijaju se u Nemačkoj, Švedskoj i Francuskoj, a njihove osnovne karakteristike prikazane su u tabeli.

Uvođenje u naoružanje vođene minobacačke municije omogućiće da se minobacačke jedinice naoružaju efikasnim borbenim sredstvom protiv oklopnih vozila. Sveukupnost takvih faktora, kao što su brzina gađanja, velika preciznost gađanja, pouzdana zaštita posada i visoke manevarske mogućnosti samohodnih automatskih minobacača, omogućiće nanošenje udara po kolonama oklopnih ciljeva, koje su u nastupanju ili pokretu, a i brze promene vatre. Samohodni minobacači

Osnovne karakteristike vođenih mina koje se razvijaju na zapadu

Tip mine Poreklo	Masa (kg)	Dolet (km)	Dužina (mm)	Tip glave za samonavođenje
»Merlin« 81 mm V. Britanija	6,0	4,5	900	dadarska
SAMP 106,7 mm SAD	18,0	8,0	800	IC i radarska
»Spiral« 120 mm Francuska	—	10,0	—	radarska
»Busard« 120 mm Nemačka	17,0	5,0	1.000	laserska IC ili radarska

pogodniji su, sa aspekta efikasnosti, od samohodnih protivoklopnih topova protivoklopnih raketnih sistema.

U nekim zapadnim zemljama ističu se i nedostaci vođene minobacačke municije, a to su složenost konstrukcije i visoka cena. Ističe se da minobacači ne mogu da konkurišu protivoklopnom naoružanju, jer nisu u stanju da izvrše svoj osnovni zadatak — neposrednu vatrenu podršku pešadijskim jedinicama kada za to nema drugih borbenih sredstava.

Za poboljšanje dejstva mina razvijaju se nove recepture eksploziva koji obezbeđuju visoki nivo kinetičke ener-

gije parčadi, pri optimalnom izboru materijala za telo mine. Za izradu tela počinje da se koristi kovano perlitno liveno gvožđe i grafitizirani čelik, čime se povećava parčadno dejstvo protiv žive sile 2 puta u odnosu na tela mina od počeličenog livenog gvožđa. Grafitizirani čelik obezbeđuje još bolje drobljenje tela mina. Poslednjih godina u SAD i Španiji posvećuje se sve veća pažnja razvoju kasetnih mina 120 mm sa kumulativno-parčadnim ubojnim elementima tipa »Sadarm« koji obezbeđuju poboljšanje efikasnosti uništenja žive sile i ratne tehnike.

P. Marjanović

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 22-788
Telefax: 644-042, žiro-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za period od 1. januara do 30. juna 1994. godine, i to:

kompleta

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara

2. NOVI GLASNIK (vojno-stručni intervidovski časopis VJ) izlazi dvomesečno, u koloru sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Polugodišnja pretplata: 21,00 dinara

3. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara

4. VOJNOISTORIJSKI GLASNIK (časopis Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvo-romesečno. Polugodišnja pretplata: 8,00 dinara



Broj primeraka časopisa koji naručujete upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd. Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioći uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopis slati na adresu:

Kupac
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br.

Dana 1994. godine

M. P.

.....
Potpis naručioca

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — siže, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim preredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćénica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

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.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

REDAKCIJA

LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK

Slobodan Mihalović

LEKTOR

Dobrila Miletić, prof.

KORICE

Mihajlo Stankić, dipl. inž.

KOREKTOR

Jovan Đokić, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE

Branka Stojakov
(telefon 656-122 lokal 23-156)