IZDAVAČKI SAVET:

General-potpukovnik
mr VLADAN ŠLJIVIĆ, dipl. inž.
(predsednik)

General-major
dr ALEKSANDAR RADOVIĆ, dipl. inž.

General-major
dr MILORAD DRAGOJEVIĆ, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
ĐORĐE ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
LJUBODRAG PAVLOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOSIP LENASI, dipl. inž.

Pukovnik
dr DOBRICA PETRIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VLADIMIR VOLAREVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
BORIS JURKOVIĆ-PERIŠA, dipl. inž.

Pukovnik
MILOSAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ZAHARIJE VLAŠKALIN, dipl. inž.

Pukovnik
JOVAN MARKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr VIDOJE PANTELIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr MILISAV ARSIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr TOMISLAV ŠTULIĆ, dipl. inž.
(sekretar)

Potpukovnik
IVAN SLAVKOV, dipl. inž.

Potpukovnik
ŽIVOTA ILIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
RODOLJUB DOŠIĆ, dipl. inž.

Kapetan I klase
MESUD HADŽIALIĆ, dipl. inž.
FRANJO BRKIĆ, dipl. inž.

●

GLAVNI I ODGOVORNI UREDNIK

Pukovnik
mr TOMISLAV ŠTULIĆ, dipl. inž.

●

SEKRETAR REDAKCIJE

BRANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI GLASNIK — Beograd, Svetozara Markovića 70, VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali: odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-156, pretplata 32-937, žiro-račun: Vojnoizdavački i novinski centar (za Vojnotehnički glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Godišnja pretplata: za pojedince — 30 dinara, a za ustanove, organizacije udruženog rada i druge organizacije — 90 dinara. Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Beograd, Generala Ždanova 40 b.

YU ISSN 0042-8469

IZDAJE
SAVEZNI SEKRETARIJAT ZA NARODNU ODBRANU

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS JUGOSLOVENSKE NARODNE ARMIJE

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*



6

GODINA XXXVIII ● NOVEMBAR—DECEMBAR 1990.

SADRŽAJ

Dr Miladin Nikolić, pukovnik, dipl. inž., **Mr Zoran Branković**, major, dipl. inž. 629 Model za utvrđivanje potrebne strukture radne snage i asortimana rezervnih delova za remont složenih tehničkih sredstava

Mr Novak Smiljanić, kapetan I klase, dipl. inž. 638 Predviđanje zahteva za korektivno održavanje primenom metode analize i prognoze vremenske serije

Stevan Sinkovski, kapetan I klase, dipl. inž. 648 Eksploatacija avijacijskih sistema po stanju

Mr Mirko Kukolj, kapetan I klase, dipl. inž. 660 Učenje CAD-a na personalnim računarima

Mr Dušan Regodić, kapetan I klase, dipl. inž. 664 Primena metode konačnih elemenata u proračunu mašinskih konstrukcija

Srboljub Krštenić, potpukovnik, dipl. inž. 676 Obrada meteorološkog biltena »METEO-SREDNJI« na računaru

Ivan Đurđević, kapetan, dipl. inž. 692 Merenje kapaciteta serijskih vezanih akumulatora

Mr Luka Mišković, kapetan I klase, dipl. inž. 699 Aditivi u mazivim uljima

Vladeta Đuklć, kapetan I klase 712 Otkrivanje opasnosti i kontrola kontaminacije pri hemijskim udesima u miru

Izv. prof. dr Jurij Kolenc, pukovnik, dipl. inž. 721 Transport opasnih tvari

Zvonimir Rakić, pukovnik 727 Vazdušni transport tenka M-84

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

730 Nastavak razvoja oružja za »RAT ZVEZDA« — P.M.

735 Perspektive korišćenja američke automatske puške sa glatkom cevi — sačmarice »USAS-12« za borbene svrhe — P.M.

739 Višenacionalni program »MACPED« za razvoj protivoklopnih mina bočnog dejstva — P.M.

741 Španske haubice 155 mm i 203 mm — P.M.

743 Britanski glavni borbeni tenk »CHALLENGER 2« — P.M.

748 Nastanak i dalji razvoj borbenih vozila pešadije — P.M.

753 Razvoj francuskih dizel-motora firme »BAUDOUIN« za borbena vozila — P.M.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

756 PVO raketni sistem »CROTAL NG« francuske firme THOMSON-CSF

757 Američko-zapadnonemački raketni sistem »RAM« za odbranu od protivbrodskih raketa

757 Italijanski PA sistem »SIDAM 25«

758 Zapadnonemački pomoćni uređaj za punjenje haubice 155 mm

759 Pokretni uređaj za upravljanje PVO vatrom »APACHE« britanske firme MCCS

759 Minobacačka mina »FOMP« američke firme BOEING vođena optičkim vlaknom

760 Sovjetske ručne granate »RGN« i »RGO«

761 Razvoj američkog lakog oklopnog vozila »LAV-105«

761 Lako oklopno vozilo »PUMA« italijanske firme IVECO

762 Terenska dizalica »HA 12« francuske firme PINGUELY

763 Zapadnonemački terenski automobil 8×8 visoke pokretljivosti

764 Familija VF radio-uređaja sa frekvencijskim skakanjem italijanske firme ELMER

764 Minijaturni prijemnik »GPS« za globalni navigacioni sistem OS SAD

765 Visokofrekventni ometač velike snage »RHINO« italijanske firme TELETTRA TELECOMUNICAZIONI

766 Multifunkcionalni radar »EMPAR« italijanske firme SELENIA

767 Američki radar »AN/TPS-70« u sistemu PVO Saudijske Arabije

768 Francuski trenažer za obuku nišandžije i komandira na tenku nove generacije

Dr Miladin Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Mr Zoran Branković,
major, dipl. inž.

Model za utvrđivanje potrebne strukture radne snage i asortimana rezervnih delova za remont složenih tehničkih sredstava

Uvod

Sva složena tehnička sredstva projektuju se tako da se mogu koristiti u određenim uslovima eksploatacije. Da bi jedno složeno tehničko sredstvo ispravno funkcionisalo u što dužem vremenskom periodu, neophodno je da se na odgovarajući način održava. Zbog relativno česte pojave otkaza može biti onemogućen ispravan rad, ali se neispravnosti prikladnim postupcima održavanja mogu otkloniti. Zato održavanje predstavlja neophodnu i veoma značajnu fazu u životnom ciklusu tehničkog sredstva i mora se potpuno sagledati još u procesu njegovog projektiranja.

Eksploatacija tehničkih sredstava zahteva određena novčana ulaganja u obezbeđenju kadrovskih i materijalnih resursa za opsluživanje i održavanje, rezervne delove, skladišta, tehničku i drugu dokumentaciju, itd. Pri tome, neka složena tehnička sredstva zahtevaju velike troškove pogonske energije, neka nameću posebne troškove u obuci rukovaoca i osoblja za održavanje, a kod nekih veliki troškovi potiču od skladištenja i držanja velikih količina rezervnih delova na skladištima. Određena istraživanja pokazuju da se efikasnijim sistemom održavanja i snabdevanja rezervnim delovima mogu ostvariti značajni ekonomski efekti i uštede. Iz ovih razloga u radu je prikazan postupak za utvrđivanje potrebne strukture radne snage i asortimana rezervnih delova za remont jednog složenog tehničkog sredstva kao korektivni postupak u procesu održavanja.

Remont složenih tehničkih sredstava kao sistem masovnog opsluživanja

Proces remonta složenih tehničkih sredstava, odnosno proces rada pojedinih tehnoloških celina u okviru radionice za remont, odlikuje se posebnim karakteristikama za svaku grupu, pa i vrstu složenih tehničkih sredstava, što se definira odgovarajućom organizacijom i tehnologijom rada. Međutim, kao zajednička osnova za navedene procese rada javlja se postojanje: zahteva za remontom (ulaznog toka zahteva), određenih tehničko-tehnoloških celina za remont (kanala za opsluživanje), organizaciono-tehnoloških postupaka pri remontu (discipline opsluživanja) i opsluženih i neopsluženih zahteva za remontom (izlaznog toka zahteva).

Sve to nameće očigledan zaključak da proces remonta složenih tehničkih sredstava spada u kategoriju procesa masovnog opsluživanja. Za detaljnije sagledavanje procesa remonta složenih tehničkih sredstava, kao sistema masovnog opsluživanja, potrebno je sagledati

osnovne karakteristike tog sistema. U stvari, sistem remonta složenih tehničkih sredstava predstavlja otvoreni sistem u koji zahtevi za remontom pristižu grupno ili pojedinačno, sa jednim ili više kanala za opsluživanje i uzajamnom pomoći među kanalima, sa definiranim prioritetom opsluživanja, sa ili bez vremenskog ograničenja i ograničenja broja sredstava u redu čekanja. On se ponaša kao monofazni ili višefazni, što zavisi od karakteristika pojedinih zahteva i mogućnosti njihovog zadovoljenja. Zadovoljenje remontnog zahteva predstavlja zadnju u nizu aktivnosti, koje se moraju provesti, da bi se tehničko sredstvo remontovalo, odnosno osposobilo za ponovnu upotrebu.

Isto tako, obezbeđenost rezervnim delovima često odlučujuće utiče na ceo proces remonta, jer ukoliko se njime ne raspolaže u procesu remonta, dolazi do čekanja, koje ponekad može biti veoma dugo, što negativno utiče na raspoloživost složenog tehničkog sredstva. Međutim, potrošnja rezervnih delova je slučajna i predstavlja rezultat pojave otkaza, do kojeg dolazi u slučajnim trenucima vremena. To znači da bi zadovoljenje uslova da »uvek« bude »dovoljno« rezervnih delova moglo da se ostvari samo ako skladište raspolaže sa »veoma mnogo« rezervnih delova. Na taj način bi svaka nastala potreba bila zadovoljena. Međutim, ovakav pristup u dimenzioniranju skladišta rezervnih delova očigledno izaziva velike troškove i to, kako sa stanovišta osnovnih ulaganja u gradnju i popunu skladišta, tako i sa stanovišta tekućih troškova. Na osnovu navedenog može se zaključiti da formiranje zaliha rezervnih delova uslovljavaju razlozi operativne prirode, koji na različite načine utiču na njihovo stalno povećanje i ekonomski razlozi, koji zahtevaju postojanje minimalnih zaliha rezervnih delova. Problem se svodi na to kako naći optimalni odnos između ta dva oprečna zahteva i kako organizovati sistem snabdevanja rezervnim delovima koji će zadovoljiti potrebe remonta.

Izbor metode za rešavanje problema

Proces remonta složenih tehničkih sredstava može se opisati na pogodan načina pomoću specijalnog matematičkog aparata za prikaz slučajnih procesa na bazi diskretnih procesa Markova. Međutim, da bi se ova metoda mogla primeniti, neophodno je da ulazni tok zahteva poseduje osobine prostog toka, tj. da bude stacioniran, ordinaran i bez posledica.

Bez posebnog obrazloženja, uvažavajući samo navedene karakteristike procesa remonta složenih tehničkih sredstava, kao sistema masovnog opsluživanja, usvaja se da ulazni tok zahteva za remontom tehničkih sredstava ne poseduje svojstva prostog toka.

S obzirom na to da se na isti problem nailazi i kod mnogih drugih realnih procesa, teorija je našla efikasno rešenje u modeliranju takvih procesa. Tome je bitno doprineo i razvoj softvera i hardvera u savremenoj informatičkoj tehnologiji. Primenom statističkog modeliranja pomoću metode Monte-Karlo i logike rada sistema masovnog opsluživanja, razvijena je teorija simulacije realnih procesa i izgrađeni su odgovarajući simulacioni jezici za provođenje određenih procesa i dobijanje željenih karakteristika rada posmatranog sistema. Imajući to u vidu, za modeliranje procesa remonta složenih tehničkih sredstava i određivanje potrebnog asortimana i količina rezervnih delova odabrana je metoda simulacije.

Optimizacija u sistemu masovnog opsluživanja

Pri planiranju remonta složenih tehničkih sredstava potrebno je tako isplanirati remont da on bude najefikasniji. Smatra se da je plan opsluživanja optimalan ako mu odgovara ekstrem kriterija efikasnosti. Tako, na primer, ako se za kriterij efikasnosti odabere

srednje vreme opsluživanja, onda se optimalni plan ostvaruje kada se minimizira ovo vreme. Međutim, ako se kao kriterij efikasnosti odabere broj opsluženih tehničkih sredstava, postavlja se zadatak određivanja maksimuma toga kriterija. Osnovne teškoće pri rešavanju zadataka optimizacije javljaju se pri izboru funkcije cilja. Ona može biti i verovatnoća opsluživanja tehničkih sredstava, a ograničenja se mogu odnositi na broj kanala opsluživanja, ili na vreme opsluživanja. Funkcionisanje sistema opsluživanja u optimalnom režimu može se izraziti preko osnovnih pokazatelja efikasnosti:

n_k — broj kanala opsluživanja;

$\bar{t}_{ops}$ — srednje vreme opsluživanja;

λ — srednji broj tehničkih sredstava koji pristupaju u sistem masovnog opsluživanja u jedinici vremena.

Ako se kao kriterij efikasnosti izabere verovatnoća opsluživanja, onda je:

$$P_{ops} = f(n_k, \bar{t}_{ops}, \lambda)$$

Uzimajući u obzir uticaj svake od ovih veličina na verovatnoću opsluživanja, pojedinačno i uzajamno, potrebno je odrediti optimalni broj kanala opsluživanja, optimalno srednje vreme opsluživanja i broj tehničkih sredstava koji može biti opslužen u optimalnom režimu.

Zadatak optimizacije može se rešiti variranjem vrednosti polaznih podataka. Ako funkcija cilja zavisi od jedne promenljive, dovoljno je naći takvu vrednost promenljive za koju funkcija cilja dostiže maksimalnu ili minimalnu vrednost. Ukoliko se za kriterijsku funkciju izabere verovatnoća opsluživanja (P_{ops}), koja je u sistemima masovnog opsluživanja funkcija tri promenljive, i pri tome izabere njena maksimalna vrednost ($P_{ops}=1$), još se ne može reći da je to njena optimalna vrednost, s obzirom na veze između ove veličine i osnovnih parametara.

Analiza funkcionisanja sistema masovnog opsluživanja u optimalnom režimu najčešće se provodi izjednačavanjem dva suprotna pokazatelja i to verovatnoće opsluživanja (P_{ops}) i koeficijenta zauzetosti kanala opsluživanja (K_z), koji predstavlja odnos srednjeg broja zauzetih kanala (n_{zk}) i ukupnog broja kanala opsluživanja (n_k). Pri tome se pretpostavlja da su druga dva parametra: srednje vreme opsluživanja i broj kanala opsluživanja konstantni. Pod tim uslovima treba odrediti optimalni broj kanala opsluživanja ($n_{k_{opt}}$).

U ovom slučaju, broj kanala opsluživanja je optimalan ukoliko verovatnoća opsluživanja i koeficijent zauzetosti kanala opsluživanja poprime iste vrednosti, tj.:

$n_{k_{opt}} = n_k$ ako je $P_{ops} = K_z$ uz λ i $\bar{t}_{ops} =$ = konst

odnosno $n_{k_{opt}} = \varrho = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \bar{t}_{ops}$, gde je μ srednji broj opsluženih tehničkih sredstava u jedinici vremena..

Kriteriji za određivanje obima i vrste neispravnosti tehničkog sredstva, kao i potrebnog vremena za remont, određuju se na osnovu statističkih podataka iz prakse ili na osnovu projektovane pouzdanosti.

Eksperimentalni okvir za izradu simulacionog modela

Eksperimentalni okvir za izgradnju ovog modela podrazumeva definiranje osnovnih tokova neispravnih složenih tehničkih sredstava, informacija i određenih aktivnosti koje se provode pri njihovom remontu. U modelu se prati jedna grupa složenih tehničkih sredstava. Pri eksploataciji dolazi do njihovog »ispadanja« iz upotrebe po određenoj raspodeli, zbog otkaza — oštećenja, koji su posledica različitih uzroka (visokog intenziteta eksploatacije, nestručnog rukovanja, dotrajalosti, i dr.). Bez obzira

na uzrok, sva složena tehnička sredstva koja su ispala iz upotrebe dolaze u radionicu za remont gde se vrši njihov remont. U slučaju da resursi nisu raspoloživi (zauzetost, dnevni odmor ili vikend), složena tehnička sredstva odustaju od čekanja, a ukoliko oštećenje prelazi nadležnost radionice za remont, na osnovu date verovatnoće, ona se upućuju u radionicu za viši stepen remonta. Za remont složenih tehničkih sredstava angažuju se mehaničari više specijalnosti.

Remont složenih tehničkih sredstava vrši se sa ili bez zamene rezervnih delova na osnovu zadate funkcije raspodele za konkretno sredstvo.

Detaljnije praćenje drugih aktivnosti pri održavanju složenih tehničkih sredstava može se postići promenom eksperimentalnog okvira, odnosno pravljenjem drugog »sažetog« modela ili detaljiziranjem delova ovog modela.

Simulacioni model

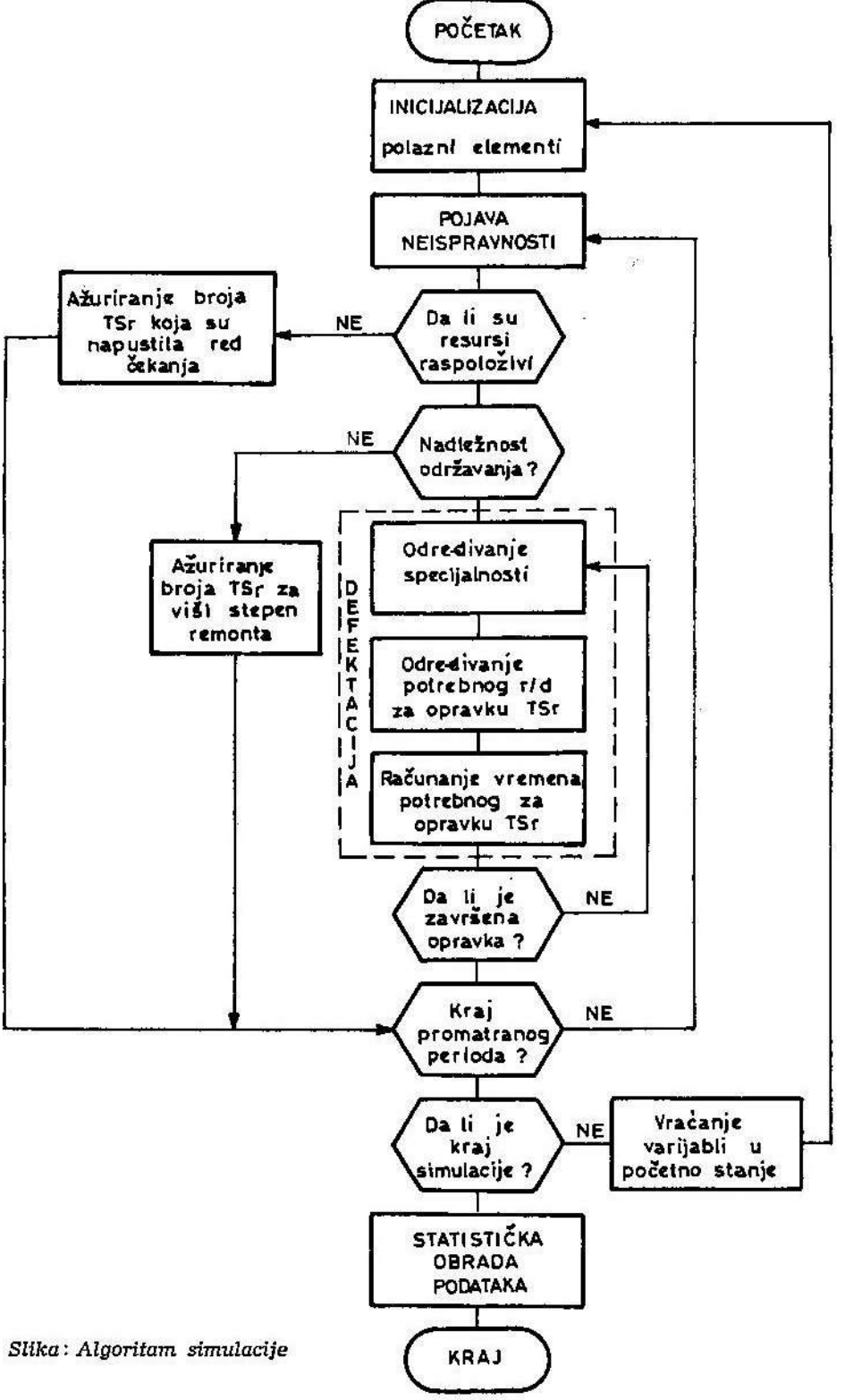
Za proces izgradnje modela ne postoji procedura kako da se na osnovu postojeće teorije izgradi model. Do punog izražaja dolazi veština istraživača i njegovo iskustvo na sličnim problemima. Stoga je opisan model remonta složenih tehničkih sredstava na dosta jednostavan, neformalan način, koji je, u stvari, opis njegovih komponenti, opisnih varijabli i interakcija među komponentama. Time je, u stvari, izgrađen »sažeti« model, jer bi izgradnja i korišćenje »baznog« modela bilo teško izvodivo. Ovakvo shvatanje i opis modela ima veoma važnu ulogu u samom razvoju i tumačenju modela. Pretpostavke pri izradi simulacionog modela su sledeće: radionica za remont je popunjena ljudstvom odgovarajuće kvalifikacione strukture i obučenosti za rad, te raspolaže adekvatnim garniturama alata, radioničkom opremom i rezervnim delovima.

Razrađeni simulacioni model sastoji se od četiri komponente: upravnog organa, korisnika tehničkih sredstava, tehnoloških elemenata za održavanje i okruženja. Komponente modela opisane su sa 40 varijabli. Dato je 15 parametara (konstante u modelu) i 8 pravila interakcija između komponenti.

Algoritam simulacije prikazan je na slici, a realizacija modela može biti ostvarena na nekom od programskih jezika opšte namene (FORTRAN, PL/I, PASCAL, ALGOL i drugi) ili u nekom od specijalnih simulacionih jezika (GPSS, SIMSCRIPT i drugi), što zavisi od prirode modela, mogućnosti istraživača, od računara i softvera kojim se raspolaže. Za simulaciju modela rada radionice za remont tehničkih sredstava korišten je simulacioni jezik GPSS, orijentiran na simulaciju diskretnih događaja u kontinuiranom vremenu, što odgovara upravo procesu remonta složenih tehničkih sredstava kao sistema masovnog opsluživanja. Program je realiziran na računaru CYBER.

Vrednovanje simulacionog modela

Vrednovanje simulacionog modela predstavlja značajan korak u razvoju modela, kojem treba posvetiti odgovarajuću pažnju u procesu modeliranja i simulacije. Vrednovati model znači razvijati prihvatljivi nivo samopouzdanja da su zaključci koji se donose na temelju ponašanja modela ispravni i primenljivi na realni sistem. Koncepcija vrednovanja simulacionog modela bazira na podeli procesa vrednovanja u dve faze: ispitivanje valjanosti modela (validation), te provere modela (verification). Pri tome treba istaći da je proces vrednovanja modela trajao tokom čitavog procesa modeliranja, te tako omogućio stalnu kontrolu valjanosti modela i programa, te sticanja pouzdanja u simulacioni model.



Slika: Algoritam simulacije

Proces vrednovanja stvorenog modela sadrži sledeće testove:

a) za ispitivanje valjanosti modela:

— osetljivost na promenu ulaznih varijabli (intenzitet ulaznog toka);

— osetljivost na promenu parametara modela (broj kanala opsluživanja, vreme opsluživanja);

b) za proveru modela:

— testiranje ispravnosti i tačnosti simulacijskog programa;

— korektnosti programskog generiranja raspodela slučajnih varijabli (ulazni tok i vreme opsluživanja).

Proveru rada modela olakšava činjenica da je pri koncipiranju i realizaciji simulacionog modela:

— izabran adekvatan simulacioni jezik (GPSS) koji ima dobro istestirani osnovni simulacioni algoritam, te ugrađene »alate« za otkrivanje grešaka u programu;

— program je napravljen modularno, koliko to dopušta GPSS, tj. funkcionalne celine u algoritmu su jasno razdeljene sa tačno određenim tačkama interakcije.

Statička svojstva modela, tj. logika njegovog rada, ispitivana su stalno tokom rada na modelu, kako za pojedine funkcionalne celine zasebno, tako i za celi model.

Rezultati vrednovanja pokazali su razumne iznose i predznake osetljivosti zavisnih varijabli sistema, te ispravan interni rad simulacionog modela, pa može poslužiti kao korisno sredstvo u daljim istraživanjima.

Rad sa simulacionim modelom na odabranom primeru

Interpretacija opisanog modela u GPSS-u zahteva tačno i konkretno definiranje inicijalnih stanja i nekih opisnih varijabli za svaku komponentu modela posebno. Time se kreira izvodljiv računarski model. Inicijalni scenario za komponente modela dat je prema primeru remonta složenog tehničkog sredstva iz prakse.

Pri remontu promatranog složenog tehničkog sredstva angažuju se mehaničari pet specijalnosti na osnovu datih verovatnoća. Remont se vrši sa ili bez zamene rezervnih delova. Za svaku specijalnost data je verovatnoća remonta bez zamene rezervnih delova, kao i verovatnoće zamene deset rezervnih delova koji se najčešće menjaju, što znači da se prati 50 rezervnih delova.

Potrebni podaci za rad modela su: intenzitet ulaznog toka neispravnih sredstava (λ), verovatnoća učešća svake specijalnosti pri remontu, verovatnoća zamene određenog rezervnog dela ili remonta bez zamene rezervnog dela, vreme remonta i broj kanala opsluživanja za svaku specijalnost.

Broj specijalnosti koje se angažuju pri remontu, kao i broj rezervnih delova koji se prati, može se menjati u zavisnosti od vrste složenog tehničkog sredstva.

Izlazni podaci koje model daje su: verovatnoća opsluživanja, koeficijent zauzetosti kanala opsluživanja, broj remontovanih sredstava, broj specijalnosti koje su učestvovale pri remontu, broj zamenjenih rezervnih delova po specijalnostima, odnosno broj remontovanih sredstava bez zamene rezervnih delova. Svi ovi podaci mogu se dobiti za različite vremenske periode. Eksperiment se provodi u dve faze, prema sledećem:

— određivanje potrebne strukture radne snage za dati intenzitet ulaznog toka (λ);

— određivanje potrebnog asortimana rezervnih delova za pojedine vremenske periode.

Analiza rezultata simulacije provodi se prema planu eksperimenta:

a) Određivanje potrebne strukture radne snage

Provođenjem eksperimenta na modelu, za različiti broj kanala opsluživanja za sve specijalnosti i intenzitet ulaznog toka ($\lambda=1$ otkaz/sat), dobijene su vrednosti za P_{ops} i K_z, na osnovu kojih je određen apsolutan iznos njihove razlike koji je prikazan u tabeli 1.

Na osnovu ovih vrednosti određen je optimalan broj kanala opsluživanja za svaku specijalnost traženjem minimalne razlike između K_z i P_{ops}, odnosno (min $\mid K_z - P_{ops} \mid$), jer se zbog celobrojnosti kanala opsluživanja ne može izvršiti izjednačavanje parametara P_{ops} i K_z.

Optimalni broj kanala opsluživanja za sve specijalnosti označen je sa * u tabeli 1.

tet ulaznog toka $\lambda=1$ otkaz/sat. Podaci o broju potrebnih rezervnih delova za 30 i 365 dana prikazani su u tabelama 2 i 3.

Analizom ovih podataka moguće je odrediti optimalni asortiman rezervnih delova, s obzirom na ekonomske mogućnosti, pri čemu treba primeniti neku od metoda višekriterijske optimizacije. Dobijeni podaci, takođe, mogu poslužiti za određivanje dinamike proizvodnje i isporuke određenih količina rezervnih delova, odnosno za utvrđivanje trenutka i obima narudžbe.

Zaključak

U radu je simuliran remont složenih tehničkih sredstava radi određivanja potrebne strukture radne snage i

Tabela 1

Rezultati izbora potrebne strukture radne snage

Intezitet λ (otkaz/h)	Broj kanala opsluziv.	Razlika |Kz-Pops| za specijalnost				
		1	2	3	4	5
1	1	0.32	0.15 *	0.35	0.52	0.23 *
	2	0.14 *	0.57	0.24 *	0.25	0.30
	3	0.43	0.71	0.46	0.01 *	0.54
	4	0.56	0.78	0.61	0.24	0.64
	5	0.65	0.82	0.70	0.48	0.72

b) Određivanje potrebnog asortimana rezervnih delova za pojedine vremenske periode

Provođenjem eksperimenta na modelu za različite vremenske periode (dan, nedelja, mesec, kvartal, polugodište, godina, životni vek, i dr.) može se dobiti optimalan asortiman rezervnih delova, s obzirom na operativne zahteve, potrebne za remont posmatranog složenog tehničkog sredstva za intenzi- asortimana rezervnih delova. Za rešavanje problema izabrana je metoda simulacije, a remont složenih tehničkih sredstava prikazan je kao model diskretnih događaja. Definiran je eksperimentalni okvir i dat »sažeti« model. Razrađeni model je adaptivan, što se ogleda kroz mogućnost da se veoma lako i brzo menja, proširuje i dograđuje na veći broj: tehničkih sredstava, broj specijalnosti i vrste rezervnih delova, što mu povećava mogućnost primene.

Tabela 2

Potrebne količine rezervnih delova za 30 dana

Rezervni deo	SPECIJALNOST				
	1	2	3	4	5
Deo 1	65	18	13	20	3
Deo 2	59	26	15	18	6
Deo 3	51	15	13	18	6
Deo 4	46	26	12	9	5
Deo 5	37	21	13	11	7
Deo 6	49	17	14	16	11
Deo 7	47	17	22	11	11
Deo 8	48	22	16	16	15
Deo 9	64	20	16	15	6
Deo 10	27	9	6	9	5
Bez zamene r/d	25	9	6	6	10

Tabela 3

Potrebne količine rezervnih delova za 365 dana

Rezervni deo	SPECIJALNOST				
	1	2	3	4	5
Deo 1	559	221	196	184	106
Deo 2	604	229	172	182	102
Deo 3	583	238	174	169	118
Deo 4	571	214	153	163	107
Deo 5	582	227	187	165	123
Deo 6	571	235	178	192	98
Deo 7	565	239	209	148	117
Deo 8	601	242	192	175	122
Deo 9	615	237	192	182	95
Deo 10	264	113	98	108	68
Bez zamene r/d	315	117	79	95	65

Rezultati, koje daje model, numerički su izraz ponašanja realnog sistema koji se simulira.

Za simulaciju ovakvih sistema simulacioni jezik GPSS se pokazuje pogodnim, jer olakšava translaciju modela, a, pored standardnih, pruža mogućnost i nestandardnih izlaza. Provedeni postupak vrednovanja simulacionog modela uključio je osnovne metode vrednovanja koje preporučuje savremena literatura.

Moguća područja primene stvorenog modela su:

— utvrđivanje potrebne strukture radne snage za različite intenzitete otkaza sredstava;

— utvrđivanje cene remonta za određeni vremenski period (radna snaga i rezervni delovi);

— utvrđivanje dinamike proizvodnje i isporuke rezervnih delova s obzirom na ekonomske mogućnosti;

— određivanje potrebnog skladišnog prostora, i drugo.

Literatura:

[1] Vukadinović S.: »Elementi teorije masovnog opsluživanja«, dopunjeno izdanje, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1983.

[2] Zeigler B. P.: »Theory of modeling and simulation«, Wiley, New York, 1976.

[3] Vukadinović S.: »Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike«, III izdanje, Privredni pregled, Beograd, 1983.

[4] Todorović J.: »Osnovi teorije održavanja — održavanje motornih vozila«, Mašinski fakultet, Beograd, 1984.

[5] Žiljak V.: »Simulacija računalom«, Školska knjiga, Zagreb, 1982.

[6] Sargent R. G.: »Validation of simulation models«, Proc. Winter Simulation Conf., San Diego, str. 479—503, 1979.

[7] USER's MANUAL, GPSS V. IBM, New York, 1974.

Mr Novak Smiljanić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Predviđanje zahteva za korektivno održavanje primenom metode analize i prognoze vremenske serije

Uvod

Slučajni karakter promene stanja tehničkih sredstava (TS), stanja »u radu« i »otkazu«, otežava utvrđivanje zahteva za korektivno održavanje, a time i planiranje održavanja. Praktično je onemogućeno utvrđivanje tih zahteva, pa se mora zadovoljiti njihovim predviđanjem. Prema [1], predviđanje zahteva i rezervisanje kapaciteta za korektivno održavanje zasniva se na podacima o potrebama za korektivno održavanje iz prethodnih perioda, a za predviđanje (planiranje) očekujućeg korektivnog održavanja.

Predviđanje i rezervisanje kapaciteta za korektivno održavanje u postojećoj praksi izvodi se iskustveno, što neretko dovodi do znatnih odstupanja od realnih (stvarnih) zahteva za korektivno održavanje.

Takva metodologija često uzrokuje:

— nepotpuno i nerealno planiranje održavanja TS;

— neravnomerno opterećenje kapaciteta održavanja TS;

— neravnomerno opterećenje kapaciteta radne snage u pojedinim periodima;

— neadekvatno iskorišćenje raspoloživih resursa;

— odstupanja od postavljenih planova održavanja, itd.

Primenom naučne metodologije u predviđanju zahteva za korektivno održavanje mogu se umanjiti navedena odstupanja sa pozitivnim posledicama na operativnu gotovost TS i efikasnost sistema održavanja. Iz arsenala naučnih metoda, a u skladu sa iznetim stavom o rezervisanju kapaciteta za korektivno održavanje, kao pogodna metoda nudi se analiza i prognoza vremenske serije. Primenom navedene metode obuhvataju se svi uticaji sistema održavanja, njegovog okruženja, te inherentna svojstva TS koji su relevantni za postavljanje zahteva za korektivno održavanje.

U članku je kroz primer prikazana mogućnost prognoziranja zahteva za korektivno održavanje primenom analize i prognoze vremenske serije.

Teorijske osnove analize i prognoze vremenske serije

Vremenske serije [2] proizlaze iz registrovanja promene posmatranja pojave i pružaju sliku kolebanja njene veličine tokom vremena. U veoma retkim slučajevima sreću se stacionarne serije, tj. serije kod kojih je dinamika izmene takva da se srednje karakteristike ne menjaju u vremenu. Za pojave čije se promene ne mogu potpuno obuhvatiti, statistika se zadovoljava pružanjem proseka za dane, nedelje, mesece ili godine. Vremenske serije pokazuju pro-

menu posmatrane pojave u funkciji vremena: $Y=f(t)$. U većini primena vremenskih serija mogu se izdvojiti četiri uticaja ili četiri osnovne komponente:

— *trend*, ili osnovna razvojna tendencija, koji nastaje od regularnih uticaja na posmatranu pojavu. Grafički, to je linija koja u dužem vremenskom intervalu prikazuje osnovni pravac razvoja pojave;

— *ciklična kolebanja* pojavljuju se kao oscilacije posmatrane pojave oko trenda u dužem vremenskom periodu;

— *sezonska kolebanja* pojavljuju se kod vremenskih serija mesečnih i kvartalnih podataka date pojave (u godišnjim podacima se ne vidi sezonski ritam). Najčešće se može aproksimativno uzeti da su sezonska kolebanja periodična sa širinom perioda od jedne godine.

Neregularna ili *slučajna* kolebanja dele se na slučajna i katastrofalna kolebanja. Slučajna kolebanja imaju karakter slučajnih grešaka. Katastrofalna odstupanja nastaju od prirodnih kataklizmi.

Analiza vremenskih serija sastoji se u matematičkom opisivanju komponenata varijacije. Pretpostavka o učešću četiri uticaja na vrednost njenih članova određuje računski postupak analize.

Trend predstavlja vrlo značajnu komponentu koja omogućuje ne samo proučavanje faktora koji ga određuju, nego i postavljanje osnova za predviđanje daljeg razvoja pojave. Problem nalaženja trenda razlaže se na dva osnovna zadatka: prvi se sastoji u izboru tipa funkcije koji najbolje odgovara datim vrednostima vremenske serije, a drugi, u prilagođavanju tog tipa funkcije stvarnoj varijaciji vremenske serije. Drugi deo zadatka obično se rešava metodom najmanjih kvadrata. Izbor tipa funkcije (linearne ili razni oblici krivolinijske funkcije) vrši se metodama numeričke matematike ili vizuelnim ispitivanjem dijagrama rasturanja vremenske serije.

Prikaz predviđanja zahteva za korektivno održavanje primenom metode analize i prognoze vremenske serije

Podaci o zahtevima za korektivno održavanje tokom četiri godine u jednom pogonu za održavanje elektronskih sredstava po mesecima dati su u tabeli 1. Primenom metode analize i prognoze vremenske serije potrebno je prognozirati broj časova koji će biti zahtevani za korektivno održavanje po mesecima pete godine [3].

Tabela 1

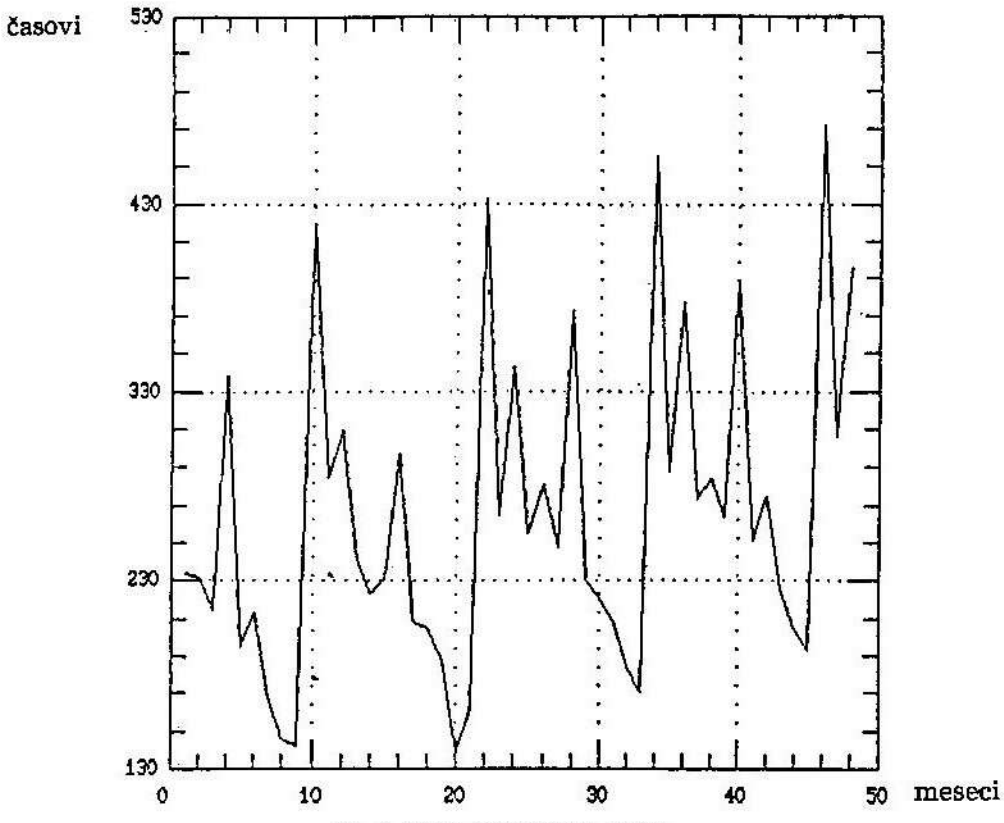
God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	234	231	215	338	195	213	168	146	142	420	284	309
2.	241	223	231	297	208	205	187	139	161	432	265	343
3.	255	280	247	372	230	220	208	184	170	445	288	377
4.	273	284	264	389	251	275	226	205	193	471	306	396

Vremensku seriju pogodno je najpre grafički predstaviti (vreme duž apscise, broj časova duž ordinate), slika 1.

a) Izravnavanje vremenske serije

U svakoj vremenskoj seriji u manjoj ili većoj meri prisutna su različita kolebanja. Kolebanja originalnih podataka (nivoa vremenske serije) mogu da otežaju uočavanje osnovne tendencije razvoja posmatrane pojave. Da bi se jasnije uočila osnovna tendencija, potrebno je u izvesnoj meri smanjiti ta kolebanja.

Najjednostavniji postupak izravnavanja vremenske serije je usrednjava-



Sl. 1 Graf vremenske serije

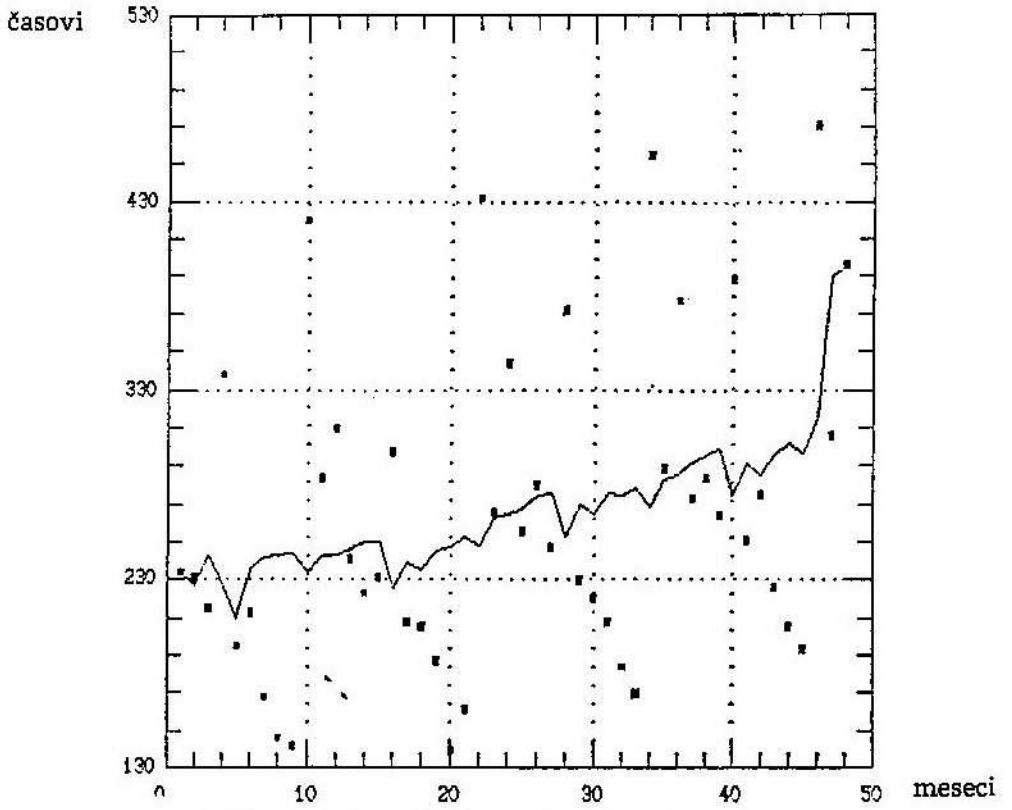
nje nivoa. Usrednjeni nivoi daju ujednačeniju liniju toka pojave nego što je daju originalni podaci, ali i ta linija se stalno prilagođava varijaciji vremenske serije. Radi lakšeg uočavanja osnovne tendencije, vremenska serija je izravnata metodom pokretnih sredina, slika 2. Za prognozu vremenske serije u ovom primeru dovoljno je utvrditi osnovnu tendenciju promene broja časova potrebnih za korektivno održavanje, te izmeriti i eliminisati sezonski uticaj.

b) Određivanje krive rasta promatrane pojave

Nakon izravnavanja vremenske serije, sledeći korak u metodologiji prognoziranja predstavlja utvrđivanje krive rasta koja opisuje zakonitost razvoja pojave u vremenu.

Postoji više metoda kojima se može služiti pri izboru tipa krive rasta. Pre svega, preporučuje se vizuelna metoda. Primenom ove metode može se odabrati neodgovarajuća kriva, što je osnovni nedostatak metode. Primenom metode analitičkog izražavanja vremenske serije u znatnoj meri eliminisan je nedostatak vizuelne metode [2].

Krivom rasta dobijaju se takozvane teorijske vrednosti nivoa vremenske serije, tj. nivoi koji bi se dobili, ako bi se dinamička pojava potpuno poklapala sa krivom. Pitanje o izboru tipa krive je osnovno pitanje pri izravnavanju vremenske serije. Kako od izbora tipa krive zavise vrednosti njenih parametara, u krajnjem slučaju i celokupna prognoza date pojave, to se izboru krive mora posvetiti dužna pažnja, jer se



Sl. 2 Vremenska serija izravnata pokretnim sredinama

greške u tom izboru najkrupnije greške u metodologiji prognoziranja.

U ovom primeru, primenom vizuelne metode, pretpostavlja se linearna zavisnost broja časova za korektivno održavanje i vremena (sl. 2). Osim toga, na primeru linearne zavisnosti najjednostavnije je prikazati metodologiju prognoziranja, a u analitičkom postupku biće proverena valjanost pretpostavke o linearnoj zavisnosti. U tabeli 2 pripremljeni su podaci za računanje koeficijenata pravca metodom najmanjih kvadrata koja se obično primenjuje u ovakvim slučajevima.

c) Ocena parametara krive rasta

Nakon izbora tipa potrebno je odrediti brojčane vrednosti parametara krive. Prema metodi najmanjih kvadrata za određivanje koeficijenata *a* i *b*, mogu se koristiti formule:

$$a = \frac{\Sigma t_i y_i - \bar{y}\Sigma t_i}{\Sigma t_i^2 - \bar{t}\Sigma t_i} \quad (1) \qquad b = \bar{y} - a\bar{t} \quad (2)$$

$$\bar{t} = \frac{\Sigma t_i}{n} \quad (3) \qquad \bar{y} = \frac{\Sigma y_i}{n} \quad (4)$$

y_i — vrednosti pojave u različitim momentima vremena t_i;

t_i — momenti vremena;

n — broj elemenata (uzoraka) vremenske serije.

$$\Sigma t_i = 1176 \qquad \bar{t} = \frac{\Sigma t_i}{n} = \frac{1176}{48} = 24{,}5$$

$$\Sigma y_i = 12646$$

$$\Sigma t_i^2 = 38024 \qquad \bar{y} = \frac{\Sigma y_i}{n} = \frac{12646}{48} = 263$$

Tabela 2

t_i	y_i	t_i^2	t_iy_i	t_i	y_i	t_i^2	t_iy_i
1	234	1	234	25	225	625	6375
2	231	4	462	26	280	676	7280
3	215	9	645	27	247	729	6669
4	338	16	1352	28	372	784	10416
5	195	25	975	29	230	841	6670
6	213	36	1278	30	220	900	6600
7	168	49	1176	31	208	961	6448
8	146	64	1168	32	184	1024	5888
9	142	81	1278	33	170	1089	5610
10	420	100	4200	34	455	1156	15470
11	284	121	3124	35	288	1225	10080
12	309	144	3708	36	377	1296	13572
13	241	169	3133	37	273	1369	10101
14	223	196	3122	38	284	1444	10792
15	231	225	3465	39	264	1521	10296
16	297	256	4752	40	389	1600	15560
17	208	289	3536	41	251	1681	10291
18	205	324	3690	42	275	1764	11550
19	187	361	3553	43	226	1849	9718
20	139	400	2780	44	205	1936	9020
21	161	441	3381	45	193	2025	8685
22	432	484	9504	46	471	2116	21666
23	265	529	6095	47	306	2209	14381
24	343	576	8232	48	396	2304	19008
			Σ	1176	12646	38024	326989

$\Sigma t_i y_i = 326989$

$\bar{t} = 24{,}5$

$\bar{y} = 263$

$$a = \frac{326989 - 263*1176}{38024 - 24{,}5*1176} = 1{,}92$$

$$b = \bar{y} - a\bar{t}$$

$$b = 263 - 1{,}92*24{,}5 = 216$$

Tako se opšta tendencija promene broja časova može izraziti jednačinom pravca: $y = 1{,}92\,t + 216$. Prosečna mesečna promena broja časova je, dakle, 1,92. Nakon izračunavanja koeficijenta pravca prema utvrđenoj jednačini za svaki mesec izračunaju se vrednosti posmatrane pojave po trendu, uvrštavanjem za $t = 1, 2, 3, \ldots, 48$. Dobijene vrednosti date su u tabeli 3.

d) Ocena i eliminisanje sezonskog uticaja

Da bi se ocenila sezonska kolebanja posmatrane pojave, odrede se sezonski indeksi. Sezonska kolebanja uočavaju se na grafu vremenske serije, slika 1.

Tabela 3

God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	218	220	222	224	226	228	230	231	233	235	237	239
2.	241	243	245	247	249	251	252	254	256	258	260	262
3.	264	266	268	270	272	274	276	277	279	282	284	285
4.	288	290	291	293	295	297	299	300	302	304	306	308

Sezonski indeksi određuju se tako što se za svaki mesec (t_i) sačini odnos vrednosti originalnih podataka (tabela 1) i vrednosti dobijenih po trendu (tabela 3). Na taj način dobijeni su podaci sadržani u tabeli 4.

Sezonski uticaj naglašen je u aprilu i oktobru, mesecima intenzivnih priprema i eksploatacije TS, te u avgustu i septembru, sezoni godišnjih odmora i nižeg koeficijenta eksploatacije TS, (sl. 3).

Tabela 4

God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	1,07	1,05	0,97	1,50	0,86	0,93	0,73	0,63	0,61	1,78	1,19	1,29
2.	1,00	0,92	0,94	1,20	0,83	0,82	0,74	0,54	0,63	1,67	1,02	1,31
3.	0,97	1,05	0,92	1,37	0,84	0,80	0,75	0,66	0,61	1,61	1,01	1,32
4.	0,95	0,98	0,90	1,32	0,85	0,93	0,75	0,68	0,64	1,55	1,00	1,29

Nakon toga se po sezonama (mesecima) izračuna srednja vrednost ili medijana podataka iz tabele 4.

Na primer, za mesec januar: $1,07+1,00+0,97+0,95=3,99$ pa je $3,99:4=0,99$ aritmetička sredina svih podataka 0,99, što je i sezonski indeks za taj mesec. Na isti način izračunate su vrednosti sezonskih indeksa za ostale mesece, koje su date u tabeli 5.

Tabela 5

Januar	0,99
Februar	1,00
Mart	0,93
April	1,35
Maj	0,85
Juni	0,87
Juli	0,74
Avgust	0,63
Septembar	0,62
Oktobar	1,65
Novembar	1,05
Decembar	1,30

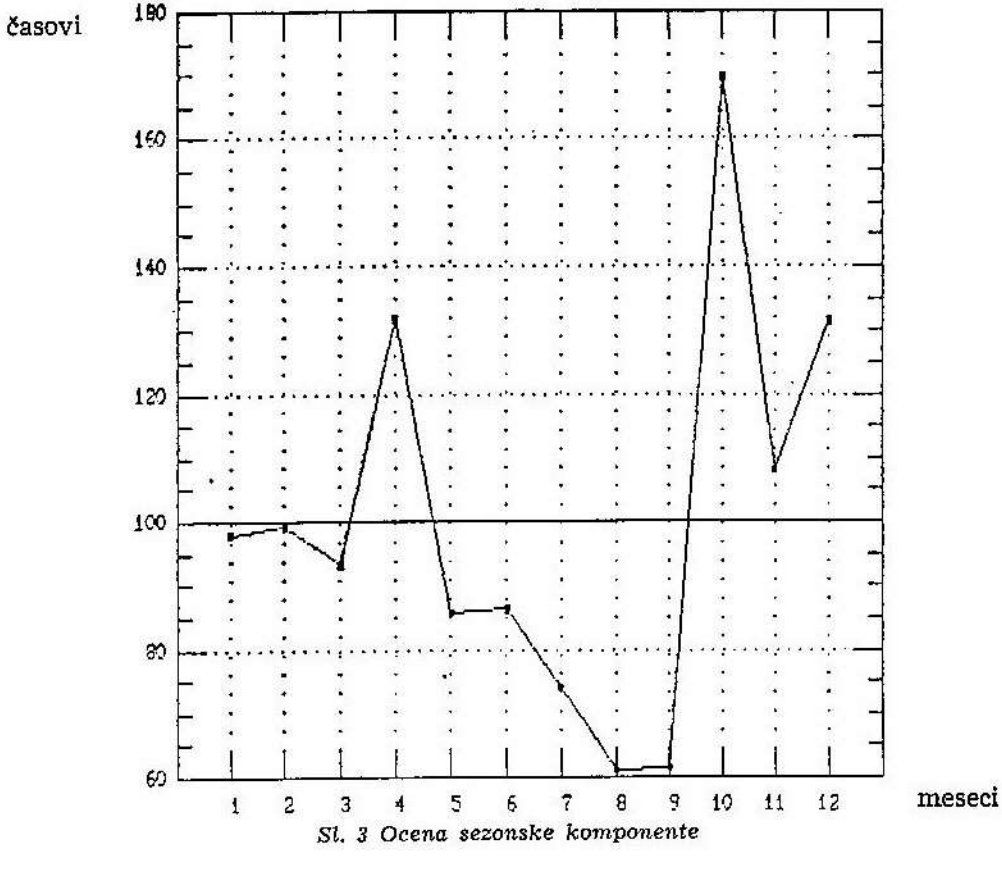
Da bi se isključio sezonski uticaj, originalni podaci se po mesecima dele sa odgovarajućim sezonskim indeksom. Januarski podaci dele se sa 0,99, a podaci koji odgovaraju decembru svake godine dele se sa 1,30. Na taj način dobijeni su desezonirani podaci potrebni za računanje maksimalnog odstupanja i ostalih veličina potrebnih za prognozu vremenske serije (tabela 6).

e) Određivanje prognostičkih vrednosti broja časova za korektivno održavanje (ekstrapolacija trenda)

Eksploatacija trenda je najrasprostranjenija metoda prognoze. Ona predstavlja produženje tendencije iz prošlosti u budućnost. Jednostavnost postupka ekstrapolacije, s jedne strane, i ne-

Tabela 6

God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1.	235	231	231	250	229	245	221	232	229	255	243	238
2.	242	223	248	220	247	236	246	221	260	262	260	264
3.	256	280	266	276	271	253	274	292	274	276	282	290
4.	275	284	284	288	295	316	297	325	311	285	300	304



Sl. 3 Ocena sezonske komponente

dostatak drugih informacija, s druge strane, osnovni su razlozi izvođenja prognoze postupkom ekstrapolacije trenda.

Operacija ekstrapolacije može se predstaviti u obliku vrednosti funkcije [2]:

$$y_{i+L}=f(y_i^*, L) \qquad (5)$$

gde je:

y_{i+L} — ekstrapolirana vrednost pojave posle L vremenskih jedinica (L-period prognoze),

y_i^* — nivo koji je uzet za bazu ekstrapolacije.

Predviđanje daljeg odvijanja pojave zasniva se na pretpostavkama: da se tendencija uočena u prethodne četiri godine neće promeniti u budućnosti i da su sezonski indeksi po mesecima korektno ocenjeni. Za računanje vrednosti trenda koristi se utvrđeni pravac oblika: $y=1{,}92\,t+216$. Januar mesec pete godine je 49. mesec u seriji, pa u jednačinu pravca uvrstimo $t=49$.

Sledi: $y=1.92*49+216=310{,}08$.

April mesec pete godine je 52. mesec u seriji, pa u jednačinu trenda uvrstimo $t=52$.

Sada je: $y=1{,}92*52+216=315{,}84$.

Na taj način izračunate su vrednosti trenda za sve mesece pete godine (tabela 7).

Kako je sezonski indeks za april 1,35, pretpostavljamo da će se u aprilu pete godine na korektivno održavanje TS u razmatranom pogonu utrošiti $315{,}84*1{,}35=426{,}39$ časova. Tako su, uz uvažavanje sezonskog uticaja, utvrđene

Tabela 7

God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5.	310	312	314	316	318	320	322	324	325	327	329	331

Tabela 8

God.	Meseci											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
5.	310	312	292	426	270	278	224	204	225	540	336	431

prognostičke vrednosti broja časova koji će biti zahtevani za korektivno održavanje po mesecima pete godine (tabela 8).

f) Interval prognoze vremenske serije

Određivanje prognostičkih vrednosti ekstrapolacijom trenda u suštini predstavlja formalan postupak. Takođe je očigledno da ekstrapolacija trenda daje tačkastu vrednost prognoze. Korišćenjem tačkaste ocene neizbežno se javljaju određene greške koje mogu nastati iz sledećih razloga:

— izbor tipa krive koja karakteriše trend sadrži elemente subjektivnosti;

— ocenjivanje parametara krive izvodi se na osnovu ograničenog skupa podataka;

— trend u svakom momentu karakteriše neki srednji nivo dinamičkog niza. S obzirom na to da su i u prošlosti pojedine vrednosti varirale oko trenda, može se očekivati da će se to variranje desiti i u budućnosti;

— verovatnoća da će posmatrana pojava poprimiti vrednost dobijenu ekstrapolacijom trenda vrlo je mala (bliska je nuli).

Otuda je pri eksploataciji trenda vrlo značajno odrediti interval poverenja prognoze. Pre razmatranja intervala poverenja prognoze, potrebno je ustanoviti varijaciju dinamičkog niza. Pokazatelj varijacije obično je srednje kvadratno odstupanje faktičkih (stvarnih) podataka od podataka dobijenih po trendu. Srednje kvadratno odstupanje računa se po formuli [2]:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_t - \bar{y}_t)^2}{k}} \qquad (6)$$

gde je:

y_t — faktička vrednost dinamičkog niza u trenutku t,

$\bar{y}_t$ — izračunata vrednost dinamičkog niza,

$k=n-l$ — broj stepeni slobode, pri čemu je n broj osmatranja, a l broj ocenjenih parametara. Za izravnavanje dinamičkog niza po pravcu, zbog karakteristike pravca, ocenjuju se dva parametra, pa je $k=n-2$.

U opštem obliku, interval poverenja za trend glasi:

$$y_t \pm t_\alpha s_y \qquad (7)$$

gde je:

y_t — trend vrednost koja odgovara nivou y_t,

s_y — srednja kvadratna greška trenda, i

t_α — statistika studenta.

Za $t=i+L$ formula (7) daje interval poverenja za trend po isteku L vremen-

skih jedinica u budućnosti. Srednja kvadratna greška obuhvata samo varijaciju trenda. Međutim, interval poverenja prognoze, pored varijacije, mora da obuhvati i odstupanje faktičkih podataka od trenda. Ako odgovarajuću srednju kvadratnu grešku prognoze označimo sa s_p, onda je interval poverenja nivoa pojedinačne vrednosti vremenske serije posle L vremenskih jedinica u budućnosti jednak:

$$y_{t+L} \pm t_\alpha s_p \qquad (8)$$

Za trend linearnog oblika srednja kvadratna greška prognoze jednaka je:

$$s_p = s_y \sqrt{1+\frac{1}{n}+\frac{(t_L+\bar{t})^2}{\sum_{t=1}^{n}(t-\bar{t})^2}} \qquad (9)$$

gde je:

- s_y — srednje kvadratno odstupanje faktičkih podataka od podataka dobijenih po trendu;
- n — broj podataka u vremenskoj seriji;
- t_L — vreme za koje se određuje ekstrapolacija ($t_L = n+L$);
- y_{t+L} — prognostičke vrednosti broja časova po trendu.

Ako sa K označimo kvadratni koren u formuli (9) imamo:

$$K = \sqrt{\frac{n+1}{n}+\frac{3(n+2L-1)^2}{n(n^2-1)}} \qquad (10)$$

Vrednost veličine K zavisi od broja podataka u vremenskoj seriji (n) i perioda prognoze (L).

Uvedimo veličinu:

$$K_1 = t_\alpha K \qquad (11)$$

Sa veličinom K_1, interval poverenja vrednosti vremenske serije na osnovu n podataka i posle L vremenskih jedinica u budućnosti glasi:

$$y_{t+L} \pm s_y K_1 \qquad (12)$$

Srednje kvadratno odstupanje prema [2] iznosi:

$$s_y = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}(y_t-\bar{y}_t)^2}{k}}$$

$$s_y = \sqrt{\frac{7293}{46}} = 12{,}59 \qquad 3s_y = 38$$

Maksimalno odstupanje (greška $|\varepsilon_{max}|$) desezoniranih podataka (Y_d) od podataka dobijenih po trendu (Y_t) iznosi 33 časa za dvadeseti mesec u seriji.

$$|\varepsilon_{max}| = \max|Y_d - Y_t| = |221 - 254| = 33$$

Pošto je $|\varepsilon_{max}| = 33 < 38 = 3s_y$, možemo prihvatiti pretpostavljenu funkcionalnu vezu kao dobru, to jest da su broj časova zahtevanih za korektivno održavanje TS u razmatranom pogonu i vreme povezani jednačinom pravca.

Za interval poverenja 0,9 prema raspodeli studenta $t_\alpha = 1{,}645$, broj časova za korektivno održavanje u pojedinim mesecima naredne godine naći će se u granicama:

$$\text{od } y_{t+L} - s_y K_1 \text{ do } y_{t+L} + s_y K_1 \qquad (13)$$

Poslednji podatak kojim raspolažemo odnosi se na decembar četvrte godine, odnosno 48. podatak u seriji. Pošto nas interesuje broj časova za korektivno održavanje po mesecima u narednoj godini, znači da vršimo prognozu dvanaest meseci unapred na osnovu podataka iz 48 meseci.

Sada je:

$$Y_{t+L} - s_y \cdot K_1 = 310 - 12{,}59 \cdot 1{,}7143 = 288{,}42$$

$$Y_{t+L} + s_y \cdot K_1 = 310 - 12{,}59 \cdot 1{,}7143 = 331{,}58$$

Sa verovatnoćom jednakom 0,9 možemo tvrditi da će se u januaru pete godine, za koju vršimo prognozu, broj časova potrebnih za korektivno održavanje u promatranoj radionici naći u intervalu od 288,42 do 331,58 časova. Na isti način određen je i interval u kome će se naći zahtevani broj časova za ko-

rektivno održavanje u ostalim mesecima promatrane godine (tabela 9).

Tabela 9

Mesec	Broj časova	
	od	do
Januar	288,42	331,58
Februar	290,37	333,63
Mart	270,31	313,69
April	404,25	447,75
Maj	248,20	291,80
Juni	256,13	299,87
Juli	202,07	245,93
Avgust	182,00	226,00
Septembar	202,94	247,06
Oktobar	517,87	562,13
Novembar	313,80	358,20
Decembar	408,72	453,28

Zaključak

Metoda analize i prognoze vremenske serije može se uspešno primeniti u predviđanju zahteva za korektivno održavanje ma koje radionice na bilo kom nivou sistema održavanja sa više nivoa. Dobra strana metode u predviđanju zahteva jeste što obuhvata uticaje sistema održavanja, njegovog okruženja i inherentna svojstva TS, koji su relevantni za postavljanje zahteva za korektivno održavanje. Pretpostavka da će se zahtevi u budućnosti odvijati po trendu ustanovljenom na osnovu razvoja pojave u prošlosti ne mora uvek biti ispunjena, što je osnovni nedostatak metode.

I pored toga što je provedeni postupak prognoziranja potreba za korektivno održavanje relativno jednostavan, iziskuje solidno poznavanje osnova matematičke statistike i dosta vremena da bi se došlo do konačnih rezultata. To zahteva dobro poznavanje analitičkog postupka za određivanje regresione krive za slučajeve kad nije pravac. Potrebno je dosta vremena da se između više tipova krivi, koje se nameću kao kandidati za liniju trenda, analitičkim putem nađe ona koja najbolje opisuje ustanovljeni trend. Takav postupak je kompleksniji od prikazanog.

Očigledno da složenost analitičkog postupka umanjuje aplikativnost prikazane metode. Jednostavno rešenje tog problema je primena automatizovanog postupka u prognoziranju zahteva za korektivno održavanje. S obzirom na automatizaciju procesa u sistemu održavanja posredstvom IS, mogućnost automatizacije prognoziranja zahteva za korektivno održavanje je realna, pogotovo ako se imaju u vidu postojeći programski paketi namenjeni za statističku obradu podataka.

Automatizovani postupak predviđanja, uz korišćenje podataka iz baze podataka informacionog sistema održavanja (BP ISO), pored jednostavnosti i brzine, nudi i generisanje varijantnih rešenja, što izabranu metodu čini aplikativnom, dok metodologija opisana u članku može poslužiti kao jedan od puteva do tog cilja.

Literatura:

[1] »Uputstvo za vođenje radioničke dokumentacije«, TU SSNO, 1983.

[2] Vukadinović S.: »Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike«, Privredni pregled, Beograd, 1986.

[3] Smiljanić N.; »Planiranje održavanja tehničkih sredstava«, magistarski rad, CVTS-VVTŠ, Zagreb, 1989.

Stevan Sinkovski,
kapetan I klase, dipl. inž.

Eksploatacija vazduhoplovnih sistema po stanju

Uvod

Jedan od glavnih pravaca razvoja teorije eksploatacije tehničkih sredstava je upravljanje eksploatacijom [1]. U današnje vreme primenjuju se tri načina eksploatacije: eksploatacija po resursu, eksploatacija po stanju i eksploatacija po nivou pouzdanosti [2].

Razvoj opšte teorije sistema, teorije estimacije stanja i teorije optimalnog upravljanja po nepotpunim podacima, svojim metodima je u znatnoj meri obogatio izučavanje i rezultate u oblasti teorije eksploatacije tehničkih sredstava. Otuda je sve izraženija potreba da specijalisti iz teorije eksploatacije i pouzdanosti sistema budu upoznati sa osnovama navedenih disciplina savremene teorije upravljanja sistemima.

Po definiciji, eksploatacija je svrsishodna delatnost grupe ljudi čiji je cilj primena, tehničko rukovanje, popravke, čuvanje i transport tehničkih sredstava, čime se obezbeđuje njihovo uspešno korišćenje u namenske svrhe [1]. Predmet ovog rada je prikaz teoretskih osnova disciplina na kojima je zasnovana eksploatacija tehničkih sredstava po stanju. Sam po sebi sistem eksploatacije po stanju predstavlja jedan od najperspektivnijih i najekonomičnijih načina upravljanja eksploatacijom.

Preduslov primene eksploatacije po stanju je postojanje efektivnih i pouzdanih sredstava kontrole, na osnovu čijih rezultata se donose odluke o programu upravljanja eksploatacijom. Program eksploatacije obuhvata definisanje obima i periodičnosti različitih vidova održavanja, obim i periodičnost kontrole stanja i načina dovođenja tehničkog sredstva u ispravno stanje. U osnovi eksploatacije po stanju nalazi se teorija estimacije sa prognoziranjem, teorija optimizacije stohastičkih sistema i teorija optimalnog upravljanja slučajnim procesima.

Posle upoznavanja sa osnovnim karakteristikama sistema eksploatacije, dat je pregled stohastičkih metoda prognoziranja pouzdanosti sa osnovnim teoretskim postavkama. U nastavku rada detaljno je prikazana optimalna eksploatacija vazduhoplovnih sistema po stanju, zasnovana na primeni metoda markovske teorije optimalne nelinearne filtracije u procesu estimacije tehničkog stanja. U primeru se razmatra eksploatacija vazduhoplovne opreme i prikazan je izbor strategije optimalnog upravljanja eksploatacijom.

Pouzdanost i tehnička eksploatacija vazduhoplovne tehnike

Jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta ma kog tehničkog uređaja je njegova pouzdanost, koja definiše i uslov-

ljava sistem eksploatacije. Zbog nedovoljne pouzdanosti, gubici na tehničko održavanje i remont savremenih tehničkih sredstava nekoliko puta su veći od cena njihove proizvodnje (npr. za avione do 5 puta) [2]. Sistem tehničke eksploatacije treba da obezbedi održavanje pouzdanosti na zadatom nivou u toku celokupnog veka eksploatacije tehničkog uređaja.

Teorija upravljanja eksploatacijom [1] kao centralni zadatak postavlja razradu programa održavanja tehničkog sredstva u pripravnosti za upotrebu. Taj program obuhvata: obim i periodičnost kontrole stanja, sadržaj i periodičnost različitih vidova tehničkog održavanja (profilaktički radovi) i organizaciju njihovog izvršavanja.

U današnje vreme primenjuju se tri vrste eksploatacije:

— eksploatacija po resursu,
— eksploatacija po stanju, i
— eksploatacija po nivou pouzdanosti.

Pri eksploataciji po resursu uređaj ili sistem eksploatiše se do pojave otkaza ili do ispunjavanja predviđenog resursa.

Sistem eksploatacije po resursu je ekonomski nepovoljan, jer se veličina resursa određuje na osnovu statističkih podataka i uvek je niža od dozvoljenog nivoa intenziteta otkaza, što dovodi do prevremenog skidanja iz eksploatacije potpuno radno sposobnih uređaja.

Progresivniji i ekonomski opravdaniji način eksploatacije je po stanju. Pri eksploataciji tehničkih sredstava (sistema, uređaja, blokova, itd.) po stanju, odluka o provođenju ovog ili onog vida održavanja donosi se na osnovu rezultata merenja i kontrole odgovarajućih parametara koji karakterišu rad i stanje tehničkih sredstava.

Za razliku od eksploatacije po resursu, kod eksploatacije po stanju ne određuje se granični resurs. Radi sprečavanja porasta intenziteta otkaza preko dozvoljenih granica provodi se kontrola stanja uređaja (kontinualno ili diskretno) i izvode se neophodni profilaktički radovi. Neophodan uslov primene eksploatacije po stanju jeste prisustvo pouzdanih i efektivnih sredstava kontrole tehničkog objekta koji omogućavaju kvalitetno određivanje tehničkog stanja uređaja bez njegovog demontiranja i skidanja sa vazduhoplova.

Eksploatacija po stanju obuhvata: kontinualnu kontrolu stanja ili kontrolu u rokovima određenim stanjem uređaja i kontrolu s provođenjem profilaktičkih radova definisanih tehničkim stanjem. Zamena tehničkog uređaja novim izvršava se u slučaju nemogućnosti ili necelishodnosti popravke [2].

Treći oblik eksploatacije koji se primenjuje u vazduhoplovstvu jeste sistem eksploatacije po nivou pouzdanosti. Pri eksploataciji po nivou pouzdanosti ne planiraju se nikakvi profilaktički radovi osim provere radne sposobnosti pred poletanje. Sistem eksploatacije po nivou pouzdanosti ima jedinstven program: zamena uređaja se izvodi samo posle otkaza. Zbog toga se po ovom sistemu mogu eksploatisati samo oni tehnički uređaji čiji otkaz ne dovodi do udesa ili neizvršenja zadataka [2].

Na taj način, procenom karakteristika pouzdanosti (intenziteta otkaza) tehničkog uređaja vazduhoplovne tehnike, dobija se mogućnost definisanja programa njegove tehničke eksploatacije u granicama navedenih sistema. Praksa pokazuje da se različiti tehnički uređaji, ugrađeni na vazduhoplovima, eksploatišu ili po resursu, ili po nivou pouzdanosti, ili po stanju. Nastoji se da se usavršavanjem konstrukcije i tehnologije poveća broj uređaja koji se eksploatišu progresivnijim metodima [2].

U nastavku rada upoznaćemo se sa teoretskim osnovama i postavkama sistema eksploatacije po stanju, odnosno sa statističkim metodama prognoziranja tehničkog stanja i pouzdanosti — ekstrapolacijom tehničkog stanja kao centralnim problemom realizacije eksploatacije po stanju.

Statistički model prognoziranja pouzdanosti

Kao što je poznato, sistem eksploatacije po stanju podrazumeva poznavanje stanja i prognoze budućeg stanja tehničkog objekta radi donošenja odluke o preduzimanju daljih koraka iz domena tehničkog održavanja. U tekstu koji sledi izložene su postavke problema estimacije stanja, odnosno postavka problema prognoziranja (ekstrapolacije) budućeg stanja tehničkog sredstva, kao i osnovni metodi njegovog rešavanja u okviru statističkog prilaza.

Zadatak prognoze formulišemo na sledeći način: stanje objekta, koje je okarakterisano parametrom X, mora biti u granicama dozvoljene oblasti, odnosno realizacije slučajnog procesa X(t) moraju se nalaziti u granicama:

$$a<X(t)<b, \quad 0\leqslant t\leqslant t_k \qquad \ldots (1)$$

Osnovni zadatak prognoze jeste da se proceni ostatak »vremena života« ΔT tehničkog sredstva, odnosno vreme za koje će uslov (1) biti ispunjen po završetku opservacija (merenja, kontrole) t_k. Traženi ostatak »života« tehničkog sredstva određujemo kao najmanji koren jednačine:

$$\hat{x}(t)-a=0$$
$$\hat{x}(t)-b=0 \qquad \ldots (2)$$

pri čemu je $\hat{x}(t)$ — procena stanja tehničkog sredstva nastala kao rezultat ekstrapolacije:

$$a<X(t)<b, \quad t_k\leqslant t\leqslant t_k+\tau \qquad \ldots (3)$$

Ovako postavljen problem prognoze (3) omogućava razlikovanje prognoze »vremena života« tehničkog sredstva (2) i prognozu tehničkog stanja, odnosno ekstrapolaciju budućih vrednosti realizacija slučajnog procesa [3].

Za matematičko opisivanje procesa promene parametara koji definišu stanje tehničkog sredstva mogu se koristiti matematički modeli slučajnog procesa sa nezavisnim ili zavisnim prirašta-jem i modeli markovskog (polumarkovskog) slučajnog procesa. U daljim razmatranjima usvajamo model markovskog slučajnog procesa. Primena markovskih lanaca, kao matematičkog modela, svojstvena je vazduhoplovnoj tehnici [2]. S druge strane, procesi promene parametara zadovoljavaju uslove koji se mogu aproksimirati i markovskim procesima [4, 5].

Deterministički prilaz rešenja ekstrapolacije podrazumeva da se na osnovu poznatog procesa realizacije X(t) može usvojiti hipoteza o budućem ponašanju. Sa porastom dužine intervala prognoze, rezultati dobijeni na ovaj način su sve netačniji, što i jeste najveći nedostatak ovog prilaza.

Kod statističkog prilaza u svojstvu apriornih podataka koristi se stohastički opis procesa X(t). Prednost ovakvog prilaza je u tome što ekstrapolaciju rešavamo poznatim metodima teorije estimacije stanja i što »vreme života« ΔT tretiramo kao slučajnu veličinu koju možemo izračunati neposredno ili pomoću relacije (2), uz primenu aposterionog slučajnog procesa [3]:

$$x^{PS}(t)-a=0$$
$$x^{PS}(t)-b=0 \qquad \ldots (4)$$

I u jednom i u drugom slučaju prvo sa čime se susrećemo jeste ekstrapolacija slučajnog procesa, sa uzimanjem u obzir rezultata kontrole, posle čega sledi prognoza pouzdanosti — odnosno izračunavanje statističkih karakteristika ostatka »vremena života« ΔT. Razmotrimo problem ekstrapolacije slučajnih procesa.

U literaturi imamo dve osnovne postavke problema ekstrapolacije [3]. Prva je postavka Kolmogorova, po kojoj se određuje optimalna procena buduće vrednosti realizacije procesa prema poznatoj prošlosti:

$$\hat{x}(t_k+\tau)=H\,x(t), \quad t\leqslant t_k, \quad 0\leqslant\tau<\infty \ldots (5)$$

gde je: H — operator ekstrapolacije izabran prema kriterijumu optimalnosti.

Kolmogorov je predložio linearnu ekstrapolaciju sa m koraka unapred, gde se izborom realnih koeficijenata a_s:

$$\hat{x}(i+m)=a_1x(i+1)+a_2x(i-2)+\ldots +a_nx(i-m) \quad \ldots (6)$$

obezbeđuje minimum srednjeg kvadrata greške aproksimacije. To je opšti kriterijum optimalnosti većine priznatih metoda. Suštinska prednost je u tome što omogućava analitičko rešenje zadatka u okvirima korelacione teorije.

Praktično istovetan u inženjerskom smislu, ali suštinski različit po matematičkom aparatu, jeste ekstrapolacioni metod Vinera. On razmatra procese u kontinualnom vremenu:

$$Z(t)=X(t)+N(t),$$

gde su X(t) i N(t) — respektivno, korisna komponenta i šum koji su stacionirani ergodični nekorelisani slučajni procesi sa različitim statističkim osobinama i zadatim korelacionim funkcijama. Tražena procena se dobija u obliku:

$$\hat{Z}(t+\alpha)=\int_0^\infty Z(t-\tau)\,W(\tau)\,d\tau \quad \ldots (7)$$

gde je: $W(\tau)$ — kontinualna težinska funkcija filtra, definisana uslovom minimuma srednje kvadratne greške predikcije. Optimalna težinska funkcija filtra naziva se integralna jednačina Vinera-Hopfa I reda [3, 10].

Obe metode (Kolmogorova i Vinera) obezbeđuju rešenje zadatka prognoze tehničkog stanja kontrolisanog objekta relativno jednostavnim sredstvima. Nedostatak njihove primene je u ograničenosti na stacionarne slučajne procese. Ovo ograničenje onemogućava njihovu primenu u svojstvu osnovnog metoda prognoze u univerzalnim automatizovanim sistemima kontrole, jer karakter procesa starenja i podešavanja kontrolisanog tehničkog objekta obično je apriorno nepoznat [3].

Zahtev stacionarnosti slučajnih procesa ne postavlja se pri ekstrapolaciji pomoću filtra Kalman-Bjusi. Ovde se uzima proces:

$$Z(t)=H(t)\cdot X(t)+V(t) \quad \ldots (8)$$

u kojem je ispitivani proces X(t) definisan stohastičkom diferencijalnom jednačinom:

$$\frac{d}{dt}X(t)=F(t)\cdot X(t)+G(t)\cdot N(t) \quad \ldots (9)$$

Po rezultatima opservacija konkretne realizacije procesa Z(t) u intervalu (t_0, t) treba proceniti buduću vrednost $x(t_1/t)$ procesa X(t) na taj način da se minimizira srednji rizik:

$$C(W)=E\{X(t), \delta(t_1, t)\}^2 \quad \ldots (10)$$

gde je: X(t) — n-dimenzionalni proces koji opisuje promenu stanja sistema zadatog relacijom (9),

gde je:

- $X(t)$ — n-dimenzionalni proces koji opisuje promenu stanja sistema zadatog relacijom (9),
- $N(t)$ — ulazni m-dimenzionalni beli šum, m n
- $V(t)$ — beli šum grešaka merenja,
- $F(t)$ i $G(t)$ — poznate matrice,
- $H(t)$ — matrica p x n ($p \leqslant n$) koja opisuje proces opservacija,
- $\{X(t), \delta(t_1, t)\}$ — linearna funkcija procesa x(t),
- $\delta(t_1, t)=x(t)-x(t_1/t)$ — odstupanje prognoze u trenutku t_1 od stvarne vrednosti ekstrapolirane realizacije.

Filter Kalman-Bjusi daje optimalni ekstrapolator, u kojem se u prvoj etapi izračunava optimalna procena tekuće vrednosti realizacije (rešava se zadatak filtracije), a u drugoj — ekstrapolirana vrednost $x(t_1/t)$ pomoću fundamentalne matrice [3, 7, 8, 10]. Kalmanov filter predstavlja jednokoračni prediktor. Uočimo da se prognoza formira samo na osnovu poslednje poznate vrednosti procesa bez uzimanja u obzir njegove predistorije. Postojanje posledica u realnim procesima starenja i podešavanja ograničava oblast primene filtra Kalman-Bjusi u zadacima prognoziranja tehničkog stanja i pouzdanosti [3].

U literaturi [5] izložene su osnove uslovne optimalne estimacije stanja i parametara nelinearnih stohastičkih sistema. Uslov jednostavnog izračunavanja procene matematički se može formulisati u vidu zahteva da dozvoljena procena zadovoljava diferencijalnu jednačinu:

$$\dot{\hat{Z}}_1 = \alpha \cdot \xi \cdot (\hat{Z}_1, X_1, t) + \\ + \beta \cdot \eta \cdot (\hat{Z}_1, X_1, t)\, X + \gamma \quad \ldots (11)$$

ili, u diskretnom slučaju, diferentnu jednačinu:

$$\hat{Z}_{n+1} = \delta_n \cdot \zeta_n \cdot (\hat{Z}n, Xn) + \gamma n \quad \ldots (12)$$

gde su:

ξ, η, ζ_n — zadate funkcije navedenih argumenata,

α, β, γ — proizvoljne funkcije vremena,

δ_n — proizvoljna matrica,

γ_n — proizvoljni vektori,

$X_n(t)$ — veličina jednaka $X_1(t) = \int X(\tau)d\tau$.

Zadatak estimacije stanja svodi se na određivanje optimalnih funkcija $\alpha = \alpha(t)$, $\beta = \beta(t)$ i $\gamma = \gamma(t)$ ili optimalnih matrica δ_n i vektora γ_n koji obezbeđuju minimum srednje kvadratne greške u svakom vremenskom trenutku ili t_n, pri čemu se funkcije ξ, η i ζ_n biraju proizvoljno.

Uslovna optimalna estimacija primenljiva je i za uslovnu optimalnu ekstrapolaciju . Optimalne vrednosti α, β i γ u jednačini (11) dobijaju se pomoću algoritama zavisnih od vremena ekstrapolacije T. Kao i kod estimacije, optimalne vrednosti se određuju unapred na osnovu apriornih podataka. Ekstrapolacija stanja po rezultatima merenja svodi se na integralne i diferencijalne jednačine (11), što je ostvarljivo u realnom vremenu na digitalnim računarima. Ova teorija daje mogućnost ekstrapolacije stanja linearnih i nelinearnih sistema sa nepoznatim parametrima sa istovremenom procenom tih stanja. Pored toga, moguća je istovremena ekstrapolacija stanja na nekoliko vremenskih intervala sa istovremenom procenom nepoznatih parametara [5].

Kako nijedan od predloženih metoda nije u dovoljnoj meri univerzalan i kako je za svaki vezano neko ograničenje, obično se predlaže metod određivanja uslovnog (apsteriornog) slučajnog procesa $x^{PS}(t)$ na osnovu kojeg se pomoću relacije (4) rešava problem ekstrapolacije. Univerzalan metod modeliranja aposteriornog slučajnog procesa, naročito kada su u pitanju procesi negausovskog i nemarkovskog tipa, ne postoji.

Široku primenu u zadacima prognoze stanja i pouzdanosti našli su linearni kanonički razvoji Pugačeva i Karunena-Loeva za predstavljanje aposteriornog slučajnog procesa [3, 6]. Ovde je reč o algoritmima transformacije slučajnog vektora u slučajni vektor sa nekorelisanim komponentama, odnosno ortogonalizaciji slučajnih vektora. Razlika navedenih linearnih kanoničkih razvoja je u formi operatora transformacije.

Modeliranjem aposteriornog slučajnog procesa linearnim kanoničkim razvojem Pugačeva dobijamo:

$$x(t) = m(t) + \sum_i V_i \varphi_i(t), \quad i = \overline{1, I} \quad \ldots (13a)$$

gde je:

$m(t)$ — matematičko očekivanje procesa,

$\varphi_i(t)$ — deterministička funkcija,

V_i — slučajni koeficijenti nekorelisani među sobom.

Prednosti ovako zadatog slučajnog procesa su višestruke: relacija (13a) važi za gotovo sve slučajne procese, diskretna predstava je pogodna za obradu na digitalnom računaru i nekorelisanost slučajnih koeficijenata V_i omogućava, pri modeliranju, upotrebu jednodimenzionalnih gustina verovatnoće [3].

Na osnovu kanoničkog razvoja (13a) možemo dobiti izraz za aposteriorni slučajni proces, poznavajući podatke kontrole. Matematičko očekivanje aposteriornog slučajnog procesa za proizvodnju broj $\mu \leqslant k < I$ momenta kontrole dato je relacijom [3]:

$$m^{(\mu)}(i) = m^{(\mu-1)}(i) + [x(\mu) - m^{(\mu-1)}(\mu)]\varphi_\mu$$

(i) (i) ... (13b)

pa je sam proces:

$$x^{(\mu)}(i) = m^{(\mu)}(i) + \sum_{\upsilon=\mu-I}^{i} V_\upsilon \varphi_\upsilon(i) \quad ... (13c)$$

Razvoj Karunena-Loeva ima prednost nad kanoničkim razvojem Pugačeva kada je računar ograničenih mogućnosti. Kod njega treba manje memorije računara i on ne zahteva podatke kontrole u fiksiranim trenucima. Uslov optimalnosti razvoja formulišemo kao zahtev minimizacije matematičkog očekivanja srednje kvadratne greške u zatvorenom intervalu. Otuda, kod njega, određujemo minimalan broj komponenti N, a da srednja kvadratna greška bude u granicama dozvoljene [3].

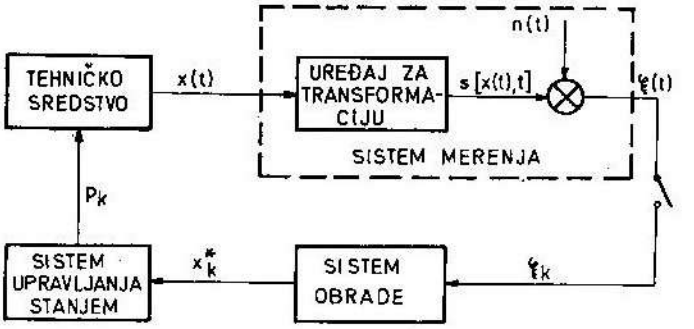
Stanje realnih tehničkih uređaja definisano je, po pravilu, sa nekoliko međusobno zavisnih parametara. Otuda veliki praktični značaj ima metod kanoničkog predstavljanja vektorskog aposteriornog procesa. Aposteriorni slučajni proces opisan je rekurentnim relacijama koje imaju formu kao i relacije (13b) i (13c), s tim što je uzeto u obzir da poznate vrednosti, u ovom slučaju, utiču na sve ostale komponente, što usložava izraze.

U daljem tekstu detaljnije ćemo se upoznati sa primenom markovske teorije optimalne nelinearne filtracije u realizaciji optimalne eksploatacije vazduhoplovnih sistema i uređaja po stanju sa uzimanjem u obzir greške merenja.

Optimalna eksploatacija vazduhoplovnih sistema po stanju primenom metoda markovske teorije optimalne nelinearne estimacije

Opšta strukturna šema sistema eksploatacije tehničkog sredstva po stanju predstavljena je na donjoj slici. Uvedene su sledeće oznake:

$x(t)$ — vektor čije su komponente parametri koji određuju tehničko



Sl. Opšta strukturna šema sistema eksploatacije tehničkog sredstva po stanju

stanje sredstva i neinformacioni parametri;

ξ_k — diskretne vrednosti vektora merenja $\xi(t)$. Komponente vektora $\xi(t)$ jesu izmerene vrednosti komponenata vektora $x(t)$ ili izmerene vrednosti determinisane funkcije $s[x(t), t]$;

x^*_k — vrednosti procena komponenti $x(t)$;

P_k — remontni ili preventivni radovi.

Komponente vektora $x(t)$, zbog delovanja različitih faktora (razdešavanje, starenja, slučajni poremećaji u obliku temperature, oscilacija, vibracija, itd.) slučajne su veličine. Vektor merenja $\xi(t)$ po pravilu, možemo predstaviti u obliku:

$$\xi(t)=s[x(t), t]+n(t) \quad \ldots (14)$$

gde je:

$s[x(t), t]$ — deterministička vektor-funkcija koja odražava činjenicu da se parametri vektora $x(t)$ mere indirektno;

$n(t)$ — vektor aditivnih šumova merenja.

Na izlazu mernog sistema opserviraju se vrednosti uzoraka vektora merenja $\xi(t)$:

$$\xi_k=s_k+n_k \quad \ldots (15)$$

gde je: $s_k=s(k)=s(x_k, t_k)$.

Sistem obrade namenjen je za filtraciju komponenata koje definišu tehničko stanje objekta, odnosno dobijanje tekuće procene vektora $x(t)$. Primetimo da u procesu donošenja odluke o strategiji upravljanja eksploatacijom tehničkog objekta ne koristimo rezultate merenja ξ_k, već odgovarajuće procene vektora stanja x. Na taj način povećavamo verodostojnost kontrole, jer smanjujemo verovatnoću pojave grešaka prve i druge vrste prilikom podešavanja.

Pri eksploataciji vazduhoplovnih sistema po stanju odluka o načinu održavanja donosi se na osnovu rezultata merenja (kontrole) odgovarajućih parametara koji karakterišu rad sistema. Priroda tih parametara može biti različita. Za uređaje vazduhoplovne opreme oni mogu biti: energetski (struja, napon, snaga), frekventno-vremenski i specijalni, koji karakterišu tehnička svojstva radio-sredstava (osetljivost, koeficijent modulacije, frekventna devijacija, itd.) [3, 4].

Vrednost kontrolisanih parametara u opštem slučaju određuje se u procesu merenja sa greškama. Greške merenja mogu biti velike i unositi veliku neodređenost u analizu tehničkog stanja uređaja. To je posebno izraženo kod indirektnog merenja parametara (npr. merenje snage radio-signala predajnika). Prisustvo grešaka merenja može dovesti do pogrešnih odluka o izvršenju preventivnih ili remontnih radova. Zbog neodređenosti rezultata merenja, možemo smatrati da na kontrolisane parametre deluju aditivne i multiplikativne smetnje [4].

Pri kontroli tehničkog stanja uređaja mogu se primenjivati automatski i automatizovani sistemi kontrole, koji vrše merenje i proveru radne sposobnosti vazduhoplovne opreme.

Primena metoda optimalne linearne filtracije Kalmana i markovske teorije optimalne nelinearne filtracije omogućava formiranje optimalnih procena komponenti vektora stanja x u skladu sa izabranim kriterijumom za široku klasu procesa $x(t)$, $s[x(t), t]$ i $n(t)$. Zadatak nelinearne filtracije procesa $x(t)$, u problemu ekstrapolacije tehničkog stanja uređaja, kao dela prognoze budućeg stanja, formulišemo na sledeći način: sveukupnost parametara koji određuju tehničko stanje uređaja obrazuje vektor koji nazivamo vektor stanja. Vektor stanja $x(t)$ predstavlja kontinualni markovski proces koji zadovoljava jednačinu:

$$\frac{dx(t)}{dt}=a[x(t), t]+G(t)n_x(t), x(t_o)=$$
$$=x_o, t\geqslant t_o \quad \ldots (16)$$

gde je:

$a[x(t)\ t]$ — nelinearna funkcija argumenata;

$G(t)$ — poznata matrica dimenzija $(n \times m)$;

$n_x(t)$ — vektor formirajućih belih šumova.

Na taj način parametri koji određuju tehničko stanje uređaja predstavljeni su komponentama mnogodimenzionalnih difuzionih markovskih procesa. Realni procesi često se mogu aproksimirati na dati način sa zahtevanom tačnošću [4, 5]. S druge strane, markovska teorija optimalne nelinearne filtracije omogućava da se uvođenjem neinformativnih parametara u vektor stanja, primenom teorije uslovnih markovskih procesa, učini da vektor stanja bude markovski difuzioni proces, iako sve njegove komponente nisu markovski procesi [8]. Zadatak estimacije u markovskoj teoriji svodi se na donošenje optimalne procene $x(t)$ na bazi obrade opserviranog (mernog) procesa.

U praksi se često sreće slučaj da je vektor stanja $x(t)$ gausovski markovski proces. Tada je:

$$a(x, t) = A(t) \cdot x(t) \qquad \ldots (17)$$

gde je: $A(t)$ koeficijent zanošenja. Neka je signal merenja dat relacijom $\xi(t) = [\xi_1(t), \ldots, \xi_p(t)]$ i neka je $s(x, t)$ poznata nelinearna vektor-funkcija. Ako usvojimo da je:

$$s(x, t) = H(t) \cdot x(t) \qquad \ldots (18)$$

i ako je vektor šuma n_k slučajni gausovski niz sa nultim matematičkim očekivanjem i kovarijansom $N_q\delta_{kl}$ (kovarijansa označava da se sva merenja izvode u prisustvu šuma), tada optimalnu procenu vektora stanja x_k određujemo kao uslovno matematičko očekivanje aposteriorne gustine verovatnoće:

$$x^*_k = \int_{-\infty}^{\infty} \cdots \int_{-\infty}^{\infty} x \cdot p(x, t_k/\xi^k) \cdot \prod_{i=1}^{n} \cdot dx_i \quad \ldots (19)$$

gde je:

$p(x, t_k/\xi^k)$ — aposteriorna gustina verovatnoće procesa $x(t)$,

$\xi^k = \{\xi_l, l \leqslant k\}$ — realizacija procesa $\xi(t)$ koja je opservirana na intervalu od t_0 do t.

Greška estimacije je definisana kao razlika između stvarne vrednosti vektora stanja i vrednosti procene u trenutku merenja:

$$\Delta x_k = x(t_k) - x^*_k \qquad \ldots (20)$$

Procena, definisana aposteriornim matematičkim očekivanjem (19), odgovara upotrebi kvadratne funkcije gubitaka i obezbeđuje minimum srednje kvadratne greške filtracije.

U skladu sa metodom markovske teorije optimalne nelinearne kontinualno-diskretne filtracije, uz gausovsku aproksimaciju aposteriorne gustine raspodele verovatnoće, pri ispunjenim uslovima (15) i (16) dobijamo relacije [4, 9].

a) Jednačine za optimalnu procenu i matricu drugim centralnih momenata na intervalu između merenja $[t_{k-1}, t)$ imaju oblik:

$$\frac{d}{dt} x^*(t) = a(x^*, t) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} K_{ij} \cdot \frac{\delta^2 t(x^*, t)}{\delta x_i\, \delta x_j} \qquad \ldots (21)$$

$$\frac{d}{dt} K(t) = K(t)\, F^T(a) + F(a)\, K(t) + G(t)\, u\, G^T(t) \qquad \ldots (22)$$

b) Jednačine za procenu i kovarijacionu matricu aposteriornih grešaka u trenucima merenja su:

$$x^*_k = X^*(t_k/t_{k-1}) + A_2 v_k \qquad \ldots (23)$$

$$K(t_k/t_k) = K(t_k/t_{k-1}) - K(t_k/t_{k-1}) \cdot M_l^T\, B_k^{-1} K(t_k/t_{k-1})\ (t_k/t_{k-1}) \qquad \ldots (24)$$

U izrazima (21) do (24) usvojene su oznake:

$K(t)$ — kovarijaciona matrica aposteriornih grešaka definisana izrazom:

$$K(t)=E\{(x-x^*)(x-x^*)^T/\xi^t\}$$

$$F(a)=\left[\begin{array}{ccc} \frac{\delta a_1(x_1t)}{\delta x_1} & \cdots & \frac{\delta a_1(x_1t)}{\delta x_n} \\ \cdots & & \cdots \\ \frac{\delta a_n(x_1t)}{\delta x_1} & & \frac{\delta a_n(x_1t)}{\delta x_n} \end{array}\right]_{x=x^*}$$

$$A_2=K(t_k/t_{k-1})\,M_1^T\,B_k^{-1}$$

$$[M_1]_{ij}=\left[\frac{\delta s}{\delta x_j}\right]_i=\left.\frac{\delta s_i}{\delta s_j}\right|_{x=x^*}$$

$$B_k=N_q+M_1K(t_k/t_{k-1})\,M_1^T+\frac{1}{2}B_3$$

$$v_k=\xi_k-s[x^*(t_k/t_{k-1}),\,t_k]-\frac{1}{2}B_2$$

$$[B_3]_{ij}=\sum_{k=1}^{n}\sum_{l=1}^{n}\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}\frac{\delta^2 s_j}{\delta x_k\delta x_l}\cdot K_{lp}$$

$$\left.\frac{\delta^2 s_j}{\delta x_p\delta x_q}\right|_{x=x^*}$$

$$[B_2]_{ij}=\sum_{p=1}^{n}\sum_{q=1}^{n}K_{pq}\left.\frac{\delta^2 s_i}{\delta x_p\delta x_q}\right|_{x=x^*}$$

$$x^*(t_k/t_{k-1})=E\{x_k/\xi^{k-1}\}$$

$$x^*_k=x^*(t_k/t_k)=E\{x_k/\xi^k\}$$

$$K(t_k/t_k)=E\{(x_k-x^*_k)(x_k-x^*_k)^T/\xi^k\}$$

E — simbol matematičkog očekivanja,

N_q — simetrična matrica intenziteta šumova dimenzija ($t\times p$). Algoritam optimalne nelinearne filtracije (21) do (24) predstavlja kvazioptimalni algoritam, jer je za rešenje funkcije aposteriorne gustine verovatnoće primenjena gausovska aproksimacija. Ako je vektor stanja (17) gausovski, a signali (18) njegove linearne funkcije, tada se algoritam (21)...(24) transformiše u odgovarajuće relacije optimalne linearne estimacije Kalmana, [4, 7, 9].

Primer

Pokažimo na primeru vazduhoplovnog radio-elektronskog uređaja način realizacije eksploatacije po stanju.

Neka procena x^*_k uopštenog parametra $x(t)$, dobijena pomoću algoritma optimalne nelinearne filtracije (21)... (24), karakteriše rad nekog vazduhoplovnog uređaja i neka je promena uopštenog parametra $x(t)$ tehničkog stanja uređaja, u procesu eksploatacije, opisana markovskim slučajnim procesom.

Neka je dozvoljena oblast parametra x^*_k podeljena na F jednakih stanja i neka je prelaz iz jednog stanja u drugo zadat stacionarnom verovatnoćom prelaza q_{ij}, pri čemu je $i, j=1, 2, \ldots, F$. U početku eksploatacije i uvek posle podešavanja parametar se nalazi u prvom stanju. Sa povećanjem indeksa i, j, stanje parametra se pogoršava.

U datom slučaju razmatramo optiamlno upravljanje stohastičkim sistemom sa diskretnim konačnim skupom stanja F i konačnim skupom upravljačkih dejstava (odluka, rešenja). Proces promene stanja razmatramo kao markovski lanac koji karakteriše matrica verovatnoće prelaza P_{ij}. Kako razmatramo kontrolabilan markovski lanac, to znači da svakom stanju stavljamo u korespodenciju skup mogućih odluka (rešenja) [6]. Opšti broj odluka je proizvod svih stanja i mogućih odluka i naziva se prostor politika [6]. Konkretan izbor odluke za svako stanje u k-tom trenutku je vektor izabranih odluka u trenutku k. To je tzv. vektor politike rešenja [6] (pravilo izbora [11]). Strategija upravljanja je niz vektora politika rešenja (pravila izbora). Strategija upravljanja je stacionarna ako im stalno iste vektore politika rešenja (pravila izbora) [6, 11].

Kvalitet funkcionisanja sistema zavisi od stanja procene x^*_k samog uređaja i izabrane odluke i karakteriše se slučajnom veličinom gubitaka [4, 11] ili dobitaka r_i^k [6].

Za upravljački sistem kažemo da je homogen, konačan, kontrolabilan markovski lanac, ako su ispunjeni uslovi [11]:

— da su gubici C statistički nezavisni od predistorije upravljanog procesa;

— da su gubici stacionavni u širem smislu, i da

— upravljani sistem ima svojstvo da se, pri stacionarnoj strategiji upravljanja, prelaz iz jednog u drugo stanje ostvaruje na isti način kao i kod homogenog markovskog lanca sa matricom verovatnoće prelaza:

$$P^l = [P_{ij}^l]_{\overline{i,j=1,F}}$$

Ovde je reč o klasi lanaca M(F, N), koji imaju F stanje i N mogućih odluka, kojoj u trenutku t_k odgovara pravilo izbora odluke. Pravilo je jednoznačno određeno predistorijom procesa, [11].

Na osnovu navedenih uslova (prvog i trećeg), uslovna verovatnoća prelaza kontrolabilnog markovskog lanca u trenutku t_k data je izrazom:

$$\sum_{l=1}^{n} P_{ij}^l \cdot d_k^{il} \qquad \ldots (25)$$

gde je:

d_k^{il} — uslovna verovatnoća izbora odluke.

U slučaju stacionarne strategije upravljanja d, kontrolabilni markovski lanac postaje običan homogen markovski lanac sa matricom verovatnoće prelaza [11]:

$$P(d) = \left[\sum_{l=1}^{n} P_{ij}^l \cdot d_k^{il}\right]_{\overline{i,j=1,F}} \triangleq \left[P_{ij}(d)\right]_{\overline{i,j=1,F}} \qquad \ldots (26)$$

Struktura homogenog markovskog lanca određena je matricom verovatnoće prelaza P(d), a određuje je stacionarna strategija upravljanja {d}.

Vratimo se našem primeru. Uvođenjem uslova da se stanje parametra pogoršava sa povećanjem indeksa i i j:

$$q_{iF} > 0,\ q_{FF} = 1,\ q_{ij} \geqslant 0 \text{ i } \sum_{j=1}^{n} q_{ij} = 1,$$

da se parametar na početku i uvek posle podešavanja nalazi u prvom stanju i uvođenjem uslova da je suma verovatnoća događaja promena stanja od i do s jednaka jedinici:

$$D_{is} = P\{d_{is}\} \geqslant 0,\ \sum_{s=1}^{F} D_{is} = 1,$$

učinili smo da ispitivani parametar postane kontrolabilan, ergodičan, markovski proces sa stacionarnom verovatnoćom prelaza:

$$P = D \cdot Q \qquad \ldots (27)$$

gde je:

D — matrica donošenja odluke o podešavanju;

Q — matrica verovatnoće prelaza u nekontrolabilnom markovskom lancu.

Elemenat matrice P pišemo kao:

$$p_{ij} = \sum_{s=1}^{F} Q_{is} D_{sj},\ \overline{i,j = 1, F} \qquad \ldots (28)$$

Stacionarna verovatnoća prebivanja procesa u stanju i je π_i i data je izrazom, [4]:

$$\sum_{i=1}^{F} \pi_i p_{ij} - \pi_j = 0 \qquad \ldots (29)$$

pri čemu je: $\sum_{j=1}^{F} \pi_j = 1$ i $\pi_j > 0$

Kvalitet upravljanja sistemom eksploatacije određujemo ili izračunavanjem srednjeg sumarnog dobitka [6] ili izračunavanjem matematičkog očekivanja eksploatacionih gubitaka na jednom koraku [4]:

$$E\{C\} = \sum_{j=1}^{F} \sum_{s=1}^{F} \sum_{j=1}^{F} \pi_i D_{is} Q_{sj}(t_{sj} + Z_{sj}) + \sum_{i=1}^{F} \sum_{s=1}^{F} \pi_i D_{is} C_{is} \qquad \ldots (30)$$

gde su:

t_{sj} — eksploatacioni gubici pri kontroli stanja j, ako je poslednje kontrolisano stanje parametra bilo s;

z_{sj} — gubici povezani sa prebivanjem parametra u stanju j, ako je ranije bilo stanje s;

c_{is} — gubici povezani sa donošenjem odluke d_{is}.

Radi rešenja jednačine (30) usvajamo: da je broj stanja F=7, da su gubici $t_{sj}=z_{sj}=0$ i da je

$$c_{is}=\begin{cases} c_p, & i=\overline{1,\ F-1},\ s=\overline{1,\ F-1} \\ c_r, & i=F,\ s=\overline{1,\ F-1} \end{cases}$$

gde su c_p profilaktički gubici i c_r remontni gubici.

Odnos $\beta=c_p/c_r$ varira od 0 do 1.

Matrica verovatnoće prelaza u nekontrolabilnom markovskom lancu data je izrazom:

$$Q_{ij}=\begin{bmatrix} 0{,}30 & 0{,}20 & 0{,}20 & 0{,}12 & 0{,}10 & 0{,}05 & 0{,}03 \\ 0{,}10 & 0{,}30 & 0{,}20 & 0{,}13 & 0{,}12 & 0{,}08 & 0{,}07 \\ 0{,}08 & 0{,}10 & 0{,}30 & 0{,}20 & 0{,}12 & 0{,}10 & 0{,}10 \\ 0{,}05 & 0{,}10 & 0{,}10 & 0{,}30 & 0{,}20 & 0{,}15 & 0{,}10 \\ 0{,}05 & 0{,}10 & 0{,}10 & 0{,}15 & 0{,}30 & 0{,}20 & 0{,}10 \\ 0{,}02 & 0{,}08 & 0{,}10 & 0{,}10 & 0{,}20 & 0{,}30 & 0{,}20 \end{bmatrix}$$

Kvalitet upravljanja sistemom eksploatacije određujemo minimizacijom relacije (30), metodom linearnog programiranja. Za $\beta=0{,}09$ dobijamo da je matrica donošenja odluke o podešavanju [4]:

$$D_{is}=\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Dobijena matrica donošenja odluke o podešavanju definiše strategiju upravljanja: nivo zaustavljanja opservacija ispitivanog parametra jednak je 4, tj. $i^*=4$. Na taj način, eksploatacija po stanju uređaja sa opštim parametrom x(t), koja je organizovana na osnovu dobijenog niza procesa x^*_k vektora stanja metodom optimalne nelinearne filtracije, svodi se na: opservirani parametar ne podleže podešavanju ako je njegovo stanje $i<i^*=4$, podleže preventivnom podešavanju ako je njegovo stanje $i^*<i<F$ i neophodna je popravka posle otkaza ako je stanje parametra $i=F$ [4].

Zaključak

Sistem eksploatacije predstavlja zatvoren dinamički sistem upravljanja kvalitetom tehničkog sredstva. Razvoj tehnike i povećanje broja elemenata znatno je uslożio obezbeđenje pouzdanosti složenih tehničkih sistema. Eksploatacija savremenih tehničkih uređaja praćena je povećanjem materijalnih, vremenskih i radnih gubitaka na održavanje. Tako, na primer, gubici pri kontroli, pri eksploataciji radio-elektronske opreme vazduhoplovnih sistema, mogu dostići i do 80% svih vremenskih gubitaka [3].

Rešenje problema protivrečnosti sve složenije vazduhoplovne tehnike i povećanja gubitaka na njeno održavanje je u eksploataciji po stanju. Prelaz od sistema eksploatacije aviona po naletu ili vremenskom resursu na eksploataciju po tehničkom stanju omogućava suštinsko sniženje utrošenog rada na održavanje aviona i daje značajan ekonomski efekat. S druge strane, primenom sistema eksploatacije po stanju povećava se koeficijent korisne upotrebe, operativne gotovosti i produžava se vreme između otkaza.

Preduslov primene eksploatacije po stanju jeste postojanje efektivnih i pouzdanih sredstava kontrole. Pri kontroli tehničkog stanja vazduhoplovne tehnike mogu se primenjivati automatski i automatizovani sistemi kontrole (ASK) koji vrše merenje i proveru radne sposobnosti tehničkog uređaja. Kontrola obezbeđuje dobijanje informacija o tekućem stanju uređaja i donošenje odluke koja definiše upravljačko dejstvo na njega. Podaci kontrole, a pre svega prognoziranuće kontrole [3], osnova su na kojoj se zasniva sistem eksploatacije po stanju.

Iskustva primene ASK u sistemima eksploatacije vazduhoplovnih radio-elektronskih uređaja pokazuju da je budućnost u konceptu održavanja po stanju. U literaturi [3] navodi se da se za ASK Martron 1200 za proveru bloka skretanja autopilota aviona BOING 727 utroši 30 minuta. Klasična provera traje 5 časova. Aerodromski ASK SDAP (Sisteme de Dipannage Automage en Piste) kontroliše celokupnu radio-elektronsku opremu aviona F-1 za 20 minuta, pri čemu se meri 450 parametara i pamte rezultati 12 poslednjih merenja. Avionski ASK MADAR (Malfunction Analisis Detektion and Rekording) obrađuje 1224 informacione tačke sa brzinom $20 \cdot 10^3$ tačaka/s u automatskom režimu. Informacije o radnoj sposobnosti vazduhoplovne opreme daju se u realnom vremenu.

Analiza ponašanja eksploatacionih parametara, registrovanih pomoću ASK, omogućava organizaciju održavanja vazduhoplovnih sistema po stanju. Prognoziranjem tehničkog stanja povećava se nivo pouzdanosti vazduhoplovne tehnike i bezbednost letenja, uz smanjenje servisne ispitno-merne opreme i broja kvalifikovanih personala.

U okviru poznatih metoda ekstrapolacije stanja detaljnije je prikazana markovska teorija optimalne nelinearne filtracije i njena primena u eksploataciji vazduhoplovnih sistema po stanju. Pretpostavlja se da je pri eksploataciji uređaja predviđeno preventivno podešavanje i podešavanje posle otkaza.

Perspektiva daljeg razvoja eksploatacije po stanju je u automatizaciji kontrole i otklanjanja neispravnosti, s jedne strane, i u objedinjavanju sistema upravljanja i kontrole, s druge strane. Naime, nema smisla da se visokoautomatizovani uređaji sa ugrađenim ASK opravljaju na klasičan način — ručno. Automatizacija kontrole i otklanjanje neispravnosti podrazumeva da ASK istovremeno sa davanjem signala o otkazu nekog sistema automatski uključuje njegovu rezervu. Automatizacija procesa otklanjanja neispravnosti dovodi do još tesnijeg približavanja sopstvenih funkcija tehničkog uređaja i njegovog sistema kontrole, što je pretpostavka ka prelasku, u eksploataciji, na realizaciju principa adaptacije i samoorganizacije. S druge strane, automatsko uključivanje rezervne aparature po signalima iz ASK je prvi korak na putu objedinjavanja sredstava kontrole i upravljanja letom aviona u jedinstven sistem. Dalje usavršavanje takvih objedinjenih sistema upravljanja i kontrole biće na principima samopodešavanja i samoorganizacije.

Nesumnjivo je da je razvoj i primena eksploatacije po stanju moguća samo na dostignućima računarske tehnike, koja omogućava primenu složenih algoritama estimacije, donošenje odluka i optimalnog upravljanja.

Literatura:

[1] Volkov L. I.: »Upravlenie ekspluataciej letatel'nyh kompleksov«, Moskva, Višaja škola, 1981.

[2] Filippov V. N.: »Nadežnost i tehničeskaja ekspluatacia avionnoj tehniki«. — v knj.: »Problemy nadežnosti letatel'nyh aparatov,« Moskva, Mašinostroenie, 1985, s 48—63.

[3] Kudrickij V. D., Sinica M. A., Činaev P. I.: »Avtomatizacija kontrolja radioelektronnoj apparaturi«, Moskva, Sovetskoe radio, 1977, s 84—111.

[4] Jaklikov M. S., Barzilovič E. I.: »Optimal'naja ekspluatacija aviacionnih sistem po sostojaniju s učetom ošibok izmerenija.« — v knj.: Problemy nadežnosti letatel'nyh apparatov,« Moskva, Mašinostroenie, 1985, s 62—70.

[5] Pugačev V. S.: »Upravlenie letnimi ispitanijami letatel'nyh apparatov kak sredstvo povyšenija in nadežnosti.« — v knj.: »Problemy nadežnosti letatel'nyh apparatov«, Moskva, Mašinostroenie, 1985, s 25—38.

[6] Vasilev B. V.: »Optimal'noe distancionnoe upravenie nadežnostju i effektivnostju REU«. — v knj.: »Distancionnoe upravlenie nadežnostju i effektivnostju radioelektronnyh ustrojstv«, Moskva, Radio i svjaz, 1983, s 149—171.

[7] Sinkovski V. S.: »Kompleksna obrada informacija u infmormaciono-mernim uređajima vazduhoplova«, Boegrad, VTG br. 2, 1989.

[8] Kondratev V. S., Kotov A. F., Markov L. N.: »Mnogopozicionnye radiotehničeskie sistemi«, Moskva, Radio i svjaz, 1986.

[9] Jarlikov M. S.: »Statističeskaja teorija radionavigacii«, Moskva, Radio i svjaz, 1985.

[10] Ivanov I. P., Sinjakov A. N., Fitatov I. V.: »Kompleksirovanie informacionno-izmeritel'nyh ustrojstv letatel'nyh apparatov« Lenjingrad, Mašinostroenie, 1984.

[11] Nazin A. V., Poznjak A. S.: »Adaptivnyj vybor variantov«, Moskva, Nauka, 1986.

Mr Mirko Kukolj,
kapetan I klase, dipl. inž.

Učenje CAD-a na personalnim računalima

Uvod

U posljednjih nekoliko godina mnogo se govori o primjeni personalnih računala u različitim područjima. Pomoću njih mnogi se poslovi mogu obavljati brže i djelotvornije. Povećanu potražnju tih računala omogućilo je i njihovo pojeftinjenje. Tako se ona sve više primjenjuju, i na radnom mjestu i u privatne svrhe. Njihovu, masovnu upotrebu uvjetuje i činjenica da za gotovo sva područja postoji veliki broj programa. Tako, na primjer, u području CAD-a (Computer Aided Design) postoji nekoliko kvalitetnih programa. O karakteristikama jednog od njih (AutoCAD) i mogućnostima njegove primjene pisalo se u VTG 4/90.

U vezi s ovom problematikom postavlja se pitanje — kako se interesent sam može upoznati s prednostima CAD-a i kako druge podučiti da se što uspešnije koriste takvim programima.

Mogućnosti za učenje CAD-a

Postoji nekoliko mogućnosti za upoznavanje s nekim CAD programom:

— učenje uz pomoć uputstva za upotrebu (samostalni rad);

— učenje uz pomoć nastavnika ili instruktora;

— učenje pomoću programa (eksperimentalnih sistema), koji u sebi imaju »ugrađenog učitelja«.

Prvi način je dugotrajan i mukotrpan. Traži jaku volju i veliki osobni angažman, jer se, najčešće, radi po sistemu pokušaja. Drugi način ne pruža mogućnost da se predavanje nastavnika prilagodi razini znanja učenika, uglavnom zbog njihovog različitog predznanja. Najčešće, i prvi i drugi način imaju još jedan bitan nedostatak: radi se, naime, o pojmovnom prilaženju problematici, o upoznavanju načina funkcioniranja dotičnih sistema, dakle onoga što je zajedničko svim CAD sistemima.

Radi prevladavanja tih teškoća, odnos većeg angažmana CAD-eksperata na konkretnim proizvodnim zadacima i racionalnijeg korištenja ljudskih resursa, razvijeni su programi koji nemaju spomenutih nedostataka, a poznati su kao CBT paketi (Computer Based Training). Namenjeni su obučavanju uz pomoć računala, a prave se za različita područja (od učenja osnova o personalnim računalima do crtanja u ravnini i prostoru).

Karakteristike CBT paketa analizirat će se na primjerima softverskih paketa TX2D i TX-3D, engleske firme B. Y. G. System Limited (sl. 1).

Ove pakete također karakterizira »ugrađen učitelj« (engl. Training Manager). Njemu je, osim instruktivne,

dana i supervizorska funkcija, tako da gotovo u potpunosti može zamijeniti nastavnika.

Namjena programa

Ovakvi programi ne pripremaju učenika posebno ni za jedan profesionalni paket, a namijenjeni su:

— školama, za upoznavanje CAD principa i tehnika,

— poduzećima u svim sektorima industrije za obučavanje vlastitog kadra (npr. vojnoj industriji, građevinskim poduzećima i ostalima koji se bave konstruiranjem);

— organizacijama koje obučavaju korisnike, kao djelotvoran i jeftin način podučavanja.

Koristi od primjene ovakvih programa u školama su višestruke:

— povećava se zanimanje za učenje, jer se učenik pri radu ne plaši neuspjeha. Time se uklanja pomanjkanje sudjelovanja u nastavi kod nekih učenika;

— programi omogućuju svakom pojedincu da uči vlastitim tempom, tako da na kraju svi dostižu željenu razinu znanja;

— nastavnici ne moraju ponavljati neke stvari po nekoliko puta. Tako im ostaje više vremena za individualne razgovore;

— učenik može uspješno učiti i bez nastavnika, i to u vrijeme koje mu najviše odgovara.

Naravno, uvođenjem nove tehnologije u obrazovanje mijenja se i uloga nastavnika. On i dalje organizira nastavu, prati i usmjerava rad učenika, ali se oslobađa rutine u radu i dobiva više vremena za rad sa svakim učenikom pojedinačno. Istovremeno se može više posvetiti vlastitom usavršavanju ili istraživačkom radu.

Hardverski zahtjevi

Većina ovakvih programa ima slične hardverske zahtjeve, i to:

— personalno računalo PC/XT ili PC/AT;

— operativni sistem MS-DOS verzija 3.2 i više;

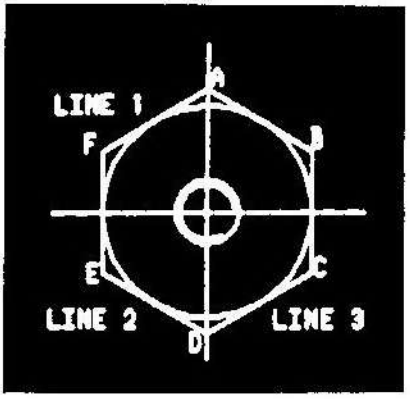
— grafička kratica Hercules, CGA, EGA, VGA i kompatibilne;

— hard disk, i

— miš.

Ostali zahtjevi

Da bi programi za učenje CAD-a na personalnim računalima odgovorili suvremenim potrebama, moraju zadovoljiti mnogobrojne zahtjeve. Uz ostalo, ti programi ne smiju biti tako koncipirani da se pomoću njih radi kao da su obične lekcije iz udžbenika. Oni ne smiju samo prezentirati određenu građu, jer bi u tom slučaju uloga nastavnika bila i dalje vrlo velika. To znači da moraju imati i elemente supervizije. Osim toga, uvježbavanje koncepata i funkcionalnosti mora, također, biti zastupljeno u dovoljnoj mjeri, kako bi osobe koje se obučavaju stekle određenu rutinu. I, na kraju, takvi programi moraju biti pristupačni i svojom cijenom.



Sl. 1 Izgled ekrana programa TX-2D

Zadaci u takvim programima mogu biti različitih tipova:

1) pitanja sa više ponuđenih odgovora,

2) pitanja koja zahtijevaju odgovor jednom riječju,

3) zadaci sa forsiranim ulazom (eng. Forced input tasks). Za takve je zadatke opis svih koraka koji se trebaju napraviti sadržan u sistemu. Zadaci se izražavaju pomoću komandi i koncepata koji su prethodno objašnjeni, tj. ispisani na ekranu;

4) komparativni zadaci (eng. Comparator tasks). Razlikuju se od prethodnih po tome što učenikova izrada zadatka nije striktno određena (sputana). Program vodi računa o broju izvršenih komandi, broju odustajanja od postavljenih pitanja i utrošenom vremenu. Nakon što program postavi zadatak, učitava se inicijalna slika koju učenik obrađuje.

Po završetku rada učenik preko komandi poziva poseban modul u programu, koji uspoređuje učenikovu verziju s tačnim rješenjem i to ocjenjuje. Na taj način prati se učenikov napredak tokom tečaja. Svaki put kada učenik izvrši zadatak automatski se proračunava i sprema ocjena toga rada. Ocjena uzima u obzir broj učinjenih grešaka, broj pokušaja, količinu pomoći koju je učenik tražio od sistema i korektnost odgovora.

Informacija o napretku tokom rada može se dobiti u svakom trenutku pozivanjem određene komande. Daje se podatak o broju bodova pri prvom i posljednjem rješavanju istog zadatka i podatak o najvećem mogućem broju bodova. Tako se prati uspješnost pri rje-

```
Current mode is TEACH
Current subject is ACCURATE_LINES
Current element is SPECIFYING_LINES
Course complete to end of subject LINE_CONSTRUCTION_1
Total score so far is 61 out of a possible 65
Currently taking task ACC_LINES (Time spent so far 29mins)

Subject(S)/Element(E)                    First Score  Latest Score  Maxi

                                           61(94%)      61(94%)      14
*TX_2D(S)                                  -
  TX_INTRO(E)                              37(93%)      37(93%)
  LINES_FREEHAND(S)                        10(100%)     10(100%)
   SINGLE_LINES(E)                         14(93%)      14(93%)
   DELETING_LINES(E)                       13(87%)      13(87%)
   MULTI_LINES(E)                          24(96%)      24(96%)
  LINE_CONSTRUCTION_1(S)                   24(96%)      24(96%)
   LINES_BOX(E)

TASK DRAW_LINES  Maximum score is 10
  First Try: Score 10(100%)
             1mins
TASK DELETE_LINES  Maximum score is 15
  First Try: Score 14(93%)
             2mins
TASK LINES1_MULTIPLE  Maximum score is 15
  First Try: Score 13(87%)
             5mins
TASK DRAW_BOX  Maximum score is 30
  First Try: Score 28(93%)
             5mins
TASK SAVE_BOX  Maximum score is 10
  First Try: Score 10(100%)
             3mins
TASK DELETE_BOX  Maximum score is 10
  First Try: Score 10(100%)
             1mins
```

Sl. 2 Prikaz uspješnosti učenika

šavanju određenog zadatka, jer učenik mora ponoviti zadatke u kojima rezultat nije zadovoljavajući. Rezultati se mogu prikazati na ekranu ili spremiti u posebnu datoteku. Jedan takav prikaz uspješnosti iz programa TX-2D prikazan je na slici 2.

Rad s programom

Prije početka rada s programom, korisnik upisuje inicijale kako bi mu bio dozvoljen rad, ukoliko je prethodno izvršena registracija korisnika koji imaju pravo pristupa u sistem. Prilikom svakog narednog ulaska u program, rad se nastavlja na onom mjestu (u nekoj lekciji) na kojem se prethodni put završilo.

Tokom rada učenik obično najprije, pomoću ekspertnog sistema, nauči princip rada (npr. kako se sve može nacrtati linija), a onda izađe iz modula za učenje i uđe u korisnički modul u kojem naučeno uvježbava. Nakon toga se vraća natrag i nastavlja učiti. Sve ove aktivnosti izvode se automatski i sistem ih koordinira.

Većina programa omogućava da se preskaču pojedine teme. Da korisnici ne bi zloupotrebljavali mogućnost za pristup ovoj komandi, potrebna je lozinka.

Postupak koji je učenik proveo rješavajući postavljeni zadatak može se ponoviti. Na taj način, pozivajući komandu REPLAY, nastavnik reproducira postupak rješavanja i daje primjedbe.

Prilikom izlaska iz programa sve urađeno automatski se sprema na hard disk i disketu.

Zaključak

Prezentirana mogućnost za učenje CAD-a na personalnom računalu polako dobiva svoje mjesto i kod nas. Tome pogoduju razne njezine karakteristike, od kojih su najvažnije:

— mogućnost prilagođavanja tempa rada nivou znanja korisnika;

— mogućnost ponavljanja zadataka dok ih učenik ne savlada;

— mogućnost kontinuiranog praćenja napretka;

— mogućnost automatskog ocjenjivanja izvršenih zadataka;

— omogućavanje nadopunjavanja predavanja;

— mogućnost uštede u cijeni obuke.

Sam rad s većinom programa za učenje CAD-a vrlo je sličan, i u velikoj mjeri odgovara postupcima u radu s profesionalnim paketima iz ovog područja. Njihov zadatak nije da konkuriraju takvim programima (mada većina njih, osim u modu za učenje, može raditi i u korisničkom modu), već da olakšaju rad sa njima.

Literatura:

[1] Korisničko uputstvo za program TX-2D, firme B. Y. G. System Limited.

[2] B. Damjanović, P. Damjanović: »Auto CAD«, Institut za nuklearne nauke »Boris Kidrič« — Vinča, Beograd, 1989.

Mr Dušan Regodić,
kapetan I klase, dipl. inž.

Primena metode konačnih elemenata u proračunu mašinskih konstrukcija

Uvod

Predmet ovog proračuna su čvrstoća i krutost strukture cevi artiljerijskog oruđa. Proračun je napravljen na osnovu tehničkih uslova, normi i crteža. Spoljna opterećenja unutrašnjeg zida cevi su proračunata u VTI — Beograd [3]. Proračun je urađen primenom metode konačnih elemenata (MKE). Pri tome je korišćen program poznat pod nazivom SAP IV (Struktural Analisis Program), koji su napravili Bathe, Vilson i Peterson na univerzitetu u Berkliju. Program je instaliran na računaru PDP 11/35 i PC-Copatible na Institutu za primenjenu mehaniku i otpornost konstrukcija mašinskog fakulteta u Beogradu.

Izbor metode proračuna

Jedna od savremenih metoda numeričke analize je i metoda konačnih elemenata (MKE) koja koristi matematički aparat matrične algebre za rešavanje diferencijalnih jednačina teorije elastičnosti složenih struktura. Savremene konstrukcije je gotovo nezamislivo opisivati diferencijalnim jednačinama, koje su izuzetno komplikovane za rešavanje, ako su u pitanju veliki sistemi jednačina. Zato je uprošćavanje problema neminovno, a izvodi se zamenjivanjem konstrukcije jednostavnijim modelom koji treba da bude što verniji originalu. Uvođenje korektnih, a jednostavnih modela, čiji su rezultati što bliži tačnim rešenjima, naziva se fizičkom diskretizacijom posmatranog tela. Deo konačnih dimenzija — konačni element čini osnovu svih razmatranja. U fizičkom smislu to znači da se bilo koji problem strukturalne analize zamenjuje diskretnim modelom međusobno povezanih konačnih elemenata.

Metoda konačnih elemenata spada u jednu od najefikasnijih i najvišie korišćenih metoda u rešavanju različitih zadataka mehanike deformobilnih tela. Primena metode konačnih elemenata sastoji se od:

— diskretizacije razmatranog tela,
— izbora oblika i broja elemenata,
— izbora čvorova i ostalih nepoznatih u njima, i
— izbora interpolacionih funkcija.

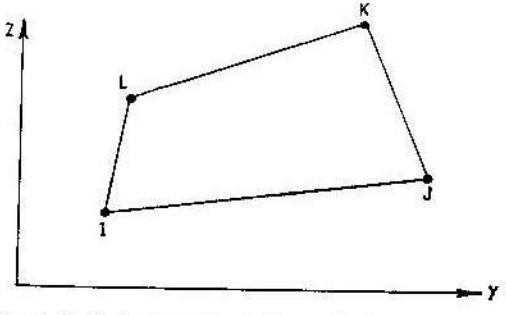
Posmatrana cev se zamenjuje diskretnim modelom međusobno povezanih konačnih elemenata, sa konačnim brojem stepeni slobode.

Analiza naponskog stanja cevi artiljerijskog naoružanja izvršena je primenom programa pod nazivom SAP IV, koji su izradili K. J. Bathe, E. L. Vilson i F. E. Peterson sa univerziteta u Berkliju. Kapacitet programa uglavnom zavisi od ukupnog broja čvornih tačaka

u sistemu, od broja sopstvenih vrednosti potrebnih pri dinamičkoj analizi i računara koji se koristi. Nema ograničenja broja elemenata koji se mogu koristiti, broja opterećenja i širine matrice krutosti. Svaka čvorna tačka u sistemu može da ima od nula do šest stepeni slobode. Stoga je program jednako efikasan pri analizi jednodimenzionalnih, dvodimenzionalnih ili trodimenzionalnih problema [1].

Formiranje proračunskog modela i modeliranje dela strukture cevi artiljerijskog oruđa

Metode konačnih elemenata svode usvojeni mehanički model na matematički model, čiji je broj jednačina direktno proporcionalan broju čvorova i broju stepeni slobode u njima. Upotrebljeni program SAP IV dopušta korišćenje vi-



Sl. 1 Izgled osnosimetričnog četvorougaonog elementa upotrebljenog kod programa SAP IV

še vrsta elemenata, od kojih je za konkretni proračun upotrebljen osnosimetrični četvorougaoni element (sl. 1), simetričan u odnosu na z osu, pri čemu je radijalni pravac određen kao y osa.

Cev predstavlja osnosimetričnu konstrukciju, pa će i analiza njenog dela biti razmatrana kao osnosimetrični problem (umesto kompletnog preseka biće posmatrana njegova polovina). Ova pretpostavka daje velike mogućnosti variranja svih parametara (geometrija, materijal, opterećenje) pomoću kojih se može dobiti odgovor o nedostacima postojećeg rešenja i ukazati na mogućnost za njegovo poboljšanje.

Deo cevi je podeljen na konačne elemente oblika pravougaonika, trapeza i trougla (sl. 2) sa uočljivom numeracijom čvornih tačaka i ukupnim brojem čvorova sa kojim je rađen proračun, a samim tim određen je i izgled celokupnog modela.

Zbog značaja ovog posla i sticanja iskustva, urađeno je više podela sa različitim gustinama mreže. Pri kreiranju fine mreže težilo se povećanju gustine u području maksimalnog pritiska Pm, gde se očekuje veći gradijent napona. Mreža konačnih elemenata, koja je usvojena za proračun (sl. 2), sadrži 418 čvornih tačaka i 299 konačnih elemenata. Grafička kontrola ulaznih podataka mreže konačnih elemenata na koje je model izdeljen, izvršena je automatski pomoću posebnog programa za crtanje mreže konačnih elemenata.

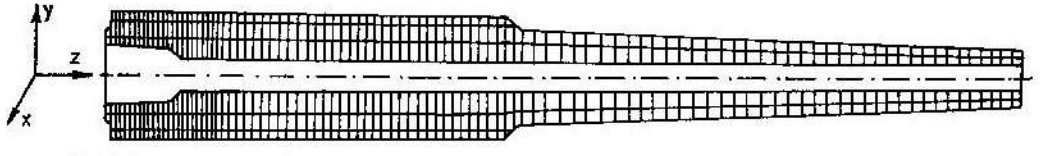
Ulazni podaci za računar

Pregled ulaznih podataka potrebnih za program SAP IV

Ulazni podaci potrebni za program sastoje se od sledećih celina:

a) kontrolni podaci,

b) ulazni podaci o čvorovima,



Sl. 2 Deo cevi podeljen na konačne elemente oblika pravougaonika, trapeza i trougla

c) ulazni podaci o elementima,
d) ulazni podaci o opterećenjima.

a) Potrebni kontrolni podaci

Kontrolnim podacima zadan je ukupan broj čvorova (418), broj korišćenih vrsta elemenata (3) i opterećenja.

b) Potrebni ulazni podaci o čvorovima

Podaci o čvorovima sadrže: broj čvora, koordinate čvora i granične uslove. Svaki čvor u prostoru teoretski ima šest stepeni slobode i to 3 translacije i 3 rotacije. Trougaoni element ima po dva stepena slobode po jednom čvoru i to pomeranje u pravcu osa koordinatnog sistema (y, z). Kada ne bi postojala ograničenja, svaka tačka bi imala po dva stepena slobode ili ukupno 418×$\times$2=836. Upisivanjem »0« za svaki aktivni stepen slobode, u zato predviđenu kolonu, znači da će se formirati jednačina ravnoteže za taj stepen slobode. U slučaju da nema pomeranja tačke, pasivni sistem je obeležen sa »1« i njemu se neće pridružiti jednačine. Koordinate čvora se upisuju u [cm], u globalnom koordinatnom sistemu (y, z). Redosled upisivanja podataka je u rastućem nizu brojeva. U tabelama 1 i 2 dati su podaci o opterećenju cevi sa koordinatama izabranih čvorova.

Tabela 1

Koordinate izabranih čvorova za polovinu cevi i temperatura opterećenja u tim čvorovima

Broj čvora	Koordinate čvora [cm]		T [°C]
	y	z	
90	1,60	17,60	840
122	1,56	25,60	837
126	1,56	26,60	823
134	1,56	28,60	807
142	1,56	30,50	780
150	1,56	32,50	755
158	1,56	34,50	746
166	1,56	36,50	737
174	1,56	38,50	732
182	1,56	40,50	727
190	1,56	42,50	707
198	1,56	44,50	697
206	1,56	46,50	687
214	1,56	48,50	674
222	1,56	51,50	667
230	1,56	55,50	647
238	1,56	59,50	627
246	1,56	63,50	617
254	1,56	67,50	602
262	1,56	71,50	592
270	1,56	75,50	577
278	1,56	79,50	562
286	1,56	83,50	547
294	1,56	88,50	527
302	1,56	95,00	497
311	1,56	104,00	447
317	1,56	110,00	442
323	1,56	116,00	427
329	1,56	122,00	407
338	1,56	131,00	392
347	1,56	140,00	362
356	1,56	149,00	347
365	1,56	158,00	327
374	1,56	167,00	307
383	1,56	176,00	265
392	1,56	185,00	225
401	1,56	194,00	212
410	1,56	203,00	197
416	1,56	209,00	189

Tabela 2

Opterećenje unutrašnjeg zida cevi pritiskom u čvorovima izraženim u [dN cm]

NODAL LOADS (STATIC) OR MASSES (DYNAMIC)

NODE NUMBER	LOAD CASE	X-AXIS FORCE	Y-AXIS FORCE	Z-AXIS FORCE	X-AXIS MOMENT	Y-AXIS MOMENT	Z-AXIS MOMENT
1	2	3	4	5	6	7	8
90	2	0,00000E+00	0,75000E+02	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
94	2	0,00000E+00	0,40000E+03	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
98	2	0,00000E+00	0,21250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00

1	2	3	4	5	6	7	8
102	2	0,00000E+00	0,25750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
106	2	0,00000E+00	0,20500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
110	2	0,00000E+00	0,23500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
114	2	0,00000E+00	0,26500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
118	2	0,00000E+00	0,29230E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
122	2	0,00000E+00	0,29750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
126	2	0,00000E+00	0,31000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
130	2	0,00000E+00	0,31750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
134	2	0,00000E+00	0,32250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
138	2	0,00000E+00	0,33000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
142	2	0,00000E+00	0,33250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
146	2	0,00000E+00	0,33750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
150	2	0,00000E+00	0,34150E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
154	2	0,00000E+00	0,34000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
158	2	0,00000E+00	0,33900E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
162	2	0,00000E+00	0,33890E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
166	2	0,00000E+00	0,33880E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
170	2	0,00000E+00	0,33120E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
174	2	0,00000E+00	0,33000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
178	2	0,00000E+00	0,32750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
182	2	0,00000E+00	0,32250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
186	2	0,00000E+00	0,32120E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
190	2	0,00000E+00	0,32000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
194	2	0,00000E+00	0,31250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
198	2	0,00000E+00	0,31250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
202	2	0,00000E+00	0,31000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
206	2	0,00000E+00	0,30750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
210	2	0,00000E+00	0,30500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
214	2	0,00000E+00	0,30250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
218	2	0,00000E+00	0,45000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
222	2	0,00000E+00	0,59000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
226	2	0,00000E+00	0,58000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
230	2	0,00000E+00	0,55500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
234	2	0,00000E+00	0,55000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
238	2	0,00000E+00	0,54500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
242	2	0,00000E+00	0,54000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
246	2	0,00000E+00	0,52500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
250	2	0,00000E+00	0,51750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
254	2	0,00000E+00	0,50750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
258	2	0,00000E+00	0,47020E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
262	2	0,00000E+00	0,46550E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
266	2	0,00000E+00	0,48000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
270	2	0,00000E+00	0,47000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
274	2	0,00000E+00	0,46250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
278	2	0,00000E+00	0,45500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
282	2	0,00000E+00	0,44500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
286	2	0,00000E+00	0,43500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
290	2	0,00000E+00	0,46750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
294	2	0,00000E+00	0,55690E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
298	2	0,00000E+00	0,65000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
302	2	0,00000E+00	0,60940E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
305	2	0,00000E+00	0,55500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
308	2	0,00000E+00	0,54750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
311	2	0,00000E+00	0,53260E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
314	2	0,00000E+00	0,52500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
317	2	0,00000E+00	0,51750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
320	2	0,00000E+00	0,51000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
323	2	0,00000E+00	0,50250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
326	2	0,00000E+00	0,49500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
329	2	0,00000E+00	0,48000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
332	2	0,00000E+00	0,46880E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
335	2	0,00000E+00	0,46500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00

1	2	3	4	5	6	7	8
338	2	0,00000E+00	0,45000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
341	2	0,00000E+00	0,44250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
344	2	0,00000E+00	0,43500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
347	2	0,00000E+00	0,42750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
350	2	0,00000E+00	0,41250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
353	2	0,00000E+00	0,40880E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
356	2	0,00000E+00	0,40500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
359	2	0,00000E+00	0,39000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
362	2	0,00000E+00	0,38250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
365	2	0,00000E+00	0,37500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
368	2	0,00000E+00	0,36750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
371	2	0,00000E+00	0,36000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
374	2	0,00000E+00	0,34880E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
377	2	0,00000E+00	0,34500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
380	2	0,00000E+00	0,33750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
383	2	0,00000E+00	0,32630E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
386	2	0,00000E+00	0,32250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
389	2	0,00000E+00	0,31500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
392	2	0,00000E+00	0,30750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
395	2	0,00000E+00	0,30000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
398	2	0,00000E+00	0,29630E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
401	2	0,00000E+00	0,29250E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
404	2	0,00000E+00	0,28500E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
407	2	0,00000E+00	0,27750E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
410	2	0,00000E+00	0,27000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
413	2	0,00000E+00	0,25000E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00
416	2	0,00000E+00	0,27780E+04	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00	0,00000E+00

c) Potrebni ulazni podaci o elementima

Biblioteka elemenata programa SAP IV sadrži osam različitih elemenata, tipa: štap u prostoru, greda u prostoru, ravanski i osnosimetrični element, zapreminski osmočvorni element, element debele ljuske sa promenljivim brojem čvorova, element tanke ploče i ljuske, granični element i element cevi.

U ovom radu navedeni su samo oni elementi koji su korišteni u proračunu.

1) Četvorougaoni osnosimetrični konačni element (tip 4)

Na slici 3 prikazan je dvodimenzionalni konačni element koji se može koristiti kao osnosimetrični element simetričan u odnosu na z osu (radijalni pravac je određen kao y osa).

Osnovni podaci o elementima i karakteristike materijala [3]:

— ukupni broj elemenata —299,

— broj upotrebljenih materijala — —1,

— specifična težina — $-7{,}8 \cdot 10^{-5}$[kN/cm^2],

— modul elastičnosti — $-E = 21 \cdot 10^6$[N/cm^2],

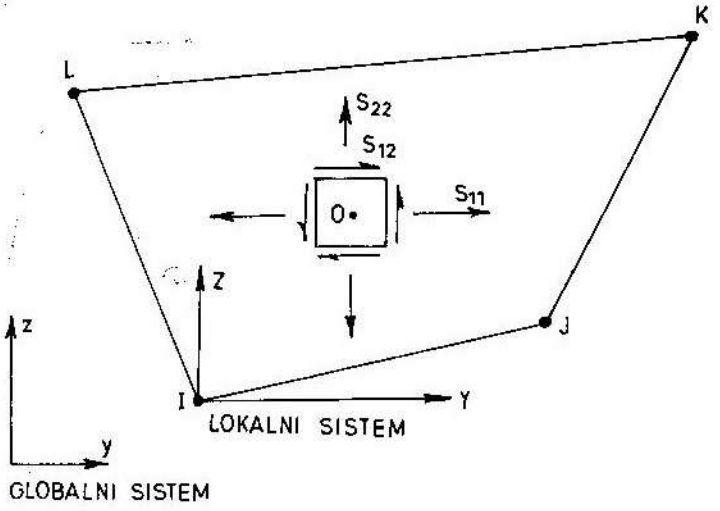
— Poasonov koeficijent —$D = 0{,}30$,

— modul smicanja — $-G = 7{,}8 \cdot 10^6$[N/cm^2]

— debljina zida cevi je promenljiva po dužini cevi,

— podaci o štampanju napona i deformacija,

— podaci o međusobnoj povezanosti elemenata, strukture, upisuju se brojevi čvorova (I, J, K, L) za svaki element u smeru kretanja kazaljke na satu.



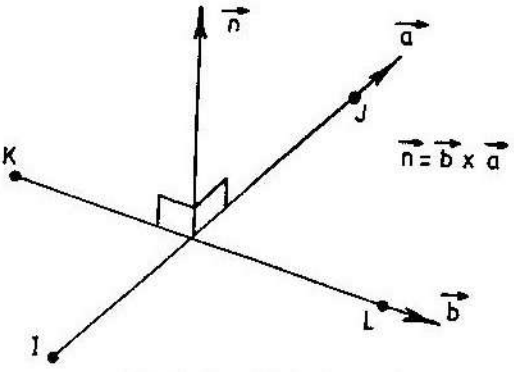
Sl. 3 Prikaz dvodimenzionalnog konačnog elementa

Naponi u tački 0 (sl. 3) štampaju se u lokalnom y-z koordinatnom sistemu. Naponi za jedan element štampaju se sa sledećim zaglavljima: S_{11}, S_{22}, S_{33}, S-MAX, S-MIN, ANGLE. Normalni naponi S_{11} i S_{22} i napon smicanja S_{12} prikazani su na slici 3. Glavni napon u ravni elemenata su S-MAX i S-MIN, a S_{33} je treći glavni napon koji deluje na ravan elementa. ANGLE je ugao u stepenima od lokalne *y* ose u tački 0 do ose najvećeg algebarskog glavnog napona.

2) Granični element (tip 7)

Granični elementi (vidi sl. 4) mogu se koristiti u sledećim slučajevima: pri idealizaciji spoljašnjeg elastičnog oslonca u čvoru, pri idealizaciji iskošenog kliznog ležaja, za specificiranje pomeranja ili eliminisanja numeričkih teškoća sa »šestim« stepenom slobode (pri analizi približno ravnih ljuski).

Ovaj element se koristi da obezbedi linearne elastične oslonce za čvorove, za proračun reakcije oslonca, te da ograniči pomeranja čvora na određene vrednosti. Granični element se definiše osom upravljanom kroz specificiranu tačku čvora, linearnom aksijalnom krutošću duž ose, ili rotacionom krutošću oko ose. Granični element je, u stvari, oprug koja može da ima krutost aksijalnih pomeranja i rotacionu krutost. Nema ograničenja broja graničnih elemenata u nekom čvoru konstrukcije da bi se proizveo željeni efekat. Granični elementi nemaju uticaja na veličinu matrice krutosti.



Sl. 4 Granični element

Izlazni podaci iz programa

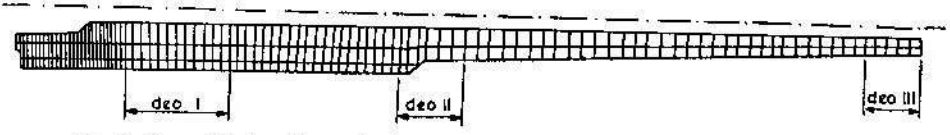
Pregled izlaznih podataka programa SAP IV

Izlazni podaci koje daje program SAP IV sastoje se od sledećih celina:

— dužinskih pomeranja u [mm] i ugaonih pomeranja u stepenima;

— sila i napona u elementima (naponi u četvorougaonim osnosimetričnim konačnim elementima tip-4 mogu se dobiti u sredinama elemenata u središnim tačkama stranica elemenata).

jalnom (y) i aksijalnom (z) pravcu javljaju se u tačkama u kojima deluje superponirana opterećenja (temperatura i pritisak), a potom se postepeno smanjuju na spoljnoj površini cevi. Najveća pomeranja su u čvoru 416 u pravcu y ose $u = -0{,}10$ mm, a u pravcu z ose $w = 1{,}05$ mm, što je, ujedno, najveće pomeranje u posmatranoj strukturi cevi. Relativno visoka pomeranja u pravcu z ose su mnogo izraženija nego u pravcu y ose. Pomeranja u početnom delu cevi (prvoj trećini) mnogo su ujednačenija u oba pravca.

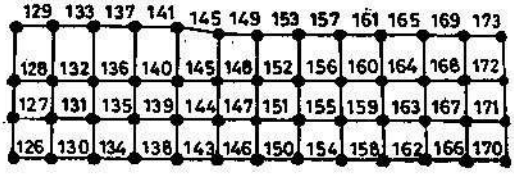


Sl. 5a Sematski prikaz strukture cevi sa mrežom konačnih elemenata

Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da postoji ravnoteža spoljnih i unutrašnjih sila za idealizovanu strukturu polovine cevi sa 418 čvornih tačaka i sa već opisanim graničnim uslovima (opisano je sa 802 jednačine).

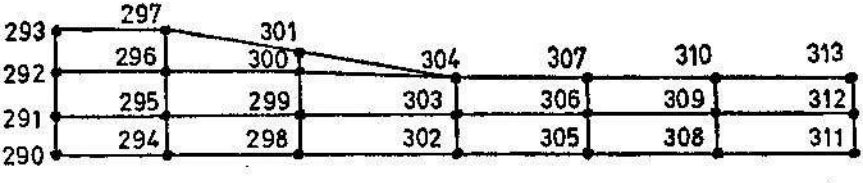
Korišćen je pravougaoni, trapezni i trougaoni element koji može biti opterećen silama u ravni elemenata u čvornim tačkama.

Kao rezultat proračuna elemenata javljaju se pomeranja svih čvorova u globalnom koordinantnom sistemu. Analizom pomeranja tačaka svih elemenata strukture uočljivo je da su ona najveća u pravcu z ose. Najveća pomeranja u radi-

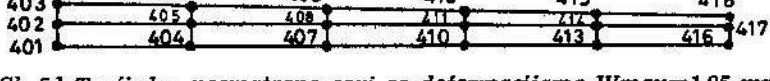


Sl. 5b Prvi deo posmatrane cevi sa deformacijama Wmax=0,094 mm u čvorovima 170, 171, 172 i 173

Radi bolje preglednosti i lakše analize rezultata urađeni su dijagrami pomeranja u pravcu y i z ose u izabranim područjima cevi, slika 5.



Sl. 5c Drugi deo posmatrane cevi sa deformacijama W = 0,0487 mm u čvorovima 311, 312 i 313; U=0,0468 mm u čvoru 304; U=0,0365 mm u čvoru 301, a U=0,027 mm u čvoru 297



Sl. 5d Treći deo posmatrane cevi sa deformacijama Wmax=1,05 mm, Umax=0,101 mm u čvoru 416

Ukupne deformacije u pravcu y i z ose, izražene u [mm], date su u liteu obliku komponentnih napona $\delta_y = S_{11}$, $\delta_z = S_{22}$, $\delta_x = S_{33}$, $\tau_{yz} = S_{12}$, $\sigma_1 = Smax$, $\sigma_2 =$

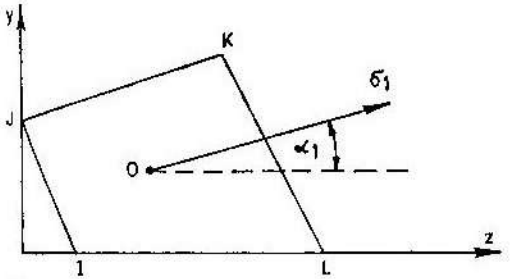
Tabela 3

Ukupne deformacije u pravcu y i z ose izražene u [mm]

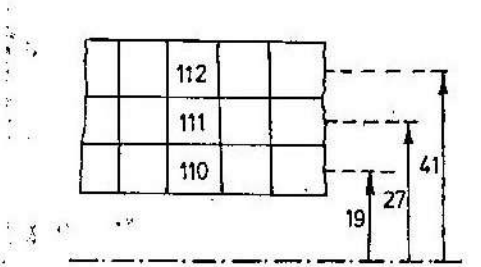
broj čvora	u	w	broj čvora	u	w	broj čvora	u	w
418	0,096	0,99	394	0,024	0,97	370	0,030	0,86
417	0,100	1,02	393	0,028	0,97	369	0,036	0,86
416	0,101	1,05	392	0,023	0,97	368	0,026	0,86
415	0,016	1,01	391	0,024	0,95	367	0,039	0,84
414	0,018	1,01	390	0,028	0,95	366	0,037	0,84
413	0,014	1,00	389	0,023	0,95	365	0,026	0,84
412	0,025	1,00	388	0,025	0,95	364	0,031	0,83
411	0,029	1,00	387	0,030	0,95	363	0,038	0,83
410	0,026	1,01	386	0,023	0,95	362	0,026	0,83
409	0,023	1,00	385	0,026	0,94	361	0,031	0,81
408	0,026	1,00	384	0,031	0,94	360	0,038	0,81
407	0,022	1,00	383	0,024	0,94	359	0,026	0,81
406	0,024	0,99	382	0,028	0,92	358	0,032	0,81
405	0,027	0,99	381	0,033	0,92	357	0,039	0,79
404	0,023	0,99	380	0,024	0,92	356	0,026	0,79
403	0,024	0,98	379	0,028	0,91	355	0,032	0,78
402	0,027	0,98	378	0,034	0,91	354	0,039	0,78
401	0,023	0,98	377	0,025	0,91	353	0,026	0,78
400	0,024	0,98	376	0,029	0,89	352	0,032	0,78
399	0,028	0,98	375	0,035	0,89	351	0,040	0,76
398	0,023	0,98	374	0,025	0,89	350	0,026	0,76
397	0,024	0,98	373	0,030	0,88	349	0,033	0,74
396	0,028	0,98	372	0,036	0,88	348	0,041	0,74
395	0,023	0,98	371	0,025	0,88	347	0,027	0,74

raturi [3], a njihov izvod za čvorove 347—418 u tabeli 3.

Nakon određenih pomeranja određeni su i naponi u centrima svih 299 elemenata. Rezultati proračuna dati su $= Smin$ i ugao α_1 u lokalnom koordinatnom sistemu. Rezultati se štampaju (sl. 6) unutar četvorougla za centar »0«. Ugao $\alpha_1[^\circ]$ jeste ugao između lokalne z ose i pravca glavnog napona δ_1 u tački 0.



Sl. 6 Rezultati proračuna se štampaju unutar četvorougla za centar »0«



Sl. 7 Na element 110 deluje maksimalni pritisak Pm i temperatura Tm

Izvršena je analiza naprezanja posmatrane strukture cevi u izabranim presecima cevi.

a) U prvom delu (sl. 5) posmatrani su elementi 110, 111 i 112 (sl. 7).

Na element 110 deluje maksimalni pritisak P_m i temperatura T_m.

U tabeli 4 dat je tabelarni izvod naprezanja elemenata cevi za dati presek.

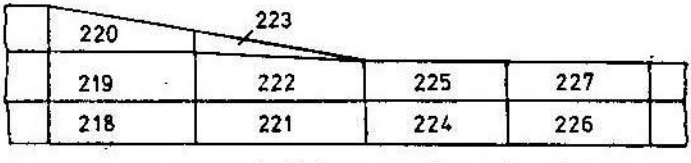
b) Posmatran je drugi presek cevi gde se javlja promena spoljnog prečnika cevi (sl. 8).

U tabeli 5 dat je izvod naprezanja elemenata cevi za dati presek.

Tabela 4

Tabelarni izvod naprezanja elemenata cevi za dati presek (DEO I)

Naprezanje \ Elementi		110	111	112
$\sigma_y = S_{11} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_y^t	−24,4	−19,19	−4,2
	σ_y^p	−13,09	−3,8	−0,87
	σ_y	−37,49	−22,99	−5,07
$\sigma_z = S_{22} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_z^t	−1,2	27,4	28,4
	σ_z^p	−1,2	−0,18	0,059
	σ_z	−106,2	27,58	28,459
$\sigma_x = \sigma_\tau = S_{33} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_x^t	−62.9	43,02	31,0
	σ_x^p	15,06	8,8	6,4
	σ_x	−47,84	51,82	37,4
$\tau_{yz} = = S_{12} \cdot 10^7$ [N/m²]	τ_{yz}^t	−0,39	−0,182	−0,06
	τ_{yz}^p	−0,039	−0,033	−0,0188
	τ_{yz}	−0,429	−0,415	−0,0788
$\sigma_1 = \sigma_{max} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_1^t	−24,4	27,46	28,48
	σ_1^p	−1,2	−0,18	0,059
	σ_1	−25,6	27,28	28,539
$\sigma_2 = \sigma_{min} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_2^t	−105,	−19,1	−4,2
	σ_2^p	−13,09	−3,8	−0,87
	σ_2	−118,09	−22,9	−5,07



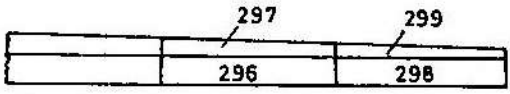
Sl. 8 Elementi cevi u kritičnom preseku, gde se javlja promena spoljnog prečnika cevi

Tabelarni izvor naprezanja elemenata cevi za dati presek (DEO II)

Napreza-nje \ Elementi		218	219	220	221	222	223	224	225	226	227
$\sigma_y = S_{11} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_y^t	−9,94	−10,5	−1,8	−5,06	−8,3	0,81	−5,4	−5,7	−5,4	−7,2
	σ_y^p	−9,1	−2,7	−0,75	−9,4	−2,6	0,21	−8,7	−2,1	−8,8	−2,2
	σ_y	−19,04	−13,2	−2,55	−14,46	−10,9	1,02	−14,1	−7,8	−14,2	−9,4
$\sigma_z = S_{22} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_z^t	−57,2	20,6	19,8	−49,6	25,16	29,1	−46,9	30,73	−43,49	28,3
	σ_z^p	−2,2	−0,17	−0,107	−2,62	−0,67	0,65	−2,92	−0,18	−2,5	−0,51
	σ_z	−59,4	20,43	19,693	−52,22	24,39	29,75	−49,82	30,55	−45,99	27,79
$\sigma_x - \sigma_\tau = S_{33} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_x^t	−19,6	20,2	17,5	−6,93	20,7	29,8	−13,2	27,27	−12	22,7
	σ_7^p	5,7	5,53	4,4	4,4	5,8	8,6	7,6	8,0	−7,19	7,65
	σ_x	−13,9	25,73	21,9	−2,53	26,5	38,4	5,6	35,27	−4,81	30,35
$\tau_{yz} = S_{12} \cdot 10^7$ [N/m²]	τ_{yz}^t	−2,83	−1,73	−2,5	−0,609	−3,95	−7,8	−0,28	−2,2	−0,67	−0,046
	τ_{yz}^p	0,59	0,35	0,18	0,233	0,197	−0,7	−0,24	−0,18	0,285	0,023
	τ_{yz}	−2,24	−1,38	−2,32	−0,373	−3,753	−8,5	−0,52	−2,38	−0,385	−0,023
$\sigma_1 = S_{max} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_1^t	−9,7	20,7	20,14	−5,05	25,61	31,19	−5,4	30,87	−5,45	28,37
	σ_1^p	−2,2	−0,12	−0,06	−2,61	−0,65	1,16	−2,9	−0,16	−2,52	−0,51
	σ_1	−11,9	20,58	−20,08	−7,66	24,96	32,24	−8,3	30,71	−7,97	27,86
$\sigma_2 = \sigma_{min} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_2^t	−57,4	−10,5	−2,18	−49,6	−8,69	−1,19	−47	−5,83	−43,5	−7,2
	σ_2^p	−9,1	−2,75	−0,804	−9,43	−2,68	−0,3	−8,7	−2,12	−8,8	−2,2
	σ_2	−66,5	−13,25	−2,984	−59,03	11,37	−1,49	−55,7	−7,95	−52,3	−9,4

c) Posmatraju se elementi na ustima cevi 296, 297, 298 i 299 gde je najmanja debljina cevi (sl. 9).

U tabeli 6 dat je izvod naprezanja za dati presek.



Sl. 9 Elementi cevi 296, 297, 298 i 299 gde je najmanja debljina cevi

Tabela 6

Tabelarni izvod naprezanja elemenata cevi za dati presek (DEO III)

Naprezanja \ Elemenat		296	297	298	299
$\sigma_y = S_{11} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_y^t	0,22	−1,06	−0,955	−4,68
	σ_y^p	−2,7	0,69	−18,49	−10,74
	σ_y	−2,48	−0,37	−19,445	−15,42

$\sigma_z = S_{22} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_z^t	−16,9	14,25	−13,05	7,4
	σ_z^p	−3,8	1,34	−0,5	−16,14
	σ_z	−20,7	15,59	−13,55	−9,74
$\sigma_x = S_{33} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_x^t	−4,48	10,14	−6,63	0,32
	σ_x^p	12,6	11,35	−8,7	−1,1
	σ_x	8,12	21,49	15,33	−0,78
$\tau_{xy} = S_{12} \cdot 10^7$ [N/m²]	τ_x^t	−0,02	0,96	−0,155	−3,03
	τ_{yz}^p	2,21	1,2	−3,28	−2,14
	τ_{yz}	2,19	2,16	−3,435	−5,17
$\sigma_1 = \sigma_{max} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_1^t	0,22	14,31	−0,95	8,19
	σ_1^p	−1,02	2,26	0,08	−9,99
	σ_1	−0,80	16,57	−0,87	−1,8
$\sigma_2 = \sigma_{min} \cdot 10^7$ [N/m²]	σ_2^t	−16,9	−1,12	−13,05	−5,4
	σ_2^p	−5,5	−0,22	−19,07	−16,8
	σ_2	−22,4	−1,34	−32,12	−22,2

Posmatrani model sa izabranom mrežom konačnih elemenata daje vernu sliku naponskog stanja, iako je moguće sa složenijim elementima tačnije utvrditi naponsko stanje posmatrane strukture cevi. Prema utvrđenim naponima u području maksimalnog pritiska i temperature (deo I), području veće promene spoljnog prečnika (deo II) i na ustima cevi, mogu se očekivati »slabe tačke« konstrukcije cevi.

Zaključak

U ovom radu data je primena MKE u konkretnom proračunu cevi kalibra 30 mm, sa izborom vrste konačnog elementa i proračunom stanja napona i pomeranja. U toku rada došlo se do sledećih saznanja:

— analiza konstruktivnog elementa ukazala je na uspešnu primenu MKE za proračun mašinskih konstrukcija koje se danas koriste u mašinstvu;

— koordinate tačaka, unesene u proračun, izračunate su sa crteža cevi koji je urađen u razmeri 1:1 i tako su izbegnute nepotrebne greške, a unutrašnji poluprečnik je za ovu metodu povećan sa 15 mm na 15,6 mm, čime su eliminisana polja i žlebovi, te smanjena debljina cevi;

— najveća opterećenja cevi su u području gde se javlja maksimalan pritisak i temperatura, pa su tu i najveća naprezanja i deformacije. Rezultati naprezanja dati su u obliku komponenata σ_x, σ_y, τ_{xy} i glavnih napona σ_1, σ_2 i ugla α_1 napona σ_1 za svaki element;

— pomeranja čvorova su minimalna i obezbeđuju potrebnu krutost cevi, a najizraženija su oko usta cevi u pravcu spoljnih opterećenja. Veća pomeranja javljaju se u pravcu z ose u odnosu na y osu, zbog geometrije cevi i rasporeda opterećenja;

— ovaj rad može poslužiti kao podloga za rad na novom konstruktivnom rešenju, koje bi imalo ekonomsko opravdanje.

Uporednom analizom proračuna otpornosti cevi sa MKE i klasičnom metodom (proračun cevi debelih zidova) može se zaključiti:

— sa MKE se posmatra kompletna struktura cevi i na osnovu proračunatih mogu se utvrditi mesta ekstremnih naprezanja i deformacija;

— ovom metodom može se ukazati na mesta neophodnog ojačanja cevi radi obezbeđenja minimalnih pomaka i potrebne krutosti cevi;

— ovakav način proračuna ukazuje na kritična mesta naprezanja, koja su važna pri postavljanju mernih traka pri eksperimentalnom određivanju naprezanja i deformacije;

— izmena ulaznih podataka opterećenja je jednostavna i veoma brza, pa su moguće analize za više slučajeva opterećenja.

Navedene prednosti primene MKE u odnosu na klasičnu metodu proračuna samo upotpunjuju sliku u opravdanost primene ove metode u proračunu mašinskih konstrukcija.

Literatura:

[1] Čukić R. i dr: »Proračun dela strukture raketne cevi«, M F Beograd, 1988.

[2] Sekulović M.: »Metod konačnih elemenata«, Građevinska knjiga, Boegrad, 1984.

[3] Regodić D.: »Naprezanje cevi artiljerijskog oruđa«, Magistarski rad, MF Beograd, 1988.

[4] Orlov B. V. i dr.: »Ustrojstvo i proektirovanie stvolov artiljerijskih orudij«, Mašinostroenie, Moskva, 1976.

[5] William H., Mc ADAMS: »Heat transmission«, Mc Grow-hill book company, INc. New York-Toronto-London, 1954.

[6] Kovalenko A. D.: »Termouprugost«, Kiev, 1975.

[7] Milinčić D. i dr.: »Problemi iz prostrianja toplote«, Beograd, 1984.

Srboljub Krštenić,
potpukovnik, dipl. inž.

Obrada meteorološkog biltena »Meteo-srednji« na računaru

Uvod

U članku se iznosi način obrade meteo-podataka radi dobijanja standardnog meteorološkog biltena »METEO-SREDNJI« (MS) na računaru, polazeći od ulaznih podataka sa liste registracije i baždarnih lista sonde tipa RKZ-2 koja se koristi kod meteorološkog radara RMS-1.

Način obrade sistematizovan je tako da odgovara standardnoj formi biltena »METEO-SREDNJI« koji se primenjuje u OS sa izlazom u obliku šifrovanog meteorološkog koda, pri čemu se vrši automatska korekcija merene temperature zbog uticaja zračenja na termistor, proračun virtuelnog dodatka i korekcija visine zbog refrakcije radarskog zračenja i krivine zemlje.

Kao što je poznato, za sondiranje atmosfere koristi se meteorološki radar RMS-1 sa radio-sondom tipa RKZ-2. Međutim, i pored svojih kvaliteta, pouzdanosti i autonomnosti, ovaj sistem u odnosu na slične u svetu ima bitan nedostatak, a to je da je obrada biltena ručna. Pri dobijanju meteorološkog biltena koriste se samo pomoćni pribori i ručni kalkulatori u nekim fazama obrade. Takav način obrade meteorološkog biltena je spor i dosta netačan, a, što je vrlo bitno, rezultati praktično zavise od izvršioca proračuna.

Autor je na osnovu dugogodišnjeg iskustva na formiranju metoda za obradu meteorološkog osmatranja za razvojna i završna ispitivanja integrisao sve u jednu celinu, a u ovom članku i predstavio automatizovanu obradu ulaznih podataka na računaru, koji su dobijeni sa liste registracije radio-sondažnog osmatranja.

Na ovaj način zaokružena je u celini računarska obrada meteoroloških podataka, a kompletiranjem meteorološkog radara RMS-1 računarom, koji može da izvršava prikazano programsko rešenje, podiže se i nivo same meteorološke obrade. Sistem RMS-1, koji je relativno dobar sa stanovišta prikupljanja podataka, podiže se sa manjim ulaganjem na nivo koji je ravan trenutnim svetskim rešenjima u ovoj oblasti, čije su cene u ovom trenutku vrlo velike [8].

Osim toga, ne čini se nikakva modifikacija na sistemu koja bi onemogućila sadašnji način obrade, koji bi mogao da se zadrži kao rezervni.

Pregled skraćenica i upotrebljenih oznaka

A_{WO}	[°]	Pravougli azimut pravca vektora prizemnog vetra
A_Z	[1/6000]	Azimut radijus vektora do balona (sonde)

A_{WMS}	[1/6000]	Pravougli azimut pravca vektora srednjeg vetra (za bilten MS)
A_{WMSS}	[1/6000]	Pravougli azimut pravca vektora srednjeg vetra za bilten MS (za standardne visine biltena)
MS		Kkraćenica za »METEO-SREDNJI«
D_K	[m]	Kosa daljina od meteorološke stanice do meteorološke sonde
T	[°K]	Temperatura suvog vazduha
T_{VN}	[°K]	Normalna virtuelna temperatura u sloju (atmosfera ANA)
T_V	[°K]	Virtuelna temperatura u sloju
t_{MS}	[°C]	Srednje odstupanje temperature do visine H
t_{MSS}	[°K]	Srednje odstupanje temperature za bilten MS (standardne visine biltena)
t_M	[°C]	Merena temperatura suvog vazduha
t_{MK}	[°C]	Temperatura suvog vazduha merena i korigovana zbog uticaja zračenja sunca na termistor
t_a	[°C]	Temperatura ambijenta prema pokazivanju sonde
t_{200} t_{20}	[°C]	Reperne temperature sa dijagrama baždarenja koja odgovara repernim koeficijentima (uključeni otpori od 200 kΩ i 20 kΩ)
δt	[°C]	Korekcija temperature suvog vazduha zbog uticaja zračenja na termistor
t_{OV}	[°C]	Prizemna virtuelna temperatura
τ	[°K]	Virtuelna temperara vazduha
τ_{SR}	[°K]	Virtuelna temperatura vazduha u sloju
t_{USP}	[min]	Tekuće vreme uspona balona
H_K	[m]	Krajnja visina za integraciju
H_O	[m]	Početna visina za integraciju
H_{MST}	[m]	Nadmorska visina meteorološke stanice
H_{SL}	[m]	Gornja granica sloja
H_{SR}	[m]	Srednja visina sloja
H_{SS}	[m]	Standardna visina za bilten MS
P_O	[mbar]	Pritisak na nivou meteorološke stanice (prizemni)
P	[mbar]	Pritisak u sloju na visini H
P_N	[mbar]	Normalni pritisak na visini H (atmosfera ANA)
P_{MS}	[mbar]	Srednje odstupanje pritiska do visine H
P_{MSS}	[mbar]	Srednje odstupanje pritiska za bilten MS (standardne visine biltena)
e_P	[%]	Parcijalni pritisak vodene pare u sloju
E	[mbar]	Maksimalni pritisak vodene pare u vazduhu na temperaturi T
R_G	[kg/m³]	Gustina vazduha u sloju
R	[m/°]	Gasna konstantna suvog vazduha
R_V	[%]	Relativna vlažnost vazduha u sloju
R_{VM}	[%]	Merena relativna vlažnost vazduha

R_{MSS}	[%]	Srednje odstupanje gustine vazduha za bilten MS (standardne visine biltena)
F_T	[Hz]	Frekvencija merene temperature vazduha
F_U	[Hz]	Frekvencija merene relativne vlažnosti u vazduhu
F_{ON}	[Hz]	Osnovna frekvencija oscilatora
K_T		Odnos merene frekvencije temperature i osnovne frekvencije
K_U		Odnos merene frekvencije vlage i osnovne frekvencije
R_{V1}, R_{V2}, R_{V3}		Reperne tačke sa dijagrama baždarenja sonde za vlagu
K_{U1}, K_{U2}, K_{U3}		Koeficijenti koji definišu odnos merene frekvencije vlage i osnovne frekvencije
M_{MS}		Odstupanje meteorološkog elementa obrađenog po biltenu MS do visine H
M_1, $M_2 \ldots M_I$, M_N		Odstupanje meteorološkog elementa na granicama slojeva
M_{SR}		Vrednost meteorološkog elementa na sredini sloja
V_{BAL}	[m/min]	Brzina uspona meteorološkog balona (sonde)
Z_{200}, Z_{20}		Reperni koeficijenti odnosa frekvencija temperature i osnovne frekvencije sa baždarne krive koji se kontrolišu otporima 200 kΩ i 20 kΩ
Z_a		Koeficijent temperature na osnovu merenja ambijentne temperature sondom pre njenog puštanja
W_O	[m/s]	Brzina prizemnog vetra
W	[m/s]	Stvarni vetar (vetar u sloju srednje visine H_{SR})
W_{SR}	[m/s]	Srednji vetar od nulte visine do visine H
W_{MS}	[m/s]	Srednji vetar (za bilten MS) do visine H
W_{MSS}	[m/s]	Srednji vetar za bilten MS (za standardne visine)
β	[1/600]	Ugao nagiba kose daljine u odnosu na horizontalnu ravan
$\delta\beta$	[1/6000]	Korekcija ugla nagiba zbog krivine zemlje i refrakcije radarskog zračenja
$\Phi(T)$		Tabelarna funkcionalna zavisnost temperature od odgovarajuće dužine kojom je predstavljena na baždarnoj krivoj temperature
f(Z)		Tabelarna funkcionalna zavisnost koeficijenta temperature od odgovarajuće dužine kojom je predstavljena na baždarnoj krivoj temperature.

Koncepcija obrade podataka

U ovom članku objašnjen je način izrade standardnog biltena MS (koji se koristi u OS), čija je tačnost proračuna na nivou tačnosti proračuna biltena koji se koriste pri razvojnim i završnim ispitivanjima SRT. Osnovna razlika je u tome da se standardni bilten računa za standardne visine, a da se zbog ši-

friranja vrši zaokruživanje svih izlaznih podataka na celobrojne vrednosti, čime je smanjena tačnost izlaznih podataka do nivoa koji je još upotrebljiv u praksi.

Da bi se sagledao *sadašnji sistem obrade meteoroloških podataka* treba se osvrnuti na uprošćenja koja se čine pri obradi, a koja su nastala iz potrebe da se skrati vreme obrade, uprosti proračun i smanji rizik dobijanja grešaka pri proračunu.

Uprošćavanja su sledeća:

— podaci vlažnosti vazduha ne mere se u toku sondiranja, već se celokupan proračun vrši sa konstantnom vlažnošću od 50%. To dovodi do smanjenja tačnosti obrađenih podataka, ali pojednostavljuje proračun;

— podaci pri obradi meteorološkog biltena ne uzimaju se na svim izmerenim visinama, čime se znatno skraćuje proračun, ali se zato smanjuje i tačnost obrađenih podataka.

Međutim, pri obradi na računaru nisu potrebna uprošćenja, jer se ne gubi vreme za računanje, a eliminišu se i greške koje pri računanju mogu da nastanu.

Koncepcija obrade podataka je takva da je sama obrada razdvojena na sledeće faze:

— definisanje krivih baždarenja sonde za temperaturu i vlagu;

— unošenje ulaznih (merenih) meteoroloških podataka sa liste registracije;

— obrada podataka za bilten »METEO-SREDNJI«;

— šifrovanje biltena »METEO SREDNJI«.

Definisanje krivih baždarenja sonde

Krive baždarenja sonde daju vezu između frekvencija signala (odnosa frekvencija merenih veličina prema osnovnoj frekvenciji) i merenih veličina u obliku grafičkih dijagrama.

Njima se definišu:

— karakteristike elemenata senzora za pretvaranje neelektričnih veličina u električne;

— karakteristike obrađenog signala merene veličine;

— karakteristike prijemno-predajnog uređaja.

Krive baždarenja daju se posebno za temperaturu, a posebno za vlagu za svaku sondu u obliku grafičkih dijagrama, jer su analitički izrazi zbog svoje složenosti nepogodni za korišćenje [3].

Međutim, i pored toga što je predviđeno korišćenje računara, nije se moglo analitički doći do izraza za baždarne krive, već se one, s obzirom na to da su različite za svaku sondu definišu metodom aproksimacije na osnovu nekoliko tačaka koje se proveravaju pre puštanja svake sonde.

Metodi aproksimacije baždarnih krivih nisu identični za obe krive baždarenja, pa se zato u ovom članku i posebno obrađuju. Osnovni zahtev koji treba da se ispuni pri aproksimaciji jeste zahtev za tačnom aproksimacijom i većom brzinom definisanja baždarne krive. Nivo tačnosti aproksimacije treba da bude najmanje jednak nivou tačnosti ručnog očitavanja podataka, odnosno da se pri tome ne čine greške veće od mogućih grešaka merenja meteoroloških parametara, o čemu će se u članku dati poseban osvrt.

Definisanje krivih baždarenja temperature

Kriva baždarenja temperature daje zavisnost merene temperature od koeficijenta baždarenja (odnosa frekvencija merene temperature prema osnovnoj frekvenciji) u obliku:

$$t = f(K_T) \qquad (1)$$

gde je:

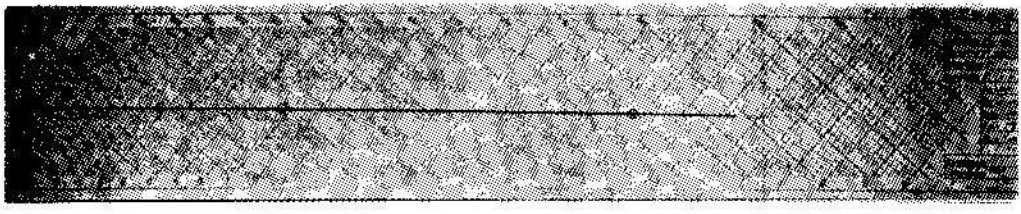
$$K_T = \frac{F_T}{F_{ON}} \qquad (2)$$

Funkcija (1) grafički je predstavljena na listi baždarenja temperature u

takvom koordinatnom sistemu da predstavlja krivu koja ima vrlo blagu krivinu, pa se može vrlo tačno aproksimirati u celom dijapazonu.

S obzirom na to da se shodno [1] pre svakog puštanja sonde obavezno proveravaju tri tačke na krivoj baždarenja temperature, to se one koriste za definisanje aproksimirane krive baždarenja.

Kriva baždarenja temperature [funkcija (1)] na kojoj su zaokružene reperne tačke predstavljena je za jednu sondu na slici 1.



Sl. 1 Kriva baždarenja temperature

Kao reperne tačke na osnovu kojih se vrši definisanje krive baždarenja temperature koriste se tačke koje odgovaraju otporima 20 i 200 kΩ, kao i tačka koja se dobija proverom ambijentne temperature pre puštanja sonde.

Posle ovih provera dobijaju se sledeći podaci:

koeficijenti temperature

1. $Z_{200}(K_{T1})$
2. Z_{20} (K_{T2})
3. $Z_a(K_a)$

odgovarajuća temperatura

t_{200}(°C) uključen otpor od 200kΩ
t_{20} (°C) uključen otpor od 20 kΩ
t_a (°C) ambijentna temperatura

Ove tačke predstavljaju zavisnost koeficijenta temperature (Z) od merene temperature (t) u celom radnom području merenja temperature.

Baždarna kriva se može u odabranom koordinatnom sistemu $\Phi(t)$ i $f(Z)$, aproksimirati polinomom drugog stepena, tako da se za svaki parametar K_T, koji se dobija po formuli (2), može izračunati merena temperatura sledećom funkcijom:

$$t_m = f(K_r, Z_{20}, Z_{200}, Z_a, t_{20}, t_{200}, t_a) \quad (3)$$

Definisanje krivih baždarenja vlage

Kriva baždarenja vlage daje zavisnost merene temperature od koeficijenta baždarenja (odnosa frekvencija merene vlage prema osnovnoj frekvenciji) u obliku:

$$R_V = f(K_U) \quad (4)$$

gde je:

$$K_U = \frac{F_U}{F_{ON}} \quad (5)$$

Kriva baždarenja vlage [funkcija (4)] na kojoj su zaokružene reperne tačke predstavljena je za jednu sondu na slici 2.

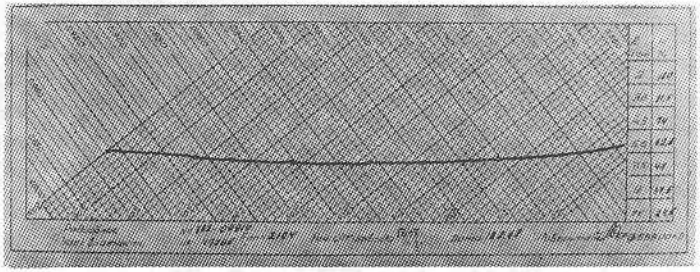
Kako je funkcija (4) data na listi baždarenja vlage u obliku krive linije, koja se sa dovoljnom tačnošću može aproksimirati polinomom drugog stepena, to je potrebno zbog aproksimacije za svaku sondu očitati tri tačke sa krive baždarenja vlage.

S obzirom na to da se shodno [1] pre svakog puštanja sonde proverava ambijentna vlažnost, potrebno je za definisanje krive baždarenja očitati podatke za još dve tačke na krivoj baždа-

renja vlage u rasponu vlažnosti od 15% do 90%, tako da se dobijaju reperne tačke:

prva tačka: druga tačka: treća tačka:
K_{U1}, R_{V1} K_{U2}, R_{V2} K_{U3}, R_{V3}

Sve merene veličine očitavaju se na vremenskim intervalima u kojima su merene kose daljine (horizontalne linije na sl. 3). Krugovima su označene tačke koje se očitavaju na osnovu tragova temperature i vlage.



Sl. 2 Kriva baždarenja vlage

Na osnovu njih definišu se koeficijenti verovatne krive drugog stepena za svaku sondu. Merene vrednosti vlage za sve koeficijente vlage (K_U), dobijene po formuli (5), proračunavaju se na osnovu verovatne krive prema formuli datoj u opštem vidu:

$$R_{Vm}=f(K_U, K_{U1}, K_{U2}, K_{U3}, R_{V1}, R_{V2}, R_{V3}) \quad (9)$$

Unošenje ulaznih podataka iz meteorološkog biltena

Prema načinu koji je istovetan sa načinom datim u [1], sa liste registracije, čiji je deo dat na slici 3, očitavaju se sledeći tekući podaci:

- *tekuće vreme penjanja balona (sonde)* t_{USP}
- *kosa daljina od meteorološke stanice do meteorološke sonde* D_V
- *ugao nagiba kose daljine u odnosu na horizont* β
- *ugao azimuta projekcije kose daljine na horizontalnu ravan u odnosu na sever* A_Z
- *frekvencije merene temperature vazduha* F_T
- *frekvencije merene vlažnosti* F_U
- *osnovne frekvencije oscilatora* F_{ON}

Ukoliko na tom vremenskom intervalu nema tragova temperature i vlažnosti, oni mogu da se linearno interpolišu produžavajući linije kroz tragove (npr. tačke 4 i 9 na sl. 3), ali je u samom programskom rešenju ostavljena mogućnost da se umesto podataka upiše vrednost (0), što se čini za vrednosti merenih parametara na liniji 7.

U tom slučaju, sam računar po određenom algoritmu popunjava prazna mesta interpolisanom vrednošću na osnovu ostalih unetih tačaka.

Takođe, ukoliko na tom vremenskom intervalu nema tragova osnovne frekvencije (F_{ON}), može se uneti vrednost (0), pri čemu računar automatski dodeljuje odgovarajuću vrednost.

Na taj način znatno se ubrzava unošenje meteoroloških podataka, jer se ne mora vršiti ručna interpolacija merenih podataka. Zbog toga je nepotrebno preskakati redove merenih vrednosti, čime se povećava tačnost obrade meteorološkog biltena.

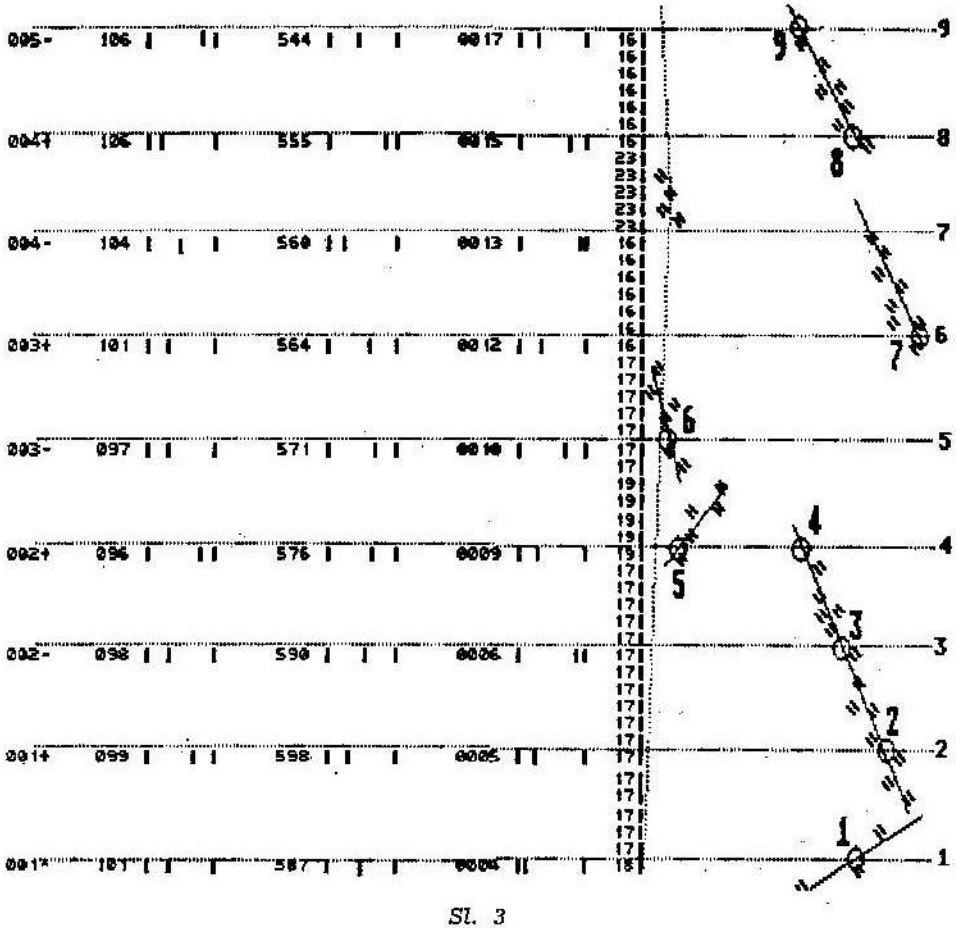
Osim toga, moguće je proizvoljno birati intervale, na kojima će se očitavati merene vrednosti ili uzimati podatke između samih intervala, ukoliko se za tim ukaže potreba.

Poželjno je da se radi dobijanja što veće tačnosti obrađenog biltena, s obzirom na to da ne postoje teškoće prora-

čuna, unosi što više redova merenih podataka. Pri tome podatke treba unositi za vreme samog procesa sondiranja atmosfere, tako da se ne gubi dodatno vreme unošenja. Izlazni bilten se u tom slučaju može dobiti neposredno po završetku samog sondiranja atmosfere.

između dva očitana podatka ne bi trebalo da iznose više od 3 minuta, što praktično znači oko 1000 m visinske razlike.

U slučaju velikih »debljina« slojeva (preko 3 minute), kako je uzimala dosadašnja ručna obrada, naročito za



Sl. 3

Treba napomenuti da je potrebno da visinska razlika između očitanih podataka bude što manja, s obzirom na to da se metoda zasniva na vrednostima merenih meteoroloških podataka na sredini sloja. Ova pretpostavka se usvaja zato što se smatra da se izmerene vrednosti temperature i vlage, zbog inercije samog merenja, nalaze na sredini, a ne na granici sloja, kako je to u listi registracije prikazano. »Debljine« slojeva više slojeve, realnija je pretpostavka da su mereni meteorološki podaci u trenutku merenja na gornjoj granici sloja. Ukoliko se u ovom slučaju koristi metoda za obradu, koja je predviđena za manje debljine slojeva, ne čini se značajna greška, ali zbog veće tačnosti obrađenih podataka moguće je alternativno imati za posebne slučajeve i programe za obradu u slučaju velikih debljina slojeva.

Obrada podataka za bilten »METEO-SREDNJI«

Obrada podataka odvija se u više faza. Obrada po unošenju podataka je automatizovana i izvodi je računar do izlaznih podataka.

Faze obrade:

Preračunavanje frekvencija u koeficijente temperature i vlage

Na osnovu merenih frekvencija temperature i vlage proračunavaju se koeficijenti temperature i vlage:

$$K_T = \frac{F_T}{F_{ON}} \qquad K_U = \frac{F_U}{F_{ON}} \qquad (7)$$

Popunjavanje praznih mesta — temperature i vlage

Izračunate koeficijente računari po određenom algoritmu analiziraju, pa se nađena prazna mesta popunjavaju interpolisanim vrednostima. U tu svrhu koristi se klizni interpolacioni polinom koji se formira na osnovu teorija najmanjih kvadrata u okolini »traženе--prazne« tačke.

Pretvaranje koeficijenata temperature i vlage u merene vrednosti temperature i vlage suvog vazduha

Tabela izračunatih i popunjenih koeficijenata temperature i vlage preračunava se u merene vrednosti temperature i vlage korespodentnim formulama koje aproksimiraju baždarne krive temperature i vlage. U opštem vidu, formule imaju sledeći oblik:

za temperaturu: za vlagu:

$$t_m = t(K_T) \qquad R_V = R_V(K_U) \qquad (8)$$

Osvrnućemo se na greške merenja temperature i vlage koje se mogu očekivati korišćenjem postojeće sonde RKZ-2:

— *za temperaturu vazduha:*

— srednja kvadratna greška očitavanja temperature sa baždarne krive sonde, dobijena na osnovu kontrolnih tačaka, i baždarne krive povučene između njih za sondu RKZ-2 ne prelazi $\sigma_T = 0{,}88$ [°C],

— sistematska greška senzora temperature iznosi $\Delta T = 1{,}5$ [°C],

— sistematska greška radio-bloka iznosi $\Delta p = 1$ [°C].

Pored ovih grešaka, javlja se dodatna greška u merenju temperature koja nastaje zbog varijacije nominalnih napona izvora za napajanje sonde koja iznosi $A = 0{,}7$ [°C].

Sistematske i dodatne greške u dosadašnjoj obradi eliminišu se ucrtavanjem nove krive baždarenja temperature, kako je to u [6] izneto. Ovaj proces produžava obradu, pa se vrlo često ne obavlja u potpunosti, što povećava grešku obrade. Po predloženoj metodi ispravljanje baždarne krive za temperaturu obavlja se analitički, koristeći metodu najmanjih kvadrata, pri čemu se vrši translacija i rotacija baždarne krive, tako da ona odgovara merenim kontrolnim tačkama.

Ovaj metod je efikasniji i obezbeđuje veću tačnost očitavanja, jer se ne čini greška u proceni zbog nelinearne podele na koordinatnom sistemu baždarne krive temperature;

— *za vlažnost vazduha:*

— srednja kvadratna greška očitavanja vlage sa baždarne krive vlage za pozitivne temperature vazduha iznosi $\sigma_U = 6.2$ [%];

— sistematska greška iznosi 6 [%] relativne vlažnosti.

Tačnost merenja vlažnosti povećava se novom metodom, jer su do sada mogle biti korišćene sonde sa greškom merenja vlage do 20% relativne vlažnosti bez ispravljanja baždarne krive vlage. Prema predloženoj metodi uvek se formira ispravljena baždarna kriva vlage na osnovu merene ambijentne vlažnosti.

Odstupanja koja se dobijaju korišćenjem aproksimativnih, umesto grafičkih baždarnih krivih, kreću se do 0,2 [°C] za temperaturu, a 5 [%] za relativnu vlažnost vazduha, tako da, s obzirom na nivo grešaka merenja, nemaju uticaj na tačnost obrađenog meteo-biltena.

Takođe se može reći da se i vrlo pažljivo očitavanje sa dijagrama ne može uvek uzeti kao reperno, u odnosu na koga bi se određivale stvarne greške metode, obzirom da je zbog nelinearne podele na grafičkim dijagramima baždarenja temperature i vlage vrlo neprecizno vizuelno ocenjivanje vrednosti između dve podele.

Korekcija temperature suvog vazduha zbog uticaja zračenja na termistor

Vrednosti korekcije odgovaraju vrednostima datim u prilogu 20 [1], a računaju se u programu polinomom u funkciji brzine uspona balona (V_{BAL}), kada se dostigne odgovarajuća visina. Na taj način dobija se korigovana merena temperatura suvog vazduha u obliku izraza:

$$t_{MK} = t_M + \delta t(H,\ V_{BAL}) \qquad (9)$$

Proračunavanje visine meteorološkog balona

U ovoj fazi proračunava se, takođe, i visina na kojoj se nalaze mereni meteorološki elementi, kao srednja visina između dve susedne granice sloja. Gornja granica sloja izračunava se pomoću formule:

$$H_{SL} = D_K \cdot \sin(\beta + \delta\beta) \qquad (10)$$

Korekcija usled krivine zemlje i refrakcije radarskog snopa računa se kao funkcija kose daljine i ugla nagiba, a vrednosti odgovaraju vrednostima datim u prilogu 19 [1]:

$$\delta\beta = f(D_K,\ \beta) \qquad (11)$$

Proračun pritiska, virtuelne temperature i gustine vazduha

Proračun virtuelne temperature vrši se na osnovu merene korigovane temperature suvog vazduha i merene relativne vlažnosti, tako da pomoćne tablice za proračun virtuelnog dodatka nisu potrebne.

Virtuelna temperatura vazduha računa se prema formuli:

$$\tau = \frac{T}{1 - 3/8 \cdot e_P/P} \qquad (12)$$

pri čemu je parcijalni pritisak vodene pare jednak:

$$e_P = \frac{E \cdot R_V}{100} \qquad (13)$$

Proračun promene pritiska sa visinom, koji je potreban za proračun gustine vazduha, računa se na osnovu promene virtuelne temperature vazduha, koristeći zakon vertikalne ravnoteže prema formuli:

$$P = P_0 \cdot e^{\left(-\frac{1}{R}\int_{H_o}^{H_I} \frac{dy}{\tau(y)}\right)} \qquad (14)$$

Kako je virtuelna temperatura τ diskretna funkcija, to se izračunavanje izvodi na sledeći način:

— sukcesivno se izračunava pritisak u svakom narednom sloju na osnovu pritiska u prethodnom sloju (14). Pri tome se počinje od prizemnog merenog pritiska koji je meren na nivou meteorološke stanice, pa se za svaki naredni sloj pritisak izračunava prema izrazu:

$$P_I = P_{I-1} \cdot e^{\left(-\frac{1}{R}\int_{H_{I-1}}^{H_I} \frac{dy}{\tau(y)}\right)} \qquad (15)$$

— zamenjujući promenljivu virtuelnu temperaturu u sloju konstantnom vrednošću τ_{SR}:

$$\tau_{SR} = \frac{\tau_{I-1} + \tau_I}{2} \qquad (16)$$

može se izvršiti integracija, te se dobija:

$$P_I = P_{I-1} \cdot e^{\left(-\frac{1}{R \cdot \tau_{SR}} \int_{H_{SRI-1}}^{H_{SRI}} dy\right)} = P_{I-1} \cdot e^{\left(-\frac{H_{SRI} - H_{SRI-1}}{R \cdot \tau_{SR}}\right)} \quad (17)$$

Na taj način izračunavaju se pritisci vazduha na svakoj narednoj visini sloja preko pritiska prethodnog sloja.

Treba imati u vidu da se izračunavanje pritiska i virtuelne temperature vazduha odvija u dve iteracije, s obzirom na to da se pritisak u prvoj iteraciji mora računati preko temperature suvog vazduha. U drugoj iteraciji izračunava se virtuelna temperatura, a sa njom ponovo proračunava pritisak vazduha.

Na osnovu virtuelne temperature i pritiska, gustina vazduha se računa preko sledeće formule:

$$R_g = 0{,}34833 \cdot \frac{P}{\tau_{SR}} \quad (18)$$

Proračun vetra za bilten »METEO-SREDNJI« sa korekcijom usled krivine zemlje i refrakcije radarskog snopa

Vetar za bilten »METEO-SREDNJI« računa se kao srednja vrednost funkcije vetra u rasponu od nulte visine (visine meteorološke stanice) do tražene visine.

Zbog toga se može napisati:

$$W_{MS} = \frac{1}{H_{SLI}} \int_{H_{SLO}}^{H_{SLI}} V(H)\, dH = W_{SR} \quad (19)$$

Vetar za bilten MS proračunava se do merenih visina preko sledećih formula:

za intenzitet vetra:

$$W_{SR} = D_{KI} \cdot \cos(\beta + \delta\beta)/t_{USP}; \quad (20)$$

za pravac odakle duva:

$$A_{WMS} = A^Z - 3000. \quad (21)$$

Korekcija zbog krivine zemlje ($\delta\beta$) računa se na osnovu formule (11), a obradom meteorološkog biltena dobija se onoliko vetrova koliko ima nivoa merenih podataka.

Proračun odstupanja pritiska, temperature i gustine vazduha za bilten »METEO-SREDNJI«

Proračun odstupanja temperature i pritiska za bilten »METEO-SREDNJI« računa se kao srednja vrednost funkcije odstupanja meteorološkog elementa od normalnih (standardnih) vrednosti u intervalu od nivoa meteorološke stanice do svakog merenog nivoa.

Zbog toga se za svaki od navedenih meteoroloških elemenata do neke visine, može napisati izraz za odstupanje meteorološkog elementa za bilten »METEO-SREDNJI« u obliku:

$$M_{MSK} = \frac{1}{H_K} \int_{H_O}^{H_K} M(H)\, dH \quad (22)$$

gde je $k = 1, 2, \ldots N$ (broj visina merenih podataka).

Vrednost integrala predstavlja površinu ispod krive odstupanja meteorološkog elementa od standardne vrednosti, od nultog nivoa (H_0) do proizvoljnog nivoa (H_K), prema slici 4. Kako se ova funkcija ne poznaje analitički, već samo niz merenih diskretnih tačaka, integracija se vrši uzimajući u obzir pretpostavku da je vrednost meteorološkog odstupanja konstantna u granicama debljine sloja.

Površina ispod krive analitički se može odrediti nekom numeričkom metodom integracije. S obzirom na to da su odsečci na apscisi nejednake dužine, najlakše je usvojiti metodu pravougaonika. Ukoliko celu površinu podelimo na određen broj pravougaonika, kako je dato na slici 1, odstupanje meteorolo-

kih elemenata može se odrediti do visine H_K kao srednja vrednost funkcije do te visine, po formuli:

$$M_{SRK} \approx \frac{1}{H_K} \cdot \left[M_{1SR} \cdot (H_1 - H_0) + M_{2SR} \cdot (H_2 - H_1) + \ldots + M_{KSR} \cdot (H_K - H_{K-1}) \right] \quad (23)$$

$k = 1, 2, \ldots N$

$M_{MSK} = M_{SRK}$

Izraz u zagradi predstavlja površinu ispod stepenaste funkcije predstavljene na slici 4.

Odstupanje meteoroloških elemenata za bilten MS mogu se sukcesivno izračunavati ako se transformacijom formula (23) napiše u obliku:

$$M_{MSK} = \frac{1}{H_{SLK}} \cdot \left[H_{SLK-1} \cdot M_{MSK-1} + (H_{SLK} - H_{SLK-1}) \cdot M_{KSR} \right] \quad (24)$$

Srednje odstupanje temperature za bilten MS

Koristeći formulu (23) za srednje odstupanje temperature može se napisati izraz:

$$t_{MSK} = \frac{1}{H_{SLK}} \cdot \left[H_{SLK-1} \cdot t_{MSK-1} + (H_{SLK} - H_{SLK-1}) \cdot (T_{VK} - T_{VSK}) \right] \quad (25)$$

Srednje odstupanje gustine za bilten MS

Ukoliko se odstupanje gustine u sloju izrazi preko odstupanja pritiska i virtuelne temperature na sledeći način:

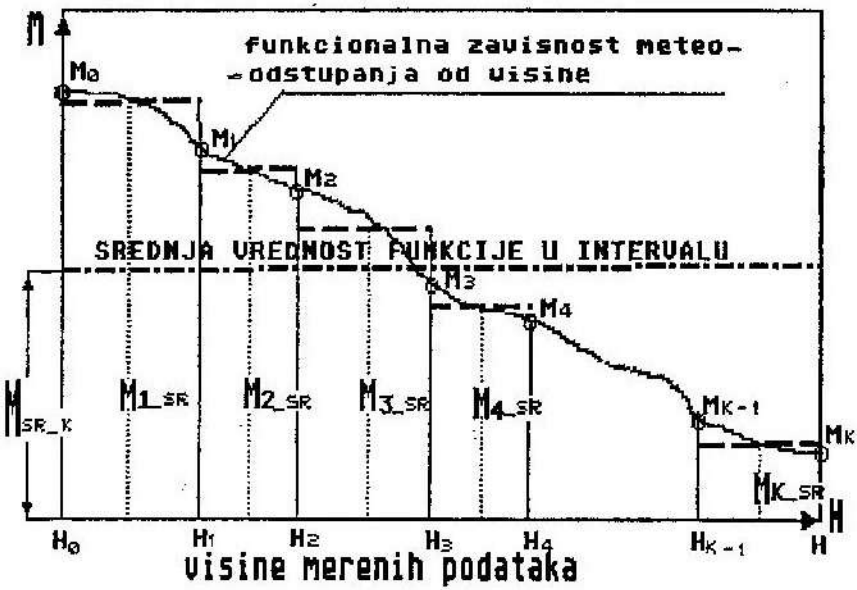
$$\delta R_K = \left(\frac{P_K \cdot T_{VSK}}{P_{SK} \cdot T_{VK}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (26)$$

tada se, koristeći formulu (24), za srednje odstupanje gustine može napisati izraz:

$$R_{MSK} = \frac{1}{H_{SLK}} \cdot \left[H_{SLK-1} \cdot R_{MSK-1} + (H_{SLK} - H_{SLK-1}) \cdot \delta R_K \right] \quad (27)$$

Proračun vrednosti biltena »METEO-SREDNJI« za standardne visine meteorološkog biltena

Odstupanje meteoroloških elemenata za bilten MS određuje se za stan-



Sl. 4

dardne vrednosti visina meteorološkog biltena MS.

Meteorološka odstupanja za tražene visine meteorološkog biltena proračunavaju se kao interpolisane vrednosti za odgovarajuću visinu između susednih vrednosti.

Šifrovanje dobijenog meteorološkog biltena

Posle proračuna meteorološkog biltena potrebno ga je pripremiti za emitovanje. Radi toga se koristi poseban meteorološki kod. Da bi se proces izdavanja biltena ubrzao, računar priprema završni izlazni dokumenat u šifrovanom obliku.

Blok-dijagrami programa za obradu biltena »METEO--SREDNJI«

Kako je u prethodnom delu već bilo rečeno, prikazaćemo standardnu varijantu obrade meteorološkog biltena preko šematskog prikaza bloka programa koji je prikazan na slici 5.

Ovaj blok programa može se koristiti za formiranje standardnog biltena »METEO-SREDNJI« pri meteorološkom obezbeđenju u OS. U tom pogledu je prilagođena forma izlaznih podataka, odnosno dokumenata, koja se sastoji samo od ulaznih podataka i završnog šifrovanog dokumenta.

Pri ovoj obradi štampanje među rezultata izvodi se samo po zahtevu da bi se maksimalno povećala brzina izdavanja biltena »METEO-SREDNJI«. Obrađuju se podaci za standardne visine biltena MS.

Na slici 5 prikazan je ovaj blok, a programi su:

— program *U-SONDA*

Služi za ubacivanje karakteristika sonde (reperne tačke) za temperaturu i vlažnost za onoliko sondi koliko je pripremljeno za sondažu;

— program *U-BILTEN*

Služi za ubacivanje ulaznih podataka sa liste registracije za onoliko biltena koliko se trenutno obrađuju;

— program *START*

Startovanjem ovog programa počinje obrada meteorološkog biltena pri čemu se prikazuju (štampaju) svi ulazni podaci;

— program *POPUNA*

Vrši popunjavanje praznih mesta u meteorološkom biltenu koji se obrađuje i proračun merene temperature suvog vazduha i vlage na osnovu odgovarajućih merenih frekvencija;

— program *MS-SRS*

Obrađuje bilten »METEO-SREDNJI« za standardne visine i atmosferu ANA (artiljerijska normalna atmosfera);

— program *ŠIFRA*

Automatski šifrira podatke za obrađeni bilten »METEO-SREDNJI« i prikazuje (štampa) ga u obliku meteorološkog koda;

— program *KOREKTUR*

Korišćenjem ovog programa moguće je jednostavno izmeniti bilo koji tekući podatak upisan programom U-BILTEN u bilten. Upotrebljava se za izmenu pogrešno unetih podataka.

Blok-dijagram programa za standardnu obradu biltena »METEO-SREDNJI«

(Punom linijom označeni su izlazi koji se standardno štampaju, a isprekidanom po zahtevu).

Primer obrade meteorološkog biltena »METEO-SREDNJI«

Ovde će biti prikazan primer obrade jednog meteorološkog biltena u obliku standardnog biltena »METEO--SREDNJI«.

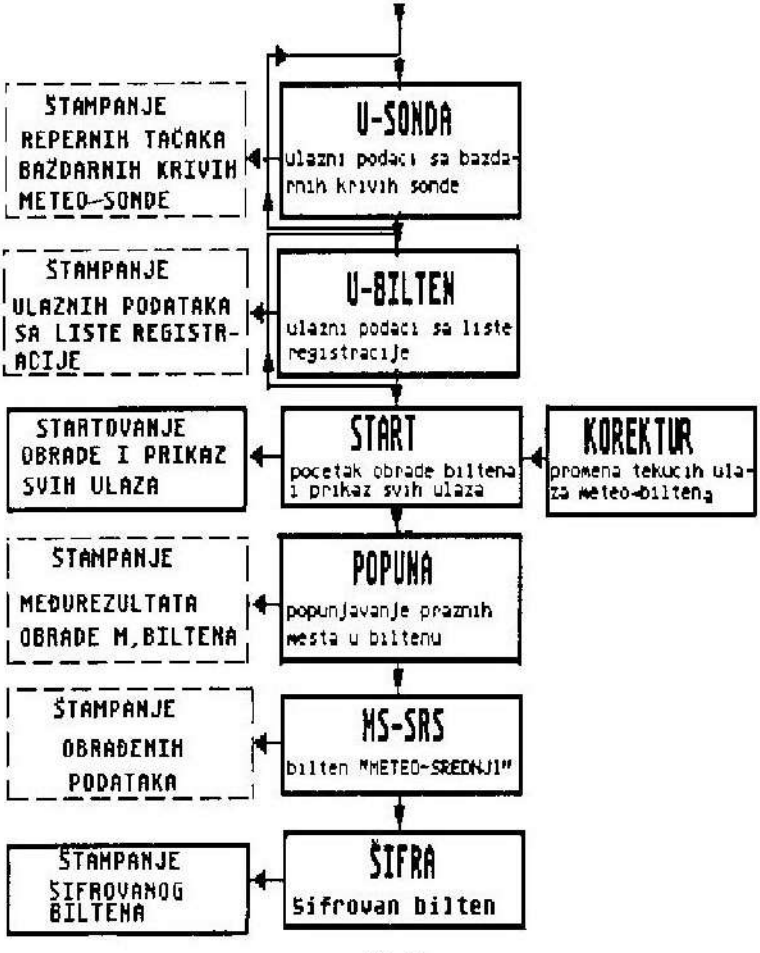
Primer STANDARDNE obrade biltena »METEO-SREDNJI«

Ulazni podaci sa sondaže (dati u tabeli 1):

— podaci sa merenja meteorološkom sondom očitani sa liste registracije sondaže;

Proračunati podaci za bilten »METEO-SREDNJI«

U tabeli 2 prikazani su proračunati podaci za standardne visine biltena »METEO-SREDNJI« na osnovu prethodno unetih vrednosti sa liste registracije.



Sl. 5

— reperne tačke krivih baždarenja meteorološke sonde za temperaturu i vlagu koje su dobijene pri kontrolnoj proveri.

U tabeli 3, na osnovu izračunatih vrednosti iz tabele 2, prikazan je šifrovan bilten »METEO-SREDNJI« koji je spreman za slanje.

ULAZNI PODACI SA LISTE REGISTRACIJE
SONDA:S_1011 METEO BILTEN:B_1011 PROGRAM:START
Datum sondiranja:060976 Vreme zavrsetka sondaze:0700
Hmst(m)= 0 Rvo(%)= 50.0 tov(oC)=-10.1 Po(mbar)= 988.0
Avo[o)= 284.63 Wo(m/s)= 8.0

N	tusp (min)	Beta (1/6000)	Az (m)	Dk (m)	Ft (Hz)	Fu	Fon
1	0.0	0	0	0	0	0	0
2	0.5	817	5227	387	1447	0	2113
3	1.0	731	5269	775	1498	1815	2113
4	1.5	678	5353	1115	1505	0	2113
5	2.0	643	5437	1465	1505	1869	2113
6	2.5	628	5540	1815	0	0	2113
7	3.0	613	5647	2155	1495	1899	2113
8	4.0	603	5838	2845	1477	1893	2113
9	5.0	609	58	3935	1450	1886	2112
10	6.0	629	313	3945	1489	1882	2110
11	7.0	658	510	4385	0	1885	2110
12	8.0	678	703	4825	0	0	2110
13	9.0	701	918	5245	1241	0	2110
14	10.0	718	1871	5695	1180	0	2110
15	12.0	705	1329	6885	1088	1710	2110
16	14.0	628	1397	8745	1056	1654	2124
17	16.0	579	1293	10615	993	1692	2124
18	18.0	561	1107	12235	0	1699	2124
19	20.0	519	882	14505	0	1775	2124
20	22.0	441	985	18425	0	0	2124
21	24.0	411	1183	21385	752	0	2124
22	26.0	381	1374	24805	677	0	2124
23	28.0	338	1558	29915	624	0	2124
24	30.0	301	1681	35735	528	1700	2124
25	32.0	279	1768	41795	547	1695	2124
26	34.0	257	1822	47275	525	1685	2124
27	36.0	245	1856	51885	519	1654	2124
28	38.0	238	1884	56495	520	1630	2129
29	40.0	235	1903	60575	522	1620	2129
30	44.0	239	1908	65955	559	0	2135
31	48.0	257	1883	69895	0	0	2140
32	52.0	265	1845	73025	0	0	2140
33	56.0	279	1794	75795	0	0	2140
34	60.0	298	1737	77295	609	1600	2140
35	64.0	318	1672	79058	600	1580	2140
36	68.0	320	1652	82530	685	1585	2140
37	72.0	328	1620	85630	682	1580	2140
38	76.0	339	1601	87125	680	1575	2140

PODACI SA KRIVIH BAZDARENJA SONDE
REPERNE TACKE SA DIJAGRAMA BAZDARENJA TEMPERATURE

Kt	t(oC)
Z200= 0.319000	t200=-57.300
Z20 = 0.665000	t20 =-10.200
Za = 0.712000	ta = -2.500

REPERNE TACKE SA DIJAGRAMA BAZDARENJA VLAGE

Ku	Rv(%)
0.750000	15.000
0.822500	52.000
0.917500	90.000

KOEFICIJENTI APROKSIMACIJE POLINOMA
U=Dv1+Dv2*Ku+Dv3*Ku^2
Dv1= -774.1403 Dv2= 1546.2680 Dv3= -658.7747

Tabela 2

M E T E O S R E D N J I__STANDARDNI
METEO BILTEN:B_1011 PROGRAM:MS_SRS
Datum sondiranja:060976 Vreme zavrsetka sondaze:0700
Hmst(m)= 0 Pmss(mbar)=-12

N	Hss	Awmss	Wmss	tmss	Rmss
r.br	(m)	(6000)	(m/s)	(oC)	(%)
1	0	4744	8	-26	9
2	200	2355	5	-24	8
3	400	2205	10	-22	7
4	800	2386	9	-18	5
5	1200	2592	10	-16	4
6	1600	2803	10	-15	4
7	2000	2963	10	-14	3
8	2400	3249	9	-14	3
9	3000	3624	8	-14	3
10	4000	4114	7	-15	3
11	5000	4385	8	-16	3
12	6000	4305	9	-16	3
13	8000	3930	12	-16	2
14	10000	4459	15	-16	1
15	12000	4760	21	-16	0
16	14000	4881	24	-16	-0
17	22000	4798	22	-15	-5
18	26000	4677	19	-14	-7
19	30000	4609	18	-13	-9

Tabela 3

Sifrovan bilten METEO-SREDNJI
oznaka biltena:B_1011

55555 06070 -
- 0000 - 51276 -
- 0200 - 742405 -
- 0407 - 722210 -
- 0805 - 682409 -
- 1204 - 662610 -
- 1604 - 652810 -
- 2003 - 643010 -
- 2403 - 643209 -
- 3003 - 643608 -
- 4003 - 654107 -
- 5003 - 664408 -
- 6003 - 664309 -
- 8002 - 663912 -
- 1001 - 664515 -
- 12 - 664821 -
- 14 - 664924 -
- 22 - 654822 -
- 26 - 644719 -
- 30 - 634618 -

Zaključak

Prikazano programsko rešenje imalo je za bazu varijantu predviđenu za potrebe razvojnih i završnih ispitivanja, koja se, uglavnom, razlikuje po tome što ima drugačiji ulaz i izlaz podataka, kao i proširen obim izlaznih dokumenata.

Metoda garantuje veliku tačnost obrađenih podataka, jer se pored velike tačnosti računanja i većeg broja ulaznih podataka obrađuju i podaci o merenoj vlažnosti vazduha, korekciji merene temperature zbog zračenja i korekciji usled zakrivljenosti zemlje i refrakcije radarskog zračenja.

Programsko rešenje je tako koncipirano da u toku obrade nisu potrebne nikakve dodatne tablice i dijagrami, čime se eliminiše mogućnost grešaka pri očitavanjima i interpolaciji za međuvrednosti ulaza.

Operatori su u toku rada oslobođeni dugotrajnog procesa računanja, pa se mogu posvetiti analizi merenih podataka.

Treba napomenuti da ne postoji mogućnost dobijanja neispravnog šifrovanog biltena, ukoliko se ispravno une-

su ulazni podaci. Ulazni podaci se prvo štampaju, pa se po njihovoj kontroli može nastaviti rad. Ukoliko se vizuelno uoči greška u ulaznim podacima, svaki od ulaznih podataka moguće je ispraviti posebnim programom, ne dirajući ostale unete ispravne podatke.

U daljem razvoju ovog bloka programa predviđeno je i programsko testiranje ispravnosti unetih ulaznih podataka. Pri tome bi se otkrivale grube greške koje mogu da nastanu pri procesu unošenja podataka od strane operatora, ili greške koje su posledica samog merenja. Svrha ovog programa bi, pored otklanjanja grešaka, bilo i njihovo efikasno ispravljanje.

Programsko rešenje omogućava i ponavljanje proračuna svakog od unetih meteorološkog biltena, da bi se kasnije mogla vršiti analiza i obuka.

Za izvođenje obrade meteorološkog biltena, s obzirom na mali broj stanica koje treba opremiti, necelishodno je razvijati neki računar posebne namene. Ekonomično i najbrže rešenje je primeniti neki od prenosivih varijanti (portabl) računara predviđenih za opšte namene, za koji treba pripremiti odgovarajući softver.

Osnovna konfiguracija, kojom treba opremiti meteorološku stanicu RMS-1, treba da sačinjava, pored računara, flopi-disk i štampač.

Moguće je, takođe, primeniti rešenje sa programima upisanim u modul, pri čemu bi se dobila robusnija konstrukcija sistema i sigurniji rad.

Odgovarajuće konfiguracije se trenutno mogu naći na tržištu u niz varijanti, pa se zbog toga neće predlagati.

Literatura:

[1] »Uputstvo za meteorološka osmatranja i obradu meteoroloških podataka u artiljeriji«, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1979.

[2] Janković S.: »Spoljna balistika«, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1977.

[3] Savkin L. S.: »Meteorologija i strel'ba artillerii«, Moskva, 1974.

[4] Nasilob D. N.: Radio-meteorologija«, Moskva, 1966.

[5] Kulakov A. A., Šćtal', B. A.: »Voenaja meteorologija«, Moskva, 1940.

[6] »Radiozond RKZ-2«, Tehničeskoe opisanie i instrukcija po ekspluataciji.

[7] Komanda ratnog vazduhoplovstva i protivvazdušne odbrane: »Priručnik za aerološka merenja«, II deo, »Radio-sondažna osmatranja«, 1962.

[8] Vaisala Upper-Air Systems: REF-NO R0567 DATE1989-04-12.

[9] Petrović D.: »Analiza meteoroloških uticaja u spoljnoj balistici«, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1982.

Ivan Đurđević,
kapetan, dipl. inž.

Mjerenje kapaciteta serijski vezanih akumulatora

Uvod

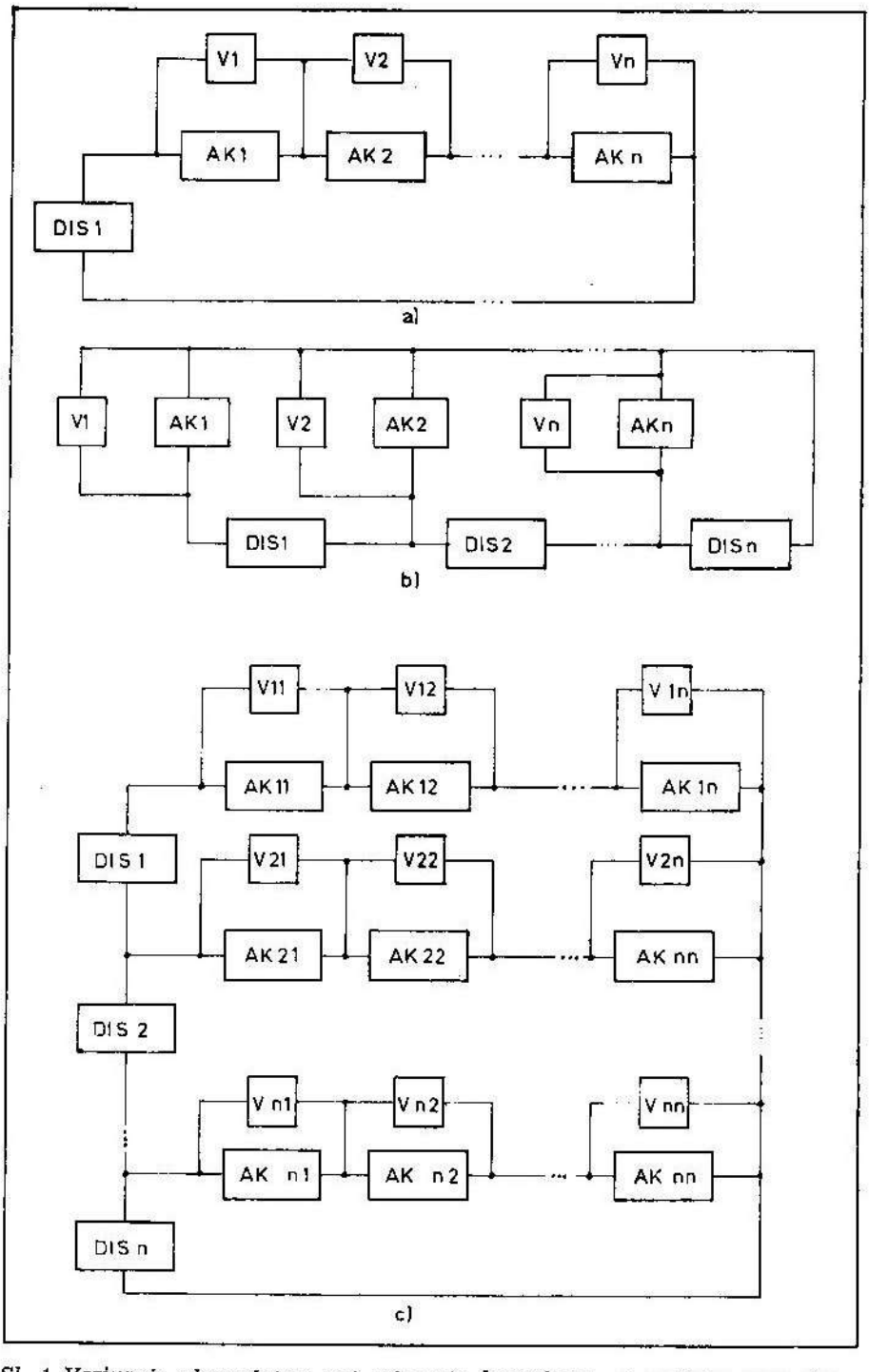
Kapacitet akumulatora je količina elektriciteta izražena u ampersatima [Ah] koju akumulator može da preda pri pražnjenju do krajnjeg napona pražnjenja. Ovisi o vrsti, kvaliteti i količini aktivne mase koja učestvuje u elektrohemijskom procesu i o vremenu pražnjenja. Nominalni kapacitet je kapacitet koji se zasniva na kontinuiranom pražnjenju konstantnom strujom i označava se na akumulatoru. Nominalni kapacitet deklarira i garantira proizvođač.

Kontrola kapaciteta akumulatora mora se vršiti povremeno (najmanje jedanput godišnje) zbog ustanovljenja tehničkog stanja akumulatora. Pod tehničkim stanjem akumulatora podrazumijeva se količina stvarnog kapaciteta akumulatora. Na osnovu podataka o stvarnom kapacitetu određuje se stepen ispravnosti akumulatora i eventualna potreba za zanavljanjem akumulatora. Stoga je mjerenje kapaciteta jedan od načina preventivnog održavanja akumulatora. Kontrola kapaciteta vrši se u akumulatorskim stanicama pomoću mjerača kapaciteta.

Mjerači kapaciteta su električni uređaji namjenjeni za kontrolu kapaciteta akumulatora. U akumulatorskim stanicama kapacitet se mjeri formacijskim sredstvima ili improvizovanim mjeračima kapaciteta. Najčešće se koriste improvizovana sredstva za kontrolu kapaciteta. Nedostatak postojećih rješenja kontrole kapaciteta je što se postojećim formacijskim sredstvima može mjeriti kapacitet samo jednog akumulatora, što u većini slučajeva ne odgovara, zbog istovremenog dolaska velikog broja akumulatora na kontrolu kapaciteta. Improvizacijama se ne postiže zadovoljavajuća tačnost mjerenja i za ostvarenje ovog načina potrebna je prisutnost akumulatorskog mehaničara sve vrijeme pražnjenja.

Upravo zbog toga je poželjno mjeriti kapacitet većeg broja akumulatora istovremeno, uz što manje angažovanje radnog osoblja i manjeg broja mjerača kapaciteta. Da bi se to postiglo potrebno je vezati akumulatore na pogodan način. Postoje tri moguća načina povezivanja akumulatora. Oni su isti kao i za punjenje akumulatora. To su serijska, paralelna i kombinovana veza akumulatora. Na slici 1 prikazana je blok-shema vezivanja akumulatora pri mjerenju kapaciteta serijski vezanih akumulatora (sl. 1a), paralelno vezanih akumulatora (sl. 1b) i kombinovane veze akumulatora (sl. 1c).

Analizirajući sva tri moguća rješenja dolazimo do zaključka da je ekonomski najopravdanije odabrati serijsku vezu akumulatora pri mjerenju kapaciteta, budući da je u tom slučaju potreban samo jedan disipator. Pod poj-



Sl. 1 Vezivanje akumulatora pri mjerenju kapaciteta: a) serijska veza akumulatora; b) paralelna veza; c) kombinovana veza

mom disipator podrazumijeva se elektronski sklop koji održava struju na konstantnom iznosu, te da se na njemu disipira sva snaga koju daje akumulator. Kod paralelne veze akumulatora potrebno je upotrijebiti isti broj disipatora kao i broj akumulatora, zbog toga što se u procesu pražnjenja ne prazne svi akumulatori istom brzinom. Zbog toga bi došlo do pojave tzv. struje izjednačavanja. Posljedica toga bili bi netačni rezultati upravo za najlošije akumulatore u grupi koja se prazni. Pored toga, za svaki akumulator potreban je kontrolni blok kao i kod serijski vezanih akumulatora. Kontrolni blok mjeri napon akumulatora i na osnovu izmjerenog napona daje informaciju ili mjeraču kapaciteta ili akumulatorskom mehaničaru. Problematika kombinovano vezanih akumulatora je ista kao i za paralelnu vezu akumulatora. Stoga je potrebno koristiti kombinovanu i paralelnu vezu samo kada postoji krajnja nužda.

Mogućnost mjerenja kapaciteta serijski vezanih akumulatora

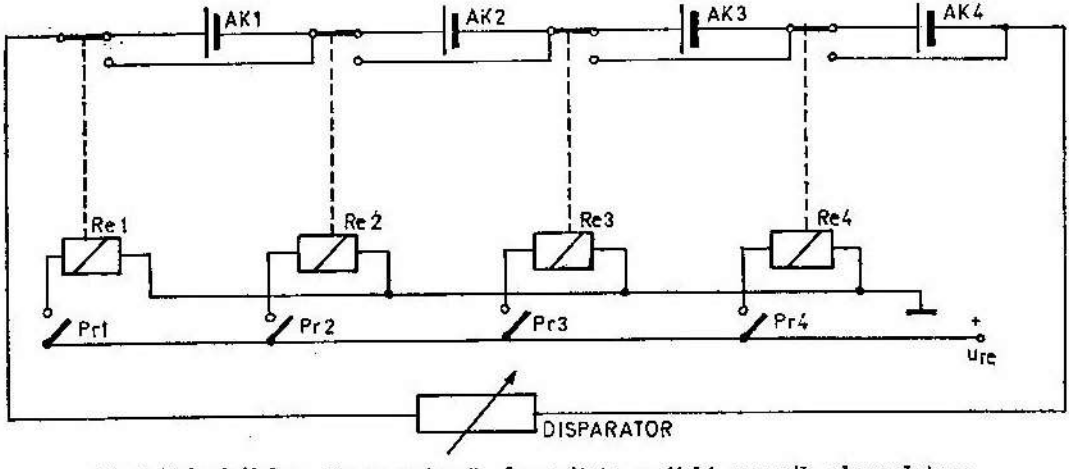
Prilikom mjerenja kapaciteta serijski vezanih akumulatora osnovni problem ne predstavlja disipator nego prekidanje pražnjenja zbog odspajanja akumulatora, koji je u serijskoj vezi prvi postigao krajni napon pražnjenja. Da bi se izbjeglo prekidanje pražnjenja akumulatora, između akumulatora se mogu ubaciti releji, koji će odspajati akumulator sa pražnjenja bez dugotrajnog pražnjenja. Prekid struje kroz disipator traje toliko dugo koliko je potrebno da kontakti releja pređu iz mirnog u radni položaj. Na slici 2 prikazana je principijelna shema ovog rješenja sa relejima.

Da bi se ovaj spoj mogao riješiti potreban je isti broj releja kao i broj akumulatora. Osim toga, releji moraju zadovoljavati uslov da im kontakti mogu prekidati nominalnu struju pražnjenja i moraju imati jedan mirni i najmanje jedan radni kontakt. Sa slike se vidi da kontakti releja odspajaju akumulator sa disipatora prebacivanjem kontakata iz mirnog u radni položaj. Prebacivanje se vrši uključivanjem prekidača PR1, PR2, PR3 ili PR4, zavisno od toga na kojem akumulatoru je dostignut krajnji napon pražnjenja.

S obzirom na to kako se konstatira i mjeri krajnji napon pražnjenja, možemo govoriti o tri načina kontrole napona. To su:

a) ručna kontrola (voltmetrom);

b) poluautomatska kontrola (komparator napona bez povratne veze);

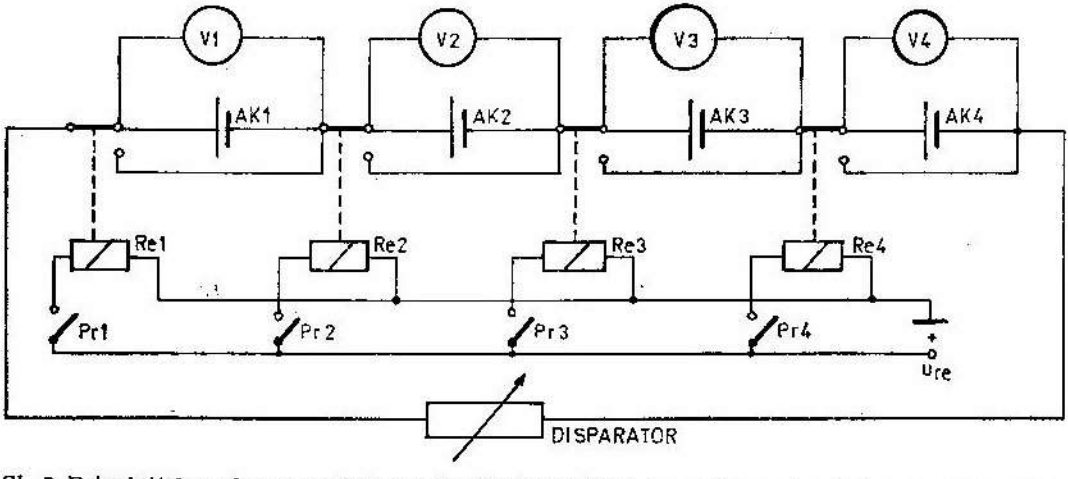


Sl. 2 Principijelna shema mjerača kapaciteta serijski vezanih akumulatora

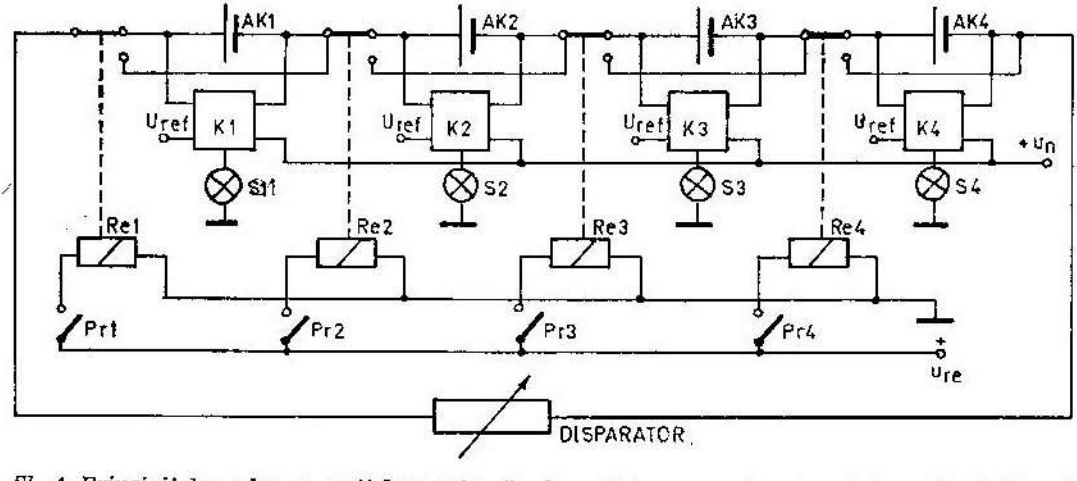
c) automatska kontrola (komparator napona sa povratnom vezom).

Pod ručnom kontrolom podrazumijeva se da akumulatorski mehaničar stalno kontrolira napon svakog akumulatora priključivanjem voltmetara i na osnovu očitane vrijednosti napona na voltmetru odspaja akumulator sa pražnjenja prekidačem releja i konstatira vrijeme pražnjenja. Na osnovu proteklog vremena i podešene struje pražnjenja izračunava se izmjereni kapacitet. Na slici 3 prikazana je principijelna shema ručne kontrole.

Da bi se smanjilo vrijeme potrebno za stalnu kontrolu napona, umjesto voltmetra potrebno je postaviti komparator napona koji konstantno uspoređuje zadani napon sa izmjerenim naponom akumulatora. Pri tome se informacija od komparatora napona može poslati akumulatorskom mehaničaru svjetlosnom signalizacijom, zvučnom signalizacijom ili kombinacijom svjetlosne i zvučne signalizacije (komparator napona bez povratne veze) na osnovu koje akumulatorski mehaničar vrši odspajanje akumulatora sa mjerenja kapaciteta



Sl. 3 Principijelna shema serijskog mjerača kapaciteta sa ručnom kontrolom napona akumulatora



Sl. 4 Principijelna shema serijskog mjerača kapaciteta sa poluautomatskom kontrolom i upravljanjem

prekidačem releja kao i u prvom slučaju. Na slici 4 prikazana je principijelna shema poluautomatske kontrole.

Ukoliko se akumulatorskog mehaničara želi potpuno rasteretiti brige oko mjerenja kapaciteta potrebno je komparatoru, osim svjetlosne i zvučne signalizacije, dodati i električnu povratnu vezu, koja bi preko okidnog sklopa automatski aktivirala relej i odspojila akumulator sa mjerenja kapaciteta. Na slici 5 prikazana je blok-shema rješenja.

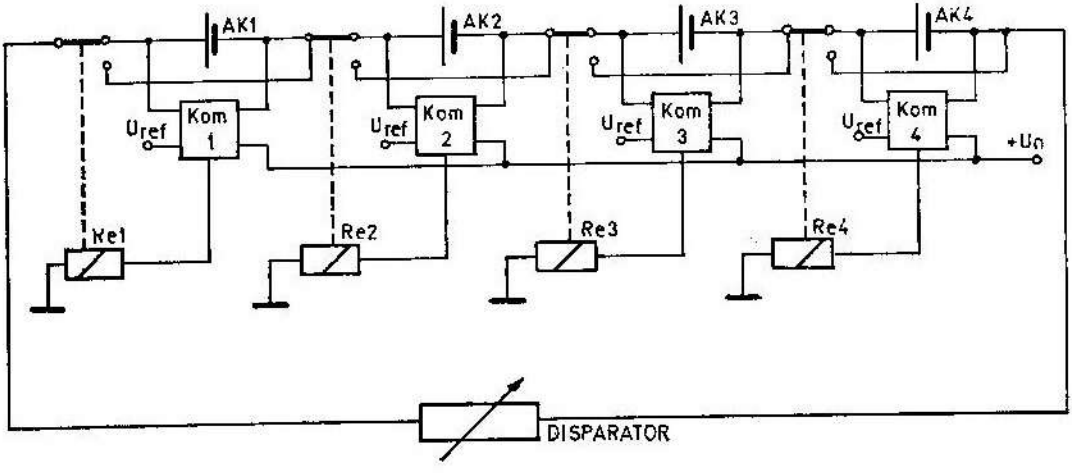
Osim što je potrebno mjeriti krajnji napon pražnjenja za određivanje kapaciteta, potrebno je mjeriti i vrijeme postizanja krajnjeg napona pražnjenja. Mjerenje može biti ručno i električnim satom ili štopericom. Budući da je struja kroz disipator konstantna, izmjereni kapacitet se izračunava množenjem struje pražnjenja i vremena postizanja krajnjeg napona pražnjenja po jednadžbi:

$$C_m = I_{pr} \cdot t_{knp} \text{ [Ah]} \qquad (1)$$

gdje je C_m — izmjereni kapacitet, I_{pr} — nominalna struja pražnjenja, a t_{knp} — vrijeme postizanja krajnjeg napona pražnjenja. Ova metoda određivanja kapaciteta može se nazvati metodom izračunavanja izmjerenog kapaciteta. Osim metode izračunavanja, kapacitet se može odrediti i metodom očitavanja. Metoda očitavanja izmjerenog kapaciteta podrazumijeva da se izmjereni kapacitet očitava sa displeja na mjeraču kapaciteta direktno u amper-satima [Ah] ili u postotcima nazivnog kapaciteta (C[%]):

$$C[\%] = \frac{C_m}{C_n} \cdot 100 \qquad (2)$$

gdje je C_n — nominalni kapacitet deklariran od proizvođača. Metoda očitavanja podrazumijeva da sklop za mjerenje ka-



Sl. 5 Principijelna shema serijskog mjerača kapaciteta sa automatskom kontrolom i upravljanjem

paciteta kontroliše iznos struje pražnjenja i vrijeme pražnjenja, te na osnovu ove dvije vrijednosti određuje kapacitet množenjem. Osim ovog načina postoji i manje tačan metod brojanja impulsa u jedinici vremena i prostim dijeljenjem sa nekim modulom dobije se izmjereni kapacitet. Nedostatak ovog načina je u tome što je u većini slučajeva generisanje impulsa neovisno o struji pražnjenja. Bez obzira na izneseno, oba načina su mnogo tačnija od očitavanja vremena pražnjenja, tj. metode izračunavanja izmjerenog kapaciteta.

Mogućnosti konkretne realizacije metode

Realizacija metode serijskog mjerenja kapaciteta može se ostvariti na dva načina:

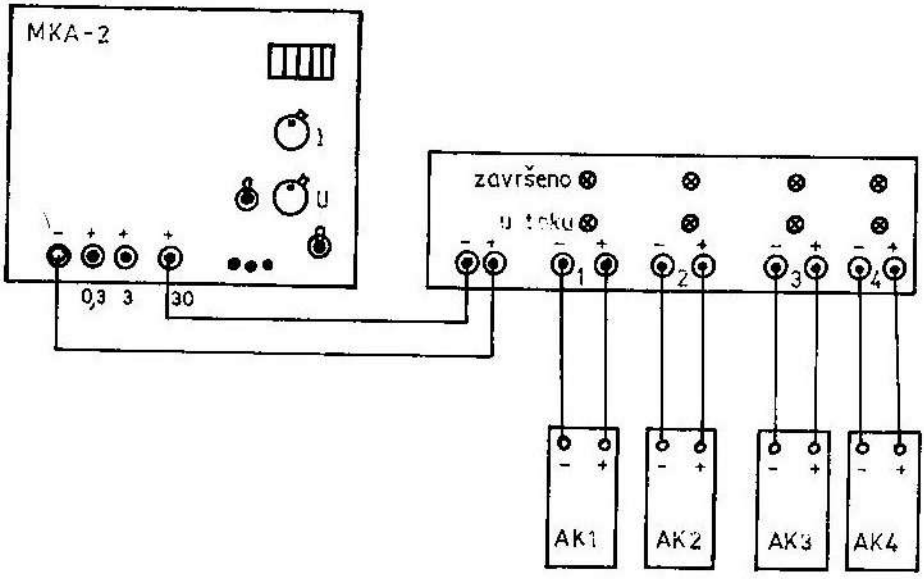
a) modifikacijom postojećih rješenja,

b) konstrukcijom i izradom novih mjerača.

a) Modifikacija postojećih rješenja

Pod modifikacijom postojećih rješenja podrazumijeva se da se kao disipator upotrijebi neki od postojećih formacijskih mjerača kapaciteta koji su jednokanalni. U ovom djelu objasnit će se modifikacija mjerača kapaciteta MKA-2, proizvođača »Rade Končar« iz Zagreba. To je mjerač kapaciteta velikih mogućnosti, velike tačnosti, lakog i jednostavnog rukovanja. Nedostatak ovog mjerača kapaciteta jeste što je jednokanalan i što se može mjeriti kapacitet samo jednog akumulatora. Da bi se ovaj nedostatak otklonio, potrebno je u posebnu kutiju smjestiti relej za premoštavanje akumulatora i stezaljke za priključivanje akumulatora. Upravljanje relejima može biti ili ručno ili automatski (koji je objašnjen u drugom poglavlju), zavisno od mogućnosti akumulatorske stanice i jedinice. Na slici 6 prikazana je kutija releja za serijsko mjerenje kapaciteta.

Pri određivanju broja akumulatora koji se mogu vezati u seriju potrebno je voditi računa o maksimalno dozvoljenom naponu koji se može priključiti na generator konstantne struje mjerača kapaciteta MKA-2 i dozvoljenoj disipaciji snage na tranzistorima generatora konstantne struje. Budući da su za mjerač kapaciteta upotrebljeni tranzistori 2N3055, kojih je 14 spojeno u paralelu, te da je maksimalno dozvoljeni napon kolektor-emiter tranzistora maksimalno 60 V, znači da se u seriju može vezati najviše 4 akumulatora nazivnog napona 12 V (olovnih i Ni-Cd akumulatora). Dozvoljena disipirana snaga na generatoru je oko 1 kW. To znači da bez problema na ovaj mjerač možemo spojiti 4 olovna akumulatora maksimalnog kapaciteta 180 Ah.



Sl. 6 Modifikacija mjerača kapaciteta MKA-2 za serijsko mjerenje kapaciteta

Spoj akumulatora i disipatora može se izvesti preko posebne kutije, u koju se, zavisno od potrebe, mogu ubaciti releji kontrolisani voltmetrom i upravljani prekidačima ili releji kontrolisani i upravljani komparatorom napona sa ili bez povratne veze.

Kod korištenja mjerača kapaciteta MKA-2 potrebno je potenciometar za krajni napon pražnjenja postaviti u nulti položaj ili na vrijednost krajnjeg napona pražnjenja jednog akumulatora, zavisno od toga koji tip akumulatora je postavljen na mjerač. Iznos struje pražnjenja postavlja se na željenu vrijednost helikoidnim potenciometrom. Kapacitet akumulatora se direktno očitava sa displeja mjerača kapaciteta MKA-2.

b) Izrada novog mjerača kapaciteta

Izrada novog mjerača kapaciteta koji radi na ovom principu objašnjena je u članku »Mjerač kapaciteta jedno i dvoćelijskih Ni-Cd akumulatora« objavljenom u VTG broj 5/86 i u ovom članku nije potrebno dodavati nešto posebno o ovom načinu realizacije metode. Jedino što se može reći jeste da je i taj mjerač samo jedan od mogućih pristupa rješenju. Najidealnije rješenje bio bi mikroprocesorski punjač-pražnjač koji bi u akumulatorskim stanicama poboljšao uslove rada i faktor subjektivne greške sveo na minimum.

Zaključak

Mjerenje kapaciteta u akumulatorskim stanicama u jedinicama se, bez obzira na sve probleme, provodi u zadovoljavajućem obimu i kvalitetno, prije svega zbog izuzetnog zalaganja akumulatorskih mehaničara i ljudstva koje radi u njima, te zbog dobre teoretske i praktične osposobljenosti kadra za taj posao. Osim toga, u jedinicama je do sada urađen veliki broj modifikacija postojećih rješenja i izrađeno do sada dosta novih mjerača vlastitim snagama. Sva rješenja do sada su, uglavnom, bila jednokanalna i pojedinačna, tako da nisu u velikoj mjeri povećavali kapacitete akumulatorskih stanica u pogledu mjerenja kapaciteta. Prijedlogom ovakvog metoda dobija se višekanalni univerzalni mjerač kapaciteta, koji povećava ukupne kapacitete akumulatorskih stanica za mjerenje kapaciteta i omogućava ispunjavanje zahtjeva proizvođača akumulatora u pogledu ciklusiranja akumulatora bar jedanput godišnje. Na taj se način postiže produžavanje vijeka trajanja akumulatora, što povećava ekonomske uštede usporavanjem potrebe za zanavljanjem akumulatora.

Metoda serijskog mjerenja kapaciteta u samo mjerenje ne unosi gotovo nikakvu pogrešku, jer se i do sada, u stvari mjerio kapacitet serijski vezanih akumulatorskih ćelija. Mjerenje koje je provedeno nije pokazalo postojanje greške.

Pravci razvoja metode usmjereni su na istraživanje i realizaciju što boljeg disipatora i množača. Rješenje problema leži u upotrebi mikroračunala kao kontrolnog i upravljačkog sklopa. Osim toga, u memoriji mikroračunala moguće je pohraniti sve relevantne podatke potrebne za praćenje stanja akumulatora u jedinici.

U članku nisu objašnjene konkretne vrijednosti niti realizacija, budući da, prije svega, one ovise o konkretnoj potrebi jedinice i njenih mogućnosti.

Literatura:

[1] Đurđević I.: »Mjerač kapaciteta jednoćelijskih i dvoćelijskih Ni-Cd akumulatora«, VTG 5/86.

[2] Jurković B.: »Izvori električne energije«, TŠC, Zagreb, 1975.

[3] Marčetić M.: »Mogućnosti akumulatorskih stanica za određivanje kapaciteta alkalnih akumulatora, VTG 5/81.

[4] Memišević — Beoković: »Hemijski izvori električne energije«, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1983.

[5] »Rade Končar«: »Uputstvo za upotrebu mjerača kapaciteta MKA-2«.

Mr Luka Mišković,
kapetan I klase, dipl. inž.

Aditivi u mazivim uljima

Uvod

Brži razvoj motorne industrije i industrije različitih strojeva uopće, te sve oštriji radni uvjeti tih strojeva zahtjevaju sve kvalitetnija maziva sredstva. Tako, na primjer, Gairing nabraja 27 [1], odnosno čak 42 [2] zahtjeva kvalitete koje mora ispuniti motorno ulje tokom rada motora. Mada se danas proizvode mineralne uljne osnove vrlo visoke kvalitete, one same nisu »sposobne« da tokom duže eksploatacije zadovolje zahtjeve motora. Rješenje je nađeno u primjeni aditiva, tvari koje dodane u manjoj količini mogu znatno poboljšati već postojeća ili unijeti nova pozitivna svojstva [3, 4]. Aditivi za maziva su, u pravilu, sintetske tvari, različite, često komplicirane strukture. Na njihovom razvoju i primjeni širom svijeta vrše se intenzivna istraživanja i u tu svrhu sintetizirano je i ispitano mnoštvo različitih, mahom organskih spojeva.

Počeci upotrebe aditiva u mazivima datiraju još iz pedesetih godina 19. stoljeća, kada su Raecz i Little predložili da se naftnim uljima dodaju sapuni masnih kiselina u proizvodnji mazivih masti [5]. Nakon toga, zabilježena je upotreba sumpora, kao dodatka mineralnim uljima radi povećanja otpornosti na opterećenje. Međutim, sve su to bili, uglavnom pojedinačni slučajevi koji nisu rezultirali širom upotrebom aditiva. Značajniji rezultati u poboljšanju svojstava maziva ostvareni su 1927. kada se mineralno ulje miješa sa malom količinom masnih kiselina radi poboljšanja svojstva prionljivosti na metalne površine i smanjenju trenja.

Kao početak industrijske proizvodnje aditiva smatra se 1931, kada su proizvedeni prvi sintetski aditivi za poboljšanje tačke tečenja, da bi se 1936. broj proizvedenih aditiva znatno povećao (inhibitori korozije, deterdženti za dizelska ulja, poboljšavači indeksa viskoznosti). Period do početka II svjetskog rata obilježen je intenzivnim istraživanjima djelotvornosti aditiva, a ratni period testiranje aditiva u otežanim, ratnim uvjetima.

Kao značajno razdoblje u razvoju aditiva smatra se period od 1955. do 1970, u kojem je zabilježen veliki porast potrošnje aditiva, uglavnom zbog početka proizvodnje višegradacijskih motornih ulja [6].

Industrija aditiva za maziva, danas, ima značajno mesto u ukupnoj industrijskoj proizvodnji. U tabeli 1 prikazana je svjetska potrošnja aditiva motornih ulja u 1983.

U tabeli 1 nisu uključeni aditivi za transmisijska ulja, kao ni aditivi za industrijska ulja, čija je potrošnja znatno manja od potrošnje aditiva za motorna ulja.

Tabela 1

Svjetska potrošnja aditiva za motorna ulja u 1983. u hiljadama tona [6]

Područje	Deterdžentno-inhibitorski paket (DI)	Poboljšivači indeksa viskoznosti
Sjedinjene Američke Države	528	208
Kanada	34	19
Latinska Amerika (ukupno)	132	15
Meksiko	38	5,6
Brazil	38	5,6
Zapadna Evropa	347	136
Japan	98	9,5
Ostala jugoistočna Azija	83	5,6
Australija (Novi Zeland), Oceanija	34	15,1
Srednji istok — Afrika	121	15,1
SSSR — Istočna Evropa	208	19
Kina	23	2
Ukupno	1698	455,5

Značajnija potrošnja aditiva u Jugoslaviji zabilježena je 1952. sa početkom proizvodnje motornih ulja. Smatra se da je ukupna potrošnja aditiva 1975. iznosila oko 14 000 t, a deset godina kasnije 22 000 tona.

Današnja, visokokvalitetna, višegradacijska i višenamjenska motorna ulja (npr. SAE 15W-40, API SF/CD) sadrže do 20 mas. % aditiva [7].

S obzirom na mehanizam djelovanja, aditive možemo, općenito, podijeliti u tri osnovne grupe [4, 8]. To su:

1. aditivi koji utiču na fizikalna svojstva:
   — depresanti stiništa, i
   — poboljšavači indeksa viskoznosti;
2. aditivi koji utiču na fizikalno-kemijska svojstva:
   — deterdženti,
   — disperzanti,
   — depresanti pjene, i
   — aditivi za poboljšanje otpornosti na opterećenje,
3. aditivi koji utiču na kemijska svojstva:
   — antioksidanti, i
   — aditivi protiv korozije.

Aditivi antioksidanti

Oksidacijom ulja, odnosno autooksidacijom smatra se slijed vrlo složenih kemijskih reakcija usljed djelovanja kisika iz zraka i povišene temperature, a izazivaju razgradnju uljnih molekula [9, 10]. Bez obzira na to radi li se o neposrednoj primjeni, transportu ili skladištenju, mineralna ulja su u stalnom kontaktu sa zrakom. Ako su, pritom, dodatno podvrgnuta različitim temperaturnim promjenama, ona se postepeno mijenjaju, dok su same promjene termooksidacijske prirode. U ulju nastaju topivi i netopivi spojevi složene kemijske strukture, javljaju se različiti kiseli produkti, te takvo mazivo gubi svojstva kvalitete.

Općenito, oksidacijom ulju raste viskoznost, kiselinski broj, te sadržaj djelomično topivih i netopivih sastojaka, kao što su, na primjer:

— *smole*, djelomično topive ili teško topive, kisikom bogate tvari komplicirane građe, koje, u daljnjim fazama obično dovode do nastajanja lakova;

— *lakovi*, blago obojene tvari složene građe koje stvaraju obljep na vrućim djelovima sklopova (košuljice cilindra, djelovi klipova motora, . . .);

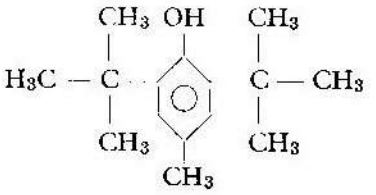
— *netopive asfaltne tvari*, policiklički spojevi vrlo složene strukture sa velikim udjelom ugljika prema vodiku. U smjesi sa nečistoćama, nesagorjelim ostacima i emulgiranom vodom tvore karakterističan mulj.

Kočenje reakcija oksidacije može se izvršiti, u pravilu, na dva načina:

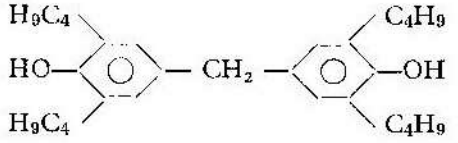
1. pravilnim odabiranjem uljnih osnova i njihovom obradom;
2. dodavanjem posebno sintetiziranih tvari, sposobnih da inhibiraju oksidacijske procese u mazivima. Aditivi antioksidanti dodaju se mazivima u količini 0,5 do 1,5 mas. %.

Vrste antioksidanata

Najbrojniji i najpoznatiji antioksidanti jesu, spojevi fenolnog tipa, između velikog broja tih spojeva ističu se 2,6-diterc-butil-4-metilfenol, kao monofenol, odnosno metilen-4,4-bis-(2,6-terc-butilfenol) kao bifenol [11].



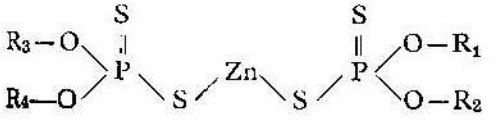
2,6-diterc-butil-4-metilfenol



metilen-4,4-bis-(2,6-terc-butilfenol)

Bifenolni antioksidanti pokazuju bolja svojstva, prvenstveno manju isparljivost zbog kompleksnije strukture (monofenolni antioksidanti intenzivno isparavaju na temperaturi već oko 100° C).

Osim fenolnih spojeva, kao antioksidant, danas se veoma mnogo upotrebljava cinkdialkilditiofosfat-ZnDDP [12, 13, 14]. Ovaj karakteristični spoj, kao što ćemo dalje vidjeti, ima i druga svojstva, te se naziva višefunkcionalni aditiv.



cinkdialkilditiofosfat — ZnDPP

»R« predstavlja alkil grupu.

Osim već nabrojanih, kao antioksidanti koriste se i neki spojevi dušika i sumpora. Od dušikovih spojeva najznačajniji su amini (npr. fenil-α-naftilamin i N,N'-difenil-p-fenilendiamin). Ovaj drugi aditiv otporan je na visoke temperature, te se upotrebljava u uljima za motore nadzvučnih aviona i njihove ležajeve.

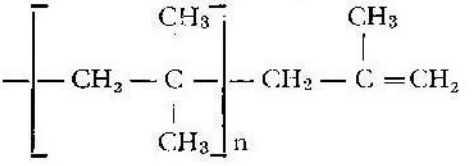
Među antioksidantima sa sumporom najpoznatiji su sulfidi, kao i derivati tiofena.

Aditivi za poboljšanje indeksa viskoznosti

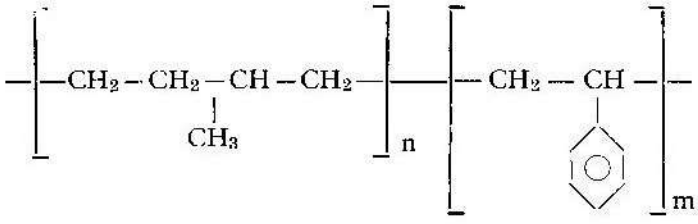
Jedna od osnovnih radnih karakteristika svakog maziva jeste ovisnost viskoznosti o temperaturi. Tokom podmazivanja nekog mehanizma, sklopa ili čitavog sistema, mazivo ulje je izloženo znatnim promjenama temperature. Kod motora SUI te razlike mogu doseći 200° C i više. U takvim uvjetima od ulja se traži relativno mala promjena viskoznosti u širem temperaturnom području. Motorno ulje, na primjer, ne smije biti suviše viskozno kod niskih temperatura, ali ni previše tekuće kod visokih temperatura. U prvom slučaju motor će veliki dio snage trošiti na savladavanje visokog unutarnjeg trenja, teško će se pokretati i sporije dovoditi u normalan rad, a u drugom slučaju posljedice će biti povećano habanje taručih površina i povećana potrošnja ulja.

I u ovom slučaju problem se rješava uvođenjem posebnih aditiva koji se nazivaju poboljšavači indeksa viskoznosti (ili podešivači, engleski »viscosity index improvers«). Dodavanjem tih aditiva u ulja znatno se povećava kvalitet, te ih nazivamo višegradacijska ili multigradacijska, što znači da pokrivaju odjednom više viskozitetnih gradacija, npr. SAE 10W-30, SAE 20W-50, itd.

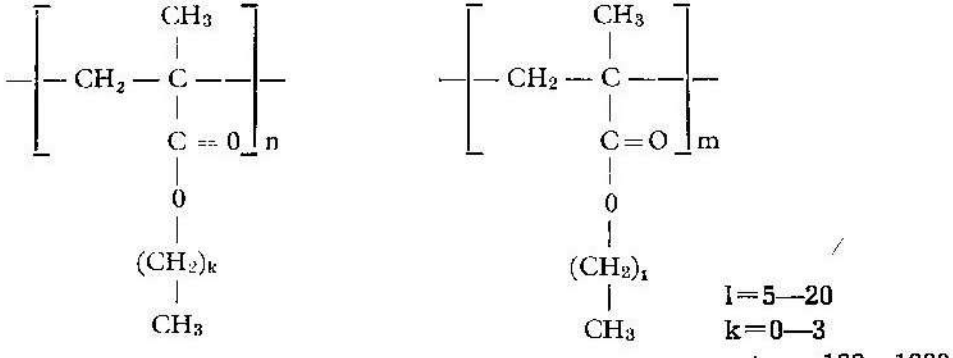
Svi aditivi ove grupe pripadaju polimerima, a najpoznatiji su: poliizobuteni, polialkilstireni, polimetakrilati i poliakrilati, a dodaju se uljima u količini 5 do 10 mas. %. [15—18].



poliizobuteni



stiren-dien kopolimeri

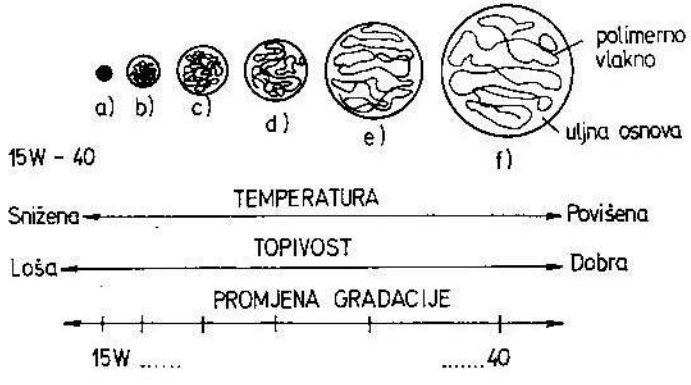


polimetakrilati

Prosječna molekularna masa polimetakrilatnog aditiva iznosi između 200 i 100 000 [19].

Mehanizam djelovanja ovih aditiva zasniva se na njihovoj topivosti u ulju. Jedan takav primjer pokazan je na slici 1 (ulje SAE 15W-40).

Sa porastom temperature klupko mikrovlakana postupno se raspliće da bi kod neke, dovoljno visoke temperature, lanci aditiva bili potpuno razvučeni, a vlakna se međusobno isprepleću (sl. 1, 1—6), tvoreći tako jednu »mrežu« u ulju. Samim tim povećava se otpor smicanju, pa ulju raste viskoznost. Dakle, usljed porasta temperature viskoznost ulju neće toliko pasti koliko bi pala kad u ulju ne bi bilo otopljenih polimera.



Sl. 1 Stanje polimernog aditiva u uljnoj osnovi u ovisnosti o temperaturi i topivosti [8]

S padom temperature lanci polimera počinju da se skupljaju, te pada stupanj njihove umreženosti. Pri nekoj dovoljno niskoj temperaturi oni se aglomeriraju u sićušne kuglice. Samim tim, slabit će otpor smicanju, padat će postupno viskoznost, a rasti tečljivost.

Treba spomenuti i jedno lošije svojstvo ovih dodataka koje ima bitan utjecaj na vijek trajanja maziva, a to je slabija mehanička stabilnost. Naime, tokom rada u motoru, dugi polimerni lanci poboljšavača indeksa viskoznosti počinju se lomiti, tako da se i viskoznost mazivog ulja neprekidno mijenja i to od višegradacijskog ulja na kraju postane monogradacijsko.

Na primjer:

15W-40 →	20W-30 →	25W-20 →	20
0 km	X km	Y km	Z km

Aditivi protiv korozije

Kisik i voda su agensi koji su uvijek prisutni u bilo kojem sistemu podmazivanja, a posljedica njihova prisustva jest korozija metala. Većina sirovih nafti iz kojih se dobivaju maziva već sadrže prirodne inhibitore korozije, kao što su policiklički aromati, te sumporni i dušikovi spojevi. Međutim, većina tih spojeva se uklanja iz destilata u procesima rafinacije iz raznoraznih razloga, te je neophodno dodavati aditive baznim mineralnim mazivima.

Cilj korozione zaštite jest spriječiti pristup agresivnih agensa metalnoj površini. Kod zaštite motora i strojne opreme treba razlikovati zaštitu od korozije uzrokovane vanjskim utjecajem (skladištenje u vlažnoj atmosferi, transport morem) i zaštitu od produkata nastalih pri radu motora, uglavnom kiselih produkata oksidacije i izgaranja, spojeva klora i broma iz benzina.

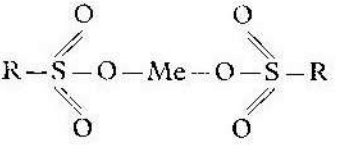
Kao antikorozioni aditivi definiraju se svi spojevi koji mogu zaštititi metalne površine, od kemijskog djelovanja, općenito kiselog, bez prisustva vode. Mnogi od ovih spojeva posjeduju i neka druga zaštitna svojstva, prvenstveno zaštitu od trošenja i oksidacije.

Čitav niz različitih spojeva koriste se kao aditivi za zaštitu od korozije. Zajedničko svojstvo svih jest prijanjanje na metalnu površinu i formiranje zaštitnog sloja na površini koja se štiti. Različita je količina upotrebljenih aditiva za različita maziva, ali općenito se kreće od 0,1 do 1,5%.

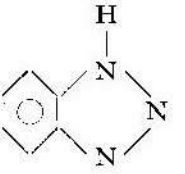
Sulfonske kiseline i njene soli (npr. natrijev-sulfonat visoke molne mase, oko 500) pokazuju dobra antikoroziona svojstva.

Naftenske kiseline u obliku metalnih soli imaju raširenu upotrebu kao aditivi protiv korozije. Kalcijev naftenat upotrebljava se u uljima za dvotaktne motore u pomorstvu, a cinkov naftenat u mazivim mastima i uljima za zaštitu od korozije.

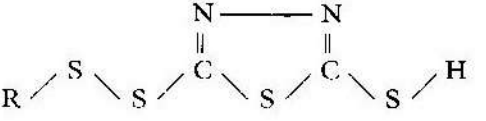
Dušični spojevi također posjeduju dobra antikoroziona svojstva. Spomenimo samo neke: amidi nezasićenih i zasićenih masnih kiselina s alkilaminima imaju dobra vodoodbojna svojstva, te razni tercijarni amini i njihove soli salicilnih i naftenskih kiselina.



metalni sulfonati



benzotriazol



2-alkil-4-merkapto-1,3,4-tiadiazol

Aditivi deterdženti

Ovi aditivi pojavili su se, prvi put u SAD, tridesetih godina ovog stoljeća, i to u uljima za dizelske motore. Njihova uloga ogleda se u smanjivanju ili sprečavanju taloženja različitih čestica ostataka izgaranja i drugih onečišćenja (čađ, koks, čestice olovnih soli, . . .) na metalnim površinama. Talozi slični koksu i lakovima sprečavaju slobodno gibanje klipnih prstena, dopuštajući tako prolaz i miješanje plinova izgaranja s uljem, što dovodi do kontaminacije ulja i trošenja klipa, naročito kod motora s visokim opterećenjem. Talozi slični mulju mogu blokirati uljne filtre i uljne cijevi, što dovodi do pomanjkanja ulja i intenzivnijeg trošenja.

Djelovanje ovih aditiva zasniva se na njihovoj sposobnosti da:

— održavaju u fino disperznom stanju djelomično topive ili netopive produkte oksidacije nastale u mazivu, odnosno krute čestice gareži i koksa, te im ne dozvoljavaju taloženje na metalne površine;

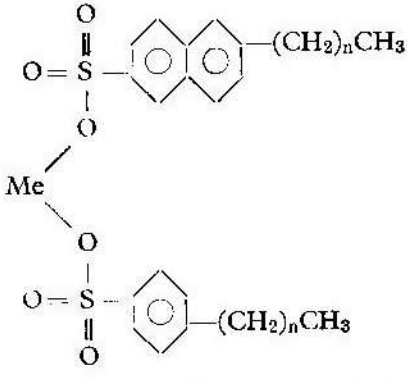
— neutraliziraju kemijski agresivne kisele produkte nastale pretežno izgaranjem goriva s povećanim sadržajem sumpora. Problem je naročito prisutan u uvjetima hladnog starta, kada u motoru postoji dosta kondenzirane vlage, koja sa sumpornim oksidima daje jake kiseline;

— otapaju produkte oksidacije, ili u trenutku njihovog nastanka, ili u nekoj daljnjoj fazi, što prouzrokuje nastanak visokomolekularnih i kondenziranih produkata.

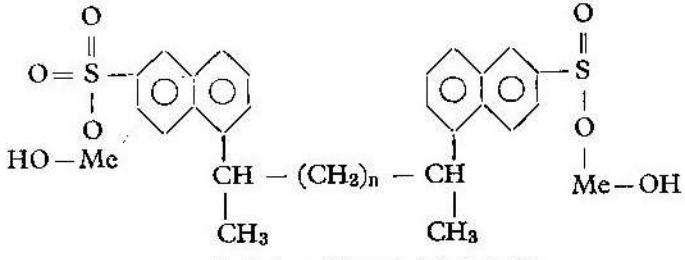
Po svojoj građi deterdženti su spojevi koji imaju u molekuli:

— jedan metal (npr. kalcij, barij, magnezij, aluminij ili cink);

— funkcionalnu grupu (npr. sulfonska — SO_3H, fenolna — ArOH ili karboksilna — COOH), koja povezuje metale i ugljikovodične radikale;



neutralni sulfonat (prirodni)



alkalni sulfonat (sintetski)

— ugljikovodični dio, obično najveći s obzirom na molnu masu, koji regulira topivost aditiva u ulju.

Najviše korišteni aditivi deterdženti jesu oni na bazi sulfonata, i to dvije grupe: prirodni (naftni) i sintetski.

Osim sulfonatnih aditiva upotrebljavaju se još i fenati i/ili sulfofenati, koji imaju bolja svojstva s obzirom na antioksidacijsko djelovanje, te fosfonati i salicilati.

Aditivi disperzanti

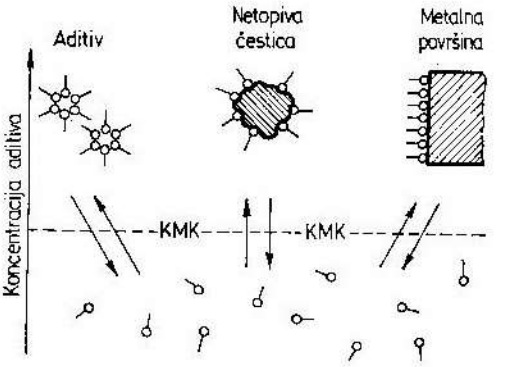
Dodavanje disperzantnih aditiva mazivim uljima vrši se radi sprečavanja negativnog djelovanja sastojaka »hladnog mulja«.

Zahtjevi u pogledu disperzije motornih ulja pojavili su se zbog sve češće vožnje u gusto naseljenim mjestima, što ima za posljedicu skraćivanje prijeđenog puta, smanjivanje brzine, dok radne temperature motora ostaju relativno niske. Takav način vožnje uobičajeno se naziva »stani — kreni« (engleski »stop — go«), a karakterizira ga često zaustavljanje.

Američki naftni institut (American Petroleum Institut — API) definirao je produkt koji nastaje pri takvom načinu vožnje: smjesa ulja, ugljika, vode, organskih ostataka i/ili stranih materija formiranih na nekim dijelovima motora, a razlikuje se od tzv. vrućih taloga, koji nastaju u potpuno zagrijanom motoru, a sastoje se pretežno od smole i spojeva olova, goriva i neizgorjelog ugljika. Talozi prve vrste nazivaju se »hladni mulj«, a ovi drugi »vrući mulj« [6, 20].

Aditivi iz grupe disperzanata su organski spojevi koji se sastoje od polarnog dijela (polarna »glava«), koji im omogućava jaku adsorpciju na čestice taloga i drugog ugljikovodičnog dijela (ugljikovodični »rep«) koji ih čini topivim u ulju (sl. 2).

Ovi aditivi djeluju na taj način što se funkcionalna grupa aditiva veže na površinu čestica nečistoće, što ima za posljedicu nastajanje električnog polja istog naboja, usljed čega dolazi do međusobnog elektrostatičkog odbijanja, a isto tako i odbijanja od metalnih površina (sl. 3). Konačni cilj djelovanja disperzanata jeste svojstvo održavanja disperzantnog, svega onoga što ne pripada mazivom ulju, bilo da je porijekla izvan ulja ili produkt termičko-oksidacijskog starenja ulja. Dodaju se mazivima u količini 1,5 do 2 mas. %.

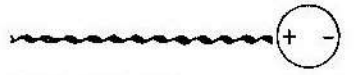


Sl. 3 Shematski prikaz prijelaza iz stanja skupine micela aditiva u skupine netopivih čestica i na metalnoj površini [6]

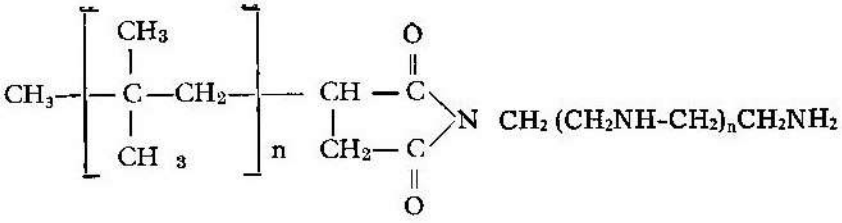
Svi aditivi iz ove grupe pripadaju tzv. bespepelnim aditivima [22], a najpoznatiji su sukcinimidi, visokomolekularni amidi i poliamidi, te visokomolekularni esteri:

Aditivi za poboljšanje otpornosti na opterećenje

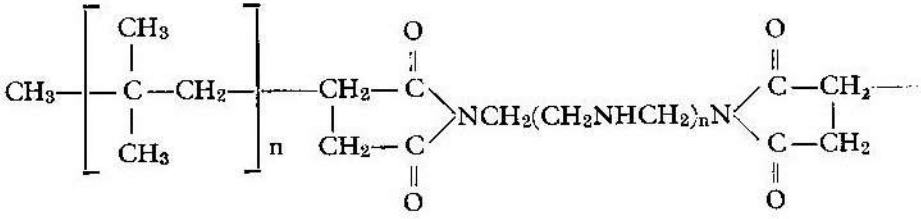
Ovi aditivi dodaju se mazivima radi sprečavanja direktnog kontakta dviju površina tokom podmazivanja. Čisto mineralno ulje omogućava uspješno po-

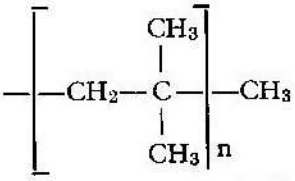


Sl. 2 Shematski prikaz molekule aditiva [21]

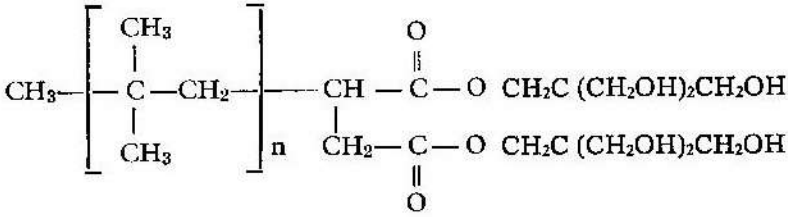


monosukcinimid





bis-sukcinimid



sukcinat ester

dmazivanje kada se uljni film zadržava između tarnih površina (hidrodinamičko podmazivanje), ali ne može osigurati odgovarajuće podmazivanje kada su opterećenje i napon smicanja takvi da se uljni sloj razbije (granično podmazivanje i ekstremno granično — EP podmazivanje). Zbog toga se mazivima moraju dodavati aditivi kako bi se povećala njihova otpornost na opterećenje.

Optimalna količina ovih aditiva je oko 0,5 mas. % [23].

Ti aditivi obično se svrstavaju u dvije grupe: aditivi protiv trošenja i EP aditivi.

Aditivi protiv trošenja

Aditivi ove grupe koriste se za blaže uvjete graničnog podmazivanja, a efikasni su pri niskim opterećenjima, niskim temperaturama i dugom vremenu trajanja.

Metalni dialkil ili diarilditiofosfati su najkompletniji aditivi protiv trošenja, a najpoznatiji je cinkdialkilditiofosfat (ZnDDP), koji je ujedno i dobar antioksidant. Mehanizam djelovanja ovog aditiva objašnjava se preko produkata termičke razgradnje ZnDDP-a (nezasićeni merkaptani, sulfidi, disulfidi i sumporvodik), koji djeluju kao agensi protiv trošenja.

Aditivi za ekstremno visoke pritiske (Extreme Pressure-EP)

Svi aditivi iz ove grupe reagiraju s metalnom površinom (kemijske reakcije), tvoreći stabilne krute mazive prevlake. Sa stanovišta podmazivanja pod visokim opterećenjima osnovno je da reakcijom nastale prevlake imaju manju tvrdoću od osnove metala, da snižavaju koeficijent vanjskog trenja, te da su u radnom području stabilne. Najznačajniji aditivi su oni sa sumporom, klorom ili fosforom u molekuli.

1 Aditivi koji sadrže sumpor

Djelovanje ovih aditiva zasniva se na stvaranju sulfidnog spoja na metalnoj površini, koji se počinje formirati na 200°C. Elementarni sumpor se ne može koristiti kao aditiv, jer je izrazito korozivan, mada pokazuje dobra EP svojstva [24]. Najdjelotvorniji aditivi iz ove grupe jesu: sulfurirani poliizobuten, polipropilen ili polistiren, te dibenzdisulfid.

Najznačajnije svojstvo bilo kojeg EP aditiva, općenito, jest da spoji dobre osobine otpornosti na opterećenje i potpuno odsustvo korozijskog djelovanja u uvjetima koji nisu EP.

2. Aditivi koji sadrže klor

Svi predstavnici ove grupe dobiveni su kloriranjem organskih spojeva ili nekih naftnih frakcija. Naročito su efikasni u prisutnosti sumpora, kada na površiama metala tvore klor-sulfidne prevlake [25]. Ovi aditivi imaju nešto manju primjenu od ostalih, jer su skloni, pod određenim uvjetima i u prisutnosti vode, oslobađati solnu kiselinu (HCl), koja izaziva jaku koroziju metala.

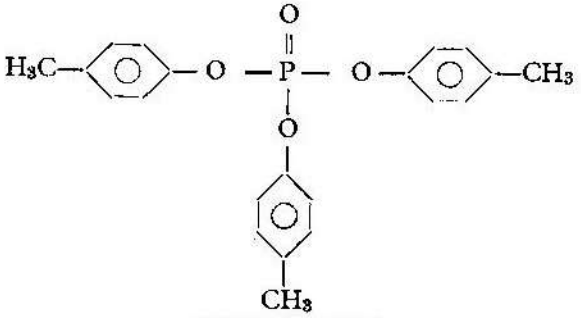
3. Aditivi koji sadrže fosfor

Aditivi sa fosforom u molekuli djeluju kao EP aditivi, stvarajući metalne fosfide na kliznoj površini pri visokim temperaturama. Tako nastali fosfidi mogu s metalom formirati eutektičke smjese, npr. eutektik Fe_3P+Fe ima tačku taljenja 515°C, dosta nižu od tačke taljenja samog željeza (1539°C). Zbog nižih tački taljenja od metala, nastali eutektici se tale, »razlijevajući« se po površini i ostavljajući glatko polirane površine (»kemijsko poliranje«).

Ovoj grupi aditiva pripadaju: tributilfosfat, trikrezilfosfat, dialkilfosfati, butilfosfonat i trialkilfosfini.

Aditivi za sniženje tačke tečenja (depresanti stiništa)

To su aditivi koji snižavaju najmanju temperaturu na kojoj ulje pokazuje svojstvo tečenja. Općenito, ako se neko mineralno ulje hladi prvo će se primijetiti zamućenje ulja, a daljnjim hlađenjem ulje će postepeno gubiti svojstva tečenja i napokon će se stisnuti. Razlog tome jesu jedna grupa ugljikovodika u uljima — PARAFINI koji imaju visoku temperaturu početka kristalizacije, te se na određenim tempera-



trikrezil-fosfat

turama počinju izdvajati iz ulja u obliku finih igličastih kristala. Ti parafini ne smiju se ukloniti iz mineralnog ulja, jer su važni za dobre viskozno-temperaturne karakteristike mineralnog ulja.

Depresanti ili snizioci stiništa su tvari koje dodane u malim količinama (obično između 0,05 do 1 mas. %) koče rast kristala parafina i njihovu aglomeraciju, omogućujući tako slobodno tečenje ulja u sistemu podmazivanja. Iz toga se može zaključiti da ovi aditivi nemaju utjecaja na početak izlučivanja parafina. Oni sprečavaju njihovo nakupljanje, rast, umrežavanje i taloženje.

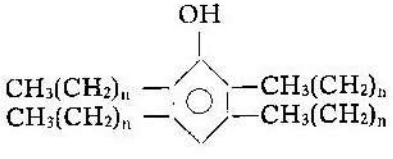
Mehanizam djelovanja ovih aditiva zasniva se na njihovoj sposobnosti adsorpcije na površinama. Fizičkom adsorpcijom na površini izdvojenih parafinskih molekula stvara se zaštitna ovojnica koja sprečava rast i aglomeraciju kristala.

Danas se najviše koriste polimetakrilati kao snizioci stiništa koji su istovremeno i poboljšavači indeksa viskoznosti. Osim polimetakrilata upotrebljavaju se i drugi spojevi: alkifenoli i dialkilesteri ftalne kiseline.

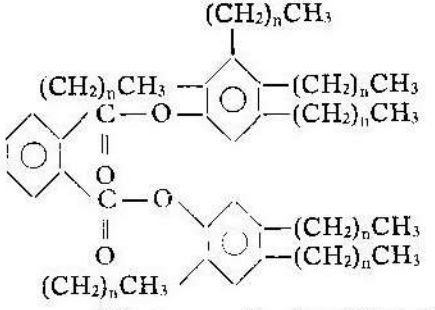
Iz podataka tabele 2 vidi se da polimetakrilat u maloj količini bitno snižava temperaturu stinjavanja ulja, dok istovremeno ima znatno manji utjecaj na promjenu indeksa viskoznosti. To se objašnjava malom količinom dodanog aditiva (poboljšavači indeksa viskoznosti dodaju se uljima od 5 do 10 mas. % i u takvoj koncentraciji su djelotvorni).

Aditivi protiv pjenjenja (depresanti pjene)

Depresantima pjene nazivamo one tvari koje dodane ulju u maloj količini (obično 0,0001 do 0,001%) imaju sposo-



tetraparafin-fenol



di(tetraparafin-fenol)ftalat

Djelovanje polimera polimetakrilatnog tipa pokazano je u tabeli 2.

Tabela 2

Učinak depresanta stiništa tipa polimetakrilat na bazno ulje [8]

Svojstva ulja	% Aditiva			
	0	0.125	0.250	0.50
Tačka (temperatura) stiništa, [°C]	−12	−18	−27	−30
Kinematička viskoznost na 37,8°C [mm^2s^{-1}]	34	34.3	34.6	35
Kinematička viskoznost na 98,9°C, [mm^2s^{-1}]	5.51	5.56	5.60	5.71
Indeks viskoznosti	109	109.5	110	113

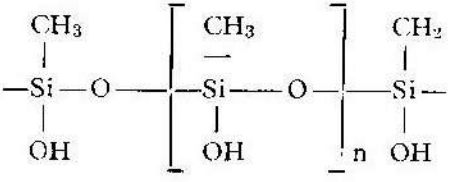
bnost regulacije pjene, bilo da smanjuju njenu količinu ili reduciraju njenu stabilnost.

Pjenjenje mazivih ulja neželjena je pojava, a javlja se kod motora koji se podmazuju sistemom suhog kartera (avionski klipni motori, tenkovski i neki drugi motori). U takvim slučajevima ulje cirkulira u zatvorenom krugu pomoću dvije pumpe, kroz motor, izmjenjivač topline i uljni rezervoar. Do intenzivnog pjenjenja ulja doći će ako pumpa za izvlačenje ulja ima veći kapacitet od one koja dobavlja ulje motoru. Problem pjenjenja javit će se i kod onih motora čiji se motorni i prijenosni mehanizam podmazuju jednim uljnim punjenjem. Pjena u ulju uzrokuje heterogen protok ulja, lošije podmazivanje, povećanu potrošnju, te veću brzinu oksidacije maziva. Nadalje, prekomjernim pjenjenjem raste nivo ulja u posudama, usljed čega može doći do probijanja ulja, istjecanja i gubitaka.

Uljna pjena sastoji se od mjehurića plina različite veličine koji se pokreću sa uljem kroz čitav sistem podmazivanja. Sami mjehurići međusobno su razdvojeni vrlo tankim uljnim opnama, čija mehanička čvrstoća umnogome zavisi od prisustva polarnih tvari, površinske napetosti i viskoznosti.

Mogući uzrok nastanka pjene je i razređivanje ulja neizgorjelim gorivom koje je dospjelo u karterski prostor. Dokazano je da jače razređenje pospješuje stvaranje pjene i to prvenstveno usljed prisutnosti plinova.

Kao aditivi protiv pjenjenja mogu se koristiti slijedeći spojevi: poliglikoli, soli kvarterne amonijeve baze i organski polisiloksani. Ovi posljednji, koji se, uglavnom, nazivaju silikoni imaju najbolja svojstva, te se najviše upotrebljavaju.



polimetilsiloksan

Aditivi silikonskog tipa odlikuju se niskom isparljivošću i nižom napetošću površine od ulja. Mehanizam djelovanja ovih spojeva zasniva se na njihovoj sorpcijskoj moći na granici faza ulje-zrak i ulje-metal. Nastali granični filmovi koče difuziju kisika, sprečavajući time termooksidaciju ulja i katalitičko djelovanje metala. Prema nekim autorima depresija pjene sastoji se u sudaranju zračnih mjehurića sa fino emulgiranim sitnim kapljicama netopivog aditiva.

Jedan primjer djelovanja silikonskih aditiva prikazan je u tabeli 3.

Tabela 3

Utjecaj silikonskih aditiva, koncentracija 10 ppm nanastanak pjene mineralnog ulja [8]*

Korišćeni aditivi	Volumen pjene u ml izmjeren na					
	23,9°C		93,3°C		23,9°C poslije 93,3°C	
	poslije 5 min	poslije 10 min	poslije 5 min	poslije 10 min	poslije 5 min	poslije 10 min
Čisto mineralno ulje	500	<10	35	0	420	0
Aditiv A	20	<10	65	<10	410	<10
Aditiv B	40	<10	65	<10	460	<10
Aditiv C	350	<10	20	<10	360	<10
Aditiv D	<10	<10	30	<10	<10	<10

* ppm (engl.) — ptrts-per-million — dijelovi na milion.

Ostali aditivi

Osim opisanih aditiva postoje i drugi manje poznati koji se upotrebljavaju u manjoj količini za posebne namjene. Između njih poznati su deemulgatori, čiji je zadatak razbijanje vodenih emulzija (»voda u ulju«). Sve površinski aktivne supstance mogu se, općenito, dodati mineralnom ulju u tu svrhu, u vrlo malim koncentracijama.

Baktericidi se upotrebljavaju u vodenim emulzijama tekućina za obradu metala. To su poliklorirani fenoli, aromatski nitroderivati triazina. S vremenom se mogu razviti, u emulzijama, novi tipovi bakterija, prema kojima postojeći baktericidi postaju nedjelotvorni, pa se moraju tražiti drugi tipovi. Novi spojevi su oksazini i aminali.

Aditivi pokrivači mirisa su hemijski spojevi različitog sastava koji su topivi u ulju, a pokrivaju neugodan miris mineralnog ulja ili produkata degradacije. Dodaju se u maloj količini, oko 0,01 mas. %.

Aditivi za bojenje uglavnom su organske boje topive u ulju, kojima se želi obojati neko mazivo radi lakšeg raspoznavanja (npr. ulja za automatske menjače, neka hidraulična ulja, i dr.).

Zaključak

— Razvoj kvalitete maziva usko je povezan s razvojem efikasnijeg kemizma aditiva, uz određen utjecaj kvalitete baznog ulja.

— Niska viskoznost visoko učinskih ulja, produženi intervali zamjene i sve veća trajnost opreme diktiraju stalni razvoj kemizma današnjih, kao i novih tipova budućih aditivnih komponenata.

— Znatno je veći broj aditiva sintetskog porjekla u odnosu na one prirodnog, zbog znatno boljih svojstava.

— Daljnji razvoj aditiva ići će, uglavnom, u pravcu iznalaženja višefunkcionalnih, koji će istovremeno popravljati više različitih svojstava baznih ulja.

Literatura:

[1] Garing M.: Ölwechselfristen bei Nutzfahrzeug-Dieselmotoren«, Tribologie und Schmierungstechnik, 1983, 30 (3), 138—145;

[2] Gairing M.: »Anforderungen an Motorenöle für Otto-und Dieselmotoren«, Tribologie und Schmierungstechnik, 1984, 31 (5), 268—273;

[3] Zamberlin I., Mandaković R.: »Aditivi za maziva«, Goriva i maziva, 1986, 25 (5—6), 283—295;

[4] Maček I.: »Primjena pogonskih sredstava«, II dio, TSC KoV JNA, Zagreb, 1976;

[5] Zamberlin I.: »Proizvodnja i primjena suvremenih mazivnih masti«, Goriva i maziva, 1987, 6 (2), 3—14.

[6] Zamberlin I.: »Aditivi za maziva« (VI) i Verčan J.: »Maziva i podmazivanje«, JUGOMA, Zagreb, 1986, 211, 212, 239, 238.

[7] Zamberlin I.: »Razvoj kvalitete maziva u tribološkoj praksi«, Goriva i maziva, 1984, 23 (5—6), 263—271.

[8] Schilling A.: »Motor Oils and Engine Lubrication«, Scientific Publications, Broseley, Shropshire, England, 1968, 2.22, 2.34, 2.24, 2.69.

[9] Korosec P. S.: »Kemizam antioksidanata i primjena u sadašnjim mazivima«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Opatija, 1988 (A/5), JUGOMA, Zagreb, 1988, br. 165.

[10] Hamblin P. C., Kristensen U., Chasan D.: »Bespepelni antioksidanti deaktivatori bakra i inhibitori korozije te njihova upotreba u mazivim uljima«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Opatija, 1988 (B/2), JUGOMA, Zagreb, 1988, br. 162.

[11] Booser R. E.: »CRC Handbook of Lubrication« Theory and Practice of Tribology), vol. II, CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, 1987, 304.

[12] Zamberlin I.: »Sadašnje stanje i budući razvoj aditiva za maziva«, Goriva i maziva, 1972, 11 (2), 3—17.

[13] Bartz W. J.: »Lubricating Effectiveness of Oil-Soluble Additives and Molybdenum Disulfide Dispersed in Mineral Oil«, Lubrication Engineering, 1980, 36 (10), 579—585.

[14] Rumpf T., Schnidlbauer H.: »Einige Anmerkungen zur Wirkungsweise von Additiven in esterhaltigen Schmierölen«, Tribologie und Schmierungstechnik, 1985, 32 (1), 29—33.

[15] Franke W. D.: Schmierstoffe und ihre Anwendung«, Carl Hanser Verlag, München, 1971, 55.

[16] Neudörf P.: »Polimetakrilati kao I. V. impruveri za multigradna ulja«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Bled, 1978 (B7), JUGOMA, Zagreb, 1978, br. 53/78.

[17] Hovemann F.: »I. V. impruveri na bazi ugljenovodika u multigradnim motornim uljima«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Bled, 1978 (B9), JUGOMA, Zagreb, 1978, br. 54/78.

[18] Klaus V.: »Polialkilmetakrilati kao poboljšivači indeksa viskoznosti za hidraulična ulja«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Portorož, 1986 (B/6), JUGOMA, Zagreb, 1986, br. 143.

[19] Ahmedov A. I., Ismailova N. D., Ristanova S. N.: »Polifunkcionalni polimerni aditivi u mazivima«, Himija i tehnologija topliv i masel, 1984. (9), 43—46.

[20] Zamberlin I.: »Kvaliteta modernih mazivnih ulja«, Nafta, 1985, 36 (11), 539—544.

[21] Andrews C. A., Wullschleger E.: Utjecaj detergenta alkalnosti na djelovanje motornih ulja u dieselovim motorima«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Zadar, 1984. (B5), JUGOMA, Zagreb, 1984, br. 119.

[22] Jonkman L., De Jong F., Sant P., Barnes J. R.: »Odnos između molekulske strukture disperzanata na bazi sukcinimida i disperzantnosti čađe«, rad iznesen na simpoziju JUGOMA, Opatija, 1988. (C/4), JUGOMA, Zagreb, 1988, br. 158.

[23] Prohaska B.: »Tehnologija prerade nafte«, skripta, CVTS KoV JNA »General armije Ivan Gošnjak«, Zagreb, 1987, 154.

[24] Hiley R. W.: »Polysulfides as Extreme-Pressure Lubricant Additives«, Lubrication Engineering, 1981, 37 (12), 732—737.

[25] Kotvis P. V.: »Overview of the Chemistry of Extreme-Pressure Additives«, Lubrication Enginering, 1986, 42 (6), 363—366.

Vladeta Đukić,
kapetan I klase

Otkrivanje opasnosti i kontrola kontaminacije pri hemijskim udesima u miru

Uvod

Mnogi garnizoni i kasarne okruženi su ili se nalaze u blizini objekata hemijske industrije. Takvi objekti potencijalno mogu ugroziti okolna naselja i vojne objekte u slučaju da u procesu tehnološke obrade materijala dođe do nekog akcidenta.

Do sada je dolazilo do industrijskih trovanja sa teškim posledicama, pa je stoga verovatno da će sličnih događaja biti i ubuduće, što nameće potrebu obezbeđenja jedinica od mogućih udesa u miru.

Radi toga, na nivou garnizona obrazovana su odgovarajuća stručna koordinaciona tela, sa zadatkom da preduzmu sve potrebne mere kako bi se sprečile ili umanjile posledice mogućih udesa.

Ova tela su u svom radu naišla na brojne probleme, a jedan od njih, o kojem će u ovom radu biti reči, jeste i otkrivanje opasnosti.

Opšti problemi otkrivanja opasnosti

U svim akcidentnim situacijama u svetu došlo je do identične situacije — signal za opasnost nije došao na vreme [8].

Nije moguće razmotriti uzroke svih sociooloških, ideoloških i drugih aspekata, ali je činjenica da su u svim situacijama obaveštenja kasnila upravno proporcionalno težini udesa. Uzroci mogu biti: nepoznavanje opasnosti, kasno otkrivanje opasnosti, strah od posledica, pa sve do onih najdrastičnijih, kao što su strah od odgovornosti i mogućnosti zatvaranja postrojenja (Bopal), mogućnost posledica globalnih razmera (Černobil), politički razlozi, nedolazak stranih turista, i dr.

Reakcije na akcident u našoj zemlji obično su se javljale nakon više sati zakašnjenja (na primer: požar u skladištu veštačkog đubriva u Šibeniku — 5 sati; uklanjanje posledica pri prevrtanju cisterne sa vinil-hloridom u Pančevu počelo je nakon više od 10 sati, itd.).

Prilikom teških akcidenata u drugim zemljama prolazilo je i više dana od udesa do upozorenja na opasnost.

Poznato je da većina otrovnih materija ima kumulativna svojstva, tj. vremenom se u organizmu ljudi izloženih intoksikaciji kumulira toksična doza, koja može biti smrtna ili uzrok trajnih poremećaja.

Trovanje može biti akutno ili hronično, a uzrokovano je prodiranjem ot-

rova u organizam preko organa za disanje, varenje, kroz sluzokožu ili kožu.

Dakle, osnovni problem kojim se bavi ovaj rad jeste kako otkriti opasnost pre nego što dođe do posledica udesa.

Mogućnosti otkrivanja opasnosti

Otrovi u atmosferi najčešće nisu pristupačni ljudskim čulima, ili su to u neznatnoj meri. Osnovni načini otkrivanja mogu se sistematizovati na način prikazan na slici 1, [10].

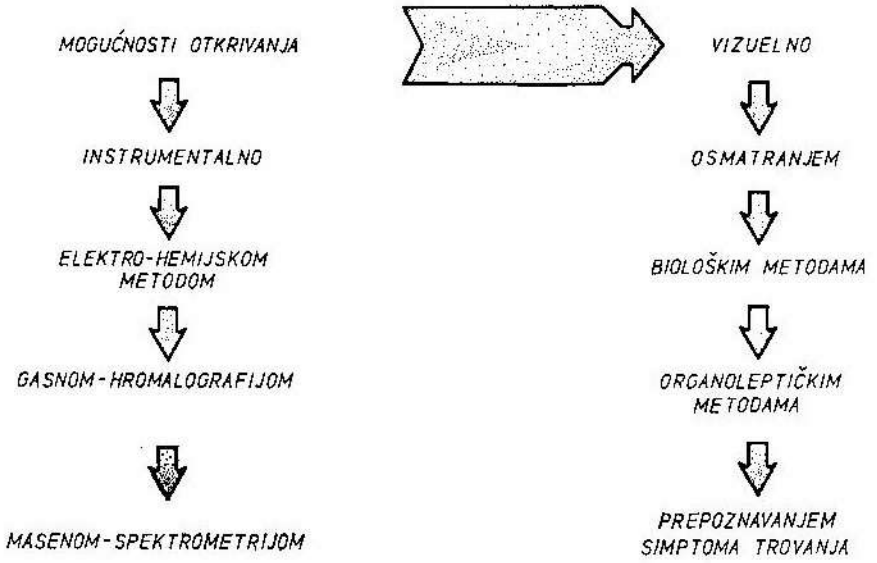
Vreme otkrivanja opasnosti

To vreme se izračunava na sledeći način [2, 3]:

$$T = \frac{D}{V_v} : 60 \text{ [min.]} \quad \ldots (1)$$

gde je:

- D — udaljenost objekta JNA od najbližeg punkta na kojem može doći do udesa [m];
- V_v — brzina vetra kojim otrovni oblak stiže do objekta JNA zadržavajući toksična svojstva [m/s];
- V_v — const. = 5—8 [m/s].



Sl. 1 Mogućnost otkrivanja hemijske kontaminacije

Sve ove metode mogu se ostvariti u raznim fazama kontrole kontaminacije. Međutim, u industriji se koristi veliki broj toksičnih materija, koje mogu za veoma kratko vreme ugroziti ljudstvo na drastičan način i sa katastrofalnim posledicama. Zbog toga, pre svega, treba odgovoriti na pitanje: koliko imamo vremena na raspolaganju da otkrijemo opasnost, da bi ljudstvo bilo sposobno da preduzme mere zaštite pre nego što dođe do posledica?

Primer: kasarna je udaljena 3 km od objekta koji proizvodi amonijak. Kada će biti ugrožena?

$$T = \frac{3000}{5} : 60 = 10 \text{ minuta}$$

Međutim, u ovoj situaciji je nužno da jedinica bude snabdevena specijalnim cedilima koja štite od amonijaka. Ukoliko jedinica nije snabdevena tak-

vim cedilima, koristimo sledeći obrazac [4, 6]:

$$T = \frac{D}{V_v} :60) - (T_p + T_u) \quad \ldots (2)$$

gde je:

T_u — vreme potrebno da se jedinica uzbuni u najnepovoljnijim uslovima, oformi kolonu za evakuaciju i primi naređenje (noću, starešine odsutne). Ovo vreme utvrđuje se probom i snimanjem normi;

T_p — vreme koje je potrebno da jedinica izađe van opasne zone u predviđeni rejon evakuacije.

Primer: $T_u = 5'$; $T_p = 5'$, a $T = 0$ uz ranije uzete vrednosti za D i V_v.

Iz toga se može zaključiti da je ovakva jedinica ugrožena u visokom stepenu i da njen komandant mora posvetiti izuzetnu pažnju zaštiti od udesa.

Ukoliko je $T > 0$, vreme za davanje signala orijentirno možemo proceniti prema obrascu:

$$T_1 = \frac{1}{2} T \quad \ldots (3)$$

Primer: ukoliko je jedinica udaljena 5 km od mesta udesa, a vreme reakcije $(T_p + T_u)$ iznosi 15 minuta, koliko imamo vremena da otkrijemo opasnost?

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{D}{V_v} :60\right) - \left(T_p + T_u\right)\right] =$$

$$= 0{,}83' \approx 50''$$

Naravno , ukoliko zaštitne maske imaju zaštitnu moć za medij kod kojeg je došlo do udesa, vreme reakcije biće 0, a tada je vreme uzbunjivanja:

$T_1 = 8'\,20''$

U većem broju slučajeva zaštitna maska ima ograničenu zaštitnu moć. Koliko ona iznosi nije naučno potvrđeno, pa na osnovu iskustva inžinjera u RO »Polikem« i RO »Kepol« iz Zadra možemo pretpostaviti da će zaštitna moć cedila orijentirno iznositi 5—15'.

U tom slučaju ovo vreme se oduzima od vremena reagovanja i vreme uzbunjivanja izračunava se po obrascu:

$$T_1 = \frac{1}{2} \cdot \left[\left(\frac{D}{V_v} :60\right) - \left(T_p + T_u\right) - T_z\right] \quad (4)$$

što za vrednosti iz gornjeg primera i $T_z = 5'$ iznosi $T_1 = 3'\,20''$.

Dakle, na osnovu navedenih obrazaca može se orijentirno izračunati potrebno vreme za davanje signala za opasnost (uzbunjivanje jedinica) za svaki konkretan slučaj.

U svakom slučaju, možemo zaključiti da je vreme za uzbunjivanje jedinica veoma kratko, pogotovu ako je udes izbio na postrojenjima za obradu visokotoksičnih materija ili materija od kojih cediło zaštitne maske ne pruža zaštitu (odnosno pruža je ograničeno vreme koje nije egzaktno utvrđeno).

Uopšteno, uzevši, to vreme kreće se u rasponu od 1 do 5 minuta.

Mogućnosti jedinica za otkrivanje opasnosti u datom vremenu

Jedinica ne raspolaže svim sredstvima i mogućnostima navedenim u slici 1. Naprotiv, opasnost se može otkriti na sledeći način:

— dobijanjem informacije od službe 0i0;

— uspostavljanjem direktne veze sa dežurnom službom u RO koja posluje sa opasnim materijama;

— osmatranjem;

— upotrebom formacijskih sredstava hemijske detekcije [HD M11B, HD M1, VPHR-54 (S), eventualno AHD, ARHD].

Pošto je prethodno konstatovano da se prva dva načina, iako najbolja, ne mogu smatrati dovoljno efikasnim, može se zaključiti da je jedino siguran treći način. Upotreba sredstava detekcije moguća je tek kada otrovni gas stigne do kasarne.

Zbog toga je u kasarnama koje se nalaze u blizini objekata visokog rizika jedini pravi izbor osmatranje tog objekta, što se može organizovati na razne načine, shodno specifičnostima garnizona, uz uslov da bude neprekidno i da određeno ljudstvo bude za to dobro obučeno.

Domet otrovnih isparenja i njihovo trajanje

Ako jedinica na vreme preduzme potrebne mere, uspešno će biti razrešena početna kriza. Međutim, otrovna isparenja kreću se nošena vetrom izvesno vreme i često menjaju pravac kretanja. Od toga zavisi čitav niz zaštitnih mera koje treba preduzeti. Osnova za preduzimanje zaštitnih mera je procena dometa i postojanosti otrovnog oblaka.

Prema postojećem matematičkom obrascu [2], domet para može se izračunati na sledeći način:

$$X = \frac{-5a + \sqrt{25a^2 + \frac{32M}{C \cdot U}}}{2} \qquad (5)$$

gde je:

- X — domet para;
- a — dužina KonZ-a pri isticanju kontaminata;
- M — ukupna masa isteklog kontaminata;
- C — dozvoljena koncentracija prema standardu;
- U — orijentirna, prosečna visina kontaminacije u odnosu na tlo.

Do ove jednačine dolazi se primenom jednačine za koncentraciju na načela za procenu oblika i veličina KonZ-a, datim u Priručniku za procenu i prognozu NH udara, što je, zatim, obrađeno računarom, [7].

Praktično su tri veličine u navedenoj formuli konstantne (za veličinu U obično treba uzeti visinu najviših ljudi, oko 2 m ili 1,8 m).

Na taj način, celokupni domet zavisi od dužine isticanja tečnosti. Na primer, ako je iz rezervoara zapremine 5000 t iscurio vinil-klorid u dužini od 200 m, domet isparenja, pri dozvoljenoj koncentraciji od 75 ppm (1 ppm=2,6 mg/m³, 75 ppm=196 mg/m³), iznosiće 97,8 km.

Trajanje opasnog dejstva primarnog i naknadnog oblaka izračunava se po obrascu:

$$T = \left(\frac{L^2 + 8 \times Ko \times t}{u}\right) \cdot 0{,}5 \text{ [h]} \qquad (6)$$

gde je:

- T — vreme trajanja otrovnog oblaka;
- L — dubina oblaka;
- Ko — koeficijent, iznosi 0,65;
- t — vreme proteklo od nastanka oblaka;
- u — brzina vetra.

Iz navedene jednačine proističe da ako je pre 2 časa stvoren otrovni oblak dužine 1700 m, pri vetru brzine 2 m/s opasnost od primarnog oblaka trajaće 41,5 sati [2].

Opasnost od naknadnog oblaka izračunava se na isti način, ali počev od krajnje granice postojanosti kapljice na tlu. Postojanost na zemljištu izračunava se po Lajtnerovoj formuli [2]:

$$S = \frac{V_{d1}}{V_{d2}} = \frac{P_1}{P_2} \cdot \sqrt{\frac{M_1 \cdot T_2}{M_2 \cdot T_1}} \text{ [h]} \qquad (7)$$

- V_{d1} — brzina isparavanja vode;
- V_{d2} — brzina isparavanja supstance;
- P_1 — napon para vode;
- P_2 — napon para supstance;
- M_1 — molekulska težina vode;
- M_2 — molekulska težina supstance;
- T_1 — temperatura ključanja vode;
- T_2 — temperatura ključanja supstance.

Tako se, na primer, može izračunati da pri udesu sa isticanjem kloracetona, postojanost iznosi 1,28 časova.

Ova jednačina uvažava tzv. normalne uslove (pre svega, temperaturu između 10 i 30°C); za promenu temperature od 1°, postojanost se na odgovarajući način promeni za oko 10% (Nernstova teorema).

Isparljivost se može izračunati za razne potrebe (npr. dimenzije KonZ) po sledećem obrascu [2]:

$$C_2 = \frac{M \times 273 \times P \times 10^3}{22{,}4 \times T \times 760} = \frac{16 \times M \times P}{T} \text{ [mg/m}^3\text{]} \quad (8)$$

gde je:

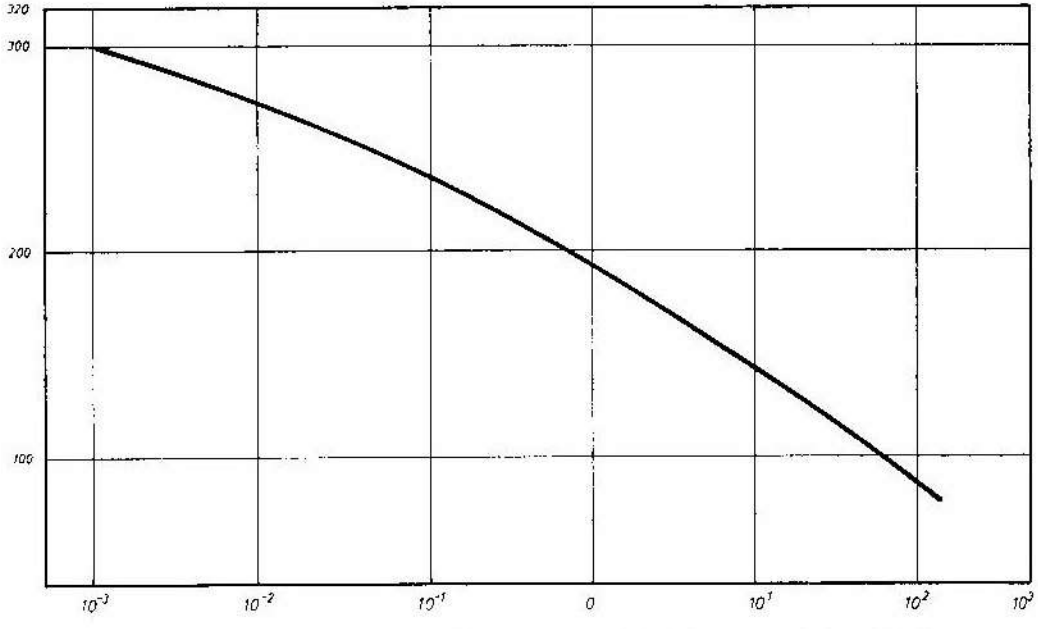
M — molekulska težina kontaminata;
P — napon para kontaminata;
T — temperatura ključanja kontaminata.

gde je:

V — zapremina oblaka;
C_2 — maksimalna koncentracija zasićenja.

Svi navedeni obrasci dati su pod prosečnim uslovima, ne uzimajući u obzir mnoge faktore koji se teško mogu unapred predvideti (pokrivenost tla, meteorološke prilike, karakter tla, uticaj mikroklime, uticaj topografskih objekata, padavine, i sl.), zbog čega u svim procenama treba ići na povećani faktor sigurnosti. Uticaj vetra prikazan je na slici 3.

Navedeni obrasci mogu se na jednostavan način programirati za obradu podataka korišćenjem informatičkih si-



Sl. 2 Odnos između tačke ključanja (760 mm Hg) i koncentracije zasićenja

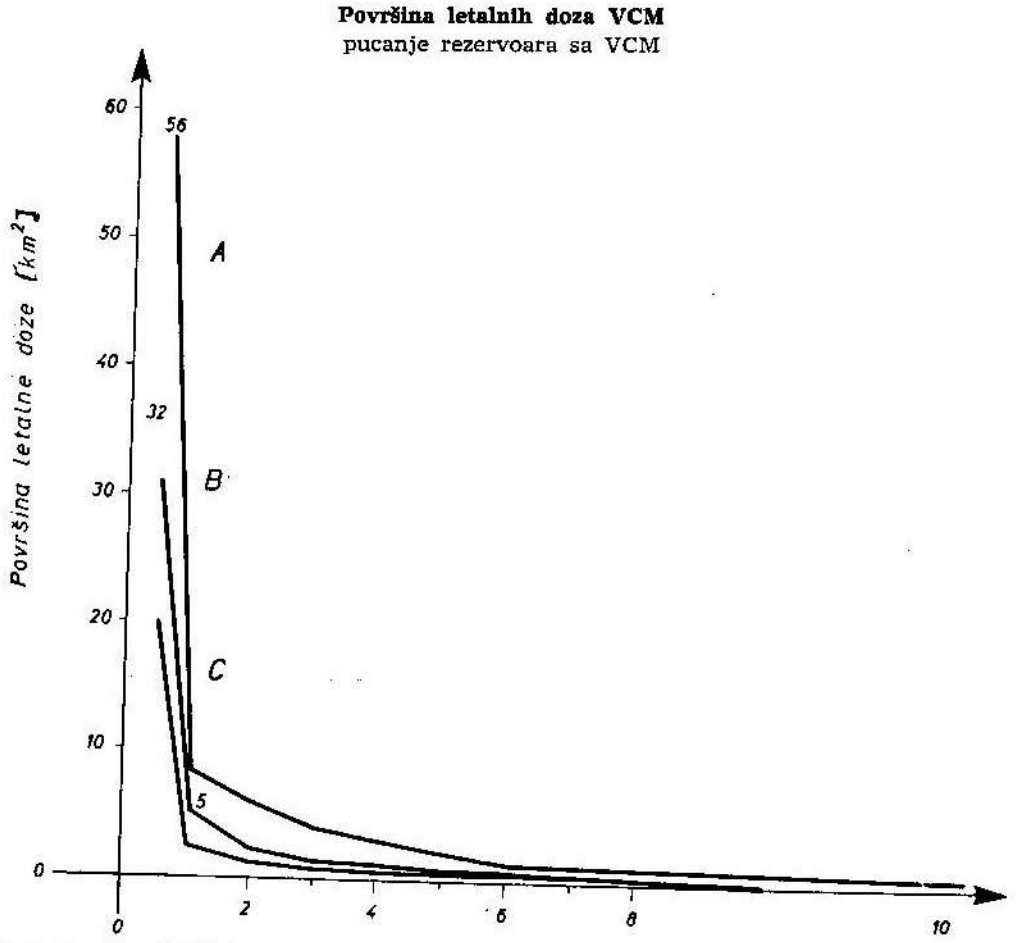
Unošenjem prethodnih parametara za kloraceton lako se može izračunati koncentracija zasićenja, koja iznosi 4,879 mg/m³ (za VCM 2,89 mg/m³, sl. 2).

Zahvaljujući tom obrascu može se izračunati i zapremina oblaka [4]:

$$V = M/C_2 \text{ [m}^3\text{]} \quad (9)$$

stema, tako da za određene vrednosti varijabli kompjuter daje korisniku preporuku o postupku koji treba primeniti u raspoloživom vremenu.

Dakle, može se zaključiti da je potrebno stalno praćenje kretanja otrovnog oblaka, koji nošen vetrom može će-



Sl. 3 Površina letalnih doza VCM: A — Pri istakanju 100%; B — Pri istakanju 50%; C — Pri istakanju 30%

sto menjati pravac i koncentraciju, te potrajati i više dana. Praćenje promene opasnosti predstavlja osnovni uslov svih daljnjih taktičkih i tehničkih postupaka, te života i rada u uslovima H — akcidenata u miru.

Rezultati ispitivanja indikatorskih sredstava

Zbog svega što smo naveli, kao i zbog velike količine otrovnih materija sa kojima se posluje u mnogim gradovima, izvršeno je opitovanje, sa ciljem da se utvrdi da li se raspoloživa formacijska sredstva naših jedinica mogu koristiti za otkrivanje opasnosti.

S obzirom na skromne uslove za izvođenje opita, ispitivanje indikatorskih sredstava zasnovano je na sledećim osnovnim pretpostavkama:

— najpre je izvršena provera indikatorskih sredstava kod veoma visokih koncentracija i eliminisani su gasovi na koje sredstva nisu reagovala;

— zatim je izvršena provera kod ekstremno niskih koncentracija, koje se javljaju u uslovima radnog ambijenta. Sva indikatorska sredstva na kojima se reakcija ispoljila reagovala su istovetno u oba slučaja.

Vršena ispitivanja su:

— indikatorskim cevčicama iz kompleta HD;

— indikatorskim papirićima;

— specijalnim cevčicama tipa »Dreger« i »Auer« kojima je rok trajanja istekao pre 5 godina;

— indikatorskim cevčicama i papirićima kojima je istekao rok trajanja (cevčice pre: 3, 7 i 10 godina);

— lakmus-papirom;

— proveravana je mogućnost organoleptičke detekcije;

— prikupljeni su podaci o potrebnim merama za pružanje prve pomoći.

Opiti su izvršeni sa svim materijama koje su se u tom periodu nalazile u lučko-industrijskoj zoni grada Zadra, osim sa flourovodoničnom kiselinom koja je bila u specijalnoj ambalaži u tranzitu.

Probe su ponavljane 2—3 puta, a ako cevčica nije davala rezultate 5—10 puta.

Materije na kojima su opiti izvršeni su:

— vinil-hlorid (VCM);
— hlor-formijat;
— stiren;
— benzin;
— butil-acetat;
— M. E. glikol;
— heksanon;
— metil-alkohol;
— amonijak.

Pre svega, treba istaći najpovoljnije saznanje u oblasti detekcije, a ono se ogleda u sledećem:

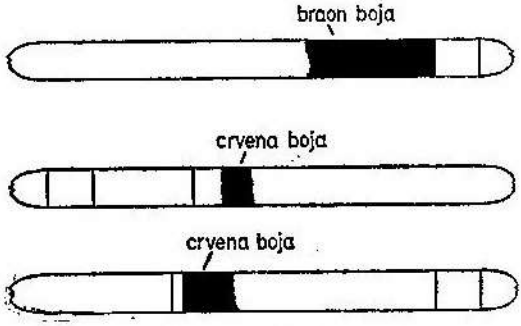
— VMC se ne može otkriti ni na koji drugi način osim specijalnim cevčicama. Prag draži mu je visok, tako da se čovek koji oseti miris već nalazi pod narkotičnim delovanjem i verovatno se neće prilagođeno ponašati;

— hlor-formijat u atmosferi oslobađa fozgen i može se veoma uspešno otkrivati cevčicom na uputstvom predviđen način;

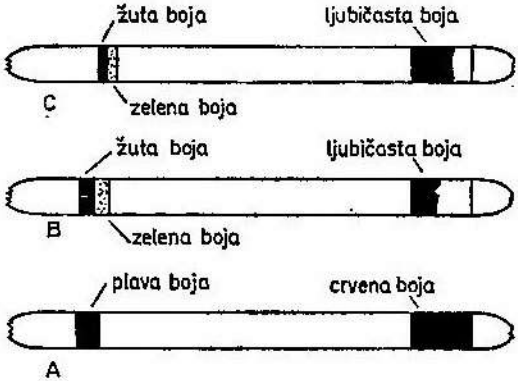
— sve ostale materije mogu se uspešno otkrivati po mirisu pre nego što za čoveka postanu smrtna opasnost.

Daljni rezultati istraživanja dati su u tabeli.

Može se zaključiti da se skoro sve ove materije mogu otkriti na određeni način, izuzev VCM-a za koji je nužno nabaviti specijalne indikatorske cevčice iz uvoza (kojih ima više tipova, a uvoznik je »Jugomontana«, Beograd). Ima mesta i razmatranju mogućnosti za obuku službenih pasa za otkrivanje opasnosti, s obzirom na to da se u svetu godišnje otkrije i sintetizuje veliki broj novih materija, no to nije predmet ovog rada.



Sl. 4 Promena boje cevčica



Sl. 5 Promena boje indikatorskih cevčica: A) Butil-acetat; B) Benzin; C) Stiren

Mogućnost detekcije industrijskih otrovnih materija

Redni broj	Naziv	Smrtnost udisanjem	Spec. cevčice	Indikatorske cevčice												Ind. pap.	Lakmus	Napomena
				Ispr.			−3			−7*			−10*					
				za NBOt	za NBOt	za plik.	N	K	P	N	K	P	N	K	P			
1.	VCM	+	+															Organoleptička detek. nije moguća
2.	Hlor-formijat	+				+			+			+			+			Bez mirisa
3.	Stiren	+				+			+			+						Miris plastične mase i benzin
4.	Benzen	+				+			+			+						Miris benzina
5.	Butil acetat	?			+			+			+							Cevčica se oboji za 3—5', a ne odmah, miris oštar
6.	M. E. Glikol	—																Miris alkohola, slab
7.	Heksanon	2																—
8.	Metil alkohol	—														+		Miris alkohola, papiri izbledeli
9.	Amonijak	+		+														Karakterističan miris amonijaka
10.	Flourovodična kiselina	+		Nije opitovana!														

* Istekao rok upotrebe.

Specijalne cevčice za VCM su nešto veće od formacijskih, ali se mogu uspešno koristiti uz pomoć ručne pumpe hemijskog detektora.

Interesantan je i podatak da se na svim cevčicama (izuzev crvenih pri detekciji amonijaka) pojavljuje ista boja, koja se vremenom pojačava (za nekoliko minuta), a nestaje posle 12—16 časova, i to (sl.4):

— pri detekciji stirena i benzina javlja se bledoružičasta boja, koja postaje crvena nakon 2—3 minuta;

— pri detekciji butil-acetata najpre nema promena, da bi posle 5—10 minuta cevčica dobila crvenoljubičastu boju;

— pri detekciji amonijaka postupak i boja su isti kao pri detekciji NBOt (sl. 5).

Iz tabele je uočljivo i to da je:

— za detekciju hlor-formijata korišćena žutozelena cevčica po uputstvom predviđenom postupku;

— ista cevčica i postupak korišćeni su pri detekciji stirena i benzena;

— za detekciju butil-acetata korišćena plava cevčica, po postupku predviđenom za otkrivanje krvnih BOt.

Indikatorski papirić je izbledeo u prisustvu metil-alkohola, dok na druge materije nije reagovao. Lakmus-papir nije davao nikakvu reakciju.

Iz ranijeg iskustva možemo istaći da je plavom cevčicom uspešno proveravan otrov »ciklon« koji se baca posle obrade skladišta hrane (sastav: 98% HCN).

Opitovanje sa cevčicama kojima je istekao rok upotrebe ne treba uzeti kao potpuno relevantnu činjenicu. Opitovanje smo izvršili s obzirom na to da će jedinice garnizona zahvaćenog akcidentom imati veoma veliki utrošak cevčica (prema nekim procenama oko 200 na dan). U takvoj situaciji, cevčice kojima je istekao rok upotrebe mogu se koristiti samo tako što bi patrola prednju granicu otkrivala ispravnim, a kasnije koristila zastarele cevčice, pretežno u rejonima više koncentracije. Za otkrivanje nailazaka para mogu se koristiti isključivo nove cevčice.

Zaključak

U ovom radu dati su opšti principi za procenu situacije pri H udesima u miru i konkretni rezultati opita proistekli iz potreba jedinica da pravovremeno preduzmu mere zaštite.

Na žalost, što se moglo i očekivati, pokazalo se da formacijska indikatorska sredstva nisu svemoguća. Međutim, dobijeni rezultati pružaju određenu mogućnost saznanja o tome šta treba ubuduće preduzimati radi obezbeđenja jedinica od udesa u miru.

Organoleptička detekcija još jednom potvrđuje svoj veliki značaj, te sve izvođače obuke upućujemo na što doslednije obučavanje vojnika i starešina u smislu sadržaja tačaka 16—19 Uputstva za PNHBOb taktičkih jedinica KoV.

Dobijeni rezultati mogu da posluže kao osnova za rad stručnih koordinacionih tela (garnizona) za procenu NH udesa u miru, koji ih mogu veoma jednostavno primeniti i u svom garnizonu, uvodeći parametre koji su relevantni za određenu teritoriju, odnosno industrijsko postrojenje. To je utoliko značajnije što za raznovrsne potencijalno toksične materije nije ekonomski isplativo vršiti posebne opite, već se uz pomoć iznete metodologije mogu pretpostaviti ispravne teoretske osnove, te doneti pravilne odluke. U nekim od takvih situacija to može značiti život za mnogo ljudi.

Literatura:

[1] Jović R.: »Kako preživeti hemijski rat i najčešća trovanja u miru«, NA, 1972, Beograd.

[2] U ABHO-55: »Hemija BOt«, VIZ, Beograd, 1979.

[3] U ABHO-56: »Hemijsko oružje«, VIZ, Beograd, 1979.

[4] Informacija RO »POLIKEM«, 1988.

[5] Informacija br. 2 RO »POLIKEM«, 1989.

[6] Pejčić M.: »Neki aspekti ponašanja VCM u atmosferi«, Rijeka, 1986, privatno izdanje.

[7] U ABHO-118/2: »Priručnik za prognoze učinaka NiHU«, VINC, Beograd, 1987.

[8] Jović J.: »Diverzantsko-teroristička dejstva NHB sredstvima«, VINC, Beograd, 1987.

[9] Jović R., C. R.: »Protivhemijska zaštita u miru i ratu«, Vojnosanitetski pregled (16/1959, 26/1969, 28/1971, 29/1972).

[10] »International devence review«, 7/87.

Izv. prof. dr Jurij Kolenc,
pukovnik, dipl. inž.

Transport opasnih tvari

Uvod

Transport opasnih tvari predstavlja složeni problem u prometnom sistemu oružanih snaga, kako u miru, tako i u ratu. U svjetskim, evropskim, a i u okviru naše zemlje, pri transportu opasnih tvari dolazi do velikog broja nesretnih slučajeva i nezgoda sa velikim ljudskim i materijalnim gubicima. Zato se nužno moraju preduzimati pooštrene mjere u domeni manipuliranja opasnim tvarima, a posebno njihovom transportu cestama, željeznicom, vodenim i zračnim putevima. Preventivno djelovanje radi povećanja sigurnosti transporta opasnih tvari odvija se u nekoliko pravaca:

— poboljšanje tehničkih performansi transportnih sredstava, sa stanovišta sigurnosti prometa;

— osiguranje tereta na transportnom sredstvu, tako da ne možemo izazvati nezgodu;

— da teret bude tako osiguran da u slučaju prometne nezgode, ne može doći do bilo kakve aktivnosti.

Transport i manipuliranje opasnim tvarima regulirano je zakonima i međunarodnim konvencijama i uputama za pojedine vidove i grane prometa.

Sa stanovišta regulative transporta opasnih tvari u oružanim snagama, posebno se obrađuju i specifična ograničenja i preventiva pri transportu.

Regulativa transporta opasnih tvari

Rukovanje i transport opasnih tvari mora biti u skladu sa propisima zemlje iz koje i u kojoj se transport vrši.

Koliko je ova problematika složena i važna sa stanovišta sigurnosti, pokazuje i briga institucija Ujedinjenih naroda i drugih specijaliziranih međunarodnih institucija (sl. 1 i 2).

Transport opasnih tvari reguliran je saveznim Zakonom o prijevozu opasnih tvari, u daljem tekstu ZOPOT (Službeni list SFRJ broj 27/90), a u međunarodnom transportu Evropskim sporazumom o međunarodnom transportu opasne robe (Službeni list SFRJ broj 59/72 i 61/70, i izmjene i dopune u Službenom listu — Međunarodni ugovori broj 6 od 15. 08. 1978. godine), čije se pojedine odredbe moraju primjenjivati i u našem unutrašnjem transportu.

Opasne tvari, sa stanovišta transporta, prema ZOPOT-u su:

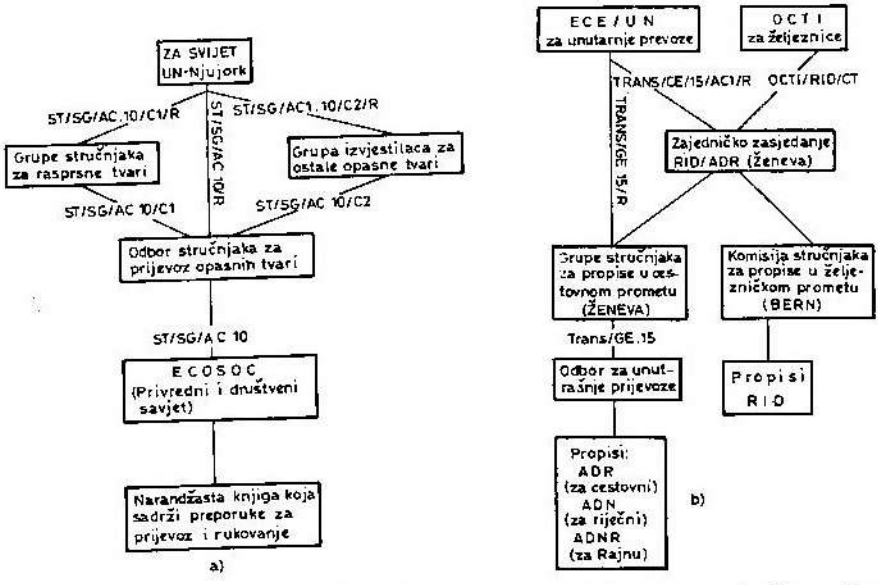
— klasa 1a, eksplozivne tvari;

— klasa 1b, predmeti punjeni eksplozivnim tvarima;

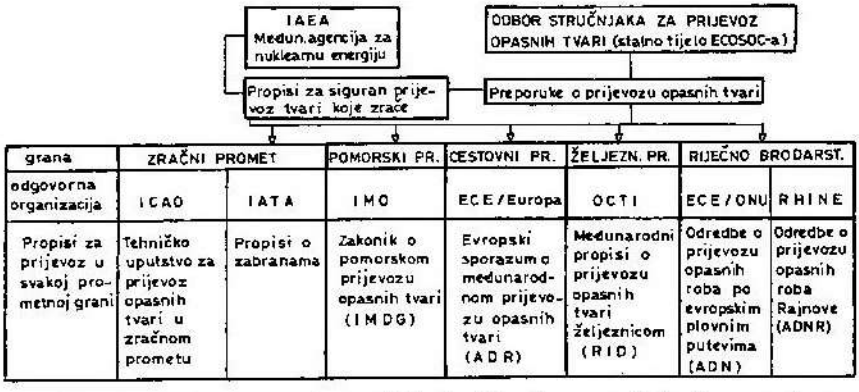
— klasa 1c, sredstva za paljenje, vatrometni predmeti i drugi predmeti;

— klasa 2, stlačeni plinovi, ukapljeni plinovi i plinovi otopljeni pod tlakom;

— klasa 3, zapaljive tekućine;



Sl. 1 Ujedinjeni narodi i opasne tvari: a) za cijeli svijet UN-Njujork; b) za Europu Privredna komisija UN za Europu, ECE-Ženeva



Sl. 2 Nadležnosti pojedinih međunarodnih institucija u pogledu transporta opasnih tvari

Nazivi skraćenica:

ECOSOC — *Economic and Social Council (Privredni i drugštveni savjet)*
IAEA — *International Atomic energy Agency (Međunarodna agencija za atomsku energiju)*
ICAO — *International Civil Aviation Organization (Međunarodna organizacija civilnog zrakoplovstva)*
IMO — *International Maritime Organization (Međunarodna pomorska organizacija)*
ECE — *Economic Commission for Europe (Privredna komisija UN za Europu)*
IATA — *International Air Traffic Asociation (Međunarodno udruženje zračnog prometa)*
OCTI — *Central Office for International Railway Transport (Središnji ured za međunarodni željeznički promet)*

— klasa 4.1, zapaljive krute tvari;

— klasa 4.2, samozapaljive tvari;

— klasa 4.3, tvari koje u dodiru s vodom razvijaju zapaljive plinove;

— klasa 5.1, oksidirajuće tvari;

— klasa 5.2, organski peroksidi;

— klasa 6.1, otrovi;

— klasa 6.2, gadne i zarazne tvari;

— klasa 7, radioaktivne tvari;

— klasa 8, korozivne (nagrizajuće) tvari;

— klasa 9, ostale opasne tvari.

Pored ovih propisa, postoji i Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta (SL SFRJ br. 62/73). U njemu je obrađeno gdje su u transportu stvoreni uvjeti za pojavu statičkog elektriciteta i načini za sprečavanje ove pojave. Pored toga, propisani su i instrumenti za mjerenje statičkog elektriciteta.

Sve specifičnosti transporta opasnih tvari, vezane za transport u cestovnom i željezničkom prometu, unutrašnjim plovnim putevima, pomorskom, zračnom, PTT, zaprežnom i tovarnom prometu, također su regulirane u ZOPOT-u, a za Oružane snage i u Uputstvu o postupku jedinica i ustanova JNA pri transportu naoružanja, municije i eksplozivnih tvari (Službeni vojni list broj 8/77), Uputstvu o prijevozu naoružanja i vojne opreme (Službeni vojni list broj 6/83), Uputstvo o vojnim prevoženjima željeznicom (Službeni glasnik ZJŽ 1/85), tehničkim uputstvom za razna tehnička materijalna sredstva, i drugo.

Elementi tehnologije transporta opasnih tvari

Kada se dopušta transport? Transport opasnih tvari, ako nije apsolutno zabranjen, dopušten je samo:

— ako su na propisan način pakirane i označene;

— ako transportno sredstvo kojim se vrši transport ispunjava propisane uvjete, a u određenim slučajevima i ima posebnu ispravu kojom se dokazuje da tim uvjetima udovoljava;

— ako je za tvari ispostavljena odgovarajuća transportna isprava (tovarni list) i upute o posebnim mjerama sigurnosti koje za transport treba preduzeti, a u određenim slučajevima i posebno odobrenje za njezin transport;

— ako se pri transportu primjenjuju mjere sigurnosti u skladu sa propisima.

Ograničenja u transportu. Transport opasnih tvari — specifičnih za OS, nije dozvoljen za:

— rakete koje pri lansiranju nisu funkcionirale;

— avio-bombe odbačene iz aviona, a koje nisu eksplodirale;

— ručne bombe koje pri bacanju nisu eksplodirale, a koje nemaju zaštitne kapice i osigurače;

— dubinske bombe kompletirane upaljačem, detonatorima i prijenosnim punjenjem;

— bojne glave torpeda;

— protivtenkovske i protivpješadijske mine, kompletirane upaljačima (ugrađenim i armiranim) i detonatorima, kao i one mine koje pri aktiviranju nisu eksplodirale;

— eksploziv na bazi nitroglicerina kod kojeg je došlo do izlučivanja eksploziva;

— municiju koja je prošla kroz cijev oruđa, a nije eksplodirala;

— municiju iz čijih upaljača su ispali osigurači, čija je membrana oštećena ili je tijelo upaljača jače oštećeno;

— municiju koja je pretrpjela promjetnu nezgodu (sudar, prevrtanje, i sl);

— municiju bez ambalaže, osim one za koju ambalaža nije predviđena;

— municiju za koju stručna komisija ocijeni da se ne može transportirati;

— eksplozivne tvari za koje stručna komisija ocijeni da se ne mogu transportirati.

Municija i eksplozivne tvari koje pretrpe požar, detonaciju ili prometnu nezgodu, mogu se transportirati nakon pažljivog pregleda i ukoliko je neophodno da se transportiraju, ako to ocijeni stručna komisija. Pri tome je komisija dužna da odredi vrstu transportnog sredstva, način rukovanja i režim vožnje.

Pakiranje i označavanje opasnih tvari. S obzirom na svojstva, tvari koje se transportiraju, moraju se zapakirati tako da se ne oštete prilikom transporta, da ne oštećuju druge tvari ni transportno sredstvo pri transportu, kao ni prometno i drugo osoblje, niti da ugrožavaju sigurnost prometa, drugih ljudi i imovine uopće.

Pakiranje može biti pojedinačno, skupno pakiranje istovrsnih tvari i zajedničko pakiranje raznovrsnih tvari (ako je dopušteno).

Na ambalaži mora biti natpis s imenom tvari koji se ne može izbrisati, odnosno listice s odgovarajućim simbolom, u skladu s postojećim standardima.

Kod zajedničkog pakiranja natpisi, odnosno listice, moraju označavati sve tvari koje koleto sadrži.

Vrsta ambalaže, njene dimenzije, odnosno sadržaj koleta ili tovara, napisi i listice, kao i postupak s praznom ambalažom precizno su propisani Zakonom o prijevozu opasnih tvari i njegovim aneksom, kao i odgovarajućim uputstvima o transportu opasnih tvari u JNA.

Preventiva u transportu opasnih tvari

Problematika preventive u transportu opasnih tvari precizno je regulirana u ZOPOT-u i Uputstvu o postupku jedinica i ustanova JNA pri transportu naoružanja, municije i eksplozivnih materija.

Ovdje posebno ističemo samo neke elemente preventive u cestovnom prometu, za koje smatramo da su najbitnije, a zakonom su propisane.

1) Osim vozača, u motornom vozilu kojim se prevoze opasne tvari, ako je posebnim odredbama Aneksa B uz ADR predviđeno, mora se nalaziti i suvozač. Iznimno, ako se prevoze manje količine, osim radioaktivnih, suvozača ne mora biti. Manjom količinom smatra se kad u slučaju nezgode ne bi bio ugrožen život osoba koje ne sudjeluju u transportu, niti imovine veće vrijednosti. Osim vozača, suvozača, odnosno pratioca opasnih tvari, na vozilu se ne smiju nalaziti druge osobe.

2) Vozač vozila od momenta primitka opasnog tereta do njegove predaje ne smije se udaljavati od vozila. Iznimno, ako to mora, smije se udaljiti samo ako vozilo ostavi pod nadzorom suvozača, svog pomoćnika ili pratioca tereta.

3) Za vrijeme vožnje vozilom kojim se prevozi opasan teret, vozač je dužan upravljati naročitim oprezom. Zbog toga se takvi prijevozi smiju provjeravati samo ISKUSNIM i NAROČITO POUZDANIM vozačima. U granicama dopuštene brzine kretanja, stanja vozila i ceste, te okoline, brzina ne smije prelaziti 70 [km/h], odnosno 80% najveće dopuštene brzine u danim okolnostima.

4) Vozila natovarena opasnim tvarima ne smiju se zaustavljati, niti parkirati u naseljenim mjestima. Ako je to nužno, zbog kvara vozila ili prometne nezgode, vozač je dužan preduzeti slijedeće:

— po danu postaviti iza vozila dva znaka kojim se označava motorno vozilo zaustavljeno na kolniku;

— od prvog sumraka do potpunog svanuća, kao i za smanjene vidljivosti uopće — osim tih znakova, postavljaju se svjetiljke s treperavim ili stalnom svjetlošću narandžaste boje;

— pored toga, vozač zaustavljenog vozila dužan je uputiti svog pomoćnika, odnosno, pratioca opasnog tereta, da se postavi na udaljenosti od 100 do 150 m iza zaustavljenog vozila, a po noći da

svjetiljkom upozorava vozače vozila koji nailaze, kako bi mogli pravovremeno zaustaviti ili usporiti kretanje vozila i sigurno obići zaustavljeno vozilo.

5) Pri svakoj eventualnoj nezgodi koja se dogodi pri prijevozu opasnih tvari, koje posljedice posada vozila ne može ukloniti i nastaviti sa vožnjom, jedan član posade dužan je odmah obavijestiti najbliži organ SUP-a ili stanicu milicije. Ako osim vozača u vozilu nema druge osobe, tada je svaka osoba koja se zatekne na tom mjestu, ili na njega naiđe, dužna na zahtjev vozača o nezgodi obavijestiti najbližu stanicu milicije.

6) Osobe koje su uključene u tehnologiju rukovanja i transporta opasnih tvari moraju biti stručno osposobljene. Opasnim tvarima mogu rukovati samo punoljetne osobe koje su navršile 21 godinu i koje su za to stručno osposobljene.

Prema međunarodnom sporazumu ADR, evropske zemlje vrše stručno osposobljavanje na tečajevima po slijedećem:

a) osnovni tečaj, 16 sati;

b) tri (za sada) produžena tečaja, po 16 sati, i to:

— za prijevoz tvari klase 2 (stlačeni plinovi, ukapljeni plinovi i plinovi otopljeni pod tlakom);

— za prijevoz tvari klase 3 (zapaljive tekućine);

— za prijevoz tvari klase 5.1, 6.1 i 8 (oksidirajuće tvari, otrovi i korozivne tvari).

Transport opasnih tvari, u preventivnom smislu, mora se obavljati samo STROGO propisanim načinom, a organiziranje i izvršenje mogu obavljati STRUČNO osposobljeni izvršioci, posebno pripremljeni za izvršavanje takvih zadataka.

Preventiva u transportu opasnih tvari u drugim granama i vidovima transporta također je regulirana odgovarajućim međunarodnim i domaćim propisima.

Ekologija i transport opasnih tvari

Problemi transporta opasnih tvari izravno su povezani sa ekologijom, odnosno zatšitom životne sredine.

Najveći dio opasnih tvari prevozi se u cestovnom, željezničkom i pomorskom prometu.

No, transport opasnih tvari cestama koje često prolaze naseljenim mjestima, nameće vrlo složene ekološke probleme.

Najjača zagađenja, po intenzitetu, mogu nastupiti kod havarija auto-cisterni za transport nafte i naftnih derivata, benzina i proizvoda kemijske industrije, ako se to dogodi u području vodocrpilišta ili naselja.

S druge strane, kod transporta eksplozivnih tvari, pri havariji, mogu nastati vrlo nepovoljni efekti za bližu i širu životnu sredinu.

Svaki transport opasnih tvari predstavlja potencijalnu opasnost za čovjeka i njegovu okolinu, bez obzira na preduzete mjere opreza.

Kako bi se izbjegle neželjene posljedice, a posebno one koje mogu biti prouzrokovane faktorom »čovjek«, nužno je strogo se pridržavati svih propisanih tehnoloških procedura. Organizatori transporta opasnih tvari trebalo bi više nego do sada koristiti iskustva razvijenih zemalja, kao što su:

— utvrđivanje specijalnih itinerera transporta;

— utvrđivanje posebnih vremenskih termina transporta;

— određivanje specijalnih zona za zaustavljanje i parkiranje vozila, i sl.

Zaključak

Polazeći od problema vezanih za transport opasnih tvari u oružanim snagama, dolazi se do spoznaje da je ova problematika vrlo precizno sankcionirana propisima Ujedinjenih naroda, evro-

pskih, jugoslovenskih, do propisa u JNA. Njihovim striktnim poštovanjem moguće je potpuno isključiti subjektivne faktore u izazivanju negativnih posljedica.

Posebni problemi javljaju se u cestovnom prometu, gdje je otkazivanje ljudske karike u sistemu sa većom vjerojatnošću. Prema tome, u domeni organiziranja i izvršenja transporta u cestovnom prometu za potrebe JNA, u preventivnom smislu, treba više uraditi na osposobljavanju svih učesnika u transportu opasnih tvari. To se posebno odnosi na adekvatno »približavanje« svih propisa, u vidu uputstva, neposrednim izvršiocima na transportnim sredstvima.

Činjenica da se adekvatnim istraživanjem u ovoj domeni u JNA došlo do novih naučnih spoznaja, kao i da je na snazi novi savezni Zakon o prijevozu opasnih tvari, nužno je sve vojne propise iz ove domene prilagoditi tome.

Literatura:

[1] F. Rottim i dr.: Prijevoz opasnih tereta u cestovnom prometu«, Jugoslovensko savjetovanje o tehničkoj zaštiti u prometu, Zbornik radova I, Kumrovec, 1990.

[2] M. Uzelac: »Prevoženje opasnih materija, UBS i MES, te naročitih pošiljaka motornim i priključnim vozilom u OS«, Savjetovanje o bezbjednosti putnog i željezničkog saobraćaja u OS, Zbornik radova I, Zagreb, 1989.

[3] »Prijevoz opasnih tvari u cestovnom prometu (ADR)«, Centar za vozila Hrvatske, Zagreb, 1982.

[4] D. Topolnik: »Prijevoz opasnih tvari«, Simpozij sigurnosti i ekološki aspekti prometnog sistema Jugoslavije, Zbornik radova, Zagreb, 1988.

[5] »Zakon o prijevozu opasnih tvari«, SL SFRJ broj 27/90.

[6] »Zakon o javnim cestama«, Narodne novine broj 20/90.

[7] »Uputstvo o postupku jedinica i ustanova JNA pri transportu naoružanja, municije i eksplozivnih materija«, Službeni vojni list broj 8/77.

[8] »Uputstvo o prevoženju naoružanja i vojne opreme«, Službeni vojni list broj 6/83.

Zvonimir Rakić,
pukovnik

Vazdušni transport tenka M-84

Uvod

Transport je područje, koje u kratkom vremenskom razdoblju doživljava velike promene, a vrlo je verovatno da će u budućnosti donositi još mnoge novosti. Jedna takva novost je transport tenka M-84 avionom IL-76.

Organizator vazdušnog transporta je Savezna direkcija za promet i rezerve proizvoda sa posebnom namenom — Odeljenje za poslove transporta, carinjenja i osiguranja.

Osnov za transport tenka M-84 je odluka načelnika Generalštaba oružanih snaga SFRJ da se, u vezi s pozivom Ministarstva odbrane Države Kuvajt, organizuje prikaz tehničkih, manevarskin i borbenih mogućnosti tenka, izvrši obuka kuvajtske posade u vožnji, gađanju iz nepokretnog tenka i pokreta u nepokretne mete, te proba izdržljivosti tenka na terenima Kuvajta.

Cilj prikaza tenka M-84 je njegova afirmacija radi plasmana u oružane snage Kuvajta, kao i dalje razvijanje dobrih odnosa između oružanih snaga SFRJ i Države Kuvajt.

Organizaciji vazdušnog transporta tenka M-84 pristupilo se zbog iračko-iranskog rata koji se vodio u vreme prikaza, jer drugi vid transporta nije bio moguć. Najznačajniji problemi organizacije vazdušnog transporta bili su:

1. izbor tipa i vlasnika aviona za vazdušni prevoz specijalnim letom;
2. dovođenje mase i dimenzije tenka M-84 u dozvoljene gabarite tovarnog profila aviona;
3. utovar-istovar tenka M-84 u avion, njegovo učvršćivanje i određivanje težišta u avionu.

Razrešenju nastalih problema pristupilo se na sledeći način.

Izbor tipa i vlasnika aviona za vazdušni prevoz specijalnim letom

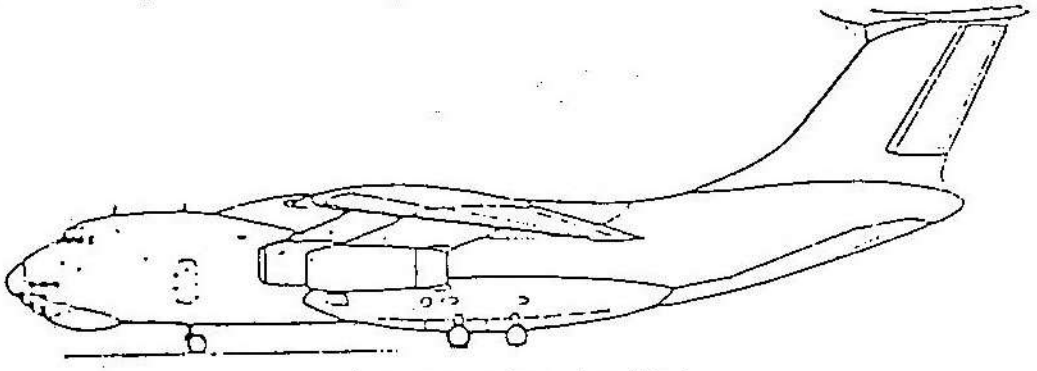
Vazdušnim transportnim sredstvima koje poseduju jugoslovenski prevoznici JAT, ADRIA AIRWAY, AVIOGENEX i RV i PVO nije se mogao izvršiti prevoz tenka M-84, jer su masa i dimenzije tenka M-84 prelazili njihovu nosivost.

Prevoz tenka M-84 specijalnim letom mogle su izvršiti sledeće kompanije:

1. »HEAVY LIFT« avio-kompanije Engleske — specijalizirane za prevoz vangabaritnih tereta avionima tipa »BELFAST«;
2. »AEROFLOT« avio-kompanija SSSR-a transportnim avionima tipa IL-76, AN-22, AN-124;
3. oružane snage SAD angažovanjem vojnog transportnog aviona tipa C-5B;

4. druge avio-kompanije i oružane snage zemalja NATO i VU, neutralne i nesvrstane zemlje, koje raspolažu transportnim avionom odgovarajuće nosivosti i dimenzija tovarnog prostora za smeštaj tenka M-84.

Zbog bezbednosno-političke situacije u vreme prevoza i kalkulacije transportnih troškova, odlučeno je da se tenk preveze avionom IL-76 Ministarstva odbrane Republike Irak (sl. 1).



Sl. 1 Transportni avion IL-76

U uslovima za pripremu tenka M-84 za vazdušni transport, vozar je postavio sledeća ograničenja za prevoz:

1. tenk M-84 prevozi se u rastavljenom stanju — odvojeno **telo tenka sa gusenicama od kupole sa postoljem i topom;**

2. maksimalna masa jednog komada za utovar u avion ne sme biti veća od 28 tona, a širina 3,37 m sa tačno označenim težištem;

3. daskama debljine 5 cm popločati pod aviona radi ojačanja i ravnomernijeg opterećenja aviona na celoj površini;

4. za obezbeđenje rampe za utovar-istovar tenka M-84 u avion, obezbediti drvene podmetače dimenzija 70x30x30 cm, 56x30x30 cm, 28x30x30 cm;

5. avion osigurati kod Zajednice osiguranja u SFRJ ili drugih osiguravajućih kompanija u svetu, od šteta koje mogu nastati u avionu IL-76 prilikom utovara-istovara tenka M-84;

6. obezbediti dobrog vozača tenka radi pružanja pomoći prilikom utovara-istovara tenka.

Svi zahtevi prevozioca su ispunjeni na sledeći način.

Dovođenje mase i dimenzije tenka M-84 u dozvoljene gabarite tovarnog profila aviona IL-76

Udovoljenje zahtevima prevozioca moguće je rastavljanjem tenka na dva dela: TELO i KUPOLU (na sl. 2 i sl. 3).

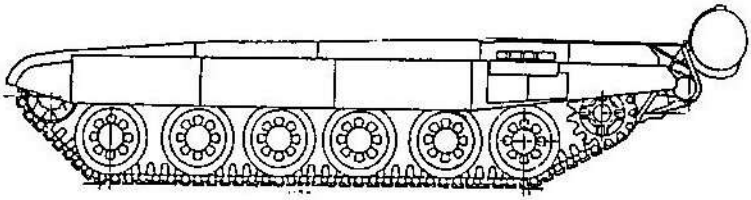
Dimenzije tela tenka M-84

— masa bruto	27.000 kg
— dužina	6,60 m
— širina	3,37 m
— visina	1,52 m

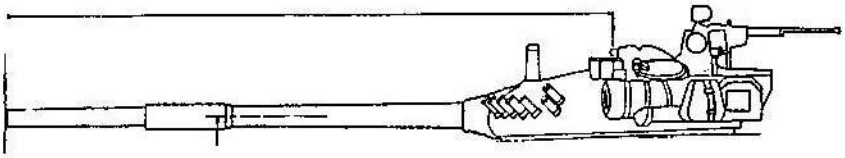
Dimenzija kupole tenka sa posteljicom i topom

— masa bruto	15.000 kg
— dužina	7,80 m
— širina	2,55 m
— visina	1,55 m

Kupola tenka sa posteljicom i topom posebno je pripremljena za transport. Fiksirana je na mobilno postolje koje se koristilo prilikom utovara-istovara.



Sl. 2 Telo tenka M-84



Sl. 3 Kupola tenka M-84 sa posteljicom i topom

Utovar-istovar tenka M-84 u avion IL-76, njegovo učvršćivanje i određivanje težišta u avionu

Utovar-istovar tela tenka M184 u avion IL-76 izvršen je korišćenjem sopstvenog pogona, upravljanjem odlično obučenim vozačem tenka.

Utovar-istovar je izvršen sa velikom preciznošću posade (vozača) tenka M-84, jer je razlika širine tovarnog prostora u avionu, u odnosu na širinu tela tenka iznosila 2 cm.

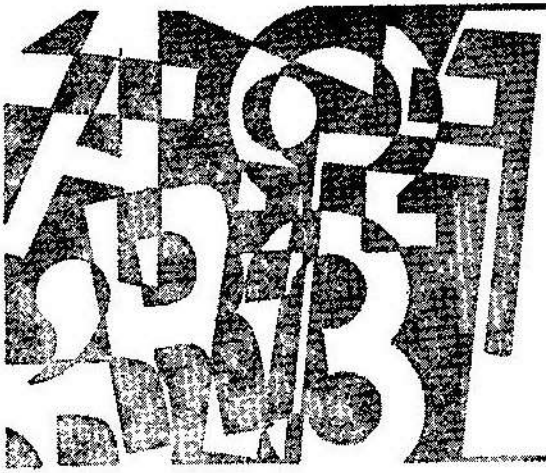
Utovar-istovar kupole tenka sa postoljem i topom izvršen je preko mobilnog postolja i vitla aviona, vučenjem preko koturače koja je fiksirana u avionu, uz odgovarajući nagib utovarne rampe prilikom utovara-istovara.

Pričvršćivanje tela tenka i kupole tenka sa posteljicom i topom izvršeno je formacijskim sredstvima vazduhoplova, lancima i fleksibilnim trakama za višekratnu namenu. Dužina lanaca i traka bila je 20—30 cm od bokova aviona i obezbeđivala je sigurnost u transportu.

Težište tela tenka i kupole tenka sa posteljicom i topom bilo je jasno označeno bojom, što je služilo posadi prilikom pravilnog rasporeda i slaganja tereta u avion IL-76.

Zaključak

Ovako organizovan i izvršen transport tenka M-84 omogućio je prikaz tehničkih , manevarskih i borbenih mogućnosti tenka, što je uticalo da se predstavnici Ministarstva odbrane Države Kuvajt odluče za kupovinu ovog tipa tenka.



prikazi iz inostranih časopisa

Nastavak razvoja oružja za »Rat zvezda«*

Godine 1983. SAD su formulisale program nazvan »Strateška odbrambena inicijativa« u okviru koje se vode diskusije o sveobuhvatnoj protivraketnoj zaštiti sa elementima koji baziraju u kosmosu. Danas su vojni stručnjaci jedinstveni u mišljenju da je tadašnja tvrdnja »učiniti da nuklearno naoružanje bude nepotrebno i zastarelo« više deviza nego cilj programa. Smatra se da je cilj »Strateške odbrambene inicijative« realniji — na bazi opsežnih istraživanja stvoriti naučno-tehničke pretpostavke za donošenje argumentovanog rešenja za stvaranje sistema protivraketne odbrane, za određivanje konkretnih varijanti strukture protivraketne odbrane i tehničkih rešenja sredstava koja ulaze u njen sastav.

U navedeni program integrisana su sva istraživanja u oblasti protivraketne odbrane, koja su koštala oko 40 milijardi dolara. Pri tome razmatrane koncepcije ustrojstva protivraketne odbrane pretpostavljale su potrebu odbijanja masovnog raketnog napada hiljada međukontinentalnih balističkih raketa, lansiranih sa kopna ili iz podmornica, sa nekoliko hiljada nuklearnih bojnih glava. Stručnjaci su smatrali da bi efikasna zaštita od takvog raketnog napada bila organizacija višeešelonske protivraketne odbrane koja bi mogla da uništava napadačke rakete na svim tačkama njihovih putanja. Svaki takav ešelon imao bi sopstveni podsistem sredstava za otkrivanje i uništenje.

Usvojeno je da se putanja balističke rakete deli na četiri deonice: deonica ubrzanja u kojoj raketni motor obezbeđuje raketi potrebnu brzinu; deonica razdvajanja u kojoj se od nosača odvajaju bojne glave i tzv. lažni ciljevi koji imitiraju stvarne bojne glave; srednja deonica kada se bojne glave i lažni ciljevi kreću po balističkim putanjama u kosmičkom prostoru; završna deonica kada bojne glave i lažni ciljevi ulaze u gusti sloj atmosfere.

Prva deonica traje nekoliko stotina sekundi kada su napadačke rakete veoma osetljive na sredstva protivraketne odbrane i mogu se, kao laki ciljevi, uništiti oružjem usmerenog dejstva ili specijalnim oružjem koje dejstvuje kinetičkom energijom. Jako IC zračenje mlaza raketnog motora omogućuje sredstvima osmatranja iz kosmosa da odrede poziciju rakete. Uniš-

* Prema podacima iz časopisa „Техника и вооружение" br. 3 i 4/1990.

tenje rakete u prvoj deonici putanje znači i uništenje svih njenih bojnih glava.

I druga deonica putanje rakete traje nekoliko stotina sekundi. Pri letu kroz kosmos lažni ciljevi (konstrukcije od metala i plastike i baloni od metalizirane folije) po parametrima svojih putanja i brzini malo se razlikuju od bojnih glava. Veliki broj lažnih ciljeva i bojnih glava imaju slabo zračenje, pa je njihovo presretanje na balističkoj deonici putanje težak zadatak za sredstva protivraketne odbrane, uglavnom zbog malog IC zračenja i nedovoljnog odbijanja od njih toplotnog zračenja Zemlje. Razmatra se mogućnost otkrivanja prema odbijenim signalima radarskih i laserskih lokatora. U toku otkrivanja potrebno je rešiti zadatak selekcije lažnih ciljeva.

Završna deonica počinje ulaskom u guste slojeve atmosfere i traje oko 2 minuta. Laki objekti, uključujući neke tipove lažnih ciljeva, usporavaju let zbog otpora vazduha i zatim sagorevaju, dok bojne glave produžavaju let po svojim putanjama.

Program »Strateške odbrambene inicijative« obuhvata istraživanja u svim oblastima tehnike gde je moguć prelazak na konstruisanje sredstava za otkrivanje i presretanje raketa na svim deonicama putanja njihovog leta.

Program razvoja sredstava za protivraketnu odbranu sastoji se od pet potprograma sa znatnim brojem projekata: sredstva za otkrivanje, hvatanje, praćenje i potvrđivanje uništenja cilja; oružje sa usmerenom energijom; obezbeđenje naučno-istraživačkog i opitno-konstruktorskog rada.

Do sada, od svih projekata u fazi »demonstracionih ispitivanja i ocenjivanja« nalaze se projekti za razvoj sistema osmatranja, sistema za vezu i sredstava na presretanje. Ostali projekti nalaze se u fazi »koncepcijskih istraživanja«, a velika se pažnja posvećuje stvaranju oružja sa usmerenom energijom, konkretno, hemijskih lasera koji dejstvuju iz kosmosa, lasera na bazi slobodnih elektrona, eksimerskih lasera sa baziranjem na zemlji, rentgenskih lasera iz kosmosa i akceleratora neutralnih čestica. Ovde, takođe, spadaju i istraživanja za stvaranje sistema preciznog upravljanja snopovima i optičkih sistema velikog prečnika.

Oružje sa usmerenom energijom ima velike potencijalne mogućnosti, ali je za njegovo stvaranje potrebno rešiti mnogo naučno-tehničkih problema vezanih sa originalnim tehnologijama, čiji putevi rešavanja su danas neizvesni. Za ciljeve strateške odbrane potrebno je konstruisati lasere sa energetskom snagom svetlosti 10^{20} do 10^{23} W/sterad. To znači da bi, čak i ako laser ima fizički graničnu moguću difrakcionu divergenciju [odnos dužine talasa zračenja prema prečniku otvora (aperture)], veličina njegove snage morala biti reda desetine MW (ako se bazira u kosmosu) i reda GW (ako se bazira na Zemlji).

Radovi na razvoju različitih tipova lasera za program »Strateške odbrambene inicijative« nalaze se u različitim fazama razvoja, a u svome razvoju najdalje su odmakli hemijski laseri (najsnažniji od njih u SAD je hemijski laser srednje snage od 2,2 MW). Godine 1986. pri ispitivanju ovog lasera uništen je stepen rakete »TITAN«, a 1989. laser je iskorišćen u eksperimentalnom presretanju rakete vazduh-vazduh u vazduhu. Međutim, konstrukcija lasera ovog tipa došla je do granica mogućnosti, a problem dobijanja male ugaone divergencije zračenja ipak nije rešen. Zbog toga su sada hemijski laseri manje privlačni za oružja u sistemu protivraketne odbrane. Drugi tipovi lasera još su u fazi laboratorijskih istraživanja i potrebno je eksperimentalno proveravanje mnogih fizičkih koncepcija za stvaranje njihovih snažnih modela, radi njihovog izlaska iz teoretskih okvira.

Grupa stručnjaka američkog društva fizičara podrobno je analizirala stanje i perspektive istraživanja radi razvoja oružja sa usmerenim dejstvom u okviru programa »Strateške odbram-

bene inicijative«. Iz njihovog izveštaja se vidi da su svim postojećim sredstvima, koja mogu da posluže kao oružje sa usmerenom energijom, potrebna poboljšanja njihovih karakteristika, kako sa aspekta energije zračenja, tako i po kvalitetu laserskog snopa, pre nego što se mogu uzeti u obzir za sistem protivraketne odbrane. Takođe se mora pristupiti usavršavanju pomoćnih tehnologija, kao što su izvori napajanja u kosmosu, navođenje laserskog snopa, otkrivanje ciljeva. Stručnjaci su izvukli opšti zaključak da je, čak i u slučaju najpogodnijih okolnosti, potrebna decenija i više intenzivnijih naučnih istraživanja za akumuliranje tehničkih znanja, na osnovu kojih bi se donelo argumentovano rešenje o potencijalnoj efikasnosti protivraketne odbrane uz pomoć oružja sa usmerenom energijom.

Sve navedene poteškoće izazvale su porast interesovanja za razradu ešelona protivraketne odbrane na bazi već postojećih tehnologija. Jedna varijanta predlaže dvoslojni sistem protivraketne odbrane tako što bi prvi sloj trebalo da uništava balističke rakete na aktivnoj deonici njihove putanje. Sastojao bi se od bojnih kosmičkih platformi sa manjim nenuklearnim raketama sa radarskim ili IC glavama za samonavođenje. Tu spada kosmički kompleks sredstava za osmatranje i otkrivanje raketa i za obradu informacije koja je potrebna za vođenje raketa na cilj.

Drugi sloj protivraketne odbrane trebalo bi da obezbedi uništenje bojnih glava na završnoj deonici njihovih putanja, a za tu svrhu predlažu se presretačke rakete sa baziranjem na zemlji, radarske stanice i vazduhoplovna sredstva za praćenje bojnih glava. Međutim, vlada mišljenje da je vrednost predloženog sistema sumnjiva, jer bi takav sistem protivraketne odbrane štitio samo pojedine vojne objekte, a organizacija takvog sistema je necelishodna iz političkih i ekonomskih okolnosti.

U sferu interesovanja za pojedine delove najnovijih tehnologija spada preko 40 različitih pravaca istraživanja koji su objedinjeni u 6 krupnijih oblasti, interesantnih za razvoj protivraketne odbrane. Tu spada povećanje brzine rada elektronskih računara, pa se radi u oblasti optičkih digitalnih i analognih računara sa perspektivnim arhitekturama i paralelnom obradom podataka, kao i razradom matematičkih algoritama za njih.

U oblasti sredstava za otkrivanje i identifikaciju radovi su usmereni na kvalitetno novi nivo rešavanja problema otkrivanja balističkih raketa i pokazivanje ciljeva aktivnim sredstvima za presretanje iz kosmosa. Od posebne važnosti je da se velika operativnost otkrivanja na daljinama, reda nekoliko hiljada kilometara, kombinuje sa velikom preciznošću vođenja, a još pre ulaska u zonu dejstvovanja zemaljskih ešelona protivraketne odbrane mora da se identifikuje maksimalno mogući broj ciljeva.

Proučavaju se novi tipovi optičkih davača i njihovih sistema, uključujući matrične detektore sa velikim otvorom sa novim tipom superprovodnika i njihovih minijaturnih sistema hlađenja. Istražuju se nove fotoemisione površine sa visokim kvantnim učinkom, a analiziraju se mogućnosti primene sistema dobijanja slike pomoću interferometarskih metoda.

Posebno interesovanje vlada za najnovije metode obrade optičke informacije za precizno određivanje koordinata svake grupe ciljeva u širokom vidnom polju. Pažnja je posvećena i metodama interaktivnog raspoznavanja koje su zasnovane na posmatranju razlika u reakciji bojnih glava i lažnih ciljeva na različite uticaje, na primer, ultrafrekventnim poljem, snopom čestica, itd. Radi se na razvoju ultrafrekventnih uređaja, detektora i prijemnika zračenja.

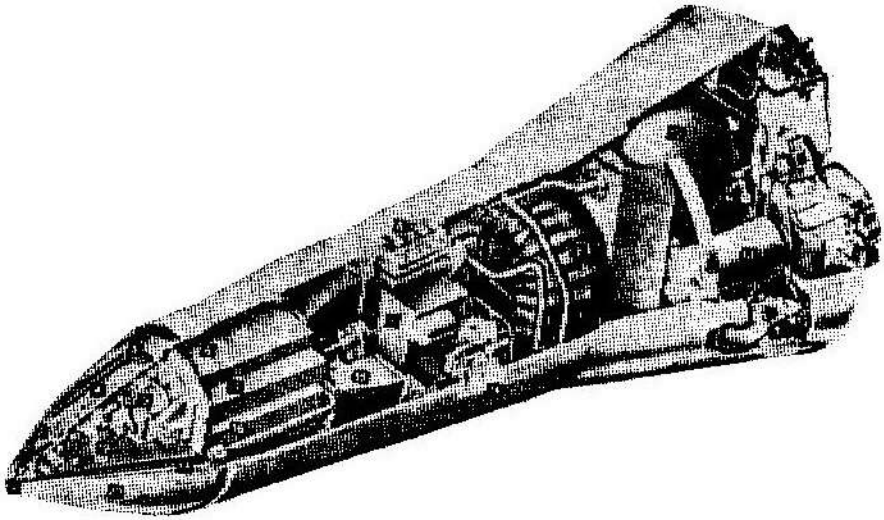
Pokušava se da se kroz proučavanje najnovijih tehnologija dođe do kardinalnog rešenja u razvoju oružja sa usmerenom energijom, koja bi imala ograničenu masu i veliku jačinu svetlosti. Tu spada istraživanje novih ak-

tivnih medija za kratkotalasne hemijske lasere, odgovarajućih nuklearnih izomera za gama-lasere, razvoj kompaktnih akceleratora čestica, itd.

Posvećuje se pažnja netradicionalnim izvorima napajanja, kako nuklearnim, tako i nenuklearnim; perspektivnim materijalima za kosmičke konstrukcije (kompozitni materijali, visokotemperaturni superprovodnici, materijali sa nestabilnim svojstvima); novim strukturama na bazi poluprovodnika; novim vrstama raketnih goriva i koncepcija.

cije; robototehnički uređaji sa ugrađenim sistemima veštačke inteligencije; radari velike osetljivosti; pasivni davači; automatizovani sistemi za otkrivanje i identifikaciju ciljeva; uređaji za obradu velike mase informacija; veoma efikasni raketni motori; elektromagnetski topovi; superprovodljivi uređaji, itd.

Navedena istraživanja mogla bi da utiču na razvoj različitih projekata ratne tehnike. Mikroelektronska tehnika, na primer, utiče praktično na sve sisteme oružja, omogućuje znatno smanji-



Varijanta konstrukcije presretačkog stepena protivrakete: 1 — hlađeni vrh aerodinamičke obloge; 2 — hlađena sekcija aerodinamičke obloge; 3 — IC glava za samonavođenje; 4 — ulazni prozor glave za samonavođenje, izrađen od safira; 5 — mali okvir sa isparivačkim kanalima za hlađenje prozora glave za samonavođenje; 6 — elektronski deo sistema za vođenje; 7 — ugrađeni digitalni računar; 8 — motor za upravljanje oko poprečne ose rakete; 9 — rezervoar sa tečnim azotom za sistem hlađenja; 10 — rezervoar sa gorivom; 11 — motor za upravljanje rotiranja; 12 — motor za upravljanje propinjanja i skretanja presretača; 13 — gasni generator sa čvrstim gorivom; 14 — motor za upravljanje oko vertikalne ose (skretanje); 15 — nenuklearna bojna glava; 16 — elektronski deo; 17 — inercijalni merni blok; 18 — sistem za dovođenje sredstva za hlađenje; 19 — laserski daljinomer; 20 — nehlađena sekcija aerodinamičke obloge.

Za 1990. predviđeno je finansiranje 22 naučno-tehničkih istraživanja, kao što su: razvoj superminijaturnih integralnih kola i tehnologija za njihovu proizvodnju; tehnologija izrade poluprovodnika na bazi galijum-arsenida i drugih jedinjenja bez silicijuma; sistemi za automatsku obradu informa-

vanje mase i dimenzija i razvoj novih koncepcija oružja. Mikrokola na bazi galijum-arsenida, zbog svoje jeftinoće i male podložnosti na radijaciju, postaju osnova radio-tehničkih sredstava i preciznog oružja. Pasivni davači poboljšavaju mogućnosti otkrivanja, određivanja pozicije, klasifikacije, identifikova-

nja ciljeva i praćenja. Tehnika korelacione obrade ima velike perspektive za razvoj sistema upravljanja borbenim dejstvima, izviđanje i elektronsko ratovanje.

Pomoću superprovodnika moguće je napraviti kompaktne i efikasne električne motore, električne generatore, akumulatore energije, osetljive magnetne i elektromagnetne elemente, superbrze procesore, te superprovodne antene.

Kao posledica pojave novih tehnologija u okviru »Strateške odbrambene inicijative« pojavili su se novi projekti. Tako su kosmički presretači (vidi sliku) ušli u fazu demonstracionih ispitivanja, a planirano je da se do 1992. obave dva ciklusa ispitivanja. Grupa nezavisnih stručnjaka ocenila je moguću cenu razrade sistema protivraketne odbrane u koji ulaze sredstva iz »demonstracione faze« ispitivanja. Pored kosmičkih protivraketa tu spadaju kompleksi vanatmosferskog presretanja, IC sistemi za osmatranje i praćenje na aktivnoj deonici putanje, u kosmosu i na završnoj deonici, te sistemi borbenog upravljanja. Prema ovim ocenama za 300 kosmičkih letelica sa 3.000 presretača potrebno je potrošiti 45% od ukupne sume od 115,4 milijarde dolara. Zbog toga se pojavio predlog, da bi sistem protivraketne odbrane mogao pojeftiniti, ako bi se izvršila preraspodela funkcija između različitih elemenata sistema. Konkretno je predloženo da se umesto komplikovanog sistema praćenja cilja, koji je postavljen neposredno na presretaču, poveća domet »hvatanja« sistema za samonavođenje, korišćenjem optičkog sistema velikog prečnika. Cena sistema mogla bi se dalje smanjiti smanjivanjem potrebnog broja satelita u informacionom sistemu.

U vezi s mogućnošću smanjivanja troškova pojavio se projekt »Brilliant pebbls« u kome se koriste rezultati radova najnovijih tehnologija, kao što su širokougaoni teleskop, sinhronizovan sa višespektralnim davačem sa velikom moći razlaganja, višenamenska antena za vezu sa zemaljskim stanicama upravljanja, IC uređaji malih dimenzija, itd.

Po ovom projektu predviđena je razrada raketnog presretača koji bi, bez obzira na male dimenzije, bio opremljen sistemom za praćenje i navođenje na balističke rakete u početnoj fazi njihovih putanja, a njihovo uništavanje bi se vršilo sudarom presretača i rakete. Do danas nema tehničkog rešenja za konstrukciju presretača, mada su već razvijeni prototipovi niza važnih komponenata, kao što su računari i davači, i nalaze se u fazi demonstracionih ispitivanja.

Ključni deo sistema je minijaturna (200 g) IC kamera koja može da otkrije i prati u letu balističke rakete na rastojanju do 2.000 km. Planira se da se ovakvi presretači razmeste u kosmosu u toku narednih 5 godina. Predviđa se da se ovi presretači u perspektivi upotrebe i protiv mobilnih strateških raketa, kao protivsatelitsko oružje i kao izviđačko sredstvo. Nije još sasvim jasno kako bi efikasno dejstvovali sistemi za navođenje presretača u uslovima masovnog lansiranja balističkih raketa, velikog broja lažnih ciljeva i toplotnih ometača.

Ako koncepcija projekta »Brilliant pebbls« bude usvojena i odobrena, može ozbiljno da utiče na proces kontrole naoružanja. Postojeći dogovor o protivraketnoj odbrani zabranjuje ispitivanja svakog kosmičkog oružja koje se može koristiti za presretanje balističkih raketa na putanji leta i bez obzira na to da li se radi o samonavođenoj raketi-presretaču, snažnom laseru, generatoru mlaza ili bilo kojem drugom oružju.

Postoje planovi da se u toku dve godine sva sredstva, koja su ranije bila namenjena za demonstriranje i potvrđivanje koncepcije kosmičkih presretača, usmere na proradu koncepcije »Brilliant pebbls«, i da se privremeno obustave radovi po drugim koncepcijama.

Predviđeno je da se obavi 12 ispitivanja i da se podrobnije utvrde tehničko-ekonomski pokazatelji programa u koje danas mnogi sumnjaju.

Zaključak

Kakva je sudbina programa »Strateške odbrambene inicijative«? Ovaj program je u 1990. dobio 3,8 milijardi dolara. To može da znači da će projekti programa ostati u fazi »koncepcijskih ispitivanja« i »demonstracionih ispitivanja i ocenjivanja«. Jedino se očekuje da će program stvaranja sistema za otkrivanje i praćenje na aktivnoj deonici putanje raketa biti 1991. preveden u fazu punog tehničkog razvoja.

Među stručnjacima vlada mišljenje o tehničkoj nerealnosti stvaranja efikasne protivraketne odbrane u punim razmerama, o njenoj ranjivosti i mogućnosti preduzimanja jeftinih protivmera. Program je čisto vojnog karaktera i nema efikasne primene u građanstvu, ali spada u jedan od najvažnijih i najkrupnijih američkih vojnih programa.

P. M.

Perspektive korišćenja američke automatske puške sa glatkom cevi — sačmarice »USAS-12« za borbene svrhe*

Jedna od prvih pušaka sa glatkom cevi (sačmarica) bila je korišćena u vojnim dejstvima pre skoro 20 godina, kada je privatni trgovac i proizvođač naoružanja (Mitchell L. WerBell, III) nabavio nekoliko pušaka-sačmarica konstrukcije »Maxwell Atchisson« radi vatrenih ispitivanja u Vijetnamu. Sačmarice firme WERBEL MILITARY ARMAMENT CORPORATION bile su efikasne sa mehaničkog aspekta, ali su se pokazale neodgovarajućim za vojnu upotrebu, bar u tadašnjim uslovima.

Znatno veće od konvencionalnih pušaka, puške-sačmarice Wer Bell mogle su biti ispaljivane automatski samo iz ruku obučenih strelaca, a isto tako nisu se mogle koristiti na bojištu. Eventualno nekoliko pušaka-sačmarica bilo je ugrađeno na vozila Jeep ili slična terenska vozila, ali nikad nisu bile primljene u naoružanje, zvanično, za masovnu upotrebu u bilo kojim oružanim snagama.

Od pojave pušaka-sačmarica sa selektivnim gađanjem pa nadalje mnogo se diskutovalo, ali se malo obraćala pažnja na stvarni razvoj ove vrste oružja. Na različitim mestima pojavljivali su se prototipovi, ali je do zastoja u razvoju automatskih pušaka-sačmarica za vojnu upotrebu došlo zbog nedostatka kupaca i finansijskih problema.

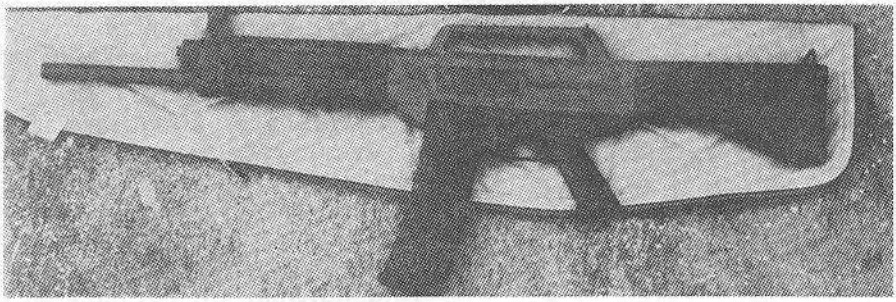
Sredinom osamdesetih godina američka firma GILBERT EQUIPMENT COMPANY potpisala je ugovor sa jednom firmom iz Južne Koreje za proizvodnju univerzalne sportske automatske puške-sačmarice USAS-12 koje bi se izrađivale u Koreji po licenci. Godine 1988. bilo je proizvedeno nekoliko prototipova, a vojni i policijski organi uputili su ih na ispitivanje.

Prvi izveštaji o ovom oružju, sada se već zna da su zasnovani na precizno podešenim i dobro obrađenim prototipovima, tvrdili su da je USAS-12 izvanredno oružje, ali u toku ispitivanja su otkriveni mnogi nedostaci. Na prvi pogled ova puška-sačmarica mnogo podseća na borbenu pušku M16 (sl. 1), a i na pušku-sačmaricu ATCHISSON firme WERBELL, ali je mnogo veća, duža i šira i sa masom u praznom stanju od 5,5 kg znatno teža od borbene puške M16A2 (3,4 kg).

Možda su veće dimenzije puške-sačmarice potrebne radi obezbeđenja da se oružje zadrži pri punom automatskom gađanju. Ipak, te dimenzije dovode u pitanje lakoću upotrebe.

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 5/1990.

USAS-12 ima rukohvat puške M16A1, ali su obloga i kundak jedinstveni za ovu pušku. Međusobni spojevi plastičnih delova su zadovoljavajući, ali spojevi plastičnih i metalnih delova na oblozi puške su nešto labaviji kod novog oružja. I posle pritezanja pre gađanja, zavrtnji su olabavili u toku gađanja. Plastični kundak bio je naprsnut pored zadnje pređice remnika, ve-



Sl. 1 Automatska puška sa glatkom cevi (sačmarica) USAS-12

rovatno u toku pričvršćenja pređice pri izradi puške. Što se tiče prednje pređice, ona je možda zadovoljavajuća pri upotrebi, ali izgleda da je labavija nego što bi trebalo da bude za tako teško oružje. Kod prvih prototipova ove puške-sačmarice korišćene su napred i nazad brzodemontirajuće pređice, ali su napuštene kod serijskih pušaka.

Zadnji nišan puške-sačmarice USAS-12 je odskočnog tipa sa prorezima za nišanjenje bližih i daljih ciljeva. Prorez za nišanjenje bližeg cilja zadnjeg nišana ispitane puške nije bio probušen, pa je skrivao cilj. Prednji nišan je zamašne veličine, a tip mu je kao i kod većine drugih pušaka, a zaštićen je branikom. Većina profesionalnih strelaca vole da im je gornji luk branika prednjeg nišana otvoren radi bržeg pronalaženja cilja. Rasklapanje puške-sačmarice USAS-12 nije teško.

Na strelištu su masa i dimenzije USAS-12 više došle do izražaja, a isto tako i drugi nedostaci. Na primer, branik obarače je oštar i loše obrađen. Puška se može podesiti i za levorukog i za desnorukog strelca, a regulator vatre se nalazi sa obe strane oružja. Regulator se nalazi iznad rukohvata i pokreće se palcem ruke kojom se poteže obarača, ali sa druge strane sanduka on nezgodno štrči u ruku strelca. Zadnja pređica je kruto pričvršćena sa gornje strane kundaka i kada se puškom gađa sa osloncem kundaka ispod miške, tada pređica nezgodno žulji telo strelca. Držač zatvarača u otvorenom položaju aktivira se prstom. Mora se utisnuti za aktiviranje i izvući za povratak u polazno stanje. Ni jedan ni drugi pokret nije jasan ni siguran jer strelac utiskuje ili izvlači dugme bočno u odnosu na oružje i protiv svog prirodnog odnosa sistema poluge čovek — oružje. Takođe je teško imati pogled u ležište metka oružja radi utvrđivanja stanja metka ili gotovosti oružja.

Okviri

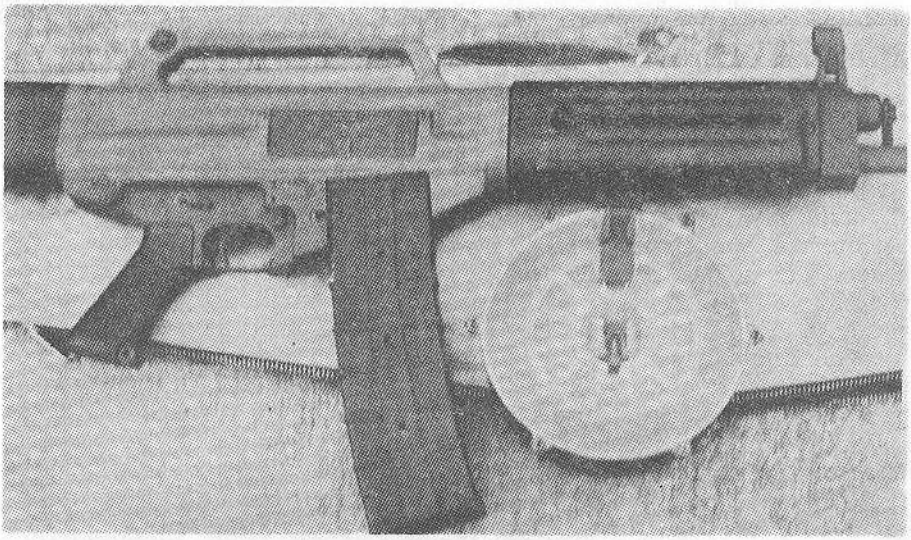
Pored dva lučna okvira sa po 10 metaka, puška se isporučuje i sa jednim kružnim okvirom od 20 metaka (sl. 2). Okvir sa 20 metaka u napunjenom stanju povećava masu već teškoj pušci, ali to nije jedini nedostatak ovog okvira. Kada je na pušci, okvir ima toliko veliki prečnik da strelac prosečnog rasta ne može da uhvati prednju oblogu oružja pri gađanju. Da bi uhvatio oružje sa obe ruke za gađanje, strelac mora da iskrivi telo, pa to otežava njegov položaj pri gađanju. Sam kružni okvir izrađen je od nekoliko vrsta pla-

stičnog materijala koje ne garantuju čvrstoću okvira, posebno u borbenim uslovima. Po svojoj prirodi kod svih lučnih i kružnih okvira pušaka-sačmarica potrebno je obratiti posebnu pažnju pri njihovom punjenju municijom, da se obodi (venci) čaura ne preklapaju. Postupak punjenja je težak i mukotrpan, a u borbenim uslovima skoro nemoguć.

Mada su lučni okviri izrađeni od jačeg plastičnog materijala nego kružni okviri, i kod njih je bilo grešaka. I kod njih je potrebna pažnja pri punjenju i može se očekivati da meci skliznu sa svoga mesta, kada strelac menja svoj vatreni položaj. To je problem sa municijom pušaka-sačmarica u lučnim i kružnim okvirima, ali to nije jedini problem kod puške USAS-12 i treba da ga rešavaju konstruktori municijskih okvira, a ne da se strelac upozorava na pažljivo punjenje okvira, jer od toga neće zavisiti rešenje problema. Pri ispitivanju puške dodavač metka u jednom okviru preskočio je ivice okvira, zaglavio se i potpuno onesposobio korišćenje okvira. Pomoću dva odvrtača, dodavač je vraćen na svoje mesto.

Bilo je i drugih nedostataka kod lučnih okvira. Jedan je da je on mnogo duži od rukohvata, pa se pri nošenju puške tare od odeću, nameštaj ili vegetaciju, a takođe potpuno onemogućuje gađanje iz ležećeg položaja. Pored toga što je lučni okvir dugačak kada je u sklopu oružja, on je dugačak i širok za držanje u ruci, pa je kao takav nezgrapan za stavljanje u pušku.

Komplikovani sistem utvrđivanja okvira u pušci otežava brzu izmenu okvira, a i kod strelca se javlja podozrenje da li je okvir utvrđen u puški, pa mora da proverava stanje okvira, odvraćajući pri tome pažnju od svog primarnog zadatka.



Sl. 2 Lučni okvir sa 10 metaka i kružni sa 12 metaka nisu se pakazali zadovoljavajućim

Ispitivanje puške gađanjem

Jedno od prvih razočarenja kada se sa puškom izađe na strelište je razmimoilaženje između uputstva iz priručnika da se za ovu pušku koristi standardna lovačka municija »dvanaestica« i upozorenja i preporuke da je puška konstruisana za municiju »Winchester

00 buck shot«, te da se njena upotreba preporučuje. Ova opomena je neobična, jer proizvođač oružja može da preporuči municiju visokog kvaliteta, ali je, čudno da se preporučuje posebna firma i poseban tip municije, pa je time dovedena u pitanje opšta korisnost ove puške-sačmarice.

Koristeći i lučne i kružne okvire, puška USAS-12, podešena za automatsku paljbu, ispalila bi najviše tri uzastopna metka po jednom potezanju obarača i to kada je korišćenu municiju preporučio proizvođač (»Winchester 00 bulk shot«). Puška je najčešće ispaljivala po jedan metak i dolazilo je do zastoja, a ponekad bi ispaljivala i dva metka. Misli se da to nije bila greška u municiji već pre u samoj pušci. Među drugim problemima bile su neispravnosti u punjenju puške (uvođenju municije), izvlačenju i izbacivanju. Ti i drugi nedostaci ispoljili su se i kod automatske i kod poluautomatske paljbe. Pored municije »Winchester« korišćena je i municija »Remington« sa nešto boljim uspehom. Ispaljivani su rafali od tri metka, doduše ne pouzdano, a u jednom slučaju na jedno potezanje obarače bio je i jedan rafal od četiri metka iz lučnog okvira.

Posle ispaljenih 120 metaka automatska puška-sačmarica USAS-12 je na ispitivanju razočarala. Sva ispitivanja su pokazala da je ovakva puška neprihvatljiva i nezadovoljavajuća. Oružje koje stalno otkazuje ne uliva poverenje vojnika. Prevelika masa puške USAS-12 ne izgleda da pomaže u savlađivanju trzanja već se trzanje prenosi na strelca, pa on mora da ga savlađuje.

Na početku ispitivanja na daljinama od 25 do 35 m bilo je teško postići pogotke sačme velike brzine na cilju veličine čoveka. Proizlazi da se ova municija ne bi mogla koristiti za gađanje ciljeva na ovim daljinama. Proizvođač tvrdi da puška ima teoretsku brzinu gađanja od 360 metaka/min, a da je praktična brzina 60—75 metaka/min. Ispitna puška, međutim, nije potvrdila nijedan navod.

Što se tiče borbenih uslova, borbena puška-sačmarica se najbolje koristi sa krupnom sačmom na daljinama od 15 do 20 m, uglavnom na bliske ciljeve koje treba brzo napasti, i to zbog prirode same municije, a ne mogućnosti puške. Preciznost municije sa kuglicama na daljini od 25 m nije pouzdana. Efikasnost municije sa krupnom sačmom protiv neoklopljenog cilja-čoveka na otvorenom prostoru, ne zavisi od toga kojom brzinom sačma leti, već koliko će dugo njihove putanje biti zajedno. Pošto je to tako, automatska puška-sačmarica USAS-12 i bilo koja druga napunjena krupnom sačmom najefektivnija će biti za daljine 15 do 20 m. Međutim, masa i dimenzije USAS-12 sprečavaju brzu predislokaciju. Sa municijom sa kuglicama borbena puška-sačmarica praktično je beskorisna za daljine preko 50 m. Na toj daljini dobro grupisanje pogodaka ima dimenziju 7 do 12 cm, a na daljini preko 60 m preciznost kuglica se naglo pogoršava, pa se može desiti da cilj bude potpuno promašen. Puška USAS-12 ne može ni da pogorša ni da poboljša performanse municije sa kuglicama. Masa puške USAS-12, posebno kada se gađa iz ruke, može da bude ograničavajući faktor za pušku. Postavljena na neko postolje daje druge rezultate, ali to nije ono za šta je puška namenjena.

Zaključak

Velika je potražnja oružja sa većom verovatnoćom pogađanja cilja prvim metkom, ali automatska puška-sačmarica USAS-12 ne odgovara tom zahtevu. U uslovima sve izraženije tendencije razvoja manjeg, kraćeg, lakšeg i kompaktnijeg ručnog oružja sa kundakom, pokušaj firme GILBERT EQUIPMENT COMPANY da uvede u naoružanje oružje koje nije u kursu novih tendencija, predstavlja veliku hrabrost. U svakom slučaju, puška dugačka 965 mm sa masom od 5,5 kg ima ograničeno polje upotrebe i pojmovi kao što su brzina reagovanja, lakoća rukovanja i

lakoća prenošenja kod ove puške treba da budu napušteni. Pohvalna je i vredna pažnje koncepcija da se automatska puška-sačmarica puni municijom iz lučnog okvira. Međutim, lučni okvir treba da bude još dalje usavršavan i ima malo zajedničkog sa okvirima za klasičnu puščanu municiju, čiji je razvoj doveden do kraja. U međuvremenu, okviri za pušku USAS-12 imaju svojih nedostataka, kao što ih ima i sama puška.

Većina vatrenih ispitivanja obavljeno je sa oružjima koje je isporučio proizvođač. Može se zaključiti da automatska puška sa glatkom cevi (sačmarica) u svom današnjem stanju ne odgovara uslovima za borbena dejstva, koja se zahtevaju od ličnog oružja sa kundakom u savremenim uslovima ratovanja.

P. M.

Višenacionalni program »MACPED« za razvoj protivoklopnih mina bočnog dejstva*

Francuska, Nemačka i Velika Britanija zajednički razvijaju program novih protivoklopnih mina bočnog dejstva, poznat pod nazivom MACPED (Mine Anti- Char Pointablé à Effet Dirigé). Trilateralni dogovor o razvoju ovog programa potpisan je 1989.

Vodeća zemlja u razvoju ovog programa je Francuska, tako da će nosilac ugovora biti neka od francuskih firmi, zavisno od toga čija se konstrukcija usvoji. Razvoj bi trebalo da počne marta ove godine i da traje tri godine. Do isporuke probne količine trebalo bi da dođe krajem 1992, a zvanična ispitivanja biće obavljena 1993. Zvanični prijem oružja trebalo bi da se izvrši početkom 1994. Potrebe svih triju članica dogovora su 50.000 do 100.000 komada, od toga 55% Nemačkoj, 30% Francuskoj i 15% Velikoj Britaniji. Ove isporuke počeće krajem 1996. i trajaće 4 godine.

MACPED je namenjen za zamenu protivoklopne bočne mine francuske proizvodnje, MODEL F1, koja može da probije samo 70 mm oklopa sa daljine od 40 m pri normalnom uglu udara ($< 30°$). Osnovna primena ovih mina biće blokiranje svih vrsta puteva i drugih prolaza, posebno za zatvaranje bezbednih prolaza kroz minska polja. Ove mine mogu se koristiti i kao dopuna protivoklopne odbrane u urbanim uslovima i za ojačanje konvencionalnih ukopanih ili razbacanih mina.

MACPED mora da bude u stanju da razori savremeni teški borbeni tenk, čija je brzina do 60 km/h, bez obzira na pravac kretanja u odnosu na položaj mine i do daljine od 70 m (poželjno 100 m), danju i noću i u svim vremenskim uslovima. Sa masom ispod 20 kg (poželjno 15 kg), MACPED mora da bude obezbeđen, tako da ga neprijatelj ne bi mogao ponovno koristiti ili preusmeriti mu pravac dejstva. Mora da ima programirajući aktivni vek, koji se može povećavati u vremenskim periodima od tri časa do 96 časova i tako iz dana u dan do 40, pa čak i 60 dana. MACPED neće reagovati na iskrcanu živu silu i vozila na točkovima, lakšim od 3 t i kraćih od 4 m. Kompjuterska memorija mine omogućiće programiranje odabiranja napada na prvi, drugi ili treći teški cilj u prolazu. Takođe će biti u stanju da dejstvuje u uskom vidnom polju (maksimalno 25°). Sopstveno ljudstvo će moći promeniti položaj mine MACPED, zajedno sa punim električnim nabojem, do 5 puta u toku punog aktivnog veka od 40 ili 60 dana.

MACPED mora da bude neupadljivog izgleda, lak za kamuflažu i da ga može postaviti jedan vojnik za 5 minuta danju i 10 minuta noću. Sastojaće se od tri glavna dela:

— postolja, koje se može koristiti na betonskim površinama i koje ima mehanizam za fino podešavanje postavljanja na tlo;

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 3/1990.

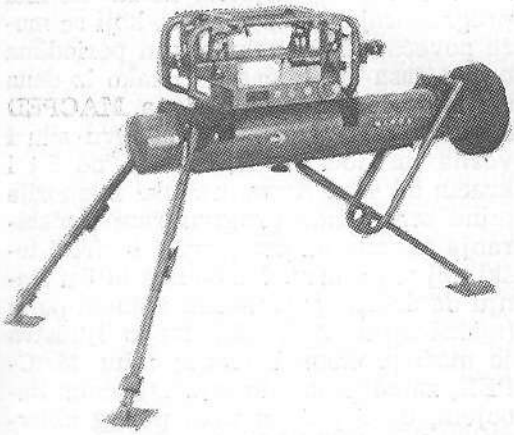
— senzora, otpornog na protivmere, za otkrivanje cilja i upravljanje vatrom;

— napadačkog sistema sa uređajima za osiguranje i armiranje, bojnom glavom i lanserom.

Pored toga MACPED bi morao da bude u stanju da se inicira daljinskim putem.

Sistem ARGES

Kao nosilac ugovora za sistem ARGES (sl. 1) industrijska grupacija za naoružanje u Francuskoj GIAT odgovorna je ne samo za koordinaciju projekta već i za uređaje za paljenje i završno sklapanje sistema. Firma DYNAMIT NOBEL zadužena je za napadački sistem i kutiju za pakovanje, dok će HONEYWELL FRG biti odgovoran za sistem za otkrivanje ciljeva. HUNTING ENGINEERING će voditi brigu o busteru i pogonskom sistemu.

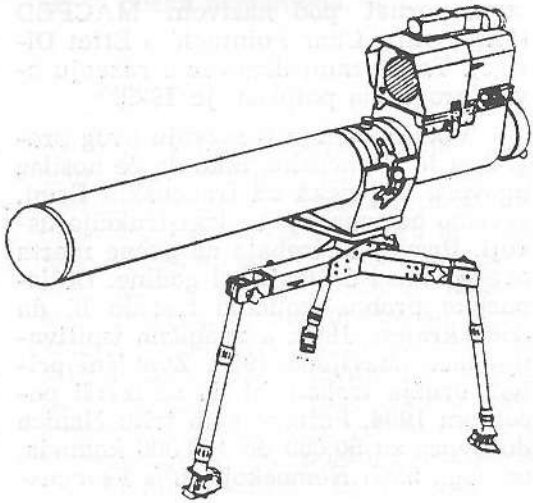


Sl. 1 Sistem protivoklopne mine bočnog dejstva »ARGES«

Sa ukupnom masom od 14 kg ARGES ima domet od 2 do 100 m. Preciznost pogađanja na 100 m je 0,19 m po visini i 1,19 m po pravcu. Ima buster motor vođenog projektila LAW 80 i novu tandensku bojnu glavu sa osnovnim punjenjem PANZERFAUST 3 120 mm. Sistem za otkrivanje cilja izveden je od sistema SIRA, firme HONEYWEIL i DORA, grupacije GIAT. Sistem je u stanju da razlikuje osnovni borbeni tenk, ili lako oklopno vozilo, od kamiona ili oklopnog transportera na točkovima. Sistem se zasniva na akustičkom otkrivanju cilja za aktiviranje IC detektora koji radi u opsegu 8 — 12 mm. IC detektor precizno utvrđuje položaj cilja, dok se daljina do cilja meri laserskim daljinometrom.

Sistem MINOS

Sistem MINOS (sl. 2) je uveliko zasnovan na zajedničkom razvojnom radu iz 1986. za sistem APAJAX, koji se sastoji od rakete APILAS 112mm i engleskog senzora AJAX. Britanska firma BRITISH AEROSPACE će i dalje biti odgovorna za senzor, dok će nemačka firma RHEINMETALL izraditi bojnu glavu. Dve francuske firme će konstruisati lanser i buster. MINOS koristi buster za APILAS, koji obezbeđuje maksimalnu brzinu od 215 m/s, ali će imati novu tandemsku bojnu glavu sa osnovnim punjenjem kalibra 130 mm. Efikasan domet mine bočnog dejstva iznosi od 3 do 100 m.



Sl. 2 Sistem protivoklopne mine bočnog dejstva »MINOS«

Detekcioni sistem ima seizmički i akustički senzor, koji vrše početnu klasifikaciju cilja, a srce sistema za otkrivanje cilja čini pasivni IC uređaj (opseg 8—12 mm), koji otkriva ciljeve čija se temperatura razlikuje od temperature pozadine samo 1°C. Ovaj sistem ima posebno usko vidno polje koje smanjuje na minimum probleme protivmera i lažnih alarma. Daljina do cilja određuje se bez aktivnog merenja daljine pomoću kompjuterske obrade optičkog signala. Računar daje i naredbu za paljenje.

P. M.

Španske haubice 155 mm i 203 mm*

Uvod

Španske firme SANTA BARBARA i SITECSA već duže vreme čekaju odluku španskog ministarstva odbrane koje će haubice 155 m primiti u svoje naoružanje KoV Španije. Zbog budžetskih ograničenja izgleda da haubice nemaju prioritet za sada. Dok obe firme sprovode poboljšanja na svojim haubicama 155 mm, firma SITECSA počela je razvoj nove haubice 203 mm.

Haubica SAN CARLOS, 155/39 firme SANTA BARBARA

Firma SANTA BARBARA razvila je svoju haubicu SAN CARLOS 155 mm (sl. 1), čija je dužina cevi 39 kalibara, početkom osamdesetih godina, radi zadovoljavanja očekivanih potreba španskog KoV za naoružanje pet bataljona. U očekivanju narudžbine, firma je vršila pripreme za proizvodnju ovih haubica. Sprovedeno je pet modifikacija radi poboljšanja, uključujući uvođenje automatskog punjača municije radi povećanja brzine paljbe. To je i doprinelo da je broj članova posluge smanjen sa pet na četiri.

Jedna od slabih tačaka u konstrukciji ove haubice je ručni sistem za pokretanje po visini sa dvostrukim točkićem, usled čega je delu posluge otežan rad. Može se pretpostaviti da će ovaj nedostatak biti uzet u obzir pri razmatranju modifikacija.



Sl. 1 Haubica 155/39 »SAN CARLOS« firme SANTA BARBARA

Firma SANTA BARBARA računa na jedno veliko preimućstvo u konkursu za novu haubicu 155 mm za KoV Španije, a to je da je ona nacionalizovana firma koja pripada »Nacionalnom institutu za industriju« (INI), koji je ove godine zabeležio velike gubitke. Smatra se da vlasti imaju sve razloge da im povere ovaj posao. Štaviše, firma SITECSA pripada staroj grupaciji ERT, u kojoj je glavni investitor Kuvajt. Malo je verovatno da će španske vlasti potpisati važan ugovor sa ERT sve dok je njen status nejasan.

U svakom slučaju, SANTA BARBARA nije obustavila razvoj haubice

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 8/1990.

SAN CARLOS 155 mm. Firma nije odbacila mogućnost da bi KoV Španije mogao odabrati haubicu sa dužom cevi, pa je orijentisala svoje napore i u tom pravcu. Takođe postoji mogućnost da ministarstvo odbrane usvoji haubicu firme SITECSA i da je poveri izradi u firmi SANTA BARBARA.

Haubica 155/45, firme SITECSA

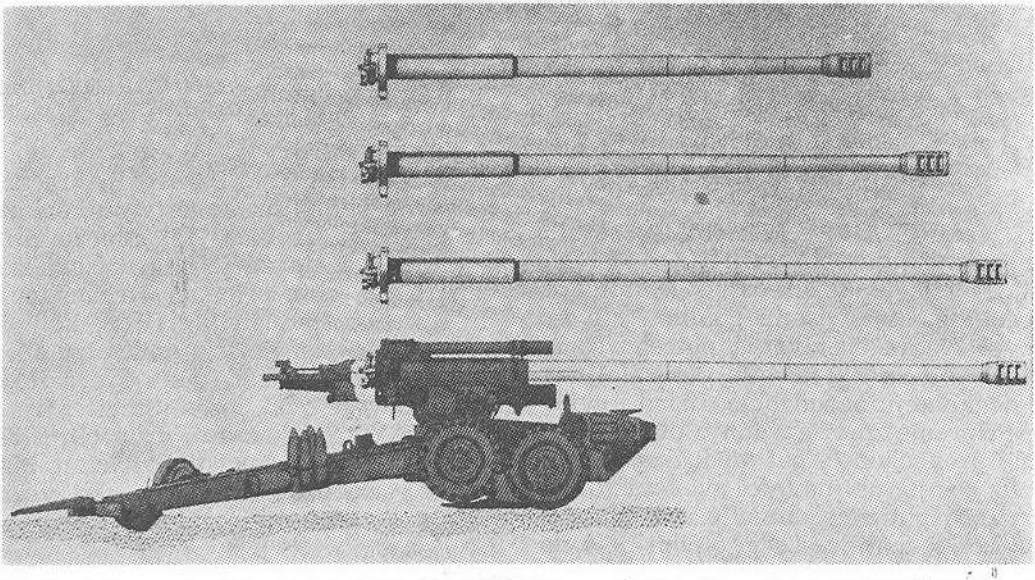
Haubica 155/45, firme SITECSA, pokazala je dobre rezultate prilikom ispitivanja u KoV Španije, ali je pri tome utvrđeno da je suviše teška. Zbog toga je firma izradila još jedan model i kako nije bilo jasno koja bi dužina cevi bila odgovarajuća, konstrukcija je fleksibilna po tome što je haubica opremljena cevima dužina 39, 45, 50 ili 52 kalibra (sl. 2).

Bilo je planirano da se španskom KoV-u prikaže prvi prototip juna 1990. Ovaj prototip ima hidraulični mehanizam za pokretanje po visini, koji brzo prebacuje elevacionu masu iz položaja za punjenje u položaj za gađanje, a nišandžija može relativno lako pokretati po pravcu pomoću samo jednog točkića. Firma SITECSA nije odlučila da ugradi automatski punjač municije, smatrajući da bi tako dobijeno poboljšanje u brzini paljbe rezultiralo neprihvatljivim habanjem cevi.

SITECSA nije napustila konstrukciju haubice 155 mm koju je za ovu firmu konstruisao sada ubijeni konstruktor dr Geri Bul, sa cevi dužine 50 kalibara i zapreminom barutne komore od 32 l. Ove dimenzije omogućuju korišćenje jednostavnog barutnog punjenja sa sniženom temperaturom cevi i manjim habanjem. Kada se uvidelo da ove karakteristike ne odgovaraju standardima NATO, firma je odustala od prodaje haubice KoV-u i nada se da će je prodati obalskoj artiljeriji, jer bi to zahtevalo razvoj samo dva različita barutna punjenja — jednog za obuku, a drugog za operativno dejstvo.

Nova haubica 203 mm, firme SITECSA

SITESCA razvija novu haubicu 203 mm sa dužinom cevi 45 kalibara i prvi prototip će uskoro biti prikazan



Sl. 2 Vučna haubica 155 mm, firme SITECSA, sa četiri alternativne cevi dužine 39, 45, 50 i 52 kalibra

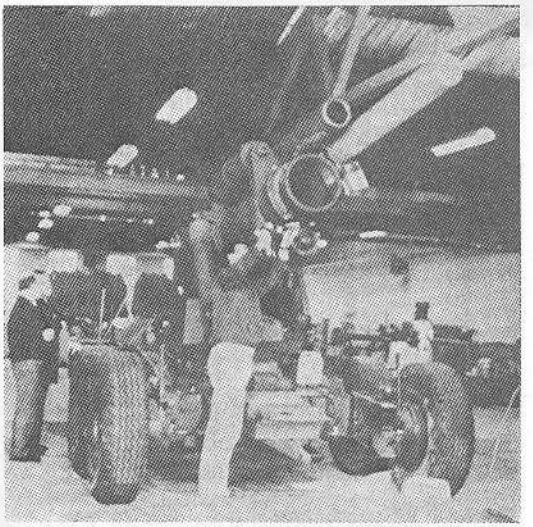
španskom KoV-u. Firma tvrdi da će ova haubica biti rentabilnija španskim oružanim snagama od nabavke američkog višecevnog raketnog sistema MLRS.

Usvajanje ove nove haubice značilo bi razvoj čitavog novog asortimana municije. Firma EXPAL, koja i sama pripada grupaciji SITESCA, već je utrdila osnovu za razvoj nove municije i SITESCA se još nada da će za to dobiti podršku ministarstva odbrane.

Masa nove haubice je 16.415 kg, ukupna dužina je 12.087 m, širina 2,786 m, a visina 3,8 m. Moći će da ispaljuje projektile od 100 kg na daljinu od 50 km. Granice po visini su od +978 mrad do —88,9 mrad, dok je podešavanje po pravcu ±445 mrad. Hidraulički sistem trzanja ima dužinu trzanja od 1,524 m.

Dužina barutne komore je 1,485 m, sa prečnikom od 260 mm, tako da je zapremina oko 0,08 m^3. Cev ima 64 oluka dubine 7 mm sa dužinom koraka (udesno) od 20 kalibara dok je zatvarač tipa bajonet.

Maksimalna brzina paljbe je 3 metka/min, a neprekidna paljba je 2 metka/min. Preciznost je 0,2% od dometa na 25 km, 0,4% na 50 km i 1,5 mrad po visini.



Sl. 3 Nova haubica 203 mm u fazi sklapanja

Zaključak

Uskoro treba da se izabere haubica 155 mm jedne od dve firme — učesnice na konkursu. Međutim, vetrovi detanta iznad Evrope verovatno su doprineli da se ovom poslu priđe bez velike žurbe.

Britanski glavni borbeni tenk »CHALLENGER 2«*

U Velikoj Britaniji je odlučeno da postojeće glavne borbene tenkove CHEIFTAIN zamene tenkovi CHALLENGER 2 i to će znatno uticati na budućnost firme VICKERS DEFENCE SYSTEMS kao proizvođača oklopnih vozila, a i na druge firme u Velikoj Britaniji koje isporučuju podsisteme za ovaj tenk.

Razvoj tenka CHALLENGER 2

Marta 1987, firma je prvi put prikazala britanskom ministarstvu odbrane tenk CHALLENGER 2, a u toku narednih godinu dana konstrukcija tenka je poboljšavana za zadovoljavanje sugestija korisnika.

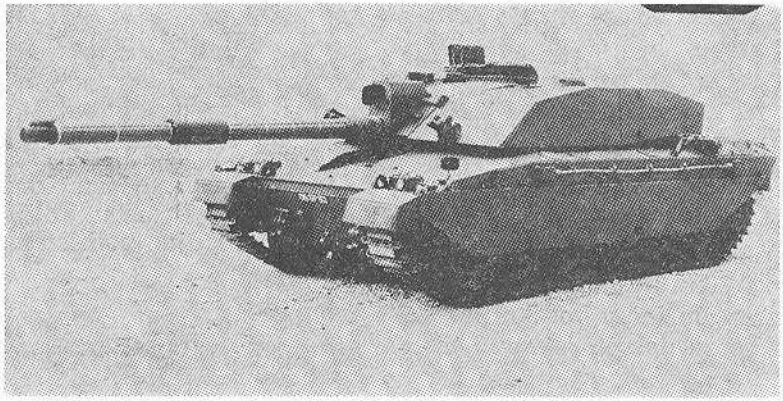
Do kraja septembra trebalo je da se obave prijemna ispitivanja tenka CHALLENGER 2, uglavnom samohodni deo i upravljanje vatrom. Do kraja jula 1990. završena su ispitivanja koja su pokazala, da najnoviji oklop CHOBHAM zadovoljava taktičko-tehničke zahteve, pa će se verovatno i koristiti za oklopnu zaštitu tenka CHALLENGER 2. Pored gađanja u različite oklopne nepokretne ciljeve, za balistička ispitivanja korišćena je jedna od dve dodatne kupole. U nju su bili ugrađeni top 120 mm i optička sredstva, a kupola je bila podvrgnuta dejstvu različitih projektila, kako onih koji dejstvuju hemijskom energijom, tako i kinetičkom. Ok-

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 9/1990.

lop je veoma dobro izdržao mnogo pogodaka i na kraju ispitivanja gađanja u kupolu bilo je moguće pokretati top po visini, a i optička sredstva su ostala neoštećena i u radnom stanju. Pored novog oklopa tenk poseduje tehnologiju »nevidljivosti« (stealth) radi smanjivanja radarskih odraza. Međutim, utvrđeno je da je toplotni odraz sada suviše veliki, a za otklanjanje ovog nedostatka razmatraju se tri rešenja. Tenk CHALLENGER će biti opremljen tako da pravi sopstvenu dimnu zavesu ubrizgavanjem dizel-goriva u izduvnik i izbacivanjem dimnih bombi.

Poboljšan je pristup motoru korišćenjem torzionih štapova koji podržavaju masu poklopaca motora koje sada može da podigne jedan čovek. Za pogon tenka koristi se 12-cilindarski dizel-motor firme PERKINS koji razvija snagu od 883 kW pri obrtajima od 2.300 min^{-1}, ali za sada od zvaničnih vojnih vlasti nema nagoveštaja da su zainteresovani za povećanje snage motora koji je već razvio snagu od 1.104 kW. Motor je povezan sa menjačem TN54 koji se koristi u vozilu za opravke i izvlačenje tenka CHALLENGER. Menjač ima 6 stepeni prenosa napred i dva nazad sa automatskim upravljanjem, a sistem upravljanja kretanjem poboljšava manevrisanje na ograničenom prostoru. Električnu energiju obezbeđuje pomoćni energetski uređaj. Dodatno gorivo može se smestiti u dva bureta, zapremine po 205 litara, koja su postavljena na držačima na zadnjem delu tela vozila. Međutim, ova burad nisu spojena sa instalacijom goriva i imaju mehanizme za brzo oslobađanje.

Kao i kod svih članova familije vozila CHALLENGER, i ovaj tenk ima hidropneumatski sistem oslanjanja, ali osavremenjen novim materijalima koji sada postoje (na primer, nove zaptivke). U odnosu na sistem oslanjanja sa



Sl. 1 Britanski tenk »CHALLENGER 2«

torzionim štapovima, hidropneumatsko oslanjanje obezbeđuje stabilniju platformu topa, a i smanjuje zamor posade pri vožnji preko ispresecanog zemljišta. Ugrađen je hidraulički uređaj za zatezanje gusenica, pomoću kojeg vozač iz vozila može pravilno da zategne gusenice. Trake gusenica sa dve osovine su u fazi ispitivanja: jedna je nemačkog proizvođača, a druga britanskog. Pre prelaska u fazu proizvodnje tenka odabraće se jedan od ova dva proizvođača gusenica.

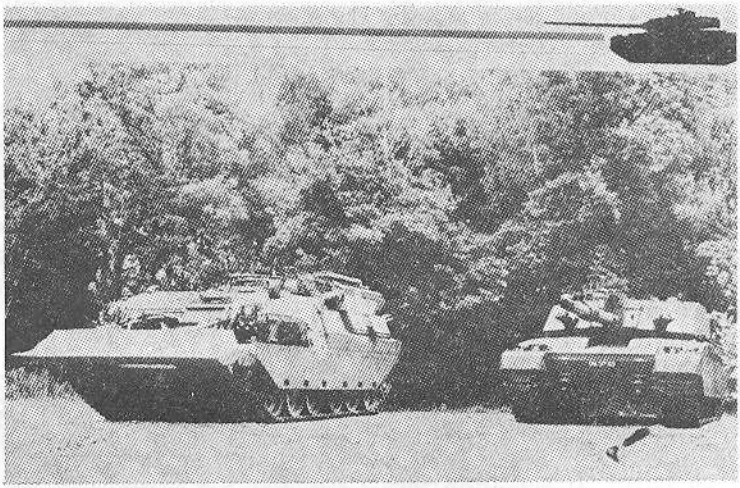
Pouzdanost

Firma VICKERS DEFENCE SYSTEMS ugovorom se obavezala da zadovolji sve ključne standarde za pouzdanost i to je prvi put ušlo u jedan ugovor za razvoj tenka. Kod tenka CHALLENGER 1 bilo je dosta problema sa

aspekta održavanja, pa firma radi na tom problemu pri razvoju tenka CHALLENGER 2. Počelo se proučavanjem izveštaja o neispravnostima, a napori su koncentrisani na one ključne oblasti zbog kojih jedan tenk ostane van stroja. Ovaj problem je otežan činjenicom da podaci o pouzdanosti tenka CHALLENGER nisu potpuni. Međutim, šest vozila za opravke i izvlačenje CHALLENGER (sl. 2) prevalila su skoro 20.000 km u toku ispitivanja, pa je proizvođač mogao da se osloni na informaciju iz toga ispitivanja, posle čega je došlo do brojnih razloga za sprovođenje modifikacija.

ne zaptivke glavčina potpornih točkova i lenjivaca, valjke za premotavanje gusenica napunjene mašću i jače klinove za pričvršćenje hodnog dela. Električni sistem tenka pretrpeo je 37 izmena, uključujući nemačka čeona svetla (farovi), nova stop-svetla i indikatorske lampice, svetla za osvetljavanje unutrašnjih ploča na bazi dioda koje emituju svetlost (LED), električne utikače tipa bajonet, itd. Telo vozila je modifikovano za ugradnju noža buldozera.

Ispitivanja poboljšane pouzdanosti tenka počela su avgusta 1990. a trajaće dve godine sa tri vozila. Ukupno je predviđeno da se obavi 284 borbena da-



Sl. 2 Oklopno vozilo za opravke i izvlačenje »CHALLENGER«

Kod glavnog motora i pomoćnog generatora sprovedeno je 33 poboljšanja, uključujući nove prečistače vazduha koji su efikasniji i lakši za održavanje, poboljšani generator i pogon, starter-motor sa osovinom od nerđajućeg čelika, ojačani pogon pumpe za ubrizgavanje goriva, ojačani lonac izduvnika, kablove otporne na toplotu i nove glavčine ventilatora za hlađenje. Na menjaču je obavljeno 11 poboljšanja, uključujući nove sklopove kočnica, poboljšane spojnice za promenu stepena prenosa i izmene u pumpi za upravljanje. I u voznom delu sprovedeno je 11 poboljšanja, uključujući poboljšane ulj-

na ispitivanja, a jedan borbeni dan se sastoji od serije simuliranih borbi, 30 km vožnje putem, 30 km vožnje van puta i ispaljivanja 34 vežbovna metka. Pored toga, ispaljen je znatan broj projektila 120 mm sa jezgrom od osiromašenog urana, uglavnom u Francuskoj, gde su poligonski uslovi bolji nego u Velikoj Britaniji.

Kupola

Kupola je nove konstrukcije. Izrađena je na bazi iskustava firme VICKERS DEFENCE SYSTEMS sa sop-

stvenim tenkom Mk. 7 i tenkom EE-T1 OSORIO, brazilske firme ENGESA. Ima ugrađenu magistralu za prenos podataka (data bus), koja odgovara vojnom standardu 1553 i to je prvi put da se u britansko oklopno borbeno vozilo ugrađuje ovaj »data bus«. Borbena mesta članova posade su ista kao i u tenku CHALLENGER 1: komandir sedi sa desne strane, a nišandžija ispred i ispod njega. Punilac je sa leve strane topa. Komandir tenka i punilac imaju zajednički ulazno-izlazni otvor sa poklopcem iz jednog dela koji se otvara unazad. Sistem za NBH zaštitu postavljen je u zadnjoj niši kupole. Sistem za zagrevanje i hlađenje borbenog odeljenja obezbeđuje uslove za život i rad članova posade, a to je i prvi put da se ovakav sistem ugrađuje u jedan britanski tenk.

Komandir ima osam periskopa sa jednostrukim uveličavanjem za kružno osmatranje, a pritiskom na dugme iznad svakog periskopa top se dovodi u njegovu vizirnu liniju. Na krovu kupole ugrađen je stabilizovani panoramski nišan firme SFIM sa uveličavanjem $\times 3$ i $\times 8$, sličan nišanu francuskog tenka LECLERC, ali bez mogućnosti osmatranja u noćnim uslovima. Ovaj nišan daje podatke o položaju tenka kada je vozilo u pokretu, a i navigacijske podatke (kurs i poziciju). Nedostatak panoramskog nišana može se otkloniti ugradnjom nezavisnog termovizora umesto periskopa punioca.

Komandir ima dvostruke komande ručice. Pomoću dugmeta na desnoj ručici on pokreće top po pravcu i visini, a ima prekidač za biranje IC ili optičkog nišana. Na levoj ručici ima birač povećanja (za noćni i dnevni režim), a i dugmad za laserski daljinomer i za gađanje iz oružja.

Na zidu kupole ugrađen je komandni uređaj sa glavnim električnim prekidačem kupole, opremom za upravljanje topom, prekidačima za laser i naoružanje. Ispred njega nalazi se prilagođivač za računar za upravljanje vatrom. Na displeju se pokazuje ažurirana informacija o položaju kupole, vrsti municije, daljini do cilja, sistemima koji se koriste i stanju senzora, a i svaka poruka ugrađene opreme za testiranje.

Na krovu kupole ugrađen je stabilizovani dnevni nišan nišandžije sa uveličavanjima $\times 4$ i $\times 10$ i termovizijski ulaz od kamere sistema TOGS (Thermal Observation and Gunnery System) sa uveličavanjima $\times 4$ i $\times 11{,}4$, a i laserski daljinomer. Nišan može da se pomera nezavisno po pravcu po 7° levo i desno. Kao i komandir tenka, i nišandžija ima posebni termovizijski monitor za opšte osmatranje, a teleskop NANOQUEST L30 ugrađen je koaksijalno sa topom sa graviranom mrežicom i može se koristiti u slučaju da su primarni optički nišani oštećeni. Nišandžija ima dve duple ručice za gađanje: na levoj se nalazi komanda za otvaranje vatre, i prekidači za laserski daljinomer i birač uveličavanja nišana, dok na desnoj ima birač termovizijskog ili dnevnog nišana. Sa desne strane nišandžije nalazi se njegova komandna tabla koja je slična komandirovoj i nema neke funkcije koje za njega nisu važne.

Sistem TOGS tenka CHALLENGER 2 ima niz prednosti nad sistemom tenka CHALLENGER 1. Kamera sistema TOGS, koja je izvedena od kamere tenka CHALLENGER 1, ugrađena je iznad topa i električnim putem povezana sa nišanom nišandžije. Stabilizovana je preko glavnog oruđa, ali ima nezavisnu nišansku tačku. To se smatra kao rezerva u slučaju oštećenja osnovnog nišana nišandžije. Proizvođač smatra da su performanse sistema TOGS bolje od svih postojećih sistema.

CHALLENGER 2 ima tranzistorizovan sistem za upravljanje vatrom i stabilizaciju, koji je manje opasan i troši manje potrebne energije od hidrauličkog sistema. Računar sistema za upravljanje vatrom je digitalnog tipa i najnovije generacije i predstavlja poboljšanu verziju onog koji je ugrađen u tenkove M1 ABRAMS. Ovaj računar ima dovoljno kapaciteta za buduća proširenja korisnika, kao što je taktički in-

formacioni komandni sistem (BICS) ili navigaciona sredstva, a može se koristiti i za obuku. Može se obaviti nekoliko sekvenci napada. Komandir može da nanišani cilj, da izmeri daljinu pomoću laserskog daljinara i da obavi gađanje. U drugom slučaju on može da izvidi cilj i izmeri daljinu i da, zatim, prema nišandžiji da gađa taj cilj. Istovremeno, komandir može da nastavi da traži druge ciljeve. Tipična sekvenca napada na cilj ne traje više od 8 sekundi, a za vreme ispitivanja u Velikoj Britaniji jedna posada je ispalila 8 metaka za 42 sekunde.

Osnovno naoružanje — top XL30E4 120 mm

Novi top XL30E4 120 mm sa izolučenom cevi ima malo zajedničkog sa sadašnjim topom L11, koji je ugrađen u tenk CHALLENGER 1, izuzev barutne komore koja je istih dimenzija, kako bi se mogla koristiti postojeća municija (izuzev pancirnog potkalibarskog sa odvojivim nosačem potkalibarskog jezgra — APDS koji se povlači iz naoružanja) i spoljašnjeg prečnika cevi, kako bi se mogla ugraditi u tenk CHALLENGER 1. Top XL30E4 ima autofretiranu cev i hromiranu unutrašnju površinu, koji povećavaju vek na zamor i smanjuju habanje. Resurs cevi povećan je sa faktorom četiri, čak i ako se gađa potkalibarskom pancirnom municijom APFSDS. Ramena topa su proširena radi smanjivanja odskakanja i skretanja projektila radi održavanja gustine vatre.

Top XL30E4 gađa municijom sa sagorljivim čahurama. Dužina cevi topa je 55 kalibara i, zajedno sa velikom barutnom komorom, može da obezbedi veću energiju pogonskog baruta nego što to mogu drugi topovi kalibra 120 mm. Međutim, Britanci koriste cevasto barutno punjenje koje ima manju gustinu od zrnastog. Radi se na razvoju zrnastog barutnog punjenja koje može da koristi veće moguće radne pritiske topa XL30E4 za povećanje; energije projektila.

Pancirni potkalibarski projektili sa stabilizacijom pomoću Arilaca i odvojivim nosačem potkalibarskog jezgra (APFSDS) XL26 (ili CHARM 1) originalno su konstruisani za top koji već ima energiju na ustima cevi od skoro 11 MJ, a to je znatno više od 9,7 MJ kod projektila APFSDS originalno konstruisane za druge topove. Masa i početna brzina su tajna, ali se zna da najnovija generacija projektila CHARM 3 ima probojna jezgra od osiromašenog urana po najnovijoj tehnologiji i ona su masivnija i duža. Zbog toga, tvrdi se, imaju probojnost za 20% veću od projektila prve generacije (CHARM 1) i može se očekivati da njihove mogućnosti budu isto takve kao kod bilo kojeg savremenog projektila APFSDS, kalibra 120 mm.

Sekundarno naoružanje

Sa leve strane topa koaksijalno (spregnuto) je ugrađen mitraljez lančanog tipa (chain gun), kalibra 7,62 mm, koji se već nalazi ugrađen u vozila KoV Velike Britanije WARRIOR. Sličan mitraljez biće ugrađen na krovu kupole i njime će rukovati punilac. Kod ranijih britanskih tenkova komandir je imao mitraljez 7,62mm, ugrađen u kupoli. Međutim, osnovna uloga komandira je da komanduje, a ne da rukuje mitraljezom. Za neposrednu zaštitu tenka sa obe strane prednjeg dela kupole ugrađeni su bacači dimnih bombi za stvaranje dimne zavese.

Mogućnosti tenka CHALLENGER 2

Za dalje poboljšanje potencijala tenka postoji mogućnost ugradnje topa 140 mm (što omogućuje širina novog topovskog štita). Nezavisni komandirov termovizor, ugrađen na krovu, može da

zameni periskop punioca, a oklopna zaštita je poboljšana, uključujući eksplozivni reaktivni oklop koji bi pokrivao bočne strane vozila. Postojanje magistrale podataka (data bus) 1553 i računara olakšava mnoga poboljšanja elektronske opreme.

P. M.

Nastanak i dalji razvoj borbenih vozila pešadije*

Uvod

Većina oklopnih vozila koje je koristila pešadija služila je za prevoženje pešadije za dejstvovanje na frontu. Sa samo tom funkcijom ta vozila nisu u potpunosti koristila svoje mogućnosti, a imala su dosta nedostataka, ne zbog koncepcije pešadijskih vozila kao transportera, već zbog neodgovarajućeg korišćenja. Primer za to je svestrani oklopni transporter M113 koji može da prevozi pešadiju van puteva brzinom koja je približna brzini tenkova uz jednovremeno obezbeđenje kružne oklopne zaštite. Međutim, nije osposobljen za samoodbranu i ovaj oklopni transporter i mnoga druga pešadijska vozila imaju spolja ugrađene mitraljeze, kojima mogu da se služe članovi posade, izlažući se van vozila na nišan neprijatelja. Zbog toga su takva vozila bila vrlo osetljiva i ranjiva i pretrpela su velike gubitke od dejstava artiljerije, kada su prvi put stupili u dejstvo u Vijetnamu šezdesetih godina.

Razvoj pešadijskih vozila

Od tada se pristupilo otklanjanju glavnih nedostataka M113 i drugih vozila uglavnom ugradnjom ili naknadnom ugradnjom opreme ili oklopnom zaštitom nišandžije mitraljeza. Na primer, na neka vozila M113 i druga u KoV Norveške i Švajcarske ugrađene su kupole za jednog čoveka sa topom 20 mm švedske proizvodnje. Isti tip kupole ugrađivan je od samog početka u švedski ekvivalent oklopnog transportera M113, koji ima oznaku Pbv 302. Štaviše, firma FMC izradila je oklopno borbeno vozilo pešadije, koje je derivat M113 sa kupolom za jednog čoveka i topom 25 mm OERLIKON KBA.

Ugradnja kupole sa topom omogućuje posadama vozila tipa M113 da napadnu različite ciljeve, dejstvujući ispod oklopne zaštite, pa i na druga vozila istog tipa. Na takav način ova vozila ne samo da mogu sama da se štite od različitih napadača, već i da obavljaju ofanzivna dejstva, pod uslovom da je otpor protivnika slab. Međutim, ideje o upotrebi pešadijskih borbenih vozila otišle su dalje od navedenih povremenih ili ograničenih upotreba kao borbenih vozila pa je to dovelo do koncepta da su ta vozila borbena, odnosno da su nešto više od transportera pešadije.

Koncepcija borbenih vozila pešadije pojavila se prvi put sa razvojem nemačkog vozila SPz 12-3 (HS-30), a zatim sa vozilom MARDER. Njihova pojava se vezuje za vreme drugog svetskog rata, kada su »panzergrenadiri« koristili svoje oklopne transportere-poluguseničare kao oklopna borbena vozila. Iako su se okolnosti izmenile, nemački KoV je usvojio taj koncept u pedesetim godinama.

I KoV SSSR-a prihvatio je ovaj koncept i sredinom šezdesetih godina uveo u naoružanje borbena vozila pešadije (BMP), koja su smatrana pravim borbenim vozilima pešadije. Ova vozila ne samo da su imala kupolni top 75 mm, već i puškarnice za svih osam pešadinaca u vozilu i lanser protivoklopnog vođenog projektila SAGGER (oznaka u NATO). Sa takvim naoružanjem, u početku je izgledalo da je to svestrano vozilo, koje se može boriti protiv svih ciljeva na bojištu, od protivničke pešadije do borbenih tenkova. Međutim, kada

* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 5/1990.

su ova vozila upotrebljena u arapsko-izraelskom ratu 1973, pokazala su se kao veliki promašaj. Posle toga su se pokazala kao veoma ranjiva, čak i protiv ciljeva sa manjim otporom, na primer, u Avganistanu.

Ipak je KoV SAD nastavio primer BMP za razvoj naslednika oklopnog transportera M113 — borbenog vozila pešadije M2 BRADLEY, koje je ne samo imalo kupolu za dva čoveka i top 25 mm i puškarnice, već su kupola i top stabilizovani radi dejstva iz pokreta. Pored toga, kupola je imala ugrađen lanser za dva protivoklopna vođena projektila TOW.

Sve što se smatralo da treba da ima borbeno vozilo pešadije konstruktori su ugradili u M2. Štaviše, pod uticajem ugradnje vođenog protivoklopnog projektila u sovjetska vozila BMP, i M2 BRADELY dobilo je protivoklopni projektil. Na odluku o ugradnji protivoklopnog vođenog projektila uticala je i namera da se u vrlo kratkom vremenskom roku na bojištu pojavi što je više moguće protivoklopnih vođenih projektila TOW.

Nedostaci koncepta borbenih vozila pešadije

Bez svake sumnje, borbene i hodne sposobnosti borbenog vozila pešadije M2 BRADLEY predstavljaju napredak u odnosu na ranija pešadijska vozila. Ipak, ostaje činjenica da je krajnji razlog za postojanje bilo kojeg pešadijskog vozila, ne sposobnost da vodi borbu, već sposobnost da prevozi pešadiju, tako da ona može brže da obavi većinu borbenih zadataka na bojištu, koje samo ona može, i to pešice. Ulogu borbenih vozila svakako će bolje obaviti tenkovi, koji su i optimizirani za to i bilo kakav pokušaj da se ta uloga kombinuje sa prevoženjem pešadije može samo da dovede do nezadovoljavajućeg kompromisa u svakom pogledu.

Protivurečni zahtevi za sposobnosti borbenog vozila pešadije da se bori i da prevozi dovode i do još jednog problema — problema unutrašnjeg prostora. Kao ilustracija može se navesti upoređivanje između borbenog vozila pešadije M2 BRADLEY i borbenog vozila mehanizovane pešadije XM723, od kojeg je i razvijeno. Tako XM723, koje ima kupolu sa jednim čovekom i top 20 mm, može da prevozi 10 vojnika za desantna dejstva, ali je u M2 taj broj smanjen na 6, zbog ugradnje veće kupole i vođenih projektila.

Sledeći problem proizlazi iz taktičkog konflikta između izbora položaja sa kojeg će moći lansirati svoje protivoklopne vođene projektile i puta koji je potreban za manevrisanje, da bi se pešadija prevezla uz najmanji rizik i da istovremeno ostane u neposrednoj zaštiti pešadije koja je iskrcana radi obavljanja borbenog zadatka. Štaviše, kada borbeno vozilo pešadije gađa ciljeve topom ili vođenim projektilima, pešadija koja se u vozilu prevozi ne može da doprinese vatrenom okršaju, izuzev što može da dođe do ranjavanja vojnika. Tako, pešadijsko borbeno vozilo dovodi u rizik tri puta više ljudi nego što je to potrebno. Pešadija u vozilu takođe je u velikom riziku zbog ugrađenih vođenih projektila koji ih izlažu većoj opasnosti od upaljene municije.

U većini KoV u svetu uzdržavaju se od ugradnje vođenih projektila u borbena vozila pešadije, već ih ugrađuju u posebna vozila koja su, na bazi borbenih vozila pešadije, ali sa minimalnim potrebnim brojem članova posade. Međutim, time se ne rešavaju problemi prostora i drugi problemi, povezani sa borbenim vozilima pešadije, možda samo zbog povećanja dimenzija topova.

Kalibri topova za borbena vozila pešadije

Sadašnji trend je da se borbena vozila pešadije naoružavaju topovima od 25 do 30 mm. U grupu topova 20 mm

spada tzv. »lančani top« (chain gun) M242, kojim su naoružana američka borbena vozila pešadije M2A1 i M2A2, kao i švajcarski top 25 mm OERLIKON KBA, kojim su naoružana italijanska vozila VCC-80. U grupu topova kalibra 30 mm spadaju britanski top L21 BARDEN sa vozila WARRIOR, nemački top MAUSER Model F, koji treba da bude ugrađen u vozilo KAMFSHUTZEN-PANZER 90 (sl. 1), koji se razvija u Austriji i top 2A42 30 mm sa sovjetskog borbenog vozila pešadije BMP-2.

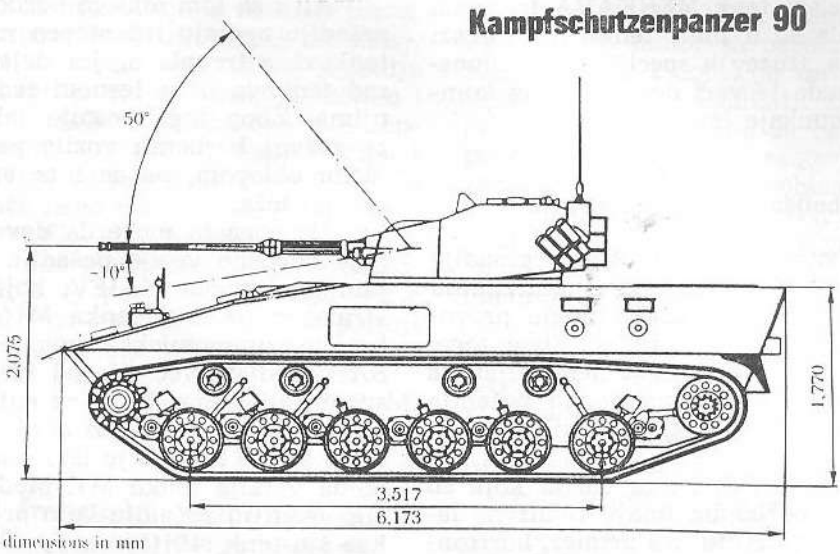
Čudi odluka da se nova verzija vozila MARDER (A3) i dalje naoružava automatskim topom 20 mm (sl. 2). Međutim, neka borbena vozila pešadije su već naoružana kalibrima većim od 30 mm. Na primer, japansko vozilo TYPE 88 naoružano je topom švajcarske firme »Oerlikon« KDE 35 mm. Top TALON 35 mm, američke proizvodnje, ugrađen je u demonstrator CVAST (Combat Vehicle Armament System Technology), koji je zasnovan na borbenom vozilu pešadije M2. Ali, posle problematičnog odstupanja od opšteg trenda naoružavanja borbenih vozila pešadije, ovo oružje je napušteno u korist automatskog topa manjeg kalibra. Konkretno, biće ugrađen top XM281 30 mm američke proizvodnje. Još jedno novo vozilo sa topom većim od 25 do 30 mm je švedsko CV 90, naoružano topom 40 mm 40/70B.

Kada gađa pancirnom municijom sa odbacujućim nosačem potkalibarskog jezgra (APDS), top OERLIKON KDE 35 mm može da probije 90 mm čeličnog oklopa pri normalnom uglu udara u cilj sa daljine od 1.000 m, dok projektil iste vrste, samo kalibra 25 mm druge generacije može da probije samo oklop debljine 50 mm. Ovo znatno povećanje probojnosti topa 35 mm može se povećati novom švajcarskom municijom pancirnog tipa sa odbacujućim nosačem potkalibarskog jezgra i sa stabilizacijom pomoću krilaca APFSDS (Armour Piercing Fin Stabilised Discarding Sabot), koja može da probije preko 120 mm čeličnog oklopa sa daljine od 1.000 m (sl. 3).

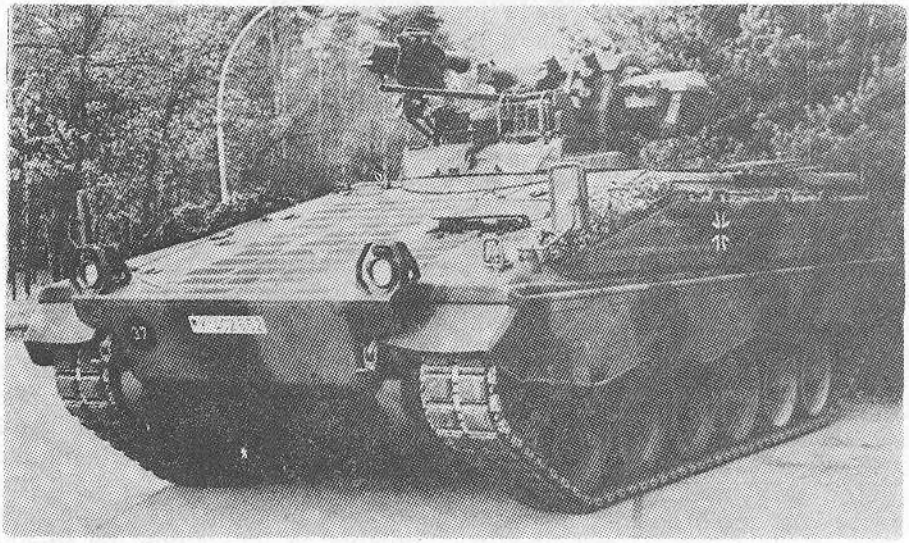
Nesumnjivo da bi topovi kalibra većeg od 35 ili 40 mm mogli biti korisni, ako bi borbena vozila pešadije zadržala sposobnost da uništavaju oklop neprijateljskih borbenih vozila pešadije i da budu u stanju da se sami zaštite od helikoptera na dovoljno velikom dometu. Tako će buduće nemačko vozilo MARDER 2 biti naoružano topom dvojnog kalibra Rh 503 koji može da gađa bilo istom municijom kao top OERLIKON KDE 35 mm, ili posle zamene cevi snažnijom municijom 50 mm.

U međuvremenu, italijanska firma OTO MELARA predložila je ugradnju svoga topa velike brzine 60 mm 60/70 u pešadijsko vozilo OTO C13, a izraelska firma IMI već je ugradila svoju verziju istog topa 60 mm u oklopni transporter M113, mada samo za demonstracione svrhe. Gađajući municijom APFSDS, izraelski top 60 mm može da probije 240 mm oklopa sa preko 2.000 m, čime se ovaj top stavlja ispred svih drugih topova ugrađenih u borbena vozila pešadije do sada. Na žalost, ugradnja topova jakih kao ovaj, još više će smanjiti broj prevoženih pešaka. Pre nekoliko godina u eksperimentalnu verziju nemačkog vozila MARDER, koja se zvala BEGLEITPANZER, ugrađen je top 57 mm L/70 firme BOFORS, pa je zbog toga u vozilu ostalo mesta za samo tri vojnika-pešaka. Bez obzira na druge vrednosti vozila, to ne može da bude pešadijsko vozilo za prevoz vojnika.

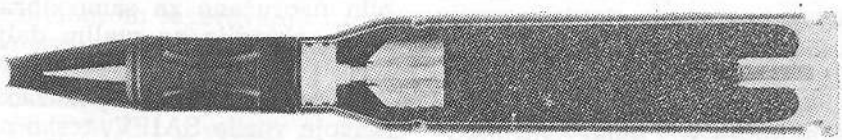
Neki vojni komentatori otišli su još dalje, pa su predlagali da se borbena vozila pešadije naoružaju tenkovskim topom 105, pa čak i 120 mm. Pretpostavlja se da bi onda ona mogla da napadaju tenkove i druge ciljeve, pored mogućnosti za prevođenje pešadije. Međutim, ne uzima se u obzir činjenica da tenkovi, koji su već naoružani topovima navedenih kalibara, imaju prostor samo za posadu od tri ili četiri čoveka. Iz toga se jasno vidi da se ni u jedno borbeno vozilo ne može ugraditi tenkovski top i da istovremeno može da prevozi pešadiju, a da pri tome ne bude veće od tenka. Oni koji tvrde da to mo-



Sl. 1 Šematski prikaz vozila KAMPFSCHUTZENPANZER sa topom MAUSER 30 mm



Sl. 2 Najnovija verzija vozila MARDER 1A3 sa pojačanim oklopom sa masom od 35 t



Sl. 3 Poprečni presek novog projektila 35 mm APFSDS koji može da probije oklop debljine 120 mm

že izraelski tenk MERKAVA treba da znaju da se u tome tenku ne prevozi pešadija, izuzev u specijalnim okolnostima, kada je veći deo borbenog kompleta municije izvađen.

Poboljšanje oklopne zaštite

U stvari, borbeno vozilo pešadije treba da bude naoružano topom znatno manjeg kalibra, kako bi moglo prevoziti efikasan broj vojnika. Zbog toga, njegov top može da bude nedovoljan da uništi buduća borbena vozila pešadije zbog mogućeg poboljšanja njihove oklopne zaštite.

Do sada čak i ona vozila koja su smatrana borbenim imaju relativno laku oklopnu zaštitu. Na primer, horizontalna debljina čeonog oklopa sovjetskog borbenog vozila pešadije BMP-1 je samo 38 do 40 mm, a debljina bočnog oklopa varira od 16 do 18 mm. Sada je očigledni trend da se poboljša oklopna zaštita pešadijskih vozila, pa je oklopni transporter M113 modifikovan dodatnim oklopom, kako bi se oklopna zaštita poboljšala iznad zaštite od puščane municije.

Primer za to je izraelski oklop TOGA, koji se sastoji od perforiranih čeličnih ploča, pa je oklopni transporter tako zaštićen od municije teških mitraljeza 14,5 mm. U Izraelu i Francuskoj razvijeni su drugi oblici dodatnog oklopa koji štite M113 od municije teških mitraljeza 14,5 mm, a takođe i automatskih topova 20 i 23 mm.

Ovaj nivo zaštite karakteriše samo najbolja od svih borbenih vozila pešadije, ali se kod nekih od njih otišlo još dalje, što se odražava u povećanju njihove mase. Najnovija verzija borbenog vozila pešadije M2A2 sa poboljšanom oklopnom zaštitom ima masu od 29.940 kg u punom borbenom stanju, verzija M2 ima masu od 22.285 kg, dok originalna verzija ima masu od samo 18.200 kg. Buduće vozilo MARDER 2 biće još teže sa masom od oko 42.000 kg, što je preko tri puta više nego kod sovjetskog BMP-1.

Ali i sa tom masom borbena vozila pešadije nemaju isti stepen zaštite kao tenkovi, a trebalo bi, jer dejstvuju pored tenkova ili u tesnom sadejstvu sa njima. Zbog toga postoje jaki razlozi za razvoj borbenih vozila pešadije sa jačim oklopom, pa će i ta vozila biti mnogo teža.

Do čega to može da dovede pokazuje borbeno vozilo pešadije sa specijalnim oklopom SAIFV, koje je konstruisano na bazi tenka M1 koje tenkovsko-automobilska komanda KoV SAD predlaže već više od 10 godina. U svom najlakšem obliku sa automatskim topom 25 mm masa vozila bi trebalo da bude 52.400 kg, što je isto kao i savremena verzija tenka M1. Međutim, vozilo će štititi pešadiju koju prevozi, isto kao što tenk štiti svoju posadu. Ako bi se oklop vozila SAIFV modernizovao paralelno sa oklopom tenka M1, tada bi čeona zaštita mogla da bude ekvivalentna valjanom homogenom oklopu debljine 600 mm protiv projektila koji dejstvuju kinetičkom energijom i preko 1.300 mm protiv kumulativnih bojnih glava, sudeći pa nedavno objavljenoj informaciji o tenku M1A1 sa oklopom od osiromašenog urana.

Zaključak o budućim borbenim vozilima pešadije

Strani vojni stručnjaci smatraju da borbena vozila pešadije neće moći izvršiti uloge koje se od njih očekuju, pa će biti zamenjeni vozilima drugih tipova. Jedno od takvih vozila mora da bude bolje osposobljeno za važnu ulogu prevoženja pešadije radi neposrednog sadejstva sa tenkovima, pa bi morali da budu isto tako dobro oklopljeni. Takvo bi vozilo zaista izvršavalo namenjenu ulogu na efikasan način, čak i ako bi bilo naoružano za samoodbranu i podršku pešadije na malim daljinama, a to je sve što se od njega zahteva.

Kao što je već pokazao projekat razvoja vozila SAIFV, teško oklopljena borbena vozila pešadije sigurno će biti skupa. Zbog toga, oružane snage neće

moći da ih nabavljaju u velikom broju. Drugi tipovi borbenih vozila će sadejstvovati sa tenkovima, ili će pešadija napredovati u svojim vozilima koliko i drugi. To mogu da budu manje oklopljena vozila, pa tako i manje skupa i lakša. Njihovo naoružanje ne treba da bude jače nego naoružanje teških pešadijskih vozila, ali posebne verzije mogu da služe kao platforme za teško naoružanje koje je potrebno pešadiji, čime bi se izbegao konflikt koji sada postoji u konceptu borbenih vozila pešadije.

P. M.

Razvoj francuskih dizel-motora firme »BAUDOUIN« za borbena vozila*

Uvod

Francuska firma MOTEURS BAUDOUIN osnovana je 1902, a posle II svetskog rata specijalizovala se u izradi dizel-motora za vozila za civilne potrebe. Kada je 1970. u Francuskoj došlo do kolapsa ovog sektora, firma je lansirala razvoj serije F za osvajanje novih tržišta. Pošto je neko vreme pripadala britanskoj firmi GEC, ponovo je vraćena u francusko okrilje, smanjila je broj zaposlenih i modernizovala proizvodne kapacitete. Porast godišnjih zarada je očevidan — od 170,2 miliona francuskih franaka u 1988. na 228,3 miliona u 1989. Sada su poslovi koncentrisani na motore serija P15 i F.

Serija motora P15

Motor P15 razvijen je od dizel-motora DP koji se javio 1963. Ovaj motor je sa pretkomorom sagorevanja i razvijao je snagu od 22,08 kW/cilindru pri obrtajima od 1.600 min^{-1} i sa pritiskom od 60 bara. Specifična potrošnja goriva bila je 258 g/kW/h i u verziji sa superpunjačem. Godine 1970. motor DP pretvoren je u motor sa neposrednim ubrizgavanjem i dobio je oznaku DNP (Diesel Nouveau Poulliot). Operativni pritisak je povećan na 90 bara, ali su povećana opterećenja zahtevala rešavanje mnogih drugih problema mehaničke prirode Firma je 1974. počela da proizvodi motor P15 čiji je prečnik cilindra bio 150 mm i hod klipa takođe 150 mm, a razvijao je snagu od 22,08 kW/cilindru u verziji bez punjača i 51,52 kW/cilindru sa superpunjačem pri obrtajima od 1.800 min^{-1} i pri neprekidnom radu. Potrošnja goriva bez prehranjivača je 234 g/kW/h, a sa prehranjivačem 220 g/kW/h.

Godine 1981. razvijena je nova verzija motora, nazvana P15-2. Mada je ovaj motor zadržao istu konstrukciju glave cilindra, kao i originalni motor DP, snaga po cilindru je povećana na 73,6 kW kod modela sa vodenim hlađenjem i superpunjačem i približno na 88,32 kW kod motora sa hlađenjem pomoću dodatno rashlađene vode (refrigerated water cooling).

Potrošnja goriva još više je smanjena — na 210,8 g/kW/h pri nominalnoj snazi i na 197,2 g/kW/h pri obrtajima od 1.500 min^{-1} (pri maksimalnom obrtnom momentu). Verzija motora od 1.034 kW, 2.000 min^{-1} i tipa V12 može da postigne obrtni moment od 4.800 Nm, što omogućuje da motor P15-2 može da bude spojen sa transmisijom ESM-500 osnovnog borbenog tenka LECLERC. Motor M15 postoji u verziji sa 4 i 6 cilindara u liniji i verzijama V8 i V12. Modeli sa 6 i 12 cilindara imaju verzije sa superpunjačima, a u fazi razvoja je verzija V8 sa superpunjačem.

Firma BAUDOUIN nudi militarizovanu verziju motora P15-2 SR V12, koja ima oznaku P15-2 SRX, a razvija snagu od 883,2 kW pri obrtajima od 2.000 min^{-1}. Ova verzija će se ugraditi u vozilo za opravke LECLERC i predložena je za taktički mostovski tenk. Motor će imati superpunjenje od 200% pomoću dva bočno postavljena turbokompresora sa suvim uljnim koritima.

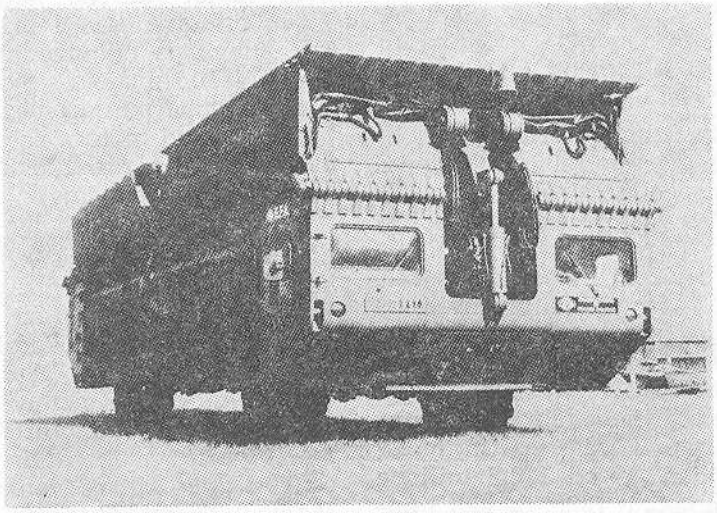
* Prema podacima iz časopisa »International defense review«, 4/1990.

Za dva pomenuta vozila biće potrebno po 60 ovih motora bez rezervnih delova. Sa motorom P15-2 SRX firma se nada da poveća maksimalni broj obrta na 2.100 min^{-1}, da smanji zapreminu koju motor zauzima na 3,5 m^3 (294 kW/m^3 ili 184 kW/m^3 za brodsku verziju), a masu motora na 2,500 kg (2,4 kg/kW).

Francuska RM koristi motore 12P15 SR snage 1.030 kW za pokretanje generatora na patrolnim fregatama klase »Floréal« (po tri motora po brodu). Francuska RM je, takođe, odabrala motor 6P15-2 SR otporan na udar, za plovidbu malom brzinom i pogon generatora okeanskih brodova za protivminsko ratovanje BAMO (po pet motora po brodu). Firma, takođe, nudi motor 6P15-2 SR sa postoljem otpornim na udar za

Motori serije F

Razvoj motora serije F firma je počela 1970, a prodaju 1972. Ovi motori se izrađuju u varijantama V4, V6 i V12. Model F11 ima cilindre pod V (90°) sa prečnikom cilindra od 115 mm i hodom klipa od 105 mm, a broj obrtaja je 3.000 min^{-1}. Godine 1973. KoV Francuske je odobrio verziju DF6S, snage 139,8 kW, a zatim je tražio verziju snage 206 kW. Godine 1977. francuski KoV je tražio motor koji bi mogao zameniti motore HS-115 u oklopnim vozilima AMX-10, a 1979. firma je predala prvi od 14 predserijskih motora 6F11 SRX sa novom glavom cilindara, pumpom za ubrizgavanje, izduvnim i usisnim cevima.



Mostovsko vozilo-skela EFA sa motorom 12F120

lake fregate klase »La Fayette« (četiri motora po brodu), a i za protivavionske fregate za izvoz.

Ove godine firma BAUDOUIN razmatra dalji razvoj serije P15 za pokretanje brzih patrolnih čamaca. Košuljice cilindara i klipovi trebalo bi da budu modifikovani radi povećanja prečnika cilindra na 155 mm, čime bi se snaga motora povećala za 7%, a motori V12 bi dostigli maksimalnu snagu od nekih 1.104 kW, pri obrtajima od 2.000 min^{-1}.

Godine 1978. firma je počela razvoj motora 6F11 SRY, snage 206 kW, pri obrtajima 3.200 min^{-1}, a prvi motor je ispitivan u periodu 1983—1985. u lakom tenku AMX 13. Izrađeno je 5 predserijskih motora ovog tipa, ali do sada za njih nije stigla nikakva narudžbina. Godine 1983. KoV Francuske je naručio 428 motora verzije 6F11 SRX, snage 206 kW pri 3.000 min^{-1}, za zamenu HS-115 koji pokreću 320 vozila AMX 10RC.

Na zahtev AMX, firma je pojačala snagu motora 6F11 za 9% povećavanjem prečnika cilindra na 120 mm i opremajući ih različitim turbinama. Ovaj novi motor, sa oznakom F12, može da razvije snagu od 220 kW (sa mogućnošću povećanja do 264 kW) na visinama preko 2.500 m i bolji obrtni moment pri malim obrtajima, a ispušta i manje dima. Firma CREUSOT LOIRE ugradila je 1987. verziju motora 6F12 SRY, snage 258 kW pri 2.900 min^{-1}, zajedno sa menjačem HSWL-106, u prva dva prototipa nove familije lakih oklopnih vozila na gusenicama MARS 15.

Firma BAUDOUIN nudi, takođe, verziju 6F12 SRX sa menjačem HSWL-106 za konkurs u kojem učestvuje nekoliko evropskih automobilskih firmi. Motor 6F12 SRX, koji je u razvoju od decembra 1989, sa novom pumpom »Bosh« razvija 294 kW, pa čak i 309 kW pri 3.000 min^{-1}, zahvaljujući novoj turbini koja pomaže da se postignu visoke performanse i pouzdanost, a motor ne ispušta dim pri ubrzavanju. Od ove serije firma je razvila i brodske motore, kao što je 6F12 SRN, snage 294 kW pri 3.000 min^{-1}, ali bez turbine promenljive geometrije.

Motor F120

Godine 1982. firma BAUDOUIN odlučila je da pojača snagu motora serije F za 15% povećavanjem prečnika cilindra na 120 mm i povećanjem hoda klipa na 110 mm. Izrađena su tri prototipa snage 309 kW sa 6 cilindara, a krajem 1986. firma je isporučila prvi prototip motora 12F120 SRN EFA, koji razvija snagu od 515 kW pri 2.550 min^{-1} za taktičko-mostovsko vozilo-skelu EFA (Engin de Franchisment de l'Avant). Radi zadovoljavanja novog taktičko-tehničkog zahteva da brzina vozila na usponima od 2% bude 70 km/h, maksimalna snaga motora povećana je na 537 kW pri 2.700 min^{-1}. Za ovu primenu motor je povezan sa menjačem HS-226 sa kliznom spojnicom i blokiranjem diferencijala. Firma je odlučila da otpočne razvoj verzije motora 12F120 za zamenu motora u tenkovima AMX 30.

Za proširenje serije F120 firma je počela razvoj motora 8F120, koji u osnovnoj verziji razvija snagu od 412 kW kod zapremine motora od 1 m^3 i mase od 900 do 950 kg. Pored drugih primena motor će se koristiti za buduće oklopno vozilo modularne konstrukcije VBM (Véhicule Blindé Modulaire).

Na slici je prikazano mostovsko vozilo-skela EFA sa motorom 12F120 SRN.

Budući planovi

Firma je odlučila da ugradi u svoje motore najnovija dostignuća tehnologije, uključujući poboljšani protok tečnosti, korišćenje keramičkih materijala za neke delove motora, poboljšano ubrizgavanje goriva, povećani radni pritisak (koji je sa 500 bara od pre 10 godina povećan na 1.000 do 1.200 bara danas) i poboljšane turbine čiji je proizvod sada 75%, dok je krajem sedamdesetih godina bio 63%.

P. M.

tehničke novosti i zanimljivosti

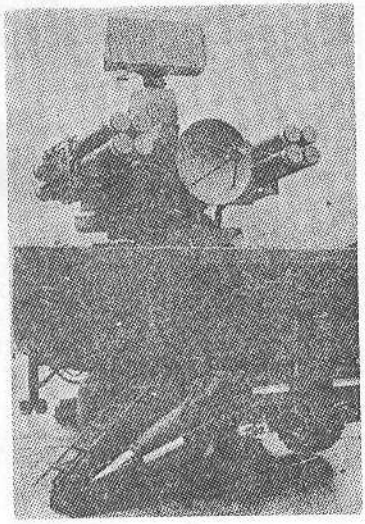
PVO raketni sistem »CROTAL NG« francuske firme »THOMSON-CSF«[1]

Francuska firma THOMSON-CSF razvila je PVO raketni sistem CROTAL NG (nove generacije) sa hiperbrzom raketom VT-1, namenjen za zaštitu oklopnih formacija u pokretu i stalnih ili privremenih pozicija protiv masovnih napada borbenih aviona i helikoptera, koji se kasno otkrivaju u vrlo kratkom vremenu po danu ili noći, pri svim vremenskim uslovima, ili neprijetaljskim elektronskim ili IC protivdejstvima. Zavisno od predviđene upotrebe, on se može instalirati na točkaško ili gusenično borbeno vozilo, ili na zaklon.

CROTAL NG je prvi kopneni sistem familije CROTAL-SHAHINE, koji koristi samo jednu platformu za lansiranje i osmatrački radar. On sadrži četiri glavna podsistema:

— osmatrački doplerov radar u S frekventnom opsegu, sa promenljivom frekvencijom i kompresijom impulsa, dometa 18 km, koji može da »obradi« 8 ciljeva i automatski proceni opasnost,

— radar za praćenje u Ku frekventnom opsegu, takođe doplerov, sa promenljivom frekvencijom i kompresijom impulsa, dometa 18 km, koji takođe dobro »obrađuje« helikoptere u stacionarnom letu kao i avione pri brzini leta do 2 Ma,



CROTAL NG na oklopljenom zaklonu-prikolici

— četiri optoelektronska senzora, IC-kameru za prednje osmatranje FLIR sa dva vidna polja i dometa 15 km (sa optičkom vidljivosti 10 km), TV-kameru za dnevno snimanje sa vidnim poljem do 10 km, video uređaj za automatsko

[1] Prema podacima iz DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 89, str. 76.

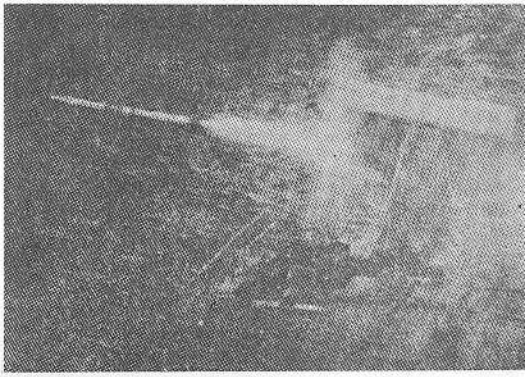
praćenje ciljeva i raketa VT-1, jedan IC lokator sa širokim vidnim poljem za praćenje rakete VT-1 u prvim sekundama leta,

— osam hiperbrzih raketa VT-1 spremnih za ispaljivanje (maksimalna brzina 3,5 Ma, manevarska sposobnost 35 g do daljine 8 km, domet 10 km,presretanje manevrišućih ciljeva na 8 km u toku 10 s, upaljač blizinskog i udarnog dejstva koji aktivira eksplozivno punjenje usmerenog dejstva mase 14 kg).

Američko-zapadnonemački raketni sistem »RAM« za odbranu od protivbrodskih raketa[2]

Komanda za mornaričke sisteme SAD zaključila je ugovor u vrednosti od 85,6 miliona dolara sa firmom GENERAL DYNAMICS za početnu proizvodnju 500 raketa sa obrtnim telom RAM (Rolling Airframe Missile). Sistem RAM namenjen je za samoodbranu površinskih ratnih brodova od protivbrodskih raketa koje napadaju iz brišućeg leta, a razvijen je i proizvodi se u saradnji SAD i SRN u okviru Memoranduma (MoU) iz 1987. Sa zapadnonemačke strane program se odvija u okviru konzorcijuma RAM-SYSTEMS CmBH, u kome učestvuju firme MBB, AEG, DIEHL i BODENSEE GERÄTETECHNIK.

RAM je laka raketa (prečnik 12,7 mm) tipa »ispali i zaboravi«, sa dvojnim sistemom pasivnog vođenja (radio i IC), koja koristi veliki broj komponenata od raketa STINGER i AIM9L SIDEWINDER. Tako na primer, infracrveni sistem samovođenja preuzet je od STINGERA, dok su raketni motor, bojna glava, blizinski upaljač i sigurnosni uređaj usvojeni od SIDEWINDERA. U glavne novorazvijene komponente spadaju antena i pasivni radio-frekventni prijemnik, upaljač udarnog dejstva i zadnji sklapajući stabilizator krstastog oblika.



Opitno lansiranje raketnog sistema RAM sa američke krstarice DAVID R. RAY

Višestruko ispaljivanje vrši se iz novog raketnog lansera ili modificiranog lansera rakete SEA SPARROW.

Italijanski PA sistem »SIDAM 25«[3]

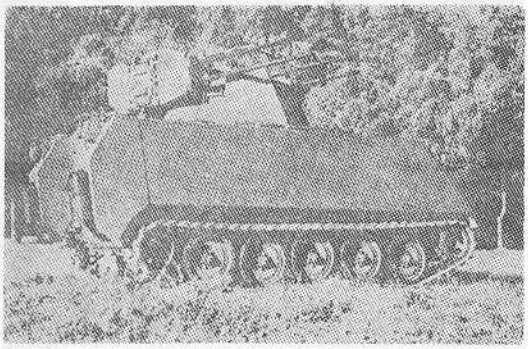
Italijanska firma OTO MELARA u saradnji sa OFFICINE GALILEO, OERLIKON ITALLIANA i ASTRA razvila je samohodno četvorocevno PA oruđe SIDAM 25 namenjeno pre svega zaštiti mehanizovanih kolona od napada iz vazduha. U italijanskoj armiji biće raspoređeno u oklopne brigade i mehanizovane jedinice KoV-a, koji je pokazao interes da nabavi 350 ovakvih oruđa.

Kupola oruđa (mase 3 t) montirana je na rekonstruisano oklopno vozilo

[2] Prema podacima iz DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 89, str. 80.

[3] Prema podacima iz DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 87, str. 62.

M113 (sada označeno kao VTC-3), opremljena je sa četiri automatska topa OERLIKON KBA 25/80 mm od kojih dva imaju uređaje za dvostruko hranjenje (municija HE ili APDS). Kupola je jednoseda, opremljena elektrooptičkim sistemom za osmatranje i gađanje,



izrađena je od aluminijuma i ima magacinski prostor za 630 metaka spremnih za gađanje. Ukupna brzina gađanja je reda 2800 metaka/minut. Nišandžija može birati četiri brzine gađanja (jedinačno, rafal od 15 ili 25 metaka i kontinualni rafal).

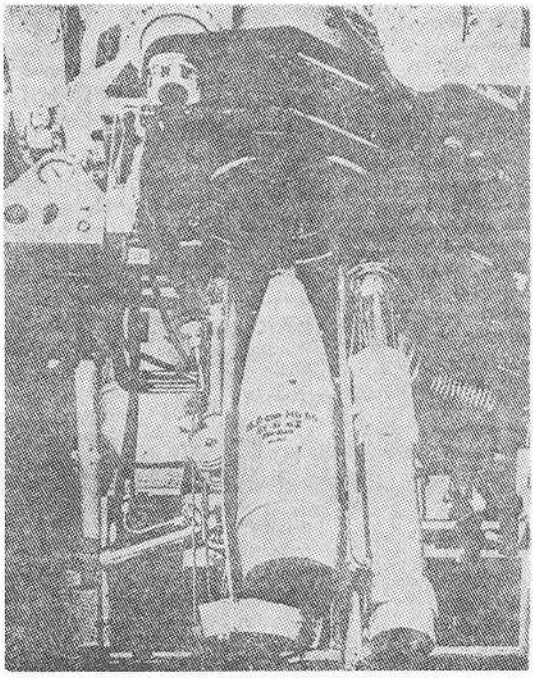
Elektrooptički sistem koristi se danju i noću i sastoji se od TV sistema, laserskog daljinomera i IFF sistema.

Radi povećanja kapaciteta sistema za upravljanje vatrom predviđeno je formiranje grupa 4—6 vozila SIDAM 25 kojima se dodaje jedan radar tipa CONTRAVES »CHORAR«, koji je montiran na vozilo M113. Radar radi u opsegu »X« talasa, a domet je 20—25 km. Sistem za obradu podataka tretira simultano da šest ciljeva, dajući pri tom podatke o položaju cilja, daljini i identifikaciji prijatelj-neprijatelj.

Prva serija od 35 oruđa SIDAM 25 biće isporučena italijanskoj armiji do kraja 1989. godine, što znači da je razvoj trajao oko 10 godina.

Zapadnonemački pomoćni uređaj za punjenje haubice 155 mm[4]

Zapadnonemačka firma KUKA WEHRTECHNIK predlaže pomoćni uređaj za punjenje vučne ili samopokretne haubice 155 mm koju je razvila švajcarska firma EIGGENOSSISCHE WAFENFABRIK. Uređaj omogućava povećanje brzine gađanja (3 metka za 15/20 s kod brže paljbe, 6 metaka/minut kod podrške) i smanjuje napore poslužioca.



Funkcionisanje uređaja je moguće u položaju cevi od —2,5° do 72° po elevaciji i 360° po pravcu. On automatski podešava silu potiskivanja za sve granate koje odgovaraju haubici, podiže plato za punjenje i centrira ga u odnosu na osu cevi.

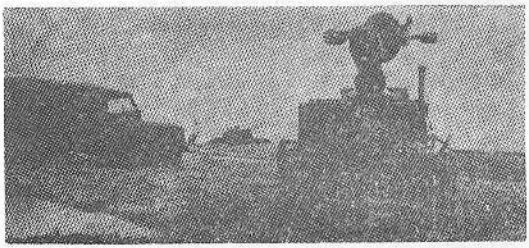
Ovaj uređaj (mase 200 kg) može da izvršava dva programa koji se unapred izaberu, komande su električne- a izvršni organi su hidraulički.

[4] Prema podacima iz DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 89, str. 78.

Pokretni uređaj za upravljanje PVO vatrom »APACHE« britanske firme »MCCS«[5]

Britanska firma MARCONI COMMAND and CONTROL SYSTEMS (MCCS) završila je samoinicijativni razvoj svog pokretnog uređaja za upravljanje vatrom APACHE, koji je objavljen 1988. godine na izložbi opreme KoV V. Britanije.

APACHE je ispitivan u cilju procene taktičko-tehničkih karakteristika u Turskoj, gde je primenjen u sprezi sa impulsnim doplerovim radarom POSSUM firme RACAL, da bi se utvrdilo da li zadovoljava zahteve turskih OS. Opiti su pokazali da su preko 70% ispaljenih zrna registrovana unutar 4 m od centra vazdušne mete.



Dvocevni 35 mm PVO top OERLIKON-BÜHRLE čijom paljbom upravlja pokretni uređaj za upravljanje vatrom APACHE (desno) sa operatorom u terenskom vozilu LAND ROVER (levo)

Nedavno je APACHE upotrebljen za upravljanje vatrom vučnog dvocevnog 35 mm PVO topa OERLIKON-BÜHRLE, koji normalno koristi sistem za upravljanje vatrom CONTRAVES SKYGARD. Ispitivanja su obavljena na britanskom artiljerijskom poligonu u Južnom Velsu i obuhvatila su ekstenzivno praćenje i opitna gađanja u lošim vremenskim uslovima. Gađanja su vršena na vazdušnu metu firme TARGET TECHNOLOGY BANSHEE, koja je bila opremljena sa pokazivačem odstupanja projektila od cilja. Ispitivanja su takođe pokazala kratko vreme reagovanja uređaja APACHE (tipično je bilo ispod 6 sekundi).

APACHE je predviđen da detektuje i prati kasno otkrivene ciljeve na maloj visini i u svim vremenskim uslovima. On može da obezbedi precizne i popravljene nišanske podatke za vatrena oružja i/ili podatke navođenja za raketne sisteme klase zemlja-vazduh. APACHE upotrebljava potpuno koherentni radar serije 400, koji se sada proizvodi za više primena, uključujući dvocevni 35 mm PVO sistem MARKSAM firme MCCS, čiji je domet praćenja 10 km, a izviđanja 12 km, APACHE je modularne koncepcije sa opcijom koja obuhvata i jednu TV kameru.

Minobacačka mina »FOMP« američke firme »BOEING« vođena optičkim vlaknom[6]

Po ugovoru sa istraživačko-razvojno-tehničkim centrom za naoružanje američkog KoV firma BOEING prikazala je izvodljivost minobacačke mine sa optičkim vlaknom FOMP (Fibre Optic Mortar Projectile) u najkritičnijoj fazi —q izdržljivost vlakna prilikom ispaljivanja mine.

Ugovor sa 12-mesečnu studiju, zaključen maja 1988, izvršen je i izveštaj dostavljen centru. Očekuje se da će naredna faza biti ugovor za dokazivanje koncepta koji će biti predmet konkursa.

U toku izrade studije bilo je ispaljeno 20 razvojnih i ocenskih mina. To nisu bile kompletne mine već mine bez bojne glave ili marševskog motora.

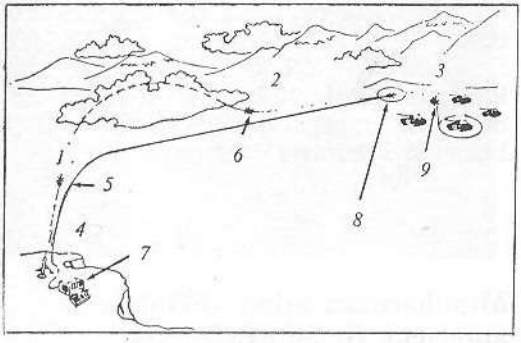
Prva ispitivanja su obavljena sa minobacačem u horizontalnom položaju, ali je već u sledećim ispitivanjima minobacač bio u normalnom položaju. Maksimalni domet bio je ograničen na

[5] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 6989, 11. novembar, str. 1055.

[6] Prema podacima iz JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 23. septembar, str. 603.

300 m, mada je predviđeno da će serijske mine FOMP imati domet od oko 8 km.

Pri ispaljivanju mina se puni u minobacačku cev, a u prednjem delu mine nalazi se kalem sa optičkim vlaknom. Vlaknasto-optička veza je spojena sa nišandžijom. Mina FOMP se ispaljuje pomoću standardnih punjenja i kada napusti cev, stvaraju se krilca za stabilizaciju.



1 — rasklapanje krila za stabilizaciju; 2 — horizontalni let kamufliran oblacima; 3 — domet 8 km; 4 — ispaljivanje minobacača 120 mm; 5 — bezbedna veza za komandovanje i upravljanje sa optičkim vlaknom; 6 — paljenje marševskog motora mine; 7 — nišandžija vizuelno identifikuje i bira cilj, bira nišansku tačku; 8 — kamera mine prenosi nišandžiji scenu bojišta; 9 — napad sa gornje strane radi maksimalnog efekta mine

Kada mina FOMP dostigne vrhunac putanje, pali se marševski motor, obezbeđujući pogon mine do zone cilja. TV glava za samonavođenje, koja radi pri niskom nivou svetlosti, ugrađena je u nos mine FOMP.

U toku leta, sistem za prenos podataka od optičkog vlakna, otporan na ometanje, odmotava se iz zadnjeg dela mine. Time se obezbeđuje veza između mine i nišandžije.

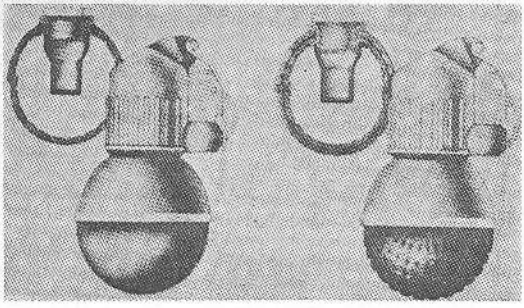
Jedan mali displej omogućuje poslužiocu minobacača da osmatra bojište onako kako ga vidi tv-kamera mine. Pomoću komande ručice on može da identifikuje i odabere cilj najvećeg prioriteta za automatsko praćenje i uništenje.

FOMP ima protivoklopnu bojnu glavu koja probija osetljivu gornju površinu tenka.

Sovjetske ručne granate »RGN« i »RGO«[7]

Oznake se odnose na granatu za napad (RGN) i odbranu (RGO). Masa RGN sa upaljačem iznosi 310 g, od čega na eksploziv otpada 114 g. Srednja daljina bacanja je 35 m. Konstrukcija RGN je relativno jednostavna. Glavni delovi su: telo granate sa isturenim delom za upaljač, smeša eksploziva i udarno/daljinski upaljač. Telo granate sastoji se od dve polulopte, čija unutrašnja obrada pospešuje stvaranje parčadi. Telo je izrađeno od legure aluminijuma.

RGO se sastoji od istih delova. Međutim, telo granate se razlikuje bitno od tela RGN, jer se sastoji od četiri čelične polulopte. Masa RGO je 530 g, smeša eksploziva teži 92 g. Srednja daljina bacanja je 30 m. Budući da su parčad ubitačna i do 100 m, granata se koristi samo iz zaklona ili iz oklopnog vozila.



Za oba tipa granata upotrebljen je isti upaljač udarno-usporenog dejstva, koji se uvrne u telo granate tek prilikom pripreme za bacanje. Upaljač se sastoji od sigurnosnog mehanizma, inicijalne kapisle, usporača, mehanizma za armiranje i detonatora.

[7] Prema podacima iz: MILITAERTECHNIK 1989, br. 5, str. 274.

Svi delovi su smešteni u telo od polietilena. Posle izbacivanja iz ruke mehanizam za armiranje omogućava da se upaljač armira tek nakon 1—1,8 s. Ukoliko upaljač iz bilo kog razloga ne deluje kao udarni delovaće nakon 3,3—4,3 s preko pirotehničkog usporača. Upaljač sigurno funkcioniše u temperaturnom opsegu od —50° do +50°C.

Razvoj američkog lakog oklopnog vozila »LAV-105«[8]

Američka mornarica planira da krajem 1989. godine ugovori sa dve firme izradu prototipa lakog oklopnog vozila LAV-105. U tom cilju ona će dostaviti svakoj firmi, sa kojom zaključi ugovor, šasiju vozila LAV-25 i top EX35 (kalibra 105 mm). Šasija i top treba da posluže kao osnova oko koje će se izraditi novo vozilo. Proizvođači bi trebali



da integrišu i razviju kupole, sistem za upravljanje vatrom, uređaje i opremu neophodne za rad komandira i nišandžije, kao i sistem punjenja topa municijom, sa odgovarajućim prostorom za smeštaj municije.

Mornarica očekuje da ispitivanje prototipova otpočne februara 1991. godine, ugovaranje serijske proizvodnje 1992, a početak serijske proizvodnje 1994. godine.

Od vozila LAV-105 zahtevaće se da ima maksimalnu masu od 13,83 t. U slučaju transporta helikopterom dozvoljena masa vozila sme da iznosi maksimalno 13,14 t.

Oklopna zaštita vozila LAV 105 treba da pruža zaštitu od sovjetskog metka kalibra 7,62, dok prednji deo vozila (po luku od 60°) treba da štiti posadu i vozilo od municije kalibra 14,5 mm.

Vozilo LAV-105 treba da bude amfibijsko. Maksimalna brzina vozila na vodi iznosiće 10 km/h. Zahtevaće se da vozilo savlađuje talase visine 0,92 m (amplituda) i dužine 3,05 m.

Maksimalna visina vozila ne sme preći 2,6 m s obzirom da je to maksimalna visina tereta koji može da se ukrca u transportni avion C-130 HERCULES.

Između 9 firmi koje su zainteresovane za izradu novog vozila smatra se da su najozbiljniji kandidati firme GENERAL MOTORS i FMC.

Lako oklopno vozilo »PUMA« italijanske firme »IVECO«[9]

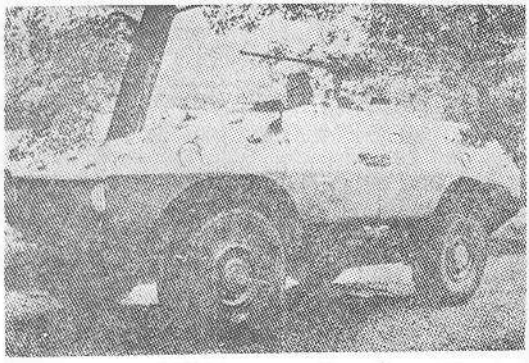
Koncept odbrane italijanske kopnene vojske tako je postavljen da predviđa upotrebu snažno opremljenih oružanih snaga na severoistoku svoje teritorije. U cilju njihovog daljeg jačanja, ove snage biće snabdevene novim tenkovima C-1 ARIETE i novim borbenim vozilima pešadije VCC-80. Za odbranu ostalih delova teritorije predviđaju se lake, ali pokretne jedinice i to prvenstveno lovac tenkova B-1 CENTAURO i oklopni transporter PUMA.

[8] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 10, str. 1361.

[9] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 9, str. 1229—1231.

Lovac tenkova B-1 CENTAURO je točkaško vozilo 8 × 8, mase 24 t i naoružan je topom 105 mm.

Oklopni transporter PUMA poznat je po oznaci IVECO 6634G PUMA a razvijen je od izviđačkog vozila 6634 PUMA. Naime, povećane su dimenzije vozila, tako da se u njega mogu smestiti 6 vojnika i vozač. Mala masa (5,5 t) čini ovo vozilo ekonomičnim u odnosu na oklopne transportere veće mase, koji se masovno koriste. Isto tako, tvrdi se da su troškovi eksploatacije gotovo istovetni troškovima kamiona koji se koriste za prevoz pešadijskog odeljenja. Naravvno, PUMA je superiorna u odnosu na kamione u pogledu oklopne zaštite. PUMA lakše savlađuje male mostove i meko zemljište od težih vozila, a omogućen je i transport ovog vozila helikopterima tipa CHINOOK.



Do sada je firma IVECO DEFFENCE VEHICLES DIVISION izradila dva prototipa. Jedan je završen 1988. a drugi 1989. godine. Pri izradi posebna pažnja posvećena je opštoj ergonomiji, s obzirom da se očekuje da ova vozila mogu preći veliki put pre nego što stupe u akciju. Oba prototipa su na ispitivanjima kod italijanske armije. Očekuje se da će se tri prototipa, koja treba da predstavljaju konačnu verziju oklopnog transportera PUMA biti izrađena do sredine 1990. godine.

Italijanska armija sklopila je ugovor i sa firmom IVECO za izradu 6 specijalnih varijanti vozila PUMA (familija vozila). To su tri specijalne varijante namenjene opremanju sa različitim raketnim sistemima (MILAN, TOW i MISTRAL), zatim, vozilo naoružano minobacačem kalibra 81 mm, te ambulantno i komandno vozilo.

Osnovni tehnički podaci:

— posada	1—6
— borbena masa (kg)	5500
— dužina (m)	4,65
— širina (m)	2,08
— visina do krovne ploče (m)	1,67
— klirens (m)	0,39
— motor	Fiat 8042.45
— tip motora	4 cil. — dizel
— radna zapremina motora (dm^3)	3,905
— maksimalna snaga (kW)	134
— transmisija	autom. oznake Reco
— oslanjanje	nezavisno
— ukupni vertikalni hod točka (mm)	390
— gume	Michelin 11.00-16
— maksimalna brzina (km/h)	105
— specifična snaga (kW/t)	24,4
— autonomija kretanja (km)	800
— savlađivanje vodenih prepreka (m)	do 0,7

Na slici je prikazano vozilo PUMA naoružano mitraljezom kalibra 12,7 mm.

Terenska dizalica »HA 12«, francuske firme »PINGUELY«[10]

Terenska dizalica firme PINGUELY služi za podizanje tereta mase do 15.000 kg na kraku od 3 m (sa stabiliza-

[10] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONALE 1989, br. 14, str. 78.

torom) i 10.000 kg sa oslanjanjem na pneumatike. Dizalica može da radi na usponu od 15°, bočnom nagibu od 10° (sa reduciranim performansama). Dizalica HA 12 mm hidrauličke komande, a grana je teleskopskog tipa. Kabina ima mesta za 3 člana posade od kojih su 2 za upravljanje.

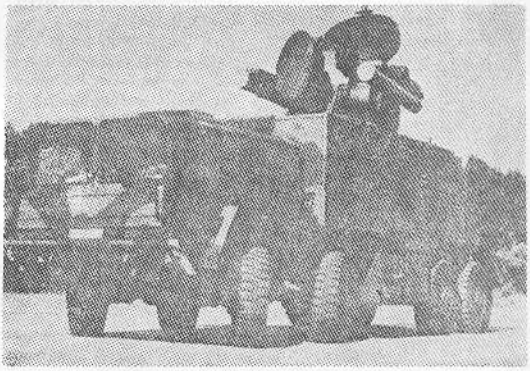
Dizalica ima samonoseću karoseriju sa dva pogonska mosta 4 × 4 (ili 4 × 2 sa dekrabotiranjem prednjeg pogonskog mosta), ukupna masa dizalice iznosi 22000 kg, rastojanje između prednje i zadnje osovine 4,1 m, širina 2,5 m, prednji prilazni ugao 42°, zadnji prilazni ugao 36°, mogućnost savlađivanja vertikalne prepreke visine 0,50 m i vodeni gaz dubine 1 m. U vozilo je ugrađen dizel-motor V8 snage 188 kW na 2500 min^{-1}, a maksimalna brzina kretanja iznosi 80 km/h. Transmisija je sa hidrodinamičkim pretvaračem obrtnog momenta i elektrohidrauličkim komandama.



Uređaj za oslanjanje (napred i nazad) je sa gibnjevima i hidrauličkim amortizerima. Prednji pogonski most je upravljajući, sa dvostrukom redukcijom, a zadnji pogonski most je krut sa dvostrukom redukcijom i mogućnošću blokiranja diferencijala.

Zapadnonemački terenski automobil 8 × 8 visoke pokretljivosti[11]

Zapadnonemačka firma MAN NUTZFAHZEUGE GmbH razvila je terenski automobil visoke pokretljivosti. Ukupna masa ovog vozila sa kabinom iznosi 12,5 t. Na šasiju vozila 8 × 8 može da se ugradi oprema (nadgradnja) mase 10 do 17 t, zavisno od centra težišta koje može da bude vrlo visoko (sistem ROLAND, sistem LEGUAN ili FFB). Ugradnja raznih sistema sa visokim položajem centra ležišta donekle je kompenzovana velikom širinom šasije od 2,9 m i ukupnom dužinom vozila od 10 m. Šasija vozila je specijalne izvedbe i omogućava maksimalnu adaptaciju hodnog uređaja vrsti terena.



Hodni uređaj sa planetarnim reduktorima u točkovima omogućuje dobro prianjanje na tlo.

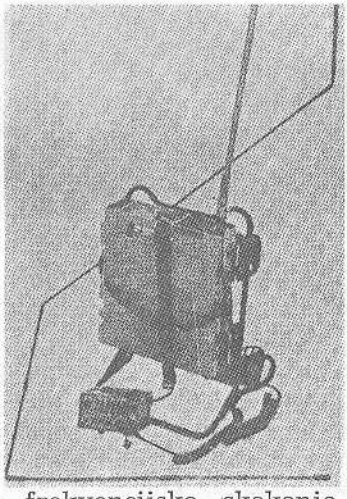
U vozilu je ugrađen dizel-motor MAN D2866 LXFG sa 6 cilindara u liniji, turboprehranjivani sa vodenim hlađenjem i direktnim ubrizgavanjem goriva. Motor razvija snagu od 265 kW na 2200 min^{-1}. Maksimalna brzina pri pogonu 8 × 8 iznosi 95 km/h, a minimalna 4 km/h. Motor je spregnut sa transmisijom tipa ZF sa 6 stepeni prenosa za hod napred i 1 za hod nazad. Pored

[11] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 88, str. 82.

transmisije ugrađen je i razvodnik pogona sa mogućnošću blokiranja. Uređaj za kočenje je pneumatski sa dvostrukim vodom na svim točkovima. Kabina je pokretljiva, hidraulička radi lakšeg prilaza motoru, a u nju se smeštaju tri člana posade.

Familija VF radio-uređaja sa frekvencijskim skakanjem italijanske firme »ELMER«[12]

Italijanska firma ELMER razvila je novu familiju radio-uređaja sa frekvencijskim skakanjem. Ova familija radio-uređaja bazira se na standardnom taktičkom VF uređaju SRT-178 (SSB, 25 W). Standardna kontrolna ploča ovog uređaja zamenjena je novom ECCM kontrolnom jedinicom koja je razvijena u saradnji sa američkom firmom MAGNAVOX. Nova kontrolna jedinica obezbeđuje frekvencijsko skakanje u VF opsegu. Generisanje pseudoslučajnog koda skakanja bazira se na primeni dnevnih ključeva (»word-of-the-day«), a za sinhronizaciju mreže koristi se tačno vreme. Radio-uređaji ove familije rade u frekvencijskom području od 2 do 30 MHz, uz automatsko antensko prilagođenje i presetovanje kanala. Moguća su oba režima rada: rad na fiksnoj frekvenciji, ili rad u režimu frekvencijskog skakanja. Uređaji su namenjeni prenosu govornih signala »otvoreno« ili sa kriptozaštitom, ili za prenos FSK CW signala. Moguće je, takođe, nabaviti spoljašnji model za prenos podataka. Radio-uređaji, koji čini osnovu ove familije, je prenosna varijanta SRT-178/AJ (vidi sliku). Izlazna RF snaga uređaja je 25 W, a tačnost frekvencije $\pm 10^{-7}$ u 24 h. Osnovnom radio-uređaju se mogu dodati dve različite vrste pojačavača snage, 100 W i 400 W, sa odgovarajućim antenskim prilagođenjima. Takvim proširenjem osnovnog kompleta uređaja dobijaju se dve prevozne verzije ovog uređaja, SRT-170/AJ (100 W) i SRT-674/AJ (400 W). Obe prevozne verzije imaju tačnost frekvencije $\pm 10^{-8}$ u 24 h. Osetljivost prijemnika ove familije radio-uređaja je 1 μV za faktor šuma od 10 dB na opterećenju od 50 Ω. Dimenzije osnovne prenosne varijante uređaja su 312 × 80 × 390 mm, a masa zajedno sa ECCM kontrolnom jedinicom je 12 kg. Uređaj se napaja iz akumulatora 24 V, a može da koristi interno napajanje iz 7 AH izvora. Pri tom je vek baterije 16 h sa odnosom predaja/prijem 1:9.



[12] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW 1989, br. 10, str. 1435.

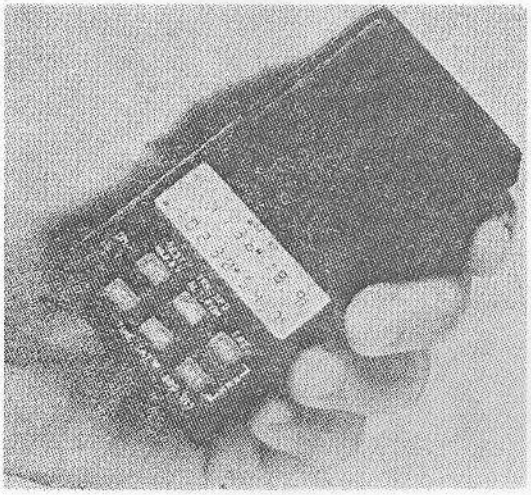
Minijaturni prijemnik »GPS« za globalni navigacioni sistem OS SAD[13]

Američka firma ROCKWELL INTERNATIONAL razvila je novi minijaturni ručni prijemnik GPS (Global Position System) sa dva kanala, antenom i vizuelnim pokazivačkim ekranom, čija je zapremina 100 cm³ i masa 222 g.

Osnovna komponenta ovog minijaturnog prijemnika je monolitno mikro-

[13] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 87, str. 80.

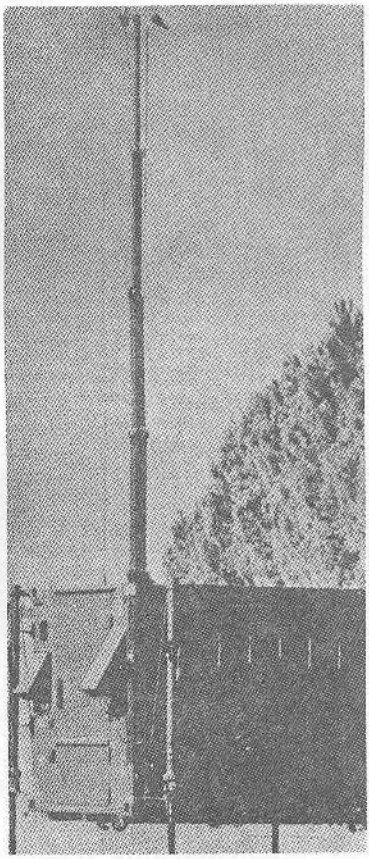
talasno integralno kolo MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) na bazi galijum-arsenida, jedinstveno po svom nivou složenosti i stepenu integrisanosti funkcija. Prijemnik prima isto tako dobro frekventna područja L1 i L2 kao i kodove C/A (Coarse/Acquisition — grubo/hvatanje) i P (Précision).



Firma ROCKWELL je već isporučila prijemnik GPS sa jednim, dva i pet kanala OS i obalskoj straži SAD za njihove letelice, brodove i kopnena vozila. GPS spada u globalni navigacioni sistem po svakom vremenu, koji koristi podatke dobijene od satelita. Karakteriše se velikom preciznošću u određivanju položaja (16 m), brzine (1 m/s) i vremena (1 μs).

Visokofrekventni ometač velike snage »RHINO« italijanske firme »TELETTRA TELECOMUNICAZIONI«[14]

Sistem za elektronski rat RHINO, italijanske firme TELETTRA TELECOMUNICAZIONI, je ometač-hvatač visoke snage, prenosiv, koji dejstvuje u frekventnom opsegu VF. Može se upotrebljavati bilo sa dometom od nekoliko kilometara, koristeći prostiranje prizemnog talasa pomoću bič antene visine 10 m (ili više), bilo sa dometom 200 do 300 km uz korišćenje prostiranja jonosfernog talasa sa antenom oblika obrnutog »V«. Pušta se u rad u okviru složenog sistema ESM/ECM ili potpuno autonomno. Namenjen je za operacije traganja/hvatanja, za automatsko ili manuelno ometanje i za komunikacije.



Ključna karakteristika sistema RHINO je njegovo vrlo kratko vreme reagovanja, zahvaljujući primeni novog brzog digitalnog antenskog preklopnika. To omogućuje multikanalno sekvencijalno ometanje upotrebom tehnike »time-sharing« (deljenje vremena) u kojima maksimalna izlazna snaga od

[14] Prema podacima iz: DÉFENSE & ARMEMENT HÉRACLÈS INTERNATIONAL 1989, br. 87, str. 80.

1 kW može da se svede na 500 ili 250 W. On pokriva modularni glas, TTY, CW, SSB, FM, ISB sa mogućim varijacijama širine frekventnog opsega i drugih parametara modulacije.

Sistem baze sastoji se od 6 podsistema koji omogućuju razne konfiguracije (podsistemi udaljeni od zaklona baze, ali povezani žičnim ili radio-vezama). Podsistem »predaja« sastoji se od VF predajnika snage 1 kW od sintetičkih poluprovodnika i brzog antenskog digitalnog preklopnika statičkog tipa.

Lokalni terminal obuhvata: sintetizovani prijemnik sa brzim pretraživanjem, čija prednja komandna tabla služi za upravljanje predajnika; programirajući generator signala ometanja; dvokanalni panoramski video-ekran povezan sa prijemnikom i generatorom signala. Terminal upravlja kompletnim sistemom preko kablovske veze i može biti udaljen do 100 m od zaklona.

Terminal za veće daljine je identičan lokalnom terminalu po svome sastavu i funkcijama. Njemu se može dodati interfejs za vezu sa sistemom preko telefonskog kabla ili VVF radio-veze ako je udaljen više kilometara iz taktičkih razloga.

Komandna jedinica spojena je sa 3 prethodna podsistema. Ona komanduje i kontroliše mrežu razmena informacija otkrivajući i signalizirajući sve moguće informacije. Pomoćni prijemnik je identičan prijemnicima ugrađenim u terminale i koristi se za traganje/hvatanje i komunikaciju zahvaljujući bič anteni od 5 m.

VVF primopredajnik upotrebljava se za povezivanje sistema PHINO sa udaljenim terminalima kao i za komunikacije između operatora, i sa taktičkim centrom za komandovanje i kontrola.

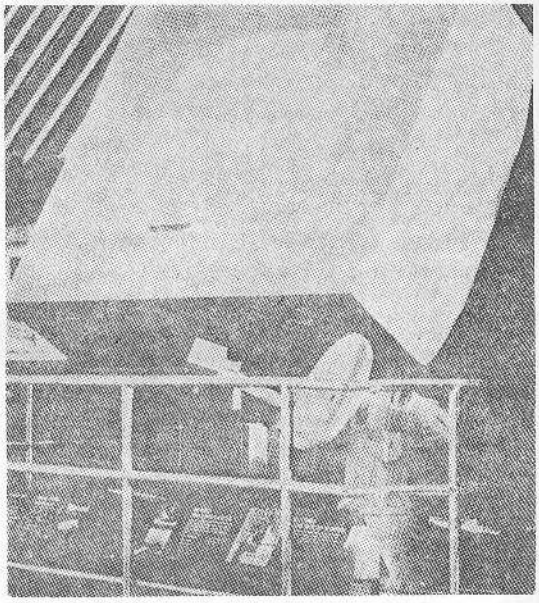
Specijalni filtar omogućuje njegovo korišćenje za vreme aktivnosti VF ometanja na maksimumu emisione snage.

Multifunkcionalni radar »EMPAR« italijanske firme »SELENIA«[15]

EMPAR je multifunkcionalni radar koji razvija italijanska firma SELENIA u saradnji sa firmom MARCONI RADAR iz V. Britanije.

Predviđa se da se multifunkcionalnost ostvari istovremenim praćenjem više ciljeva i obezbeđivanjem vođenja projektila, uz visoku otpornost na ometanje. Ovaj radar će, takođe, biti pogodan za vođenje vertikalno lansiranih projektila klase ASTER.

Upravo je završen razvoj kritičnih delova, uključujući i pasivne fazne šiftere, od kojih će 200 biti ugrađeno u prototip radarske antene.



EMPAR će za predajnik da koristi cev sa progresivnim talasom snage 120 kW u impulsu, pri vrlo velikom faktoru popune DC., iznad 10%. Ovaj radar je projektovan kao frekvencijski agilan, od impulsa do impulsa, u opsegu frekvencija 10% od centralne koja iznosi 5,6 GHz. Pomenuti frekvencijski opseg je odabran kompromisno da bi obezbedio realizaciju multifunkcionalnih ka-

[15] Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1989, br. 11, str. 1583.

rakkteristika koje se zahtevaju od savremenog radara, kao i zadovoljavajuća tačnost pri praćenju.

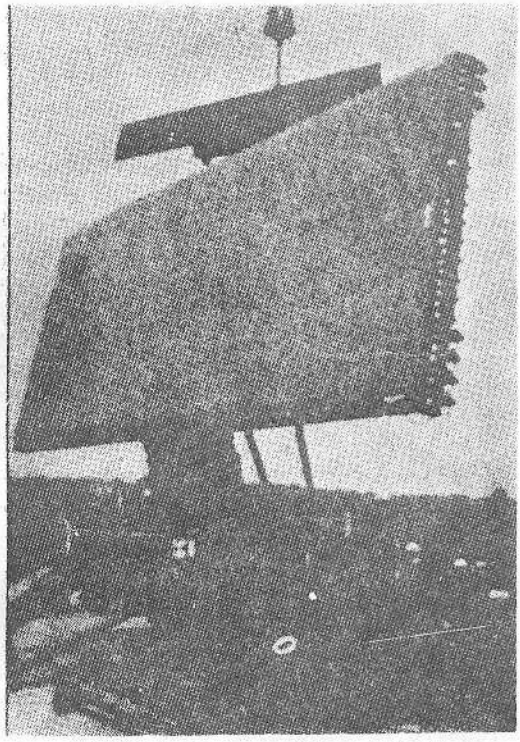
Detekcija ciljeva refleksne površine 2 m² treba da se ostvari na rastojanjima do 100 km, a za ciljeve refleksne površine 0,1 m² do 50 km. Praćenjem treba da se obuhvati do 36 ciljeva različitog stepena prioriteta. Razvoj je započet sa dvostrukom antenom, da bi se omogućilo prikupljanje velikog broja podataka, ali će se nastaviti sa jednom antenom koja će se obrtati sa 60 o/s.

SELENIA namerava da ponudi EMPAR radar za raketne sisteme uključujući i ASTER, koji se razvija sa firmama AEROSPATIALE i THOMSON — CSF. THOMSONOV radar ARABEL je izabrala francuska mornarica za borbu protiv projektila iz vazduha, a zasniva se na korišćenju raketnog sistema ASTER. Mornarice Francuske i Italije su posebno zainteresovane za zaštitu brodova od raketnog napada iz vazduha. Za osmatrački radar razmatrana su, do sada tri predloga i to: THOMSONOV radar ASTRAL, talasne dužine 23 cm, sa faziranom antenskom rešetkom, zatim radar RA 30 firme SELENIA, talasne dužine 10 cm, i radar SLORA španske firme CESELSA, talasne dužine 23 cm, koji je realizovan u saradnji sa firmom MARCONI.

Prototip radara EMPAR treba da se završi u 1991, a ispitivanja do kraja 1992, na jednoj od italijanskih fregata klase CARABINIERI.

Američki radar »AN/TPS-70« u sistemu PVO Saudijske Arabije[16]

FALCONE EYE je naziv za program unapređenja protivvazdušne odbrane koji se provodi za potrebe Saudijske Arabije. Po ovom projektu Saudijska Arabija treba da dobije jedan od najsloženijih, a i najskupljih PVO sistema, ne računajući one u SAD, SSSR i Evropi. Ugovor za prvu fazu po ovom programu je potpisan sa američkom firmom WESTINGHOUSE i britanskom FERRANTI. WESTINGHOUSE treba da isporuči određen broj radara AN/TPS-70 sa računarima, programima i opremom za komunikaciju, dok će se FERRANTI angažovati na integraciji ovih taktičkih radara u postojeći PVO sistem sa ciljem da se zatvore rupe u prekrivanju vazdušnog prostora.



AN/TPS-70 je mobilan taktički radar u E/F-opsegu, namenjen da prati ciljeve i izvan 450 km. Poseduje prigušivač klatera i vrlo dobru zaštitu od ometanja, antenu sa niskim nivoom bočnih lobova, što otežava otkrivanje i ometanje.

PVO sistem Saudijske Arabije već je više puta unapređivan od svog uspostavljanja 1960. Zasniva se, između ostalog, i na WESTINGHOUSEVIM radarima AN/TPS-43G iz 1980, kao i na jednom broju AWACS-a iz svog sastava i sastava koje su razmestile SAD.

Program pod nazivom FALCONE EYE treba da bude potpuno kompatibi-

[16] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 2. december, str. 1209.

lan sa PEACE SHIELD sistemom, da integriše radare AN/TPS-43G, da poveže informacije od radara i od sistema AWACS, kao i da omogući pravovremeno upozorenje baterija sa radarima SKYGUARD na opasnost po vojne baze i druge vitalne instalacije.

Prva faza ovog programa treba da se završi tokom 1991.

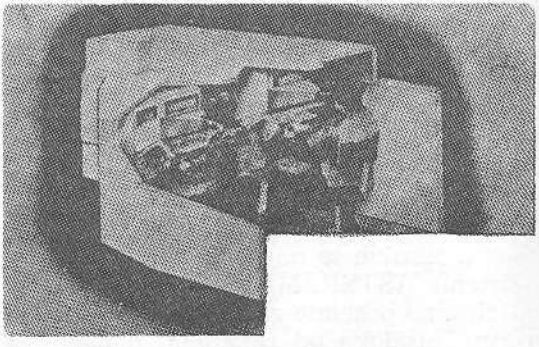
Francuski trenažer za obuku nišandžije i komandira na tenku nove generacije[17]

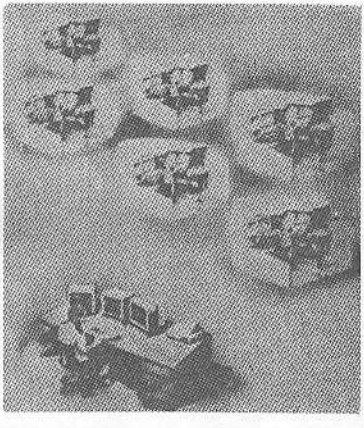
Francusko ministarstvo odbrane poverilo je firmi THOMSON CSF razvoj trenažera za vatrenu obuku nišandžije i komandira na novom borbenom tenku. Prema navodima firme, ovaj trenažer je prvi iz nove familije trenažne opreme koju firma razvija za nova borbena vozila francuske armije, a zameniće i postojeće trenažere u fazi generalnog remonta.

Trenažer za vatrenu obuku prethodi razvoju simulatora vožnje za taktičku obuku i trenažnom sistemu za vatrenu obuku cele posade novog tenka LECLERC.

Trenažer obezbeđuje individualnu i kolektivnu vatrenu obuku nišandžije i komandira. Radna mesta nišandžije i komandira po mikrookolini u potpunosti odgovaraju originalnom borbenom sredstvu, a generator slike obezbeđuje realističku sliku za više radnih mesta istovremeno. Konstrukciono rešenje trenažera obezbeđuje rukovanje bez posebnog znanja iz informatike, a trenažer će se raditi u mobilnoj varijanti.

Trenažer obezbeđuje postupnost obuke kroz tri moguća režima rada. U prvom režimu vrši se individualna obuka pojedinca u upoznavanju elemenata sklopova i agregata koji postoje u kupoli originalnog sredstva. Kandidati se upoznavaju sa različitim režimima rada originalnog sredstva i obučavaju se u rukovanju komandama, prekidačima i korištenju nišanske sprave. U drugom režimu vrši se obuka nišandžije i komandira u timskom radu pri izvršenju simuliranih gađanja i otklanjanju simuliranih kvarova sklopova i agregata kupole. Treći režim rada predviđen je za vodnu i četnu obuku na 6 kupola istovremeno. Ovaj režim kontroliše jedan instruktor, a isti generator slike generiše sliku za svih 6 trenažnih mesta.





Maksimalna konfiguracija trenažnog sistema sastoji se od radnog mesta instruktora i 6 trenažnih kupola. Generator slike će moći da generiše najviše 5 ciljeva na simuliranim daljinama od 400 do 3000 m i to pokretne i nepokretne, vizuelne i tonske efekte boja, a simuliraće i sliku koja se dobija osmatranjem kroz IC osmatračke sprave originalnog sredstva.

Firma planira da prototip trenažera završi do kraja 1991. godine, jer će početkom 1992. početi opremanje francuske armije novim tenkom.

[17] Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1989, 2. december, str. 1240.

LEONID JOVANOVIĆ:

»Tehnička služba KoV JNA 1945—1985«,
VINC 1989.

U izdanju Vojnoizdavačkog i novinskog centra i Tehničke uprave SSNO objavljena je knjiga »Tehnička služba KoV JNA 1945—1985.« autora Leonida Jovanovića, pukovnika u penziji.

Knjiga predstavlja veoma značajan izdavački poduhvat tehničke službe KoV JNA. Prvi put posle rata izlazi monografija razvoja tehničke službe od prvih posleratnih dana 1945. do 1985. godine. Knjiga prati četrdesetogodišnji razvoj, sa svim burnim događajima, dometima i stagnacijama. Po logičnoj periodizaciji razvoja izneti su organizacija i funkcionisanje, u detaljima i globalu, zatim važni datumi, razlozi za određena rešenja, decentralizovanje službe po rodovima i njeno integrisanje, usavršavanje u mikro i makroorganizaciju. Slikovito su dočarani entuzijazam pripadnika tehničke službe, teškoće sa kojima se borilo da bi se održala ispravnost tehničkih sredstava, obezbedio stručni kadar, postavila regulativa, rešila materijalna podrška, posebno u rezervnim delovima. Prikazan je rad pripadnika tehničke službe na razvoju i usavršavanju naoružanja i vojne opreme, organizacijsko-formacijska dogradnja ključnih tehničkih ustanova, od manjih, preko glavnih radionica tehničkih službi rodova, do njihovog objedinjavanja i prerastanja u krupne, za borbenu gotovost vrlo značajne remontne zavode KoV.

Autor je imao veliku odgovornost — da iz široke građe izdvoji bitno i to sistematizuje u skladnu celinu, kao i da određene vremenske periode poveže tako da se održi kontinuitet i izbegnu ponavljanja. U tome je u potpunosti uspeo. Iz mnoštva podataka, dokumenata, anketa, tekstova i šema izabrani su oni podaci koji su mogli, s obzirom na stepen poverljivosti, da se prezentiraju javnosti, kako se ne bi, bez obzira na određenu, delom i veoma veliku vremensku distancu, otkrili ključni organizacijsko-formacijski, koncepcijski, pa i brojačni podaci iz posleratnog razvoja Kopnene vojske JNA.

Značaj ove knjige je veliki. Kao monografija i istorija, ali i kao literatura za mlađe starešine tehničke službe da upotpunjavaju svoja saznanja o tome kako su se oficiri tehničke službe, u posleratnom razvoju naših OS, borili sa problemima tehničkog obezbeđenja i kako su ih rešavali.

Ova zanimljivo pisana knjiga namenjena je, u prvom redu, starešinama tehničke službe, ali i drugim vojnim starešinama, nastavno-školskim i naučnim ustanovama i ostalim institucijama koje se bave pitanjima tehničkog obezbeđenja oružanih snaga naše zemlje.

Uz već izdatu monografiju »Tehnička služba u NOR-u«, autora pukovnika u penziji Petra Zakonovića i Uglješe Janjetovića, ova knjiga predstavlja kontinuitet u izdavačkoj delatnosti tehničke službe, najvećeg izdavača vojnostručne literature u JNA.

REDAKCIJA

Uputstvo saradnicima

Vojnotehnički glasnik je stručni, tehnički časopis rodova i službi Kopnene vojske JNA.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli, obrazovanju i ideološko-političkoj izgrađenosti 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 — sižeu, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak redova.

Članak treba da sadrži uvod, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinarskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama, prema »Službenom listu SFRJ« br. 13/76. 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 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, a brojčane i slovne oznake ispisati grafitnom olovkom. 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 pozicija 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 u JNA.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun.

Rukopise slati na adresu: Uredništvo »Vojnotehničkog glasnika«, 11000 Beograd, Svetozara Markovića 70.

REDAKCIJA

NARUDŽBENICA

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR,
11002 BEOGRAD, Svetozara Markovića 70

Pretplaćujem(o) se na časopis(e) za 1991. godinu, i to:

(Kompleta)

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: — za pojedince 150 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 450 dinara .....

2. VOJNI GLASNIK

   — na srpskohrvatskom .....

   — na slovenačkom .....

   — na makedonskom .....

   (stručni časopis Kopnene vojske) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: za pojedince 60 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 180 dinara .....

3. POZADINA (časopis za pozadinsko obezbeđenje i ekonomiku u oružanim snagama) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: za pojedince 150 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 450 dinara .....

4. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis JNA) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: za pojedince 150 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 450 dinara .....

5. MORNARIČKI GLASNIK (časopis Ratne mornarice) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: za pojedince 150 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 450 dinara .....

6. VOJNOISTORIJSKI GLASNIK (organ Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvoromesečno, godišnja pretplata: za pojedince 300 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 900 dinara .....

7. GLASNIK RV I PVO (časopis RV i PVO) izlazi dvomesečno, godišnja pretplata: za pojedince 150 dinara, a za ustanove i OUR (pravna lica) 450 dinara .....

Broj primeraka časopisa koji se naručuje u narudžbenici — i to dostaviti VINC-u.

Za pojedinačne pretplate ne dostavljamo fakture. Poručioci uplaćuju na tekući račun 60823-849-2393 VINC, Beograd (sa naznakom za koji časopis).

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopis slati na adresu:

Kupac .....

Mesto ..... ul. ..... br. .....

Dana ..... 199.....

M.P.

.....

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR

Svetozara Markovića 70, 11002 Beograd, telefoni: 645-020 i 656-122,
lokali: 32902 i 32925, žiro-račun: 60823-849-2383

PREPORUČUJE IZDANJA IZ KATALOGA:

Nom. br.	Naziv dela	Cena	Primeraka
591	Leonid Jovanović TEHNIČKA SLUŽBA KoV JNA 1945—1985, latinica, platno, f 17×24, str. 358 — — — — — — — — — —	250,00	.....
597	Dr Milorad Dragojević BORBENA VOZILA, latinica, tvrd povez, f 17×24, str. 334	350,00	.....
562	Aleksander Razingar ELEKTRONSKO IZVIĐANJE I MASKIRANJE, (drugo dopunjeno izdanje), latinica, tvrd povez, f 13×21, str. 419	150,00	.....
30	Dr Ramiz Abduli SISTEMI ZA AUTOMATSKO UPRAVLJANJE U VOJNOJ TEHNICI, latinica, platno, f 14×20, str. 192 — — — —	10,00	.....
521	Grupa autora UDŽBENIK ENGLESKOG JEZIKA, knjiga I, platno, str. 339	70,00	.....
616	Z. Kolar, D. Vojčić, M. Lazović METODIKA VASPITANJA I OBRAZOVANJA ZA ODBRANU I ZAŠTITU, latinica, broširano, f 16×24, str. 295	200,00	.....
613	Sreten Čupić INFORMACIONA OSNOVA ZA PLANIRANJE RAZVOJA ONO, latinica, tvrd povez, f 140×20, str. 248 — — —	150,00	.....

Uslovi prodaje:

Vrednost knjiga preko 200,00 dinara dajemo na otplatu. Rata ne može biti manja od 100,00 dinara, a rok otplate do 6 meseci. Pravna lica naručene knjige plaćaju u zakonskom roku virmanom po prijemu fakture. Pojedinci plaćaju račun pouzećem ili na kredit u najviše 6 rata. Kod kupovine na kredit narudžbenicu overiti u organizaciji u kojoj ste zaposleni, a penzioneri prilažu odrezak čeka na kome se nalazi broj predmeta. Troškove poštarine snosi kupac. U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

NARUDŽBENICA

Ovim neopozivo naručujem(o) izdanja iz oglasa.

Knjige plaćam pouzećem ili na kredit u ..... mesečnih rata po ..... dinara (za pojedince), odnosno po prijemu fakture (za pravna lica). Podvući način plaćanja.

Kupac .....
(ime, očevo ime i prezime, čin ili zvanje)

Mesto i broj pošte .....

Ulica .....

Potpis naručioca:

Dana ..... 1990. godine M. P. .....

Ovim se potvrđuje da je naručilac knjiga u stalnom radnom odnosu u .....

.....

Isplatna blagajna (VRC) .....

Overava:

M. P. .....