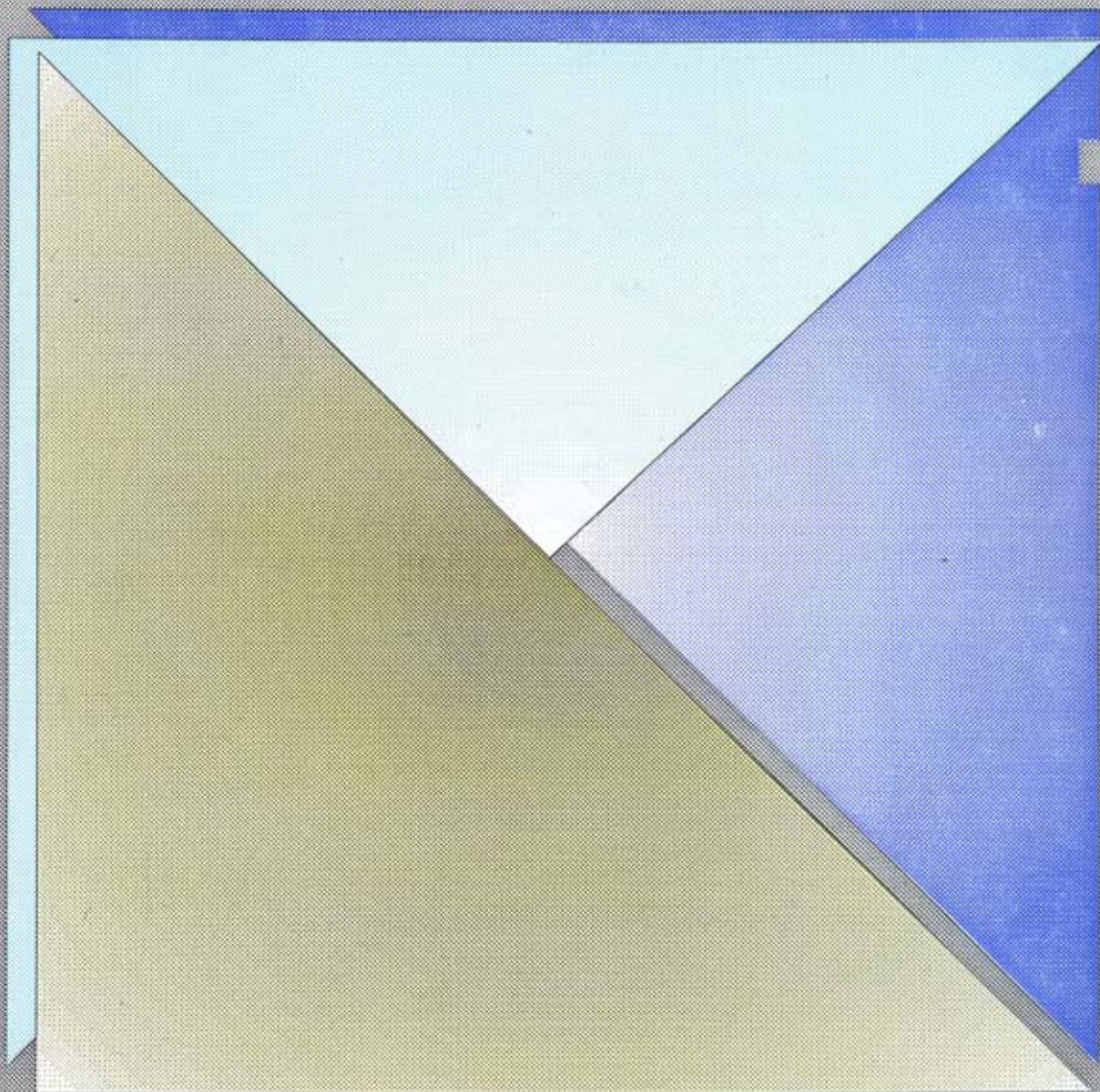


YU ISSN 0042-8469

F-804

VOJNOTEHNIČKI *glasnik*



1/1993

General-major
RATOMIR MILOVANOVIC, dipl. inž.
(predsednik Saveta)

General-major
mr SAVA PUSTINJA, dipl. inž.

General-major
RADOJICA KADIJEVIC, dipl. inž.

General-major
mr MILAN ZAKLAN, dipl. inž.

Pukovnik
dr JUGOSLAV KADZOPELIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)

Profesor
dr JOVAN TODOROVIC, dipl. inž.

Profesor
dr ZORAN STOJILJKOVIC, dipl. inž.

Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VOJISLAV SORONDA, dipl. inž.

Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr DRAGO TODOROVIC, dipl. inž.

Pukovnik
dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.
(sekretar Saveta)

Pukovnik
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr SAŠA MILUTINOVIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Major
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Major
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

● **GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**

Pukovnik
mr ŽIVOJIN GRUJIĆ, dipl. inž.

LIKOVNO-TEHNIČKI UREDNIK

SLOBODAN MIHAILOVIĆ

LEKTOR

DOBRILO MILETIĆ, prof.

KORICE

MIHAJLO STANKIĆ, dipl. inž.

KOREKTOR

JOVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

SEKRETAR REDAKCIJE

URANKA STOJAKOV

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
VE-1. Telefoni: centrala 656-122, lokali:
odgovorni urednik 22-976, sekretar 23-516,
pretplata 32-937, žiro račun: Vojnoizda-
vački i novinski centar (za Vojnotehnički
glasnik) 60823-849-2393 Beograd. Godišnja
pretplata: za pojedince — 60.000 dinara,
a za ustanove, preduzeća i druge organi-
zacije — 180.000 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija — Be-
ograd, Generala Zdanova 40 b.

IZDAJE

TEHNIČKA UPRAVA GENERALŠTABA
VOJSKE JUGOSLAVIJE

**STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE**

**VOJNOTEHNIČKI
glasnik**



1

SADRŽAJ

- Ratomir Milovanović,** 5 Četrdeset godina Vojnotehničkog glasnika
general-major, dipl. inž.
- Dr Jugoslav Kodžopeljić,** 7 Usavršavanje tehničkog obezbeđenja Vojske Jugoslavije
pukovnik, dipl. inž.
Dr Miladin Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Dr Milun Kokanović,
potpukovnik, dipl. inž.
- Mr Petar Nikšić,** 18 Regeneracija rezervnih delova — metode i postupci
dipl. inž.
- Dragutin Mišović,** 32 Regeneracija metalizacijom plazma-postupkom
inž. metalurgije
- Dr Nikola Vujanović,** 40 Neki aspekti predviđanja pogodnosti održavanja i po-
pravljivosti sistema, sa osvrtom na način izračunavanja
pouzdanosti u slučaju preventivne zamene
pukovnik, dipl. inž.
- Mr Slavko Pokorni,** 45 Provera ispunjenja zahtjeva za pouzdanost elektronskih
potpukovnik, dipl. inž. uređaja savremenih aviona
- Mr Dušan Regodić,** 53 Primena linearne interpolacije pri proračunu numeričkih
major, dipl. inž. vrednosti tablica
- Dr Stefan Janković,** 61 Pravci razvoja helikopterskih gasnih turbina
dipl. inž.
- Miroљjub Jovanović,** 61
dipl. inž.
- Milosav Majstorović,** 75 Jedan pristup projektovanju informacionih sistema na
kapetan, dipl. inž. primeru segmenta IS Univerziteta Vojske Jugoslavije
Rajko Terzić,
kapetan, dipl. inž.

NOVE KNJIGE

- Milan Cerovšek,** 95 Konstrukcija i oprema vazduhoplova
dipl. inž.

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

- Ž. Mitić,** 97 Automatske puške 5,56 mm
dipl. inž.
- P. Marjanović** 101 Razvoj i modernizacija protivavionskih artiljerijskih si-
stema zapadnog porekla
- P. Marjanović** 106 Sadašnje stanje i dalji razvoj protivoklopnih vođenih
projektila u Evropi
- P. Marjanović** 112 Usavršavanje ABH odbrane Francuske

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 117 Američka samohodna haubica 155 mm M109A6 PALADIN
- 118 Švajcarski simulator lansera raketa
- 119 Helikopterska termalna kamera britanske firme THORN
EMI

- 120 Američki aktivni tegljeni sonar ATAS
- 121 Novozelandski artiljerijski računar VANGUARD
- 121 Nova američka krstareća raketa AGM-129A
- 122 Nevođene rakete klase vazduh—zemlja francuske firme THOMSON BRANDT
- 122 Holandska fregata KAREL DOORMAN
- 123 Švedski čamac za prikradanje SMYGE
- 123 Američko-nemački eksperimentalni avion EFM/X-31
- 124 Američki produžni avion-tanker HERCULES KC-130T-30 H
- 124 Novi indijski helikopter ALH
- 125 Čehoslovačke izviđačke bespilotne letilice
- 126 Sovjetski izviđački sistem STERH sa bespilotnom letilicom SMELJ-1
- 127 Sovjetski tenk T80M1989
- 128 Lako vozilo SAKER britanske firme WESSEX

ČETRDESET GODINA VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA

Navršilo se četrdeset godina od izlaska prvog broja **Vojnotehničkog glasnika**. Malo je časopisa ovakvog profila koji su, za pune četiri decenije neprekidnog i redovnog izlaženja, izdržali sud javnosti — posebno vojnotehničke javnosti. Kao i svaki četrdesetogodišnjak, dovoljno je star da svedoči o izuzetno burnim vremenima i vrednim naporima velikog broja saradnika na razvoju i usavršavanju vojnotehničke misli.

Od utemeljenja, 1952. godine, pa do današnjih dana, Vojnotehnički glasnik se **isključivo** bavio stručnom — tehničkom problematikom i nikada nije obrađivao teme ideološko-političke prirode. Zahvaljujući uređivačkoj politici, programska koncepcija i orijentacija stalno su usavršavane, tako da je Vojnotehnički glasnik izrastao u stručni i naučni časopis koji je izuzetno cenjen ne samo u vojnoj sredini već i kod naučnih institucija u zemlji.

Impozantne su brojke koje govore o četrdeset godina života VTG-a: štampano je 360 brojeva na 35.650 stranica; objavljeno je 4.280 stručnih i naučnih autorskih radova; čitaocima je prezentirano 2.450 prikaza iz inostranih časopisa iz oblasti nauke i tehnike i 3.300 prikaza tehničkih novosti i zanimljivosti. Sve to vreme časopis se bavio: problemima teorije i prakse tehničkog obezbeđenja; tehnikom vidova, rodova i službi; razvojem, tehnologijama i proizvodnjom naoružanja i vojne opreme; organizacijskim problemima i obukom. Neosporno je da su sva ta stečena naučna, teoretska i praktična dostignuća doprinela razvoju vojnotehničke misli i obrazovanju pripadnika vojske, pa i šire.

Veliki jubilej VTG-a prilika je da se podsetimo svih pregalaca iz izdavačkog saveta, redakcija, urednika, saradnika i recenzenata, koji su ulagali maksimalne napore za očuvanje njegovog statusa, davali podršku uređivačkoj politici i obezbeđivali neprekidno i redovno izlaženje časopisa. Njima i svim drugima koji su na bilo koji način učestvovali u stvaranju i razvoju časopisa, odajemo punu zahvalnost. Bez obzira na sve što se u poslednjih nekoliko godina dešavalo u vojsci i društvu, časopis je uspeo da održi visoki nivo naučno-stručnog profila i da se istovremeno bavi teorijom i praksom tehničke službe i vojnom tehnikom.

Transformaciju Vojske Jugoslavije Vojnotehnički glasnik je prihvatio i realizovao u potpunosti. Očekujemo da će njegova intervidovska struktura, sa novim saradnicima iz mornaričko-tehničke i vazduhoplovno-tehničke službe, doprineti njegovoj daljoj afirmaciji kao stručnog i naučnog časopisa Vojske Jugoslavije, što VTG na pragu dvadesetog veka i treba da bude.

U ime izdavačkog saveta pozivam na saradnju sve pametne i umne pripadnike Vojske Jugoslavije, kao i sve pojedince, stručne i naučne institucije SR Jugoslavije. Tako ćemo, na najbolji način, omogućiti novi ciklus razvoja vojnotehničke misli u vremenima kada mnoge lažne vrednosti doživljavaju svoj krah.

PREDSEDNIK IZDAVAČKOG SAVETA

general-major

Ratomir Milovanović, dipl. inž.

Dr Jugoslav Kodžopeljić,
pukovnik, dipl. inž.
Dr Miladin Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Dr Milun Kokanović,
potpukovnik, dipl. inž.

Usavršavanje tehničkog obezbeđenja Vojske Jugoslavije

U radu je prezentiran jedan od mogućih pristupa za istraživanje usavršavanja sistema TOB, zasnovan na metodologiji sistemske analize, sa prikazom karakteristika postojećeg sistema TOB u stranim OS i VJ. Pri tom je ukazano i na pojedina rešenja usavršavanja TOB, koja su realizovana u proteklom periodu, a na osnovu stečenih iskustava. Na kraju rada navedeni su pravci daljeg usavršavanja TOB-a.

Uvod

Sistem tehničkog obezbeđenja (TOB) Vojske Jugoslavije (VJ) nasleđen je, uz određene korekcije, od bivše JNA, odnosno od OS bivše Jugoslavije. Takav sistem TOB, koji je izgrađen i usavršen u proteklih 50 godina, kroz funkcionisanje u miru i u toku borbenih dejstava (b/d) 1991/92. godine uspešno je ispunjavao svoje ciljeve, uz ispoljavanje određenih organizacionih, kadrovskih i materijalnih slabosti.

Nakon stvaranja VJ i započete realizacije njene transformacije u modernu vojsku, koja po nameni, organizacionoj strukturi, veličini, opremljenosti, obučenosti i načinu upotrebe treba da odgovara realnim potrebama i mogućnostima Jugoslavije, nameće se ozbiljan zahtev za usavršavanjem i njenog sistema TOB-a. Na takav zahtev utiču pre svega: veličina, položaj i značaj teritorije Jugoslavije; njena pogodnost za operativno-strategijski razvoj vojske, izvođenje b/d i njihovu materijalno-tehničku podršku; ekonomska, kadrovska i materijalna baza za izgradnju VJ; opšta intencija za smanjenjem OS u Evropi, uz istovremeno stvaranje multinacionalnih OS; te do sada ispoljeni način dejstva OS potencijalnih agresora.

Usavršavanje sistema TOB, načelno, treba posmatrati ne kao konačan već kao kontinuirani zadatak. Međutim, u ovom »prelomnom« vremenu, cilj usavršavanja sistema TOB ne sme se shvatiti samo kao »doterivanje« postojećeg sistema, već kao nastojanje da se iznalaze nove forme organizovanja i načina delovanja, čime bi se obezbedila optimalna materijalno-tehnička podrška VJ u novim uslovima, radi postizanja njene željene b/g u miru i udarne moći u ratu, uz minimiziranje troškova njenog finansiranja. Time bi se na najbolji način pomoglo društvu da prebrodi ekonomsku krizu, a VJ da se uspešno transformiše. Svakako, ostvarivanje definisanog cilja usavršavanja sistema TOB nije ni lak niti jednostavan zadatak koji se može realizovati u kratkom roku, pogotovu što na to ne utiče samo tehnička služba (TSl), kao njegov stručni nosilac. Međutim, u vremenskom periodu predviđenim za transformaciju VJ, tehnička služba je u stanju da realizuje definisani cilj jer raspolaže solidnom materijalnom bazom i dovoljnim brojem visokoobrazovanih stručnih kadrova, koji su sposobni da reše i najsloženije organizacione i tehničko-tehnološke probleme.

Ovaj rad ima za cilj da, na bazi provedenih istraživanja o dosadašnjoj izgrađenosti i funkcionisanju sistema TOB, kao i na bazi saznanja o sistemu TOB

u savremenim OS, ukaže na metod i pravce usavršavanja sistema TOB u narednom periodu, bez detaljnijeg prikaza konkretnih rešenja.

Uz uvažavanje određenih metodoloških principa, sadržaj rada određen je kroz više tačaka, koje zajedno čine celinu ali se mogu i nezavisno posmatrati. Pored uvoda, u radu su kao posebne celine sažeto obrađeni: cilj, sadržaj i osnovne karakteristike TOB, kriterijumi za ocenu efikasnosti funkcionisanja TOB, pravci usavršavanja TOB i zaključak. Na kraju je dat popis korišćene literature. Međutim, obradi ove materije može se pristupiti i na drugi način. U tom smislu bilo bi korisno da se u ovom časopisu iznesu i drugačija gledanja. Time bi se, sigurno, pomoglo nadležnim organima pri donošenju odluka iz ove oblasti.

Cilj, sadržaj i osnovne karakteristike tehničkog obezbeđenja

Termin tehničko obezbeđenje, kao usvojeni sinonim za materijalno-tehničku podršku (obezbeđenje) vojske, nije jednoznačno definisan u svim OS, što proističe iz načina njihove organizovanosti i podele nadležnosti u sistemu RiK. U skladu s tim moguće je dati samo opštu definiciju cilja i sadržaja TOB, koja bi se odnosila na bilo koje OS. Shodno navedenom, pod tehničkim obezbeđenjem podrazumeva se skup usklađenih delatnosti u određenim državama i njihovim OS s ciljem da se obezbede najpovoljnije materijalno-tehničke pretpostavke za izgradnju potrebnog stepena b/g i ostvarivanje udarne moći OS tj. vatre, pokreta i manevra. Iz definisanog cilja proističu osnovni sadržaji (zadaci) TOB: snabdevanje osnovnim tehničkim sredstvima, municijom i MES, pogonskim sredstvima, elektroenergetskim sredstvima i rezervnim delovima te održavanje tehničkih sredstava.

U skladu s definisanim ciljem, sadržaj TOB može se prikazati i kao: TOB osnovnih tehničkih sredstava (snabdevanje i održavanje osnovnih tehničkih sredstava, uključujući i snabdevanje rezervnim delovima) i TOB energetskih sredstava oružane borbe (snabdevanje i održavanje municije i MES, pogonskih sredstava i elektroenergetskih sredstava). Ovaj prikaz sadržaja TOB je pogodniji sa stanovišta analize i upravljanja sistemom TOB.

Shodno navedenom, sistem TOB predstavlja skup elemenata (upravnih i izvršnih organa TSI sa odgovarajućim resursima za snabdevanje i održavanje), koji su ugrađeni u odgovarajuće strukture vojske, te procesa snabdevanja i održavanja, koji sve elemente sistema povezuje u skladnu funkcionalnu celinu.

Šire posmatrano, sistem TOB se u svim OS izgrađuje i funkcioniše u okviru jedinstvenog sistema pozadinskog obezbeđenja (PoOb), odnosno sistema logističke podrške (LP), a tehnička služba, kao njegov stručni nosilac, jedna je od pozadinskih (logističkih) službi. Istovremeno, funkcije snabdevanja i održavanja tehničkih sredstava ulaze u red osnovnih funkcija PoOb (LP).

Pojmovi PoOb i LP, iako su sinonimi pomoću kojih se izražava materijalno i zdravstveno obezbeđenje (podrška) OS, ipak se suštinski razlikuju: PoOb obuhvata nadležnost samo unutar OS, a LP ima šire značenje i obuhvata nadležnosti i izvan OS; u okviru PoOb relativno autonomno se realizuju pojedini njegovi podsistemi (TOB, InOb, SnOb, SbOb itd.), a u okviru LP vrši se integracija delatnosti pozadinskih službi u pet funkcija (snabdevanje, održavanje, transport, pomoćne službe i infrastruktura). Zato se u logističkoj teoriji ne pominje pojam TOB, već samo njegove osnovne funkcije i pojedini zadaci. Nasuprot tome, u OS bivšeg SSSR-a i drugih istočnoevropskih zemalja pod pojmom TOB podrazumeva se samo funkcija održavanja, koja je

decentralizovana po rodovima, dok se funkcija snabdevanja realizuje delimično po rodovima a delimično u okviru centralizovanog sistema PoOb.

Ipak, dominantna razlika između PoOb i LP (a time i obima nadležnosti TOB-a u određenim granicama OS) je u tome što se savremenom logističkom teorijom i praksom obuhvataju i rešavaju logističke obaveze u odnosu na tehnička sredstva za čitav njihov »životni vek« još u fazi razvoja i usvajanja, dok se sistem PoOb bavi tehničkim sredstvima tek od trenutka njihovog uvođenja u OS.

Tehnička služba u gotovo svim savremenim OS nije organizovana kao jedinstvena služba. Rodovi inženjerije, veze i ABHO imaju posebne TSI, a KoV OS bivšeg SSSR-a i drugih istočnih zemalja imale su čak 11 posebnih TSI. Zbog toga je u tim OS uvedena funkcija pomoćnika K-danta za tehniku, kao koordinatora obaveza pojedinih tehničkih službi rodova. Sistem Tob VJ i efikasnost njegovog funkcionisanja u mirnodopskom periodu i u toku b/d 1991/92. godine, poznati su većini čitalaca i nema potrebe za njegovim detaljnim prikazom. Na nivou TU GŠ VJ, počev od zaoštavanja krize u bivšoj SFRJ konstantno, a u više navrata i uz učešće većeg broja nadležnih organa u sistemu RiK-a, vršene su svestrane analize efikasnosti TOB-a po njegovim funkcijama i komandnim nivoima, na osnovu čega je izrađena jedinstvena studija sa prikazom karakteristika funkcionisanja sistema TOB, izvršenim izmenama u sistemu i osnovnih pravaca njegovog daljeg usavršavanja u okviru transformacije VJ. Konkretna organizacijsko-formacijska rešenja, pomoću kojih se zadovoljava osnovni cilj usavršavanja sistema TOB, usvajaju se tek nakon detaljnije provedenih istraživanja, iz kojih kao rezultat proističu numerički pokazatelji o efektima koji se time postižu.

Istraživanje efekta funkcionisanja sistema TOB u miru i ratu je složeno i povezano sa nizom poteškoća, pre svega zato što se praktična verifikacija rezultata istraživanja ne može jednostavno proveriti, posebno za rešenja koja se odnose na rat. Pri tom otežavajuća okolnost je što se radi o složenom višenivojskom sistemu, koga sačinjavaju raznovrsni elementi i složeni procesi njegovog funkcionisanja, koji se tokom vremena ponaša dinamički i nestacionarno, jer je otvoren i u neprekidnoj interakciji sa okruženjem. Ova nepovoljna svojstva sistema TOB na određen način ublažavaju se time što ovakve sisteme karakteriše i svojstvo ergotičnosti, odnosno upravljivosti, za šta se koriste odgovarajuće informacione veze u sistemu RiK-a. To, drugim rečima, znači da se funkcionisanje ovakvih sistema može prilagoditi konkretnoj situaciji, o čemu treba voditi računa pri njihovoj izgradnji — usavršavanju.

Međutim, u slučaju TOB-a VJ i njegovog transformisanja uporedo sa transformacijom JNA u VJ, odnosno daljem usavršavanju, može se istaći povoljna karakteristika, da su se usvajana rešenja mogla kroz izvođenje b/d 1991/92. godine i proveravati. Naravno, radilo se o rešenjima koja nisu zahtevala dugotrajna istraživanja i sa teoretskog i sa eksperimentalnog stanovišta. Za analizu složenijih procesa i struktura TOB-a koriste se dostignuća teorije sistema.

Teorija sistema, kao posebna naučna oblast, daje teoretske osnove za istraživanje efikasnosti organizaciono-tehničkih sistema i preporučuje primenu metodologije sistematskog pristupa u rešavanju ovakvih problema.

Za razliku od »zdravorazumskog pristupa«, opšta teorija sistema je u sistemski pristup ugradila svoja osnovna načela, koja uz kreativnu primenu garantuju novi kvalitet. Pri tom, osnovna karakteristika sistemskog pristupa je njegova orijentisanost ka cilju

koji istraživani sistem treba da postigne, pa se projektovanje sistema u detaljima i celini vrši sa stanovišta realizacije definisanog cilja. Odstupanje izlaznih rezultata sistema od definisanog cilja izvor je povratne informacije i predloga za korektivne akcije. Zbog toga efikasna informaciona podrška i varijantna rešenja imaju presudnu ulogu u primeni sistemskog pristupa.

Imajući to u vidu, u analizi sistema TOB-a VJ posebno značajno mesto zauzimaju podaci i informacije skupljeni o svim elementima i procesima, na svim nivoima RiK TSl. Sistematizacija i istraživanje nivoa poverenja svake značajne informacije dobijene u toku b/d 1992/92. godine biće od velike koristi za usavršavanje sistema TOB.

Kriterijumi za ocenu efikasnosti funkcionisanja tehničkog obezbeđenja

Za dobijanje meritorne ocene o uspešnosti realizacije zadataka TOB, odnosno ocene efikasnosti funkcionisanja sistema TOB, kroz do sada provedena posebna istraživanja utvrđeno je da je najpogodnije da se koriste odgovarajući kriterijumi efikasnosti.

Kvantitativna mera, koja određuje stepen saglasnosti rezultata funkcionisanja svih elemenata sistema s ciljevima koje treba da ispuni sistem naziva se kriterijumom efikasnosti funkcionisanja sistema. Pri tom, zavisno od karakteristika sistema, može se odrediti jedan ili više kriterijuma.

U stvari, preko kriterijuma efikasnosti izražava se mera potpunosti izvršenja zadataka sistema u celini ili pojedinih njegovih podsistema u uslovima njegove operativne primene. Njegova karakteristika zavisi od karakteristika pojedinih podsistema, tj. povezana je s njihovim unutrašnjim svojstvima. Zbog toga pri određivanju kriterijuma efikasnosti treba početi od toga da on

objektivno karakteriše njihovo funkcionisanje, da je osetljiv na promenu parametara sistema i uticaj okruženja, te da je dovoljno jednostavan, razumljiv njegov fizički smisao i pogodan za izračunavanje i prikazivanje u vidu tabela i grafikona.

Budući da većina organizacionih sistema, a posebno vojno-organizacioni sistemi, funkcionišu u uslovima delovanja slučajnih faktora ili u uslovima neodređenosti, kriterijum efikasnosti većinom ima karakter slučajne veličine ili je, pak, nepoznatog karaktera. Zato se kao vrednosti kriterijuma efikasnosti koriste srednje vrednosti neke veličine, verovatnost nekih slučajnih događaja, a u krajnjoj liniji njegove moguće vrednosti u dijapazonu funkcionisanja sistema.

U velikom broju slučajeva postoji više kriterijuma efikasnosti, budući da sistemi mogu imati više ciljeva funkcionisanja, što je slučaj i sa sistemom TOB. Iz toga proističu poteškoće pri nastojanjima da se dobije jedinstvena ocena funkcionisanja sistema.

Kada su u pitanju vojno-organizacioni sistemi, gde spada i sistem TOB, za dobijanje ocene njihovog funkcionisanja preporučuje se primena dve grupe generalizovanih kriterijuma. Prvu čine operativni kriterijumi, pomoću kojih treba da se dobije ocena stepena izvršenja zadatka (obim i vreme izvršenja zadatka). Drugu grupu kriterijuma čine vojno-ekonomski kriterijumi, pomoću kojih treba da se dobije ocena o obimu angažovanja (utroška) resursa za izvršenje zadatka.

Uzimajući u obzir samo operativne kriterijume (s obzirom na njihov namenu i značaj), najcelishodnija ocena funkcionisanja sistema može da se dobije upoređivanjem (količnika ili razlike) dveju vrednosti kriterijuma — realne (faktičke) vrednosti, koja se dobija proračunom, te zadane (tražene) vrednosti kriterijuma, koju određuju nadležni organi RiK-a.

U tom slučaju za uspešnu realizaciju zadataka moraju biti ispunjene sledeće relacije:

$$\frac{E_r}{E_z} \geq 1 \quad \text{i} \quad \frac{T_r}{T_z} \leq 1$$

gde su:

— E_r i E_z realni i zadani obim realizacije zadatka,

— T_r i T_z realno i zadano vreme realizacije zadatka.

Kada se za ocenu efikasnosti funkcionisanja sistema TOB moraju uzeti u obzir i vojno-ekonomski kriterijumi, dobijene ocene efikasnosti sistema TOB se uslozava, posebno ako se uzme u obzir uticaj stohastičkih procesa i uticaj neodređenosti na vrednost pojedinih kriterijuma, što je neophodno učiniti prilikom istraživanja efikasnosti sistema TOB u borbenim dejstvima. U takvim slučajevima, primenom određenih matematičkih metoda »kompromisa« i višekriterijumske analize, može se dobiti zadovoljavajuće rešenje vrednosti kriterijuma efikasnosti sistema TOB.

Pri uzimanju u obzir operativnih i vojno-ekonomskih kriterijuma za analizu efikasnosti sistema javlja se, u stvari, kontradiktoran problem, koji je sa matematičkog stanovišta nerešiv jer se ne može postići maksimalna operativnost uz minimalno angažovanje (utrošak) resursa. Umesto toga moguće je: (1) »istražiti maksimalnu efikasnost pri zadanim resursima« ili (2) »minimizirati angažovanje (utrošak) resursa pri zadanoj efikasnosti«. Drugim rečima, ili efikasnost ili resursi moraju se unapred zadati, a samo jedna od tih dveju veličina može se optimizirati.

Istraživanje efikasnosti sistema TOB, parcijalno po pojedinim njegovim ciljevima (zadacima), u miru i ratu moguće je uspešno realizovati uz primenu za to posebno razvijenih metoda i računarskih programa, s tim da se unapred definišu adekvatni operativni i vojno-ekonomski kriterijumi.

Utvrđivanje vrednosti kriterijuma efikasnosti funkcionisanja sistema TOB po pojedinim zadacima i komandnim nivoima od izuzetnog je značaja za TSl, jer se tek posle toga mogu definisati kriterijumi za utvrđivanje ličnog i materijalnog sastava upravnih i izvršnih organa tehničke službe. Zbog toga iskustva stečena u b/d 1991/92. godine imaju veliki značaj za utvrđivanje vrednosti kriterijuma efikasnosti po zadacima TOB-a.

Uticajni faktori na usavršavanje tehničkog obezbeđenja

Usavršenost sistema TOB i razvijenost TSl za njegovu realizaciju u pojedinim OS zavise od više uticajnih faktora, među kojima su najznačajniji:

— dostignuti nivo razvoja tehnologije proizvodnje sredstava naoružanja i vojne opreme (NVO) i njegoza zastupljenost u OS;

— koncepcija izgradnje i doktrina upotrebe OS i

— fizionomija savremenih ratova i njihov uticaj na usavršavanje vojne organizacije.

Ova tri uticajna faktora čine jedinstvo i kroz međuzavisno delovanje utiču i na sistem TOB, postavljajući pred njim odgovarajuće zahteve. Budući da su uticajni faktori u direktnoj srazmERI sa ekonomskim mogućnostima pojedinih zemalja, proističe da su i usavršenost sistema TOB i razvijenost TSl takođe zavisni od ekonomske mogućnosti tih zemalja.

Uticaj savremenog NVO na sistem TOB

Sve brži tempo razvoja nauke i tehnologije proizvodnje NVO omogućava OS da se opremaju sve složenijim i skupocenijim tehničkim sistemima, čije

je funkcionisanje zasnovano na primeni visoke automatizacije i velike potrošnje svih vrsta energenata (municije, pogonskih sredstava i električne energije). Konstrukcije većine složenih tehničkih sistema predstavljaju funkcionalnu integraciju dostignuća iz više naučnih disciplina (mašinstva, elektrotehnike, elektronike, elektrohidraulike, optoelektronike, informatike i dr.), pa obaveze u vezi sa eksploatacijom i održavanjem takvih sistema zahtevaju da se raspolaze visokospecijalizovanim kadrovima, specijalnom opremom (posebno za dijagnostiku), rezervnim delovima i efikasnom informacionom podrškom. Istovremeno, ovako brz razvoj NVO doveo je do toga da se zbog »moralne zastarelosti« pojedinih sistema njihov »životni vek« sve brže smanjuje (za neke raketne sisteme posle 5 godina, a za tenkove nakon 20 godina od završetka razvoja). To, takođe, usložava zadatke u sistemu TOB-a. Sve navedeno uticalo je da se razvije takva integralna LP (kod nas ITOB) čijom primenom se još u fazi razvoja obezbeđuje visoka efektivnost tehničkih sistema kroz čitav njihov »životni vek« (produkt pouzdanosti funkcionalne podobnosti i gotovosti). Međutim, ostvarivanje tog cilja povezano je sa visokom sposobnošću i organizovanošću za razvoj, proizvodnju, eksploataciju i održavanje savremenih tehničkih sredstava. U vezi s tim i tehničkoj službi se nameće niz složenih zadataka, koji se mogu efikasno realizovati uz njenu visoku organizovanost, obučenost kadrova i materijalnu opremljenost izvršnih organa.

Značajno je istaći da VJ raspolaze sredstvima starijih generacija, ali i sredstvima NVO koja predstavljaju vrhunska tehnička dostignuća u svetu (familija novog streljačkog naoružanja, tenk M84, sistem »OGANJ«, BVP M80A, novi tenk za izvlačenje, STTELA 2M, RTpS 1KW serija laserskih daljinomera itd.). Te činjenice, kao i obaveze industrije SRJ da se brzo »prestroji« u

cilju zadovoljavanja potreba VJ, sistemu TOB-a i ITOB-a usložavaju zadatke i zahtevaju brzu transformaciju i usavršavanje.

Uticaј koncepcije izgradnje i doktrine upotrebe OS na sistem TOB

Koncepcija izgradnje i doktrina upotrebe OS direktno utiču na organizovanost i način upotrebe organa, jedinica i ustanova TSl u realizaciji zadataka TOB i u miru i u ratu. U skladu s tim, prilikom izgrađivanja i usavršavanja sistema TOB koriste se određeni principi.

Globalno posmatrano, u svim OS uočavaju se tri osnovna nivoa organizovanosti: taktički, operativni i strategijski. Pri tom mirnodopska organizovanost TSl izražava se na taktičkom i strategijskom nivou, a organizovanost na operativnom nivou dolazi do punog izražavanja tek u ratu, dok u miru predstavlja prelazno rešenje između taktičkog i strategijskog nivoa.

Za svaki od navedenih nivoa organizovanosti OS usvajaju se odgovarajući kriterijumi za ešeloniranje materijalno-tehničkih rezervi i za proračun gubitaka — oštećenja tehničkih sredstava, što služi kao osnov za dimenzionisanje tehničkih jedinica — ustanova.

Za ocenu efikasnosti funkcionisanja sistema TOB na taktičkom nivou prvenstveno su značajni operativni kriterijumi, a na operativnom i strategijskom nivou značajniju ulogu dobijaju i vojno-ekonomski kriterijumi, tj. realizacija TOB povezuje se sa ekonomskim mogućnostima zemlje. U vezi s tim, u organizovanju struktura tehničke službe za realizaciju zadataka TOB primenjuju se principi autonomije i teritorijalizacije, pri čemu je taktički nivo po pravilu autonoman, a viši nivoi maksimalno se oslanjaju na potencijale te-

ritorije, posebno u miru i u varijantama borbene upotrebe OS na svojoj teritoriji.

U organizovanju logističke (pozadinske) podrške u celini i posebno struktura TSl, u svim OS zastupljena su još dva principa — funkcionalni centralizovani princip. Načelno, na komandnim nivoima od brigade naviše, logistička (pozadinska) podrška se provodi pretežno na funkcionalnoj osnovi, decentralizovano po funkcijama, službama, rodovima i vidovima OS, dok se na nivou bataljona i niže primenjuje potpuna centralizacija u provođenju zadataka, koja je u nadležnosti K-danta (k-dira). U tako postavljenoj organizaciji, u K-di bataljona — divizionu postoji pomoćnik za logistiku, referent tehnike (oficir za održavanje) i podoficiri za intendantsko i sanitetsko obezbeđenje, koji neposredno rukovode logističkim (pozadinskim) jedinicama i četnim — baterijskim mehaničarima.

Svi navedeni principi našli su na određeni način primenu i u usavršavanju postojećeg sistema TOb u VJ.

Uticaј savremenih ratova na sistem TOb

Fizionomija savremenih ratova, a posebno neka ispoljena dejstva potencijalnih agresora u zadnje vreme, neposredno utiču na usavršavanje prva dva faktora. Isto tako, karakteristike savremenih ratova utiču i na sistem TOb, namećući mu obavezu za iznalaženjem novih formi organizovanja i načina realizacije zadataka s ciljem da se NVO obezbedi maksimalna efikasnost. Određena iskustva u tom pogledu stečena su i u b/d 1991/92. godine na tlu bivše Jugoslavije.

Opšte iskustvo iz savremenih ratova ukazuje na neophodnost pojačanja logističke (pozadinske) podrške jedinica angažovanih u b/d, povećanje efikasnosti RiK logističkim (pozadin-

skim) jedinicama i povećanje njihovih manevarskih sposobnosti. Udovoljenje ovim zahtevima izvršeno je u većini OS pri njihovoj reorganizaciji, koja je provedena u zadnjih desetak godina. U osnovi, reorganizacija logističkih (pozadinskih) struktura trebalo je da obezbedi centralizaciju RiK ovim strukturama i integraciju realizacije zadataka pozadinskih službi u okviru pojedinih logističkih (pozadinskih) funkcija. U tom smislu funkcije logističke (pozadinske) podrške centralizovane su u pokretnim strukturama u tri relativno nezavisne celine: snabdevačko-transportnu, remontno-evakuacionu i medicinsko-sanitetsku, koje ulaze u sastav objedinjenih logističkih (pozadinskih) jedinica. Ove celine tako su komponovane da relativno autonomno realizuju namenjene zadatke, a njihovi pojedini delovi, kao posebne celine, mogu da se pridodaju potčinjenim jedinicama radi pojačanja njihove podrške.

U određenom smislu, neka od rešenja za usavršavanje logističke (pozadinske) podrške uvedena su i u organizacijsko-formacijske strukture pozadine bivše JNA, ali ona nisu potpuno opravdala postojanje, zbog neadekvatne primene, što je potvrđeno u b/d 1991/92. godine. Zbog toga nova rešenja moraju eliminisati uočene nedostatke.

Pravci usavršavanja tehničkog obezbeđenja

U današnje vreme, kada je prestala opasnost od ratnog sukoba između vodećih svetskih velesila i kad se javljaju opšta nastojanja za smanjenjem brojnog stanja OS u gotovo svim zemljama, uz istovremeno nastojanje da se na evropskom tlu stvore multinacionalne OS sa precizno deminisanom namenom, organizacijom i načinom upotrebe, sigurno je da će se to odraziti i na promenu organizacije i načina realizacije logističke (pozadinske) podrške.

Uopšteno govoreći, ukoliko smanjenje brojnog stanja OS ne znači i smanjenje njihove ukupne udarne moći. Šta više, ona će se za deo snaga za trenutna i brza dejstva i povećati, što se od organa za logističku (pozadinsku) podršku zahtevati pojačane napore pri obezbeđenju materijalno-tehničke podrške tih snaga. S druge strane, mirnodopsko smanjenje brojnog stanja OS ne znači direktnu obavezu i za proporcionalno smanjenje strukture za tehničku podršku jer će raznovrsna i mnogobrojna tehnika, koja se povlači iz upotrebe, zahtevati da se na njoj i dalje provede odgovarajuće obaveze iz nadležnosti skladištenja, održavanja i priprema za njihovo aktiviranje i borbeno upotrebu.

Navedene promene u OS evropskih zemalja sigurno da ne mogu mimoći ni VJ, pogotovu što i postojeća ekonomska situacija u zemlji diktira njeno radikalno smanjenje. Ova dva faktora paralelno utiču na obim i sadržaj transformacije VJ, koja treba da se provodi u skladu sa njenom namenom, odbrambenim potrebama i ekonomskim mogućnostima Jugoslavije.

U vezi sa tim, nameće se potreba za sveobuhvatnim i detaljnim istraživanjima procesa TOB u transformisanoj VJ, te da se na osnovu toga usvajaju odgovarajuća organizacijsko-formacijska rešenja za TSl na svim nivoima RiK.

Nastojanje da se, u skladu sa opštim intencijama za smanjenjem VJ, smanji i tehnička služba proporcionalno sa ostalim strukturama, može izazvati teže posledice, s obzirom na specifičnu ulogu TSl u izgradnji b/g i ostvarivanju vatrene moći VJ. Umesto takvog pristupa, moguće je tražiti optimalno rešenje, uz primenu odgovarajućih operativnih i vojno-ekonomskih kriterijuma, tj. da se uz zadanu gotovost tehničkih sredstava minimiziraju ukupni troškovi sistema TOB.

U skladu s navedenim, usavršavanje sistema TOB moguće je realizovati u više pravaca:

— usavršavanje procesa funkcionisanja TOB i organizacionih struktura za njegovu realizaciju,

— intenziviranje uvođenja automatizovane informacione podrške u sistem RiK TOB-a i

— usavršavanje kadrova TSl.

Usavršavanje procesa TOB i organizacionih struktura TSl

Efikasno funkcionisanje sistema TOB, kao složenog višenivojskog sistema sa velikim brojem elemenata za realizaciju odgovarajućih međuzavisnih zadataka, bazira na formalizovanim i propisanim procesima snabdevanja i održavanja, te izgrađenim i osposobljenim organizacijsko-formacijskim strukturama za realizaciju tih procesa. Svaako odstupanje od ove postavke, na bilo kom nivou RiK, dovodi do poremećaja u funkcionisanju sistema TOB i ne vodi ostvarivanju njegovog osnovnog cilja i u miru i u ratu. Pri tom, organizacione strukture za realizaciju procesa TOB moraju biti tako izgrađene i osposobljene da se uz primenu principa adaptacije mogu prilagoditi konkretnoj situaciji i uspešno realizovati propisane zadatke. Navedene postavke potvrđene su u b/d 1991/92. godine.

Usavršavanje procesa funkcionisanja TOB treba da bazira na saznanjima o efektima njihovog provođenja u prethodnom periodu, kao i na ciljevima koje treba da ostvari svaki dalji korak na usavršavanju sistema TOB i to kako za pojedine zadatke po čitavoj dubini sistema RiK, tako i za celovito provođenje zadatka TOB na pojedinim komandnim nivoima.

Radi dobijanja celovite slike o obimu obaveza, navode se procesi koji se istražuju:

a) Procesi snabdevanja

- snabdevanje osnovnim sredstvima,
- snabdevanje municijom i MES,
- snabdevanje pogonskim sredstvima,
- snabdevanje elektroenergetskim sredstvima,
- snabdevanje rezervnim delovima.

b) Procesi održavanja

- održavanje osnovnih sredstava,
- održavanje municije i MES,
- održavanje pogonske opreme i instalacija,
- održavanje ostalih sredstava (bela tehnika, birotehnika, radio, TV i računarska tehnika, PP sredstva, nastavna sredstva itd.).

Do sada izvršena delimična istraživanja na nivou TU GŠ VJ, kako je već navedeno, pokazuju opravdanost provođenja ovako definisanog postupka pre konačnih dluka o sveobuhvatnim rešenjima za usavršavanje sistema TOB. Ispitana i ugrađena poboljšanja u sistemu TOB VJ u dosadašnjem periodu, posle krizne situacije u bivšoj SFRJ, takođe potvrđuju opravdanost takvog postupka VJ.

Saznanja ukazuju da se racionalizacijom procesa i struktura TS1 mogu postići značajni operativni i vojno-ekonomski efekti. Bez detaljnog obrazloženja, navode se samo neki segmenti sistema TOB čijom se racionalizacijom u daljem periodu očekuju značajniji efekti:

- rasterećenje tehničkih jedinica dela RMR koje sa sobom nose,
- predaja transporta tehničkih sredstava (uključujući i evakuaciju teže tehnike) u potpunu nadležnost stručnih organa SbSl,

— centralizacija održavanja određenih grupa sredstava na nivou TRZ,

— centralizacija praćenja kvalitativnog stanja i održavanja municije i MES na nivou TRZM,

— racionalizacija broja vantrupnih skladišta i službe obezbeđenja skladišta,

— racionalizacija snabdevanja rezervnim delovima,

— uvođenje mehaničara u sastav određenih četa — baterija,

— preispitivanje uloge i zadataka tehničkih jedinica u sastavu bataljona — divizionu iz brigada združenog sastava,

— usavršavanje organizacijsko-formacijske strukture tehničkih jedinica brigada i njihovo adekvatno opremanje za rad u ratu i efikasnu podršku nižih jedinica,

— ukidanje skladišnih jedinica za snabdevanje u ratu i osposobljavanje skladišta za prijem, čuvanje, manipulaciju i izdavanje rezervi,

— osposobljavanje i povećanje odgovornosti neposrednih korisnika za stanje tehničkih sredstava,

— povećanje odgovornosti svih nadležnih subjekata za striktno provođenje procesa ITOB-a,

— profesionalizacija mnogih dužnosti u izvršnim i upravnim organima TS1,

— formiranje posebnih centara za obuku specijalističkog kadra TS1.

Intenziviranje uvođenja automatizovanog informacionog sistema

Značajnije povećanje efikasnosti funkcionisanja sistema TOB moguće je postići samo ako se intenzivira uvođenje tehničkog informacionog sistema (TIS) u sistem RiK TOB-a, čiji je osnovni koncept razrađen pre više godina, a obuhvatao je:

— automatizovano praćenje kvantitativnog i kvalitativnog stanja municije i MES,

— automatizovano praćenje kvantitativnog i kvalitativnog stanja pogonskih sredstava,

— automatizovano praćenje rezervnih delova i

— automatizovani informacioni sistem održavanja TMS.

Tehnička služba, koja raspolaže sa dovoljnim brojem kvalifikovanog kadra, uz pomoć službe informatike, dorađuje navedene informacione sisteme radi njihovog stavljanja u operativnu upotrebu u što kraćem vremenskom periodu.

Isto tako, uz preraspodelu raspoložive informacione opreme i nužnu nabavku moguće je brzo opremanje najznačajnijih informacionih punktova i operativna realizacija navedenih informacionih sistema. Opremanje ostalih informacionih punktova vršilo bi se u narednom periodu, u skladu sa mogućnostima obezbeđenja potrebne opreme.

Usavršavanje kadrova tehničke službe

Adekvatno osposobljeni kadrovi TSI za rešavanje formacijskih zadataka preduslov su za efikasno rešavanje funkcionisanja procesa TOB na svim nivoima RiK.

Dijapazon delatnosti u sistemu TOB vrlo je širok i za realizaciju zadataka koji iz toga proističu TSI raspolaže raznovrsnom strukturom kadrova i po nivou obrazovanja i po vrstama specijalnosti. Usavršavanje tako široke lepeze strukture kadrova za obavljanje odgovarajućih dužnosti je složen i odgovoran zadatak, koji je u prethodnom periodu obavljan sa više ili manje uspeha. Određene posledice zbog neade-

kvatno osposobljenog kadra osetile su se i u b/d 1991/92. godine.

U cilju prevazilaženja uočenih slabosti i obezbeđenja kadrovskih preduslova za povećanje efikasnosti sistema TOB neophodno je da se u narednom periodu sagledaju realne potrebe, s obzirom na veliku fluktuaciju kadrova u prethodne dve godine i pristupi sistematskom i upornom radu na usavršavanju kadrova. To se posebno odnosi na one strukture za koje je uočeno da im osposobljenost nije na potrebnom nivou. U tom smislu problem usavršavanja treba sagledati kako po pojedinim komandnim nivoima, tako i po strukturi kadrova (oficiri, podoficiri, vojnici, civilna lica i vojnici po ugovoru).

Zaključak

Tehničko obezbeđenje je značajna komponenta b/g svake vojske, pa i VJ. Njegovo usavršavanje vezano je za usavršavanje VJ i mora se posmatrati kao kontinuirani proces. Pojedina rešenja za usavršavanje zahtevaju manja istraživanja i eksperimentisanja, dok značajnija usavršavanja traže primenu složenije metodologije. U takvim slučajevima pokazalo se kao efikasno koristiti metodologiju sistemskog pristupa. Takav pristup omogućio je istraživanje pojedinih struktura sistema TOB i usvajanje optimalnih rešenja. Pri tom su korištena iskustva iz krizne situacije u bivšoj SFRJ i b/d 1991/92. godine. Naravno, obimnija usavršavanja moguća su kroz dugotrajnija istraživanja i eksperimentisanja. Takva istraživanja je moguće provesti jer su prikupljeni podaci iz ratnih dejstava, što će biti poseban kvalitet za ocenu kriterijuma efikasnosti TOB-a, kao celovitog sistema i pojedinih njegovih elemenata. Iskustvo je pokazalo da u sistemu TOB postoji više procesa i elemenata čijim se usavršavanjem mogu postići značajni operativni i vojno-ekonomski efekti.

Literatura:

- [1] Ventcelj, E. C.: Osnovi isledovanja operacij. Moskva, Mir, 1972.
- [2] Moder, Salah, Elmaghrabi.: Isledovanje operacij v 2-h tomah (prevod s engleskog). Moskva, Mir, 1971.
- [3] Petrović, R. i dr.: Upravljanje sistemima. Beograd, Naučna knjiga, 1986.
- [4] Goluško, I. M., Varlamov, N. V.: Osnovi modelirovanija i avtomatizaciji upravljenja tilom. Moskva, Voenizdat, 1982.
- [5] Logistika (Logistics, FM 54-10, prevod s engleskog). Beograd, TU SSNO, 1981.
- [6] Nikolić, M.: Efikasnost funkcionisanja sistema tehničkog obezbeđenja združenih taktičkih jedinica u oružanoj borbi (doktorska disertacija). Zagreb, VVTS KoV, 1989.
- [7] Kokanović, M.: Istraživanje optimalnih strategija obnavljanja TMS u uslovima neodređenosti (doktorska disertacija). Zagreb, VVTS KoV, 1989.
- [8] Borović, S.: Ekspertni sistem za rukovođenje tehničkim obezbeđenjem (doktorska disertacija). Zagreb, VVTS KoV, 1989.
- [9] Naučno utvrđivanje kriterijuma ešeloniranja u sistemu TOB (prethodna analiza). Zagreb, VVTS KoV, 1991.
- [10] Stanje tehničkog obezbeđenja i mere za poboljšanje. Beograd, TU GŠ VJ, 1992.
- [11] Usavršavanje sistema tehničkog obezbeđenja (analiza stanja i predlog realizacije). Beograd, TU GŠ VJ, 1993.

Regeneracija rezervnih delova — metode i postupci

U radu su prikazane opšte i specijalne metode regeneracije. Date su tehničke karakteristike pojedinih metoda regeneracije sa širokom primenom i najkarakterističniji predstavnici oštećenih delova. Posebno je istaknut asortiman delova i sklopova koji se regenerišu.

Uvod

Tokom eksploatacije mašina, alata i uređaja, transportnih sredstava, građevinske, medicinske i industrijske opreme; na njihovim sastavnim delovima nastaju različita oštećenja raznog položaja, oblika i veličine. Nastanak oštećenja na raznim delovima mašina, uređaja i opreme, dovodi do smanjenja njihovih eksploatacijskih mogućnosti ili do potpune nemogućnosti njihove upotrebe.

Princip obezbeđenja nesmetanog toka proizvodnje, sa što manje prekida, zastoja i otkaza, iziskuje angažovanje skupocene opreme za dijagnostiku, remont i ispitivanje, kojom rukuje posebno obučeni stručni kadar; uz korišćenje znatne količine rezervnih delova iz skladišta — što je veoma skupo i nerentabilno.

U toku dugogodišnjeg rada na remontu i održavanju sredstava specijalne namene, Tehnički remontni Zavod — Čačak je, radi smanjenja troškova na sveukupnom tehničkom održavanju pri remontu sredstava, uveo i razvio posebnu oblast opravke revitalizaciju ili regeneraciju rezervnih delova. Optimizacija zaliha rezervnih delova po asortimanu i količini u skladištima, uvođenje postupka regeneracije delova, uz

smanjene zavisnosti od uvoza i proizvođača opreme i sniženje troškova održavanja proizvodne opreme i sredstava je sve više prisutan način organizovanja modernih službi plansko-preventivnog održavanja.

U ovom radu biće prikazane metode i njihove karakteristike, mogućnosti i postupci regeneracije rezervnih delova u Tehničkom remontnom Zavodu Čačak — radi njihovog prikazivanja potencijalnim korisnicima i proširenja područja primene u današnjim uslovima proizvodnje i remonta opreme i sredstava. Saznanja iz regeneracije sve se više koriste i pri izradi novih delova radi uštede na skupim materijalima ili obradi, kao i na poboljšanju mehaničkih, antifrikcionih, antikorozivnih i drugih karakteristika.

Metode regeneracije rezervnih delova

Pod pojmom regeneracija podrazumeva se sprovođenje niza tehnoloških operacija, čiji rezultat je obnavljanje radne sposobnosti oštećenog dela, vraćanjem njegovog oblika, veličine, dimenzija i željenih karakteristika na nivo pre početka eksploatacije ili na njegove dozvoljene remontne mere i karakteristike.

Opšti tehnološki proces regeneracije oštećenih rezervnih delova sastoji se od sledećih operacija:

— čišćenja, pranja i odmašćivanja dela;

— defektacije dela;

— pripreme dela za nanošenje metalnih slojeva;

— nanošenje metalnih slojeva na deo;

— mašinske, termičke, zaštitne i završne obrade dela,

— ispitivanja, kontrole kvaliteta, homologacije, konzervacije i pakovanje.

Sopstvenim razvojem i u saradnji sa nizom inostranih i domaćih firmi, Zavod je usvojio, usavršio i razvio više tehnologija, kojima se oštećeni delovi mogu uspešno regenerisati, uz ispunjenje traženih karakteristika dela u pogledu veka trajanja, pouzdanosti i bezbednosti pri upotrebi. Uzimajući kao osnov princip nanošenja dodatnog materijala na oštećeni deo, klasifikacija metode regeneracije korišćenih u Zavodu može se shematski prikazati kao na sl. 1.

Tehničke karakteristike metoda regeneracije sa najširokom primenom i područje njihove primene sa najkarakterističnijim predstavnicima oštećenih delova prikazani su u tabeli 1.

Svaka od navedenih metoda regeneracije delova prikazana u tabeli 1, ima svoje prednosti i nedostatke; tako da je jedan od osnovnih zadataka pri regeneraciji delova izbor optimalne metode, koja će obezbediti maksimalni vek trajanja dela uz minimalne troškove. Na izbor optimalne metode regeneracije nekog dela utiče mnoštvo faktora, od kojih su najznačajniji:

— karakteristike oštećenja na delu (položaj, vrsta, veličina);

— radni uslovi dela pri eksploataciji (veličina i vrsta opterećenja, način podmazivanja, karakteristike delova u kontaktu i radne sredine);

— konstrukcijsko-tehnološke karakteristike dela (geometrijski oblik i dimenzije, materijal sa mehaničko-metalografskim osobinama, tehničko stanje i način zaštite, tehnologije izrade);

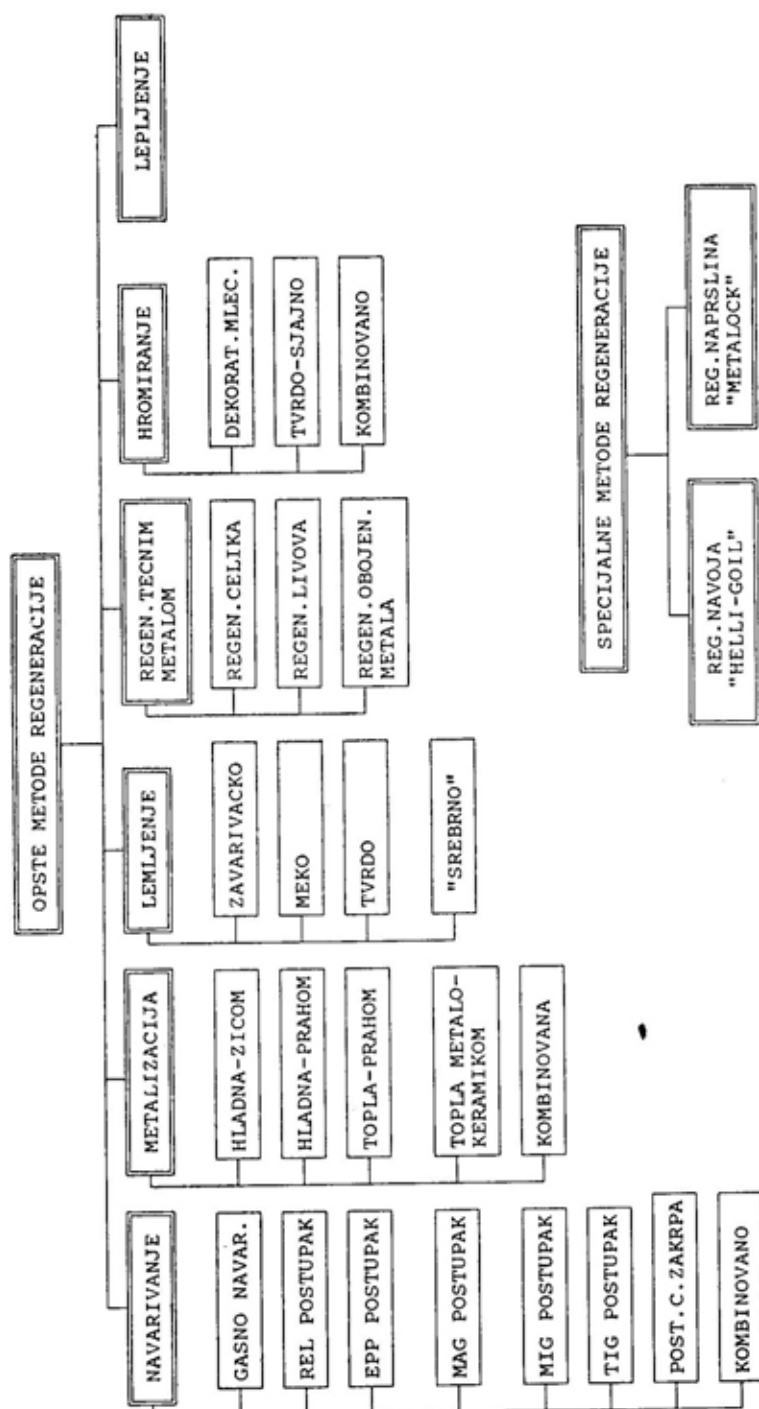
— tehnološke i mehaničke karakteristike metalnih slojeva nanošenih na oštećenje površine delova, i

— troškovi regeneracije svih metoda regeneracije koje se mogu primeniti za oštećeni deo.

Na osnovu navedenih faktora, tehnološka služba u Zavodu određuje optimalnu metodu regeneracije sa proračunom očekujućeg veka trajanja dela i cenom regeneracije.

Obezbeđenje kvaliteta i ekonomičnosti regeneracije delova

Navedene metode regeneracije se primenjuju uz korišćenje savremene opreme i najkvalitetnijih dodatnih materijala svetskih i domaćih proizvođača, kao što su: »METCO«, »WELDSTEEL«, »LINCOLN«, »LOCTITE« — Sjedinjene Države; »CASTOLIN« — Švajcarska, »UTP«, »BOHLER« — Nemačka, »BEL-ZONA«, »METALOCK« — Engleska, itd. Zavod je tokom dugogodišnjeg rada uz razvoj samih metoda nanošenja dodatnih materijala na oštećeni deo, usavršio i nabavio opremu za kompletan tehnološki proces regeneracije delova. Posedujemo savremenu opremu i kadrove za sve tehnološke operacije pripreme delova i za operacije mašinske, termičke, galvanske zaštite i završne obrade delova.



Sl. 1 — Metode regeneracije primjenjene u TRZ

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
1.	Ručno elektrolučno navarivanje (REL postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih kvaliteta, — čelični i specijalni liv — sivi liv — obojeni metali i njihove legure 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje čeličnih i ostalih materijala; slojem debljine 0,5—20 mm i tvrdoće 18÷65 HRC — međusobno zavarivanje čelika različitog kvaliteta — oplemenjivanje radnih površina konstrukcionih i drugih čelika (zubi bagera, delovi rudarske građevinske i prehrambene opreme) 	<ul style="list-style-type: none"> — kućišta, blokovi i poklopaci motora SUS snage 0,5—1200 kW — glave motora SUS (sedište ventila) — zubi zupčanika — ožljebljenja na vratilima prečnika do 300 mm i duž. do 2000 mm — rukavci osovina i radnih valjaka prečnika do 1100 mm i dužine do 3500 mm. — alati za deformaciju i pribori
2.	Elektrolučno navarivanje pod prahom (EPP postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — nelegirani i niskolegir. čelici — niskougljenični čelici sa manje od 0,34% ugljenika 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje masivnih predmeta prečnika do 700 mm i dužine do 4000 mm, slojem debljine do 10 mm, tvrdoće od 14—40 HRC — zavarivanje brodskih limova i novih cevi debljine od 5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — laktaste osovine — doboši kvačila i kočnica — diskovi prednjih i zadnjih točkova — kućišta ležajeva — ozubljeni i ožljebljeni delovi vratila — spojnice i spojničko vratilo
3.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti aktivnog gasa CO ₂ (MAG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — nelegirani i niskolegirani čelici debljine do 10 mm — čelici za kotlovske limove i cevi tvrdoće do 60 dN/mm² — poboljšani i temperaturno otporni čelici 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje i zavarivanje raznih čeličnih konstrukcija (opčate, kotlovi, toplovođi, ...) gde se zahteva mala deformacija delova 	<ul style="list-style-type: none"> — kotlovi i toplovođi — rukavci na osovina i radnim valjcima — gnezda ležaja — rukavci osovina i vratila i kompresora prečnika do 700 mm i dužine do 3500 mm

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
4.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti inertnog gasa organa (MTG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — aluminijum, bakar, i njihove legure debljine do 20 mm — visokolegirani i nerđajući čelici debljine do 10 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje delova tipa poklopaca, kućišta itd., slojem debljine do 20 mm — navarivanje i zavarivanje aluminijumskih i bakarnih legura sa sadržajem silicijuma, montaža cinka, olova itd. 	<ul style="list-style-type: none"> — glave i korita motora SUS od aluminijuma i njegovih legura — kućišta ležajeva
5.	Elektrolučno navarivanje u zaštiti inertnog gasa organa (TIG postupak)	<ul style="list-style-type: none"> — Al, Cu, Mg, Ni, Ti, Zn, Be i njihove legure debljine veće od 0,5 mm — ugljenični i legirani čelici debljine veće od 0,5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> — navarivanje raznih mašinskih delova od teško zavarivanih čelika i visokolegiranih čelika — navarivanje obojenih legura — navarivanje bronzе i mesinga na čelik 	<ul style="list-style-type: none"> — alati od prohronskog i bronznog čelika — karteri i delovi od Al legura — klipovi hidrauličnih sistema
6.	Hlandna gasna metalizacija žicom	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih vrsta — čelični, sivi i specijalni liv — obojeni metal i njihove legure 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci osovina prečnika do 1000 mm i dužine do 3500 mm tvrdoće od 14—50 HRC i debljine sloja 0,25—3 mm — vučni bubnjevi za izvlačenje bakarne žice prečnika do 1200 mm i dužine do 2500 mm — dve vrste rukavaca za ležajevе, čaure, klipovi, ... — nanošenje na osnovni materijal sloja materijala različite vrste 	<ul style="list-style-type: none"> — gnezda ležaja na blokovima motora SUS — otvori u kućištima različitog tipa — vučni bubnjevi za žicu — ležajevi kolensatih osovina prečnika do 200 mm i dužine do 2100 mm — nanošenje bronzе i mesinga na klipove i klipnjače hidrauličnih sistema prečnika do 300 mm i dužine do 2600 mm

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
7.	Hladna gasna metalizacija pro-hrom	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstrukcioni čelici — čelični, sivi i specijalni liv 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci kolena-stih vratila kompresora prečnika do 600 mm i dužine do 2100 mm, slojem debljine 0,25—1,5 mm i tvrdoće do 400HV10 — pokretni i klizni spojevi mašinskih delova — hidraulični klipovi 	<ul style="list-style-type: none"> — kolenasto vratilo kompresora i motora SUS — rukavci osovina i vratila — valjci u papirnoj i tekstilnoj industriji prečnika do 700 mm i dužine do 3500 mm
8.	Topla gasna metalizacija pra-hom	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstrukcioni čelici, — otkovci od svih materijala 	<ul style="list-style-type: none"> — metalizacija bregastih vratila prečnika do 200 mm i dužine do 1500 mm, slojem od 0,1—1,5 mm tvrdoće do 65 HRC — nabacivanje bronzne na čelike — tvrdi nanosi na nerđajućim čelicima i livenom gvožđu — reparacija cementiranih i kaljenih površina 	<ul style="list-style-type: none"> — bregasta vratila motora SUS — puževi, ekstruderi za gumu i plastiku i zavojne površine — izduvne grane i blokovi motora — zubi zupčanika
9.	Topla gasna metalizacija metalokeramikom	<ul style="list-style-type: none"> — čelici svih vrsta — odlivci od čelika, sivog i specijalnog liva 	<ul style="list-style-type: none"> — oplemenjivanje radnih habajućih površina na raznim delovima — zaštita delova od korozije u agresivnoj, kiseloj i baznoj sredini 	<ul style="list-style-type: none"> — vratila muljnih i potapajućih pumpi — lopatice ventilatora — potisne ploče — specijalne forme alata za obradu deformacijom

Red. br.	Metoda regeneracije	Tehničke karakteristike i područje primene		
		Materijal oštećenog dela	Oblast primene	Karakteristični predstavnik
1	2	3	4	5
10.	Regeneracija tečnim metalom	<ul style="list-style-type: none"> — sve vrste čelika — čelični i sivi liv — sve vrste obojenih metala i njihovih legura 	<ul style="list-style-type: none"> — popravka oštećenja usled istrošenosti, pukotina, loma na blokovima motora, kućištima prenosnika, vratilima, klipovima — popravka oštećenja usled korozije i kovitacije 	<ul style="list-style-type: none"> — rukavci osovina i vratila — pukotine na blokovima motora — klipovi, cilindri — radna kola pumpi
11.	Tvrdo sjajno hromiranje	<ul style="list-style-type: none"> — razni konstrukcioni čelci tvrdoće do 50 HRC — čelični, sivi i specijalni liv 	<ul style="list-style-type: none"> — klipnjače i cilindri u hidrauličnim sistemima prečnika do 500 mm i dužine do 2600 mm — rukavci ležaja na osovinama, slojem 0,05—0,5 mm i tvrdoće do 58 HRC — košuljice motora SUS — složene forme alata za plastiku i vulkanizaciju 	<ul style="list-style-type: none"> — klipnjače, klipovi i cilindri hidro-pneumatskih sistema — osovine klipova motora SUS — radne površine valjaka u grafičkoj industriji — rukavci bregastih osovina i radilica

Zavod ima savremeno opremljene laboratorije za određivanje i kontrolu hemijskog sastava, mehaničkih karakteristika i metalografskih osobina osnovnog materijala dela i nanošenog metalnog sloja. Posebna pažnja je posvećena defektoskopskim ispitivanjima bez razaranja, tako da se u Zavodu primenjuju enegrantska, magnetna, ultrazvučna i rendgenska kontrola kvaliteta regenerisanih delova, opremom za ispitivanje bez razaranja rukuju naši specijalisti koji poseduju domaće i međunarodne ateste i ovlašćenja.

Za sve postupke regeneracije Zavod izdaje odgovarajuće garancije (ateste, sertifikate i sl.).

Ekonomičnost regeneracije oštećenih delova, u uslovima moguće izrade ili nabavke novog dela, ocenjuje se pomoću koeficijenta cene (K_c) koji se računa kao

$$K_c = \frac{C_n - C_r}{C_n}$$

gde je:

C_n — cena izrade ili nabavke novog dela i

C_r — cena regeneracije oštećenog istog takvog dela.

Smatra se ekonomski opravdana regeneracija ako je $K_c \geq 0,4$. Zавodska iskustva pokazuju da je $K_c = 0,4 - 0,9$ što znači da se cena regenerisanog oštećenog dela kreće 10% do 60% od cene novog istog takvog dela.

Opravanost i ekonomičnost regeneracije oštećenog dela utvrđujemo najčešće sagledavanjem sledećih pokazatelja:

— odnosa cene novog i regenerisanog dela;

— mogućnosti obezbeđenja novog dela;

— potrebnog vremena za regeneraciju dela, i

— pouzdanosti veka trajanja regenerisanog dela u odnosu na novi deo.

O ekonomskoj opravdanosti regeneracije upoznajemo Vas pri razmatranju mogućnosti regeneracije i navedenih pokazatelja, na bazi Vašeg zahteva.

Asortiman delova i sklopova koji se regenerišu

Asortiman delova i sklopova koji se regenerišu u Zavodu je veoma raznovrstan, počev od vitalnih do najjednostavnijih delova u određenim sklopovima i agregatima mašina i opreme, i može se podeliti u sledeće karakteristične grupe:

— motori SUS (blok, korito ulja, kolenasto i bregasto vratilo klipnjače, klipovi, osovine, čaure, ...);

— menjači i multiplikatori stepena prenosa (zupčanici, sinhrona poluge, vratila, osovine, doboši, čaše, ručice, ...);

— sistemi za upravljanje i zaustavljanje (pogonski točkovi, laktaste osovine i torziona vratila, poluge, čaure, doboši, kočione trake, ...);

— ventilatori (osovine, rotori, lopatice, diskovi, ...);

— hidraulični i pneumatski sistemi (klipovi, klipnjače, cilindri, ventili, razvodnici, pumpe, ...);

— alati za: vulkanizaciju, plastiku, obradu deformisanjem, kovanje i live-nje;

— valjci u papirnoj, grafičkoj industriji i u željezarama;

— delovi mašina alatki, presa, specijalnih mašina i uređaja;

— delovi opreme u procesnoj industriji, farmaceutskoj i hemijskoj industriji;

— delovi građevinskih i rudarskih mašina (zubi bagera, kašike utovarivača, raonici, članci i osovinice guseničnog platna, zupčasti točkovi, ...).

Pregled najkarakterističnijih delova sa najčešćim oštećenjima prikazan je u tabeli 2 (str. 26—30).

Zaključak

Mogućnosti regeneracije delova i sklopova metodama koje se izvode u Zavodu su veoma široke, tako da skoro nema oblasti svakodnevnne proizvodnje ili održavanja u kojoj se neka od registrovanih metoda ne može primeniti.

U Zavodu se trenutno planira i radi na uvođenju novih metoda kao što su:

— plazma tehnologija;

— mrežasto hromiranje;

— hemijska prevlaka nikla po KANIGEN-B postupku;

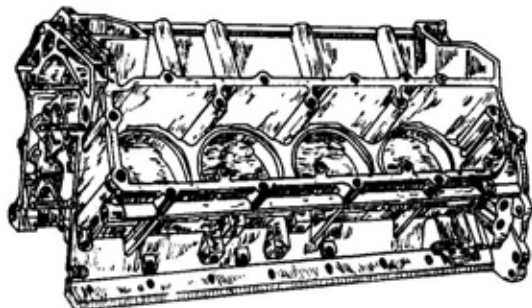
— lasersko površinsko otvrđavanje;

— jonska implantacija površine metala, i

— prevlačenje metala postupcima PVD i CVD.

Naziv i skica dela

Najčešća oštećenja

BLOK MOTORA

- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja radilice i bregaste osovine
- oštećenja navojnih otvora

GLAVA MOTORA

- pukotine, razne
- neravnost nalegajuće površine
- pohabanost sedišta ventila
- oštećenja navojnih otvora

RADILICA MOTORA

- iskrivljenost
- istrošenost rukavaca i čeonih naslona
- pohabanost žljebova rukavca

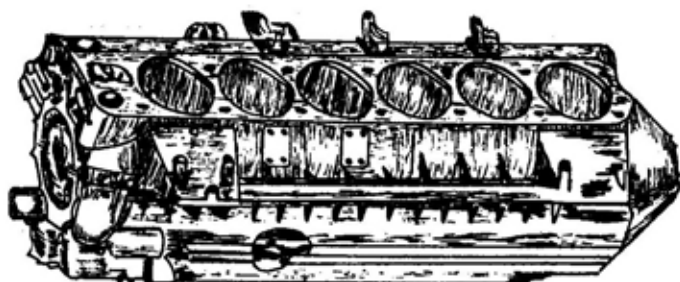
BREGASTO VRATILO

- iskrivljenost
- istrošenost rukavaca i bregova

Naziv i skica dela

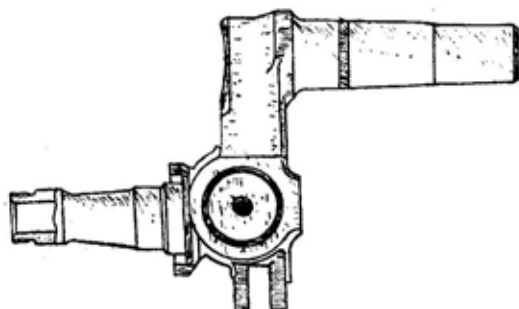
Najčešća oštećenja

KARTER MOTORA



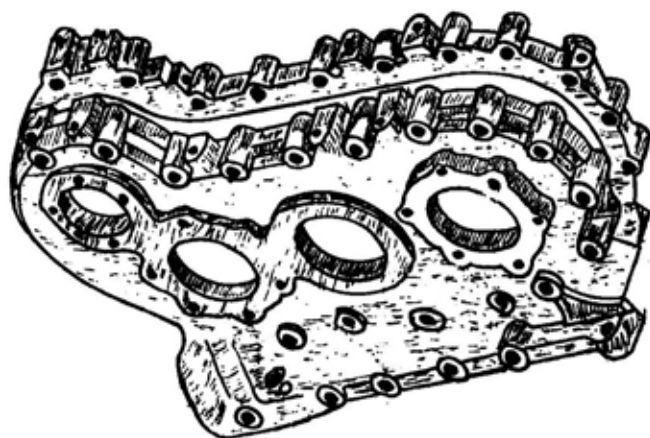
- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja radilice i bregaste osovine
- oštećenje navojnih otvora

LAKTASTE OSOVINE



- istrošenost rukavaca

KUČIŠTA (RAZNA)

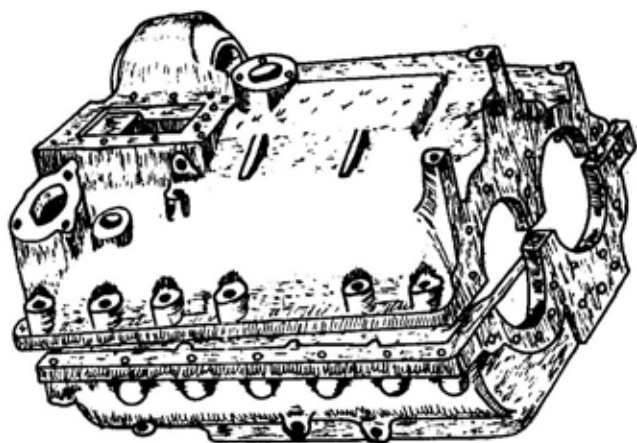


- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja
- oštećenja navojnih otvora

Naziv i skica dela

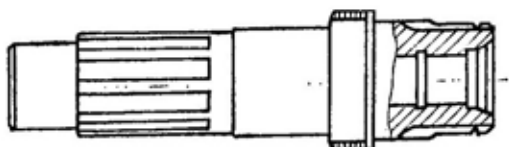
Najčešća oštećenja

KUČISTA (RAZNA)



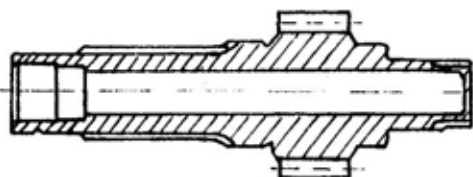
- pukotine, razne
- proširena gnezda ležaja
- oštećenja navojnih otvora

POGONSKA VRATILA



- iskrivljenost
- pohabanost rukavaca i žljebova

SPOJNIČKA VRATILA

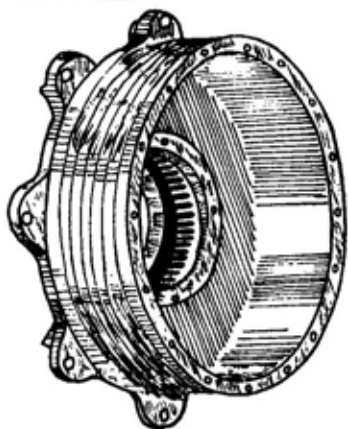


- pohabanost žljebova
- iskrivljenost

Naziv i skica dela

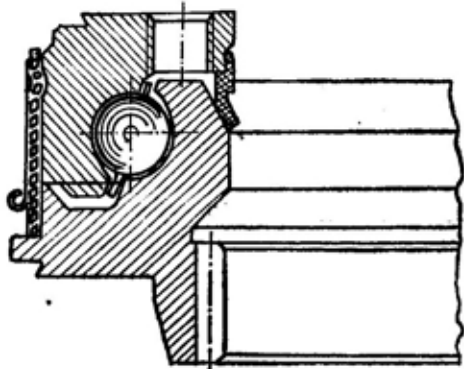
Najčešća oštećenja

KOČIONI DOBOŠI



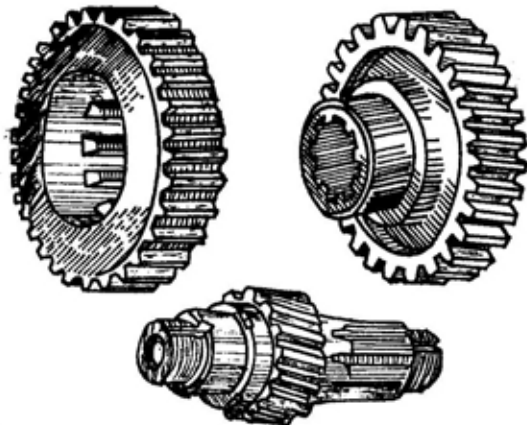
— istrošenost radne površine

OZUBLJENI VENCI

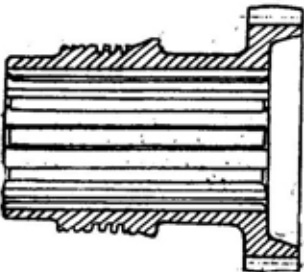
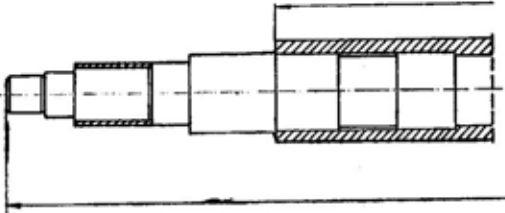
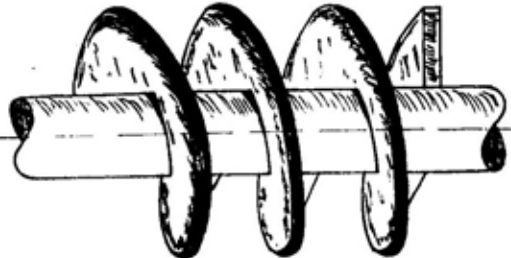


— oštećenje ozubljenja, mestimična pohabnost
— kotrljanja staze

ZUPČANICI



— oštećenja zubaca, mestimična
— pohabnost žljeba za klin

Naziv i skica dela	Najčešća oštećenja
<p data-bbox="158 221 284 244">SPOJNICE</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="808 249 1080 294">— oštećenja ozubljenja, mestimična <li data-bbox="808 307 1076 332">— pohabanost žljebova
<p data-bbox="158 667 601 690">VALJCI ZA PAPIRNU INDUSTRIJU</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="808 698 1095 743">— istrošenost rukavaca i radnih površina
<p data-bbox="158 1053 326 1077">EKSTRUDERI</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="808 1083 1076 1128">— istrošenost zavojne površine i rukavaca

Literatura:

- [1] M. A. Elizavetln, E. A. Satelj »Tehnologiĉeskie sposobi poviŝenja dolgoveĉnosti maŝin«, Maŝinostroenie, Moskva, 1969. god.;
- [2] G. L. Petrov »Teorija svoroĉnih procesov« Maŝinostroenie Moskva, 1977. god.;
- [3] Z. Avramović, D. Jovanović »Terotehnologija u industriji ĉelika«, Nauĉna knjiga Beograd 1968. god.;
- [4] V. A. Vinokurov »Svaroĉnie deforma il i neprjaŝenija«, Maŝinostroenie, Moskva, 1978. g.;
- [5] Standardi: JUS, DIN, GOST, ISO.
- [6] DVS — Merkblatt-1.
- [7] Prospektni i propagandni materijal firmi: CASTOLIN, METCO, WELDSTEEL, LOCTITE, LINCOLIN, UTP, BOHLER, BELZONA, METALOCK, OERLIKON, YUWELD, FEP.
- [8] Upustva, interni standardi i katalozi Tehniĉkog Remontnog Zavoda Caĉak.

Regeneracija metalizacijom plazma-postupkom

U članku se obrađuje jedan od najsavremenijih postupaka regeneracije rezervnih delova, koji se primenjuje na nivou generalnog remonta tehničkih sredstava. Članak sadrži osnovne informacije i predstavlja dobru osnovu za dublje i potpunije izučavanje regeneracije metalizacijom plazma postupkom.

Uvod

U savremenim uslovima održavanja mašinskih delova, sklopova i TMS sve više se javlja potreba da se oštećeni i pohabani mašinski delovi regenerišu, jer se time znatno smanjuje cena remonta i održavanja TMS.

Za uspešno i sveobuhvatno izvođenje reparaturnih operacija neophodni su savremeno opremljeni pogoni.

Naučna dostignuća iz oblasti metoda regeneracije dala su više tehnoloških rešenja, koja omogućuju postizanje takvih rezultata da osobine regenerisanih delova po svojim karakteristikama prevazilaze osobine novih delova, ili bar zadržavaju kvalitet novih.

U ovom radu biće govora o nekim od tih metoda, a posebno o procesu metalizacije.

Postupci regeneracije

Za izvođenje regenerativnih zahvata primenjuje se više metoda u zavisnosti od vrste materijala, oblika oštećenja, konstrukciono tehnoloških karakteristika oštećenog dela, uslova rada i mogućnosti primene pojedinih metoda u datim uslovima, i sl.

Najčešće se primenjuju sledeće metode regeneracije:

- zavarivanje i navarivanje;
- tvrdo hromiranje;
- metalizacija — hladna i topla;
- primena tehničkih metala;
- »Metalock« postupak;
- razni postupci lepljenja, itd.

Postupci metalizacije

Proces metalizacije je nanošenje prevlaka od metala, legura, intermetalnih karbida, keramike, kermeta i nekih vrsta organskih plastičnih masa na osnovni materijal.

Obično se može naneti bilo koji materijal na odabranu osnovu, zavisno od toga kakav sloj želimo da dobijemo.

Materijal za formiranje prevlaka najčešće se proizvodi u obliku žice i praha.

Topljenje se vrši u plamenu gorivih gasova. Istopljene čestice nošene kinetičkom energijom komprimiranog vazduha udaraju u radni deo i na taj način se formira metalizirani sloj, čija debljina zavisi od broja uzastopnih prolaza.

Danas je poznato više postupaka metalizacije, od kojih su u industrijskoj primeni najčešći:

- metalizacija žicom;
- elektrolučna metalizacija;
- metalizacija prahom;
- metalizacija Dimond Jet procesom;
- metalizacija plazma-postupkom.

Metalizacija žicom

Dodatni materijal u obliku žice uvodi se u plamen kiseonika i nekog gorivog gasa, topi se i vrši atomizacija, komprimiranim vazduhom vrši se usmeravanje na pripremljenu površinu radnog komada i tako formira potrebni sloj.

Elektrolučna metalizacija

Oko žica za metalizaciju koje se nalaze na određenom električnom potencijalu stvara se jonizujuće polje. Sučeljavanjem ovih žica uspostavlja se električni luk. Ispred sučeljenih žica nalazi se dizna, koja služi za dovod komprimiranog vazduha za atomizaciju istopljenih čestica. Tako se stvara fini mlaz istopljenog materijala, koji se usmerava prema radnom komadu i tako vrši formiranje prevlake.

Metalizacija prahom

Materijal u obliku praha određene granulacije uvodi se u plamen kiseonika i nekog gorivog gasa, topi se i biva nošen i projektovan strujom ovih gasova potpomognutom komprimiranim vazduhom na pripremljenu površinu, gde se formira metalizirani sloj odgo-varajuće debljine.

Metalizacija prahom može biti hladna ili topla, zavisno od postupka nanošenja sloja.

Metalizacija DIMOND JET procesom

Ovo je novi supersonični proces metalizacije sa uređajem visokog pritiska, efikasno se koristi veliki energijski potencijal uz tačnu kontrolu toplotne moći za dobijanje gustih i veoma kompaktnih prevlaka.

Sistem koristi za rad mešavinu kiseonika i gorivog gasa. Čestice praha se projektuju na radni komad supersoničnom brzinom od 1370 m/s.

Metalizacija plazma-postupkom

Jedan od najsavremenijih postupaka metalizacije je plazma-postupak, koji ima više prednosti i specifičnosti u odnosu na druge postupke metalizacije.

Razvojem tehnologije špricanja metala bilo je potrebno da se špricaju legure metala koje se tope na temperaturama preko 1500°C. Ovakav tehničko-tehnološki zahtev jedino se mogao ostvariti plazma-postupkom.

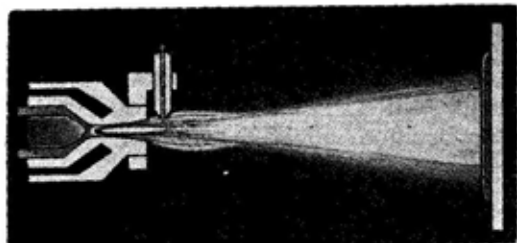
Plazma je dobila ime koje su naučnici upotreбили da opišu pare materijala koje se podižu na viši stepen energije nego obično gasovito stanje. Za plazmu se često kaže da je to četvrto agregatno stanje materije.

Plazma gas, (sl. 1) najčešće argon ili azot, koristi se kao izvor toplote i kao sredstvo za transport istopljenih čestica.

Pobuđivanje i prevođenje u stanje plazma-gasa vrši se jonizacijom uz pomoć visokonaponskog luka koji nastaje između anode i katode u pištolju. Ovako pobuđeni plazma-gas usmerava se kroz posebno konstruisanu diznu koja može biti konvergentnog ili divergentnog oblika, zavisno od vrste praha i namene sloja.

Prolaskom kroz diznu gas se vraća u normalno stanje, oslobađajući ogromnu količinu toplote.

Prah za metalizaciju uvodi se pod određenim pritiskom u plazma mlaz. Čestice praha se tope i vrši se njihova projekcija velikom brzinom na pripremljenu površinu. Kao rezultat ovog procesa dobijamo prevlake visokog kvaliteta i velike vezivne moći.



Sl. 1 — Sematski prikaz stvaranja plazma-gasa

Poznat je veliki broj raznih materijala za kreiranje plazma-prevlake određenih osobina. One, po svom sastavu, mogu biti:

— prevlake na bazi gvožđa, nikla i kobalta, nerđajući čelici i ugljenični čelici, egzoterni nikel-aluminijum, samovezujuće jednostepene prevlake;

— prevlake od samotečnih legura nikla hroma, prevlake na bazi volfram-karbida i kobalta;

— prevlake od obojenih metala: sve vrste bronzi, aluminijum, mesing, bakar, itd.;

— oksidokeramičke prevlake: aluminijum-oksidi, hrom-oksidi, kompozitni hrom-oxid silicijum, kompozitni materijali na bazi titan-dioksida, cirkonijum-oksida, magnezijum i kalcijum-cirkonati;

— volfram-karbidne prevlake, kompozitni materijali na bazi volfram-karbida, kobalta, mešavine karbida i kobalta;

— hrom-karbidne i ostale prevlake, mešavine hrom-karbida i nikel-aluminida, ostale karbidne prevlake;

— teško topivi metali: molibden, volfram, tantal, itd.;

— kermiti, bor-nitridi i aluminij-ske bronze, hrom-nikal ili aluminijum-grafit, oksidokeramičke mešavine;

— prahovi sa plastičnom osnovom, poliesteri i silicijum-aluminijum, mešavine aluminij-ske bronze sa poliesterom, specijalni vezujući materijali za ovu vrstu prevlaka.

Najčešći zahtevi koje prevlake treba da zadovolje su: otpornost na habanje u svim uslovima; otpornost na abraziju; otpornost na trenje i ciklična opterećenja; otpornost na kavitaciju, kao posledicu protoka tečnosti koje koje izazivaju mehanička oštećenja površina; otpornost na eroziju, koja nastaje kao posledica protoka gasova i tečnosti koje nose sa sobom čestice koje se kreću velikom brzinom; otpornost na oksidaciju i toplotnu koroziju; otpornost na atmosfersku koroziju i koroziju u uslovima kvašenja i potapanja.

Osobine metaliziranih slojeva

Metalurške osobine metaliziranih prevlaka razlikuju se od osobina osnovnog materijala od kojeg su žica ili prah napravljeni. Metalne prevlake teže da budu tvrde od osnovnog materijala od kojih su sačinjene, čineći ih otpornijim na habanje. Glavni razlog za stvaranje ovih metalurških razlika je u tome što se osnovni materijal u obliku žice ili praha topi i ove čestice udaraju i zavaruju se u osnovni materijal, čime se vrši njihova termička obrada. Ova osobina stavlja korisnicima na raspolaganje širok izbor materijala raznih osobina. Izborom i kombinacijom procesa i parametara metalizacije može se stvoriti prevlaka koja će zadovoljiti skoro svaki zahtev i primenu.

Slojevi prevlaka mogu biti, teoretski posmatrano, neograničeno debeli. Međutim, u praksi postoje ograniča-

vajući faktori, zavisno od aplikacije, izbora postupka i vrste materijala. Uopšte posmatrano moguće je naneti slojeve debljine max. 250 μm i min. 0,05 μm , što predstavlja granične vrednosti.

Način vezivanja prevlaka: mehanizam vezivanja prevlake za osnovu veoma je kompleksno pitanje.

Zavisno od izbora osnovnog materijala i procesa metalizacije, veza čestica sa osnovom može biti: mehanička, metalurška, hemijska i kombinacija svih njih.

Pravilna priprema površine spada u kritične faktore procesa metalizacije od kojeg zavisi snaga vezivanja cele prevlake. Pri pripremi površine, dva osnovna cilja su: čišćenje osnove radi boljeg vezivanja prevlake i stvaranje što grublje površine, čime se povećava snaga vezivanja prevlake.

Završna obrada metaliziranih slojeva: većina metaliziranih prevlaka zahteva tačno definisane uslove da bi se postigao željeni kvalitet obrade.

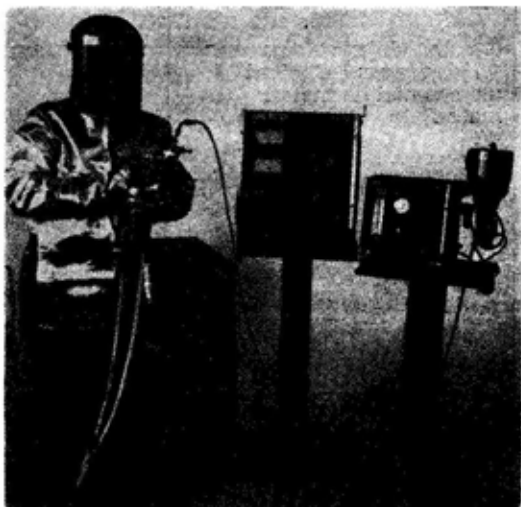
Posebno se mogu dobro obrađivati prevlake dobijene plazma-postupkom, tako da se mogu polirati do $Ra=0,025$ mikrona.

Prednosti metalizacije plazma-postupkom

Postoji više verzija plazma-uređaja u odnosu na snagu i to do 40 kW i od 40 do 80 kW.

Jedna plazma stanica (sl. 2) sastoji se od: plazma-pištolja, dvostrukog dovoda prašine, elektronskog uređaja za merenje i regulaciju protoka prašine, tiristorskog ispravljača velike snage, odnosno napojne jedinice za plazma-sistem, kontrolne jedinice kojom se pomoću računara upravlja sistemom i kabine za metalizaciju sa vodenom zavesom i akustičnom sobom.

Plazma-prevlake nanete ovim uređajima su u principu boljeg kvaliteta od prevlaka nanetih ostalim metodama metalizacije, posebno tvrdoća i gustina, učinak je veći, a troškovi radne snage mali. Zatim imaju veću otpornost na habanje i abraziju, a ono što ih posebno čini kvalitetnim to je veća gustina sloja između čestica što povećava otpornost na smicanje.



Sl. 2 — Stanica za plazma-metalizaciju

Pored ovih uređaja postoji najnovija tehnologija nanošenja prevlaka plazma uređajima u vakumu, što eliminiše okside i prevlake postaju još gušće i tvrdje, a zagrevanje radnog komada manje.

Stručna lica Tehničkog remontnog zavoda Čačak u zajednici sa najpoznatijim svetskim proizvođačima opreme i dodatnih materijala su vršili eksperimentalna i praktična ispitivanja metalizacije plazma postupkom.

U tabeli 1. dati su rezultati ispitivanja karakteristika prevlaka u zavisnosti od procesa metalizacije i vrste sloja koji su dobijeni prilikom ovih ispitivanja.

Fizičke osobine sloja	Vrsta sloja	Postupak metalizacije			
		Metalizacija žicom	Metalizacija prahom	Elektrolučna metalizacija	Metalizacija plazmom
Sila vezivanja [N/mm ²]	Metali	28	29	61	47
	Obojeni metali	20	20	40	38
	Keramika	—	36	—	57—76
Gustina sloja (% u odnosu na osnovni materijal)	Metali	85	85	85	91
	Obojeni metali	85	85	85	90
	Keramika	—	85	—	94
Makrotvrdoća u Rockwella	Metali	22—36 HRc	20—32 HRc	25—38 HRc	22—40 HRc
	Obojeni metali	35—84 HRb	30—80 HRb	40—60 HRb	38—75 HRb
	Keramika	—	50—65 HRC	—	55—66 HRC
Ograničena debljina sloja	Metali	postoji do 12 mm	postoji do 10 mm	postoji do 15 mm	optimalan 0,5 mm
	Obojeni metali	ne postoji	ne postoji	ne postoji	2 mm najbolji rezultati
	Keramika	—	postoji	—	oko 0,5 mm

Rezultati navedeni u tabeli 1 jasno govore o prednostima metalizacije plazma-postupkom u odnosu na druge postupke ovog procesa.

Ovaj postupak metalizacije ima široku i nezamenljivu primenu kod avionskih motora, gasnih turbina, kod održavanja dizel-motora. Zatim kod tekstilnih mašina, kod povećanja efikasnosti rada računara, u papirnoj industriji, formiranju termobarijera, vrlo efikasno se primenjuje za zaštitu plastičnih delova od toplote i abrazije, kao i kod ispravke grešaka nastalih u serijskoj proizvodnji.

Ovim postupkom mogu se regenerisati i najvitalniji mašinski delovi sa najstrožim režimom eksploatacije.

Kao primer u ovom članku će nešto detaljnije biti prikazani rezultati metalizacije plazma-postupkom radilice dizel-motora (sl. 3). Da bismo shvatili značaj uspešne regeneracije radilice, navodimo nekoliko njenih karakteristika.

Radilica je važan deo motora, koji ima zadatak da stvoreni mehanički rad na klipnu, a prenesen preko klipnjače na njegov rukavac pretvori u mehanički rad obrtanja, koji će preko spojnice koristiti van motora.

Radilica sa klipnjačom je najteže opterećeni deo motora izložen dejstvu vrlo promenljivih gasnih i inercijalnih sila koje izazivaju velika naprezanja u pojedinim delovima radilice.

Tokom eksploatacije motora na radilici nastaju različita oštećenja: Istrošenost površina, mehanička oštećenja, deformacije rukavaca, pukotine i td.



Sl. 3 — Metalizacija radilice dizel motora

Radilica koja je ovom prilikom bila predmet eksperimenta je od V-2 motora sa sledećim karakteristikama:

— izrađena kao otkivak od Č. 4734 (18 HNVA), u poboljšanom stanju (34 HRC);

— snaga motora je 430 kW.

— tri glavna rukavca i dva rukavca klipnjače bila su pohabana oko 1 mm.

Na osnovu karakteristika ove radilice je odgovarao prah sledećih svojstava:

— hemijski sastav:

%C=2—3;

%Mo=2—3;

%Al=2—3;

%B=0,1—0,3;

%Fe=ostalo;

— mikrotvrdoća sloja 40 HRC.

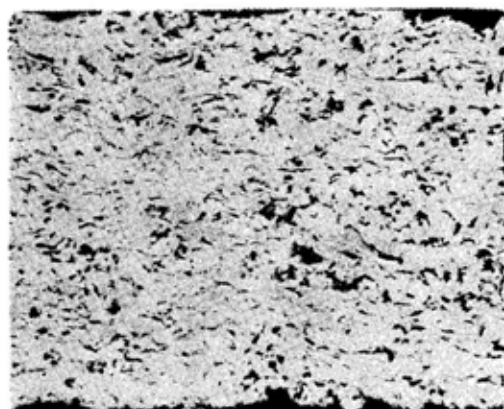
Metalizacija je vršena mašinom NBN sa gasovima N_2/H_2 .

Radna temperatura nije prelazila $150^\circ C$, što je posebno značajno zbog

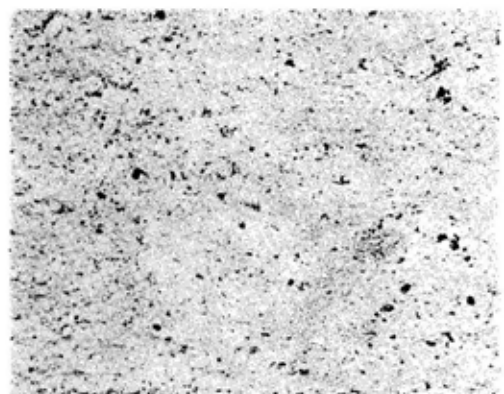
strukturnih preobražaja i toplotnih naprezanja radilice.

Uporedo sa radilicom rađeni su i test-uzorci kako bi se mogle kontrolisati neke karakteristike koje u ovom trenutku nije bilo moguće izvesti na samoj radilici, zbog njene dalje upotrebe i praktične provere u samom motoru.

Interesantno je uporediti mikrostrukturu na test-uzorcima koja je dobijena sa prahom navedenih svojstava koji je nanešen sa uređajem za metalizaciju prahom (sl. 4) i uređajem za metalizaciju plazmom (sl. 5).



Sl. 4 — Mikrostruktura sloja dobijenog pištoljem za prah (povećanje $\times 100$)



Sl. 5 — Mikrostruktura sloja dobijenog plazma-postupkom (povećanje $\times 100$)

Na sl. 5. jasno se vidi bolja gustina sloja, usitnjenost i kompaktnost mikrostrukture.

Mikrostruktura sloja nanetog uređajem za metalizaciju prahom je 32 HRC, a plazma-postupkom 41 HRC.

Posle metalizacije radilica je mašinski obrađena brušenjem brusom CI20 KGV i parametrima brušenja:

— uz hlađenje sredstvom za hlađenje BIOSINT-050, obimna brzina radnog komada 21—30 m/min;

— obimna brzina brusa $V_t=1700$ do 2000 m/min;

— broj obrtaja brusa $n=650$ do 800 o/min;

— brzina aksijalnog pomeranja brusa $S_a=0,3$ m/min. za prethodno brušenje;

— brzina aksijalnog pomeranja brusa $S_a=0,1$ m/min za završno brušenje;

— veličina dubine brušenja po jednom duplom hodu brusa $t=0,015 \div \div 0,030$ mm/dh.

Tabela 2

ISPITIVANJE IZVRSENO !!!

DOBIJENI REZULTATI ODGOVARAJU
PROPISANIM KARAKTERISTIČAMA MOTORA

ZEILE NR	LAUFZEIT ST:RI:SE	ZKENN TYP	N 1/RIN	ND x 10N	PE X 10KW	POZGASA Z	VREMPOT SEC	PULJAGN BAR	TULJAUJ CEL	TVODEUL CEL	PVAZTUR BAR
		PGASKAR RBAR	OBRTAJI 1/RIN	NDRED X 10N	PERED X 10KW	SPECPOT G/KWH	POTROS KG/H	PULJAZL BAR	TULJAIZ CEL	TVODIZD CEL	TVODIZL CEL
1	0: 0: 0	ND 1	2009 2010	254 264	50.9 53.1	99.9 0.0	0.0 0.00	0.7 0.0	41 85	74 83	0.00 0.84
TULVAZT CEL	PIZGASD BAR	PIZGASL BAR	TIZDG 3 CEL	TIZDG 4 CEL	TIZDG 5 CEL	TIZDG 6 CEL	PDIZELA BAR	PBENZIN BAR	PBAROM RBAR	VLAZDOS Z	TVAZDUH CEL
TVAZTUR CEL	TIZGASD CEL	TIZGASL CEL	TIZDG 7 CEL	TIZDG 8 CEL	TIZDG 9 CEL	TIZDG10 CEL	TGORIVA CEL	PCILIND BAR	KORAK NR	GRESKA KOD	GRPOLJE NR
21 0	0.00 733	0.00 728	0 0	0 0	0 0	0 30	0.0 20	0.0 2.6	984	60	25

Ovako obrađena radilica ugrađena je u motor i proverena u probnoj stanici čiji su završni rezultati ispitivanja prikazani u tabeli 2.

U tabeli su navedeni rezultati ispitivanja motora, koji je bio podvrgnut četiri puta dužem vremenu ispitivanja od propisanog, a snaga motora je povećana za 81 kW iznad gornje granice eksploatacije.

Rezultati ovog ispitivanja izuzetno su dobri, što je omogućilo da radilica bude ugrađena u motor-TMS koje se već više godina nalazi u eksploataciji.

Prilikom generalnog ponovnog remonta ovog motora radilica se podvrgava detaljnim laboratorijskim ispitivanjima radi dobijanja statističkih podataka o kvalitetu regeneracije radilica dizel motora PLAZMA-postupkom.

Zaključak

Teoretske postavke i rezultati praktičnih i laboratorijskih ispitivanja govore da metalizacija PLAZMA-POSTUPKOM može biti jedna od vodećih metoda regeneracije posebnih vitalnih delova i sklopova TMS-a.

Literatura:

[1] METCO — Technical Bulletin.

[2] N. Đurić i D. Mišović: Ispitivanje metaliziranih slojeva.

[3] METCO — Application Bulletin No 421 i No 422.

[4] D. Mišović: Metode regeneracije.

Neki aspekti predviđanja pogodnosti održavanja i popravljivosti sistema, sa osvrtom na način izračunavanja pouzdanosti u slučaju preventivne zamene

U radu se obrađuju faktori koji definišu proceduru predviđanja pogodnosti održavanja (ili popravljivosti) sistema. Date su neke terminološke napomene, navedeni elementi predviđanja i dat je kraći pregled najčešće korišćenih metoda predviđanja pogodnosti održavanja.

Zbog značaja razmatranja pouzdanosti u slučaju preventivne zamene, dat je osvrt na jedan mogući način izračunavanja pouzdanosti primenom koncepta tzv. stabilisanog intenziteta otkaza.

Uvod

Predviđanje pogodnosti održavanja odnosi se na kvantitativno određivanje parametara pogodnosti održavanja određene konstrukcije, radi utvrđivanja da li ta konstrukcija može da zadovolji specificirane zahteve za pogodnost održavanja, kao i da identifikuje probleme iz oblasti pogodnosti održavanja koji zahtevaju promene u konstrukciji.

Predviđanje pogodnosti održavanja procenjuje konstrukciju u pogledu njenog uticaja na održavanje i popravke sistema, vreme zastoja sistema, radove u vezi održavanja, rezervne delove i troškove u vezi održavanja. Osnovni cilj je, međutim, predviđanje vremenskih parametara održavanja na osnovu kvalitativnih karakteristika konstrukcije, razmatrajući sva vremena vezana za aktivnosti u toku održavanja: priprema, dijagnoza, zamena, podešavanje, servisiranje, provera i popravka dela koji je otkazao (ukoliko se taj deo ne baca). Isto tako, predviđanje se može vršiti i za razne nivo održavanja (I, II i III nivo), jer su za raspoloživost sistema, osim vremena zastoja sistema, značajni i časovi ljudskog rada na održavanju, kao i rezervni delovi potrošeni na nižim nivoima održavanja.

Predviđanja u toku korišćenja obično su najtačnija ako su podaci ko-

jima se raspolaze (obično iz tehničkih knjižica) statistički verodostojni. Korisnost predviđanja pogodnosti održavanja u fazi korišćenja je dvostruka: prvo, ovakvo predviđanje obezbeđuje procene za narednu godinu sa vrlo visokim nivoom poverenja, i drugo, poredi operativne rezultate sa predviđanjima iz ranijih faza, što doprinosi dobijanju potrebnih iskustava.

Korisnost predviđanja pogodnosti održavanja u fazi razvoja je očigledna, jer je tada najpogodniji trenutak za ugrađivanje osnovnih parametara pogodnosti održavanja u konstrukciju, kako bi se kasnije izbegle skupe rekonstrukcije, nepoštovanje rokova, pa čak i veliki promašaji. Zajedno sa pouzdanošću, pogodnost održavanja ima direktan uticaj na operativnu raspoloživost i sveukupne troškove kroz čitav vek trajanja sistema. Zbog toga, predviđanje pogodnosti održavanja mora se vršiti u svim fazama veka trajanja sistema, da bi se otkrili svi značajni nedostaci i u najkraćem mogućem vremenu započela korektivna akcija.

Što se tiče konstruktora, predviđanje pogodnosti održavanja ukazuje mu na one oblasti koje zahtevaju dalje poboljšanje, modifikacije, ili promene u konstrukciji. Predviđanje pogodnosti održavanja omogućuje korisniku da na vreme utvrdi da li su predviđeno vreme zastoja sistema, kvalitet i broj ljud-

stva za održavanje, alati i ispitna oprema, adekvatni i u saglasnosti sa potrebama operativnih zahteva sistema.

Terminološke napomene

Da bi se izbegle jezičke nedoumice, korisno je uvesti formalne definicije za termine ocena, procena i predviđanje.

Ocena pogodnosti održavanja predstavlja određivanje tekućeg stanja pogodnosti održavanja sistema, pri čemu su uslovi okoline poznati ili pretpostavljeni. Ocena se može izvršiti u toku faze razvoja na osnovu raspoloživih podataka, posle proizvodnje i u toku korišćenja, ali se u svim ovim slučajevima zasniva na tekućim uslovima i postojećim podacima.

Procena pogodnosti održavanja predstavlja jedno inženjersko rasuđivanje u vezi s pogodnošću održavanja sistema, obično u ranoj fazi razvoja, a zasniva se na iskustvu sa identičnim ili sličnim sistemima, u identičnim ili sličnim uslovima okoline. Nekada se procena vrši i za već konstruisan sistem, a opšta karakteristika procene je nužnost trenutnog rasuđivanja.

Predviđanje pogodnosti održavanja predstavlja procenu ili ocenu pogodnosti održavanja sistema u nekom budućem trenutku vremena. Važno je znati da li je predviđanje izvršeno na osnovu ocene ili na osnovu procene pogodnosti održavanja. Obično se procena vrši kada nema dovoljno sredstava ili vremena, dok se ocena vrši tamo gde ima dovoljno i sredstava i vremena.

Prema tome, kod procene mi kažemo da *mislimo* da je to vrednost pogodnosti održavanja, kod ocene kažemo da je to vrednost pogodnosti održavanja, i kod predviđanja kažemo da će to biti vrednost pogodnosti održavanja. Ovo razmatranje koje se odnosi na ocenu, procenu i predviđanje pogodnosti održavanja, može se, isto tako, proširiti i na pouzdanost sistema.

Elementi predviđanja

Mada se razne metode predviđanja pogodnosti održavanja zasnivaju na elementima predviđanja koji se donekle razlikuju, može se reći da su dva osnovna elementa predviđanja:

1) Kombinacija intenziteta otkaza (funkcija korektivnog održavanja) i planiranog održavanja funkcija preventivnog održavanja).

2) Aktivno vreme popravke (funkcija korektivnog i preventivnog održavanja).

Frekvencija korektivnog održavanja meri se preko srednjeg vremena između otkaza, dok se frekvencija preventivnog održavanja meri preko srednjeg vremena između planiranog održavanja. Obe ove mere mogu se izražavati u časovima, broju metaka, kilometrima, itd. Analitičar treba uvek da ima na umu da potreba za preventivnim održavanjem mora da se zasniva na sprečavanju pojave otkaza usled istrošenja. Frekvencija korektivnog i preventivnog održavanja treba da bude izražena u istim jedinicama, jer se na taj način omogućuje jednostavna korelacija pri matematičkim izračunavanjima.

Aktivno vreme popravke, kao funkcija korektivnog i preventivnog održavanja, dobija se iz obrasca:

$$\bar{M} = \frac{\bar{M}_c f_c + \bar{M}_p f_p}{f_c + f_p}$$

gde su:

\bar{M} — srednje aktivno vreme korektivnog i preventivnog održavanja sistema,

f_c — frekvencija korektivnog održavanja sistema,

f_p — frekvencija preventivnog održavanja sistema,

\bar{M}_c — srednje aktivno vreme korektivnog održavanja sistema,

\bar{M}_p — srednje aktivno vreme preventivnog održavanja sistema.

Metode predviđanja pogodnosti održavanja

Postoji više metoda koje se koriste za predviđanje pogodnosti održavanja. One se razlikuju u zavisnosti od postavljenih zahteva za sistem, kao i specifičnih svojstava i sličnosti razmatranog sistema.

Utvrđivanje srednjeg aktivnog vremena popravke zasniva se na kvalitativnim karakteristikama konstrukcije sistema. Vremena održavanja dobijaju se iz raspoloživih podataka za slične sisteme, podataka dobijenih u raznim fazama razvoja, stručnim rasuđivanjima, simulacijom i sintezom, proverom konstrukcije, ekstrapolacijom i metodom tabelarnih matrica.

Prilikom izbora određene metode predviđanja pogodnosti održavanja ne moramo se ograničiti na korišćenje samo jedne metode. Može se koristiti više metoda predviđanja u jednom projektu, s tim što će biti jedna osnovna metoda na kojoj će biti glavni oslonac. Izbor metode imaće uticaj samo na planove za prikupljanje podataka i kontrolu programa.

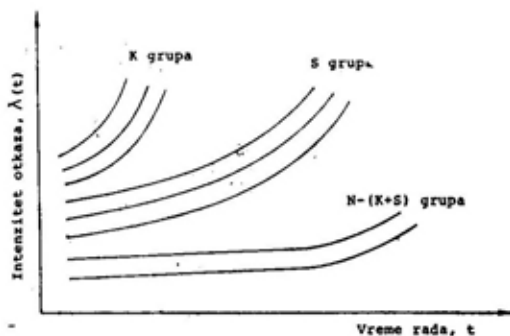
Postoje sledeće metode predviđanja pogodnosti održavanja:

- metode ekstrapolacije;
- metode sabiranja vremena;
- metode simulacije;
- metode tabelarnih matrica.

Jedno od prvih razmatranja pri izboru metode predviđanja je proučavanje mogućnosti raznih metoda u odnosu na ograničenja koja se postavljaju zbog prirode samog sistema. Na osnovu raspoloživih podataka za dati sistem bira se metoda koja najviše odgovara, pri čemu se uzimaju u obzir uslovi korišćenja, priroda sistema i planirani koncept održavanja.

Osvrti na izračunavanje pouzdanosti u slučaju preventivne zamene

Kod složenih sistema uvek postoji jedan ili više podsistema kod kojih je opravdano vršiti preventivnu zamenu delova koji imaju rastući intenzitet otkaza. Neka se u okviru jednog takvog podsistema nalazi N delova, pri čemu se K delova preventivno zamenjuje svakih T_{p1} časova, a S delova se preventivno zamenjuje svakih T_{p2} časova. Znači, ukupno $N-(K+S)$ delova se ne zamenjuje preventivno, već samo u slučaju otkaza. U toj kategoriji su delovi sa velikom vrednošću srednjeg vremena između otkaza i dugačkim periodom konstantnog intenziteta otkaza sa veoma malo izraženim periodom rastućeg intenziteta otkaza (vidi sl. 1).



Sl. 1 — Grupe delova bez preventivne zamene i sa različitim intervalom preventivne zamene

U takvom slučaju, tzv. stabilisani intenzitet otkaza datog podsistema λ_{stab} dobija se iz izraza:

$$\lambda_{stab} = \sum_{h=1}^{N-(K+S)} \frac{1}{M_h} + \sum_{i=1}^K \frac{1}{M_i (T_{pi})} + \sum_{j=1}^S \frac{1}{M_j (T_{pj})}$$

gde su:

M_h — srednje vreme između otkaza delova koji se zamenjuju samo u slučaju otkaza;

Aktivno vreme korektivnog održavanja sistema za I nivo održavanja

t_i (časovi)	n_i	$\hat{M}_R(t)$
0,3	1	0,0294
0,4	1	0,0588
0,5	1	0,0882
0,8	4	0,2059
1,0	2	0,2647
1,2	5	0,4118
1,4	3	0,5000
1,5	1	0,5294
2,0	1	0,5588
2,2	1	0,5882
2,7	2	0,6471
3,0	2	0,7059
3,4	1	0,7353
3,5	1	0,7647
4,0	1	0,7941
4,3	1	0,8235
5,5	2	0,8824
7,8	2	0,9412
11,1	1	0,9706

$M_i(T_{p1})$ — srednje vreme između otkaza delova koji se preventivno zamenjuju svakih T_{p1} časova;

$M_j(T_{p2})$ — srednje vreme između otkaza delova koji se preventivno zamenjuju svakih T_{p2} časova.

Veoma dobra procena pouzdanosti takvog podsistema dobija se iz jednačine:

$$R(t) = e^{-\lambda_{stab} t}$$

Primer predviđanja popravljivosti sistema u slučaju korektivnog održavanja

U tabeli data su aktivna vremena korektivnog održavanja za neki sistem. Podaci se odnose na I nivo održavanja, a poređani su u rastućem nizu, zajedno sa frekvencijama njihovog javljanja n_i i vrednostima popravljivosti $M_R(t)$, koja se dobija iz obrasca:

$$\hat{M}_R(t_i) = \frac{\sum_{j=1}^i n_j}{N+1}$$

gde je:

n_j — broj slučajeva kada je vreme završetka aktivnosti održavanja t_j ,
 N — ukupan broj aktivnosti održavanja, tj. zbir svih n_j .

Korišćenjem Kolmogorov-Smirnove metode utvrđeno je da vremena popravke iz tabele pripadaju lognormalnoj raspodeli. Izračunati su parametri lognormalne raspodele \hat{m} i \hat{s} i iznose $\hat{m} = 0,59$ i $\hat{s} = 0,88$.

Funkcija popravljivosti sistema u slučaju korektivnog održavanja sistema na I nivou održavanja biće:

$$M_R(t) = \int_0^t \frac{1}{0,88 t \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t - 0,59}{0,88} \right)^2 \right] dt$$

Pošto je poznata raspodela kojoj pripadaju aktivna vremena korektivnog održavanja, određivanjem srednje vrednosti te raspodele istovremeno se dobija srednje aktivno vreme korektivnog održavanja. Srednja vrednost lognormalne raspodele dobija se iz izraza:

$$\mu = e^{m + 0,5 s^2}$$

Prema tome, srednje aktivno vreme korektivnog održavanja za I nivo održavanja biće:

$$\mu_{cl} = e^{0,59 + 0,5(0,88)^2} = 2,66 \text{ čas.}$$

Zaključak

Za razliku od predviđanja pouzdanosti koje se u jednom dobro organizovanom i vođenom programu razvoja

neko sistema obavezno vrši, predviđanje pogodnosti održavanja u fazi razvoja je pre izuzetak nego pravilo. U radu je učinjen jedan pokušaj da se ukaže na korisnost predviđanja pogodnosti održavanja u fazi razvoja, sa osnovnim ciljem da se predvide pojedina vremena održavanja — sve to vezano za vrste i nivoe održavanja.

Posle uvodnih napomena data su određena terminološka razjašnjenja koja pomažu da se otklone nedoumice u pogledu korišćenja termina ocena, procena i predviđanje. Zatim su navedeni elementi predviđanja i dat kraći preg-

led najčešće korišćenih metoda predviđanja pogodnosti održavanja.

Dat je jedan osvrt na način izračunavanja pouzdanosti kod složenih sistema, kod kojih se pojedini delovi preventivno zamenjuju u različitim vremenskim periodima. Ovaj pristup se zasniva na uvođenju koncepta tzv. stabilisanog intenziteta otkaza, koji omogućuje izračunavanje pouzdanosti primenom standardnog obrasca.

Na kraju je urađen jedan praktičan primer radi ilustracije prethodno izloženih postavki.

Literatura:

- [1] Omdahl, T. P.: Reliability, Availability, and Maintainability (RAM) Dictionary, QUALITY PRESS, Milwaukee, WI 53203, 1990.
- [2] Vujanović, N.: Teorija pouzdanosti tehničkih sistema (drugo dopunjeno izdanje), Vojnotzdatički i novinski centar, Beograd, 1990.
- [3] : Maintainability Engineering Theory and Practice, AMCS 706-133, Headquarters, US Army Materiel Command, 1976.

Mr Slavko Pokorni,
potpukovnik, dipl. inž.

Provjera ispunjenja zahtjeva za pouzdanost elektronskih uređaja savremenih aviona

Članak obrađuje problematiku ispitivanja pouzdanosti proizvoda, primenjenu na jedan elektronski uređaj. Prezentiran je sadržaj programa ispitivanja pouzdanosti, a posebno se obrađuje provjera pouzdanosti konkretnog elektronskog uređaja i daju rezultati ispitivanja pouzdanosti.

Uvod

Pouzdanost uređaja i sistema ili prosto proizvoda jedan je od veoma značajnih pokazatelja njihovog kvaliteta, koji je postao sastavni dio tehničkih podataka ne samo profesionalnih uređaja, a kome se i kod nas sve više poklanja pažnja.

Standardom narodne odbrane SNO 4264/84 propisana je provjera zahtjeva za pouzdanost elektronskih uređaja za vojnu upotrebu.

Za realizaciju takvih ispitivanja potrebni su osposobljeni kadrovi, značajna materijalna sredstva, odgovarajuća oprema i vrijeme. U opitnim centrima (tehnički opitni centar, vazduhoplovni opitni centar) ova ispitivanja treba da se redovno vrše i obavezni su dio programa ispitivanja.

Nužnost i opravdanost provjere postavljenog zahtjeva za pouzdanost posebno dolazi do izražaja kod uređaja od čijeg pouzdanog rada zavisi bezbjednost ljudskih života ili čiji otkaz može izazvati velike materijalne štete, a takav je upravo slučaj kod uređaja za avione.

Zahtjevani nivo pouzdanosti koji se obično izražava numeričkom vrijednošću minimalno prihvatljivog srednjeg vremena do, odnosno između otkaza

za ili zahtjevanim srednjim vremenom do, odnosno između otkaza, mora se ugraditi još u toku projektovanja, a ispunjenje tog zahtjeva neophodno je provjeravati kako u fazi prototipa ili prototipske partije (demonstraciono ili kvalifikaciono ispitivanje pouzdanosti), tako i u fazi serijske proizvodnje (verifikaciona ili prijemna ispitivanja pouzdanosti), što je i propisano ranije pomenutim standardom.

U ovom radu se izlažu osnovne informacije o sadržaju i bitnim koracima u izradi programa provjere zahtjeva za ispunjenje karakteristika pouzdanosti i daje primjer jednog realizovanog programa sa rezultatima ispitivanja za uređaj koji je namenjen za teške i složene uslove eksploatacije borbenih aviona. Uređaj je projektovala i proizvela IRCA Energoinvest Sarajevo, a provjeru ispunjenja zahtjeva za pouzdanost je sproveo Vazduhoplovni zavod »Orao« Rajlovac.

Definisanje programa ispitivanja pouzdanosti

Elaborat ispitivanja pouzdanosti, odnosno provjere zahtjeva za pouzdanost nekog uređaja ili sistema sastoji se u suštini iz dva dijela: programa ispitivanja pouzdanosti, i rezultata ispitivanja.

Izrađuje ga izvršilac ispitivanja, a verifikuje nadležni organ tj. opitni centar ili druga institucija.

Prvi dio, odnosno program ispitivanja obuhvata:

1. — *Cilj ispitivanja.* Obično se definiše kao: provjera da li je zadovoljen zahtjev za srednje vreme između otkaza prema zahtjevima propisa o kvalitetu proizvoda — PKP-a.

2. — *Podatke neophodne za ispitivanje,* kao što su:

a — *podaci o ispitivanom uređaju ili sistemu:* naziv, proizvođač, faza proizvodnje, ispitni uzrok, veličina ispitnog uzorka, način izdvajanja ispitnog uzorka, minimalno prihvatljivo (ili zahtjevano) srednje vrijeme do/između otkaza, rizik proizvođača i korisnika (naručioca), faktor diskriminacije.

Ispitni uzorak se načelno izdvaja metodom slučajnog izbora između uređaja koji su zadovoljili sva ispitivanja propisana PKP-om i prošli proces uhodavanja, a sastoji se načelno od najmanje 3 uređaja (sistema), a ako je serija manja od 3 komada, onda se ispitivanje vrši na svim uređajima.

b — *podaci o statističkom planu ispitivanja:* broj i karakter plana, i na osnovu izabranog plana razrađeni kriteriji i vrijeme trajanja ispitivanja.

Za izbor statističkog plana redosljednih (sekvencijalnih) ispitivanja mogu se koristiti američki vojni standard MIL—STD—781C, odgovarajuće preporuke IEC, sovjetski GOST, ili drugi odgovarajući standardi.

c — *podaci o uslovima ispitivanja:* razrada odnosno uhodavanje ili starenje uređaja, podešavanje i kalibracija u skladu sa PKP-om, uslovi napajanja, uslovi rada i okoline uključujući termička, električna, mehanička i druga opterećenja, vremenski program — ciklusi ispitivanja, parametri koji se provjeravaju sa dozvoljenim odstupanjima, vremenski program i način mjerenja (kontrole) parametara koji se provje-

ravaju i uslovi rada i okoline pri ispitivanju, preventivno i korektivno održavanje u toku ispitivanja, trajanje ispitivanja po uređaju i ukupno.

Razrada uređaja se vrši radi prolaska kroz period takozvanih ranih otkaza (period »dječjih bolesti«) koji se javljaju usljed grešaka u proizvodnji komponenti i montaži uređaja, jer navedeni standardi podrazumevaju eksponencijalnu raspodjelu vremena do otkaza. Ukoliko u procesu uhodavanja dođe do otkaza, uređaj treba nakon poslednje opravke da izdrži najmanje dva ciklusa ispitivanja bez otkaza.

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

Ciklusi i uslovi ispitivanja pri proveri pouzdanosti treba da su takvi da precizno simuliraju uslove u kojima će se uređaj koristiti, odnosno da budu što vjerniji stvarnim uslovima u eksploataciji.

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

d — *definisane otkaze:* način evidentiranja otkaza, što se smatra relevantnim a šta nerelevantnim otkazima, koji se otkazi računaju a koji ne, vrijeme koje se uzima u proračun, način odlučivanja o klasifikaciji otkaza. Ovo je takođe jedan od važnih koraka u izradi programa, koji zahtjeva poznavanje principa rada i funkcije uređaja i saradnju nosioca izrade programa i projektovanja uređaja.

e — *ostali zahtjevi i upute:* postupak izveštavanja o otkazima i postupak

sa uređajima po nastanku otkaza te koje se akcije preduzimaju, postupak nakon donošenja odluke, itd.

f — spisak mjernih instrumenata i opreme.

g — razni obrasci: za evidentiranje i klasifikaciju otkaza, i tome slično.

Drugi dio programa obuhvata rezultate i analizu rezultata ispitivanja sa zaključkom i predlozima, dokumentaciju o ispitivanju (dnevnik ispitivanja, izvještaje o otkazima, etikete o otkazima), klasifikaciju svih registrovanih otkaza, preduzete akcije po nastanku otkaza, rezultate ispitivanja sa proračunom srednjeg vremena do/između otkaza za uređaje i ukupno, pregled otkaza zavisno od serijskog broja uređaja i vremena ispitivanja, grafik prihvatiti/odbaciti sa ucrtanim podacima iz ispitivanja.

Otkazi iz perioda uhodavanja se ne računaju u rezultate prihvatiti/odbaciti, ali se analiziraju i uzimaju u obzir pri donošenju konačnog zaključka i predloga.

Provjera pouzdanosti uređaja UPSU

Osnovni zahtjevi za pouzdanost i program ispitivanja

Uređaj UPSU je namenjen za ugradnju na borbene supersonične avione superiornih letnih karakteristika.

Uređaj treba da ima pouzdanost izraženu minimalno prihvatljivim srednjim vremenom između otkaza od 1000 sati. Proizvođač i naručilac su prihvatili rizik od 20%, i faktor diskriminacije 1,5. Iz prednjih zahtjeva proizilazi da je zahtjevano srednje vrijeme između otkaza $1000 \times 1,5 = 1500$ sati.

Na osnovu gornjih zahtjeva je, prema MIL—STD—781C, usvojen za ispitivanje statistički test plan PC redosljednog (sekvencijalnog) ispitivanja.

Osnovni razlozi za usvajanje test plana PC sekvencijalnog ispitivanja su

uglavnom sljedeći. Zahtjev za srednje vrijeme između otkaza je unapred postavljen i izražen kroz minimalno prihvatljivo srednje vrijeme između otkaza. S obzirom da se radi o elektronskom uređaju, pretpostavlja se da će distribucija otkaza u toku perioda normalne eksploatacije odgovarati eksponencijalnoj raspodjeli. Takođe se pretpostavljalo da će stvarno vrijeme između otkaza uređaja biti blisko zahtjevanom u PKP-u.

Za ispitivanje, iz nulte serije, od 9 uređaja koji su prošli proces uhodavanja, metodom slučajnog izbora odabrana su za ispitni uzorak 3 uređaja.

Na osnovu izabranog test plana PC i uzorka od 3 uređaja, došlo se do sljedećih kriterija za vrijeme ispitivanja u pogledu prihvatanja postavljene hipoteze o minimalno prihvatljivom srednjem vremenu između otkaza od 1000 sati:

— minimalno ukupno vrijeme ispitivanja od 4190 sati ili 1397 sati po uređaju, pod uslovom da se ne desi ni jedan otkaz,

— u slučaju nastanka jednog otkaza vrijeme ispitivanja bi se nastavilo do ukupno 5000 sati ili 1800 sati po uređaju, pod uslovom da se više ne desi ni jedan otkaz.

Uslovi razrade uređaja UPSU

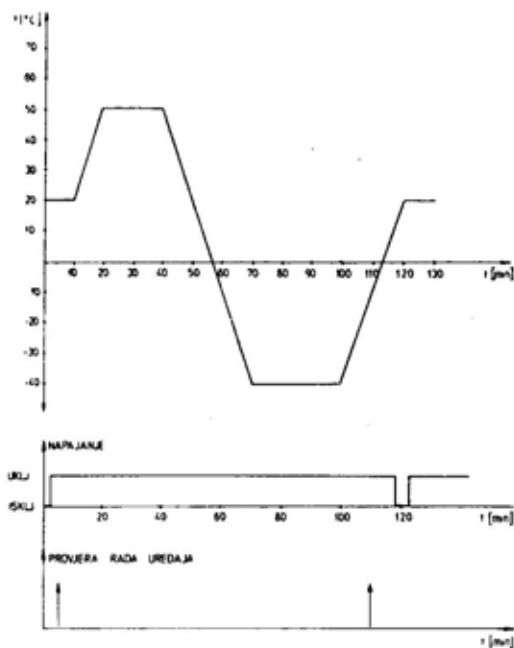
Razrada uređaja se vrši u cilju prolaska kroz period ranih otkaza da bi uređaj ušao u fazu ispitivanja bez ranih otkaza koji nastaju zbog grešaka u materijalu, proizvodnji i montaži i slično.

Uslovi opterećenja u toku razrade uređaja treba da su takvi da se za minimalno vrijeme pojavi maksimalni broj otkaza, ali bez uzrokovanja otkaza koji se ne mogu javiti u normalnoj eksploataciji, već uz preciznu simulaciju uticaja radne sredine.

Vrijeme razrade se ne računa u ukupno vrijeme ispitivanja, jer pri-

mjenjeni test plan (eksponencijalna raspodjela vremena do otkaza) važi za takozvani period normalne eksploatacije, koji podrazumjeva da je uređaj izašao iz perioda ranih otkaza.

Razrada uređaja izvršena je sa 80x po uređaju, kombinovanim podvrgavanjem uređaja vibracijama pri uključivanom napajanju (ciklus »A«) i temperaturnom cikliranju sa uključivanjem i isključivanjem napajanja (ciklus »B« je prikazan na slici 1.



Sl. 1 — Ciklus opterećenja kojima se izlažu uređaji u toku razrade

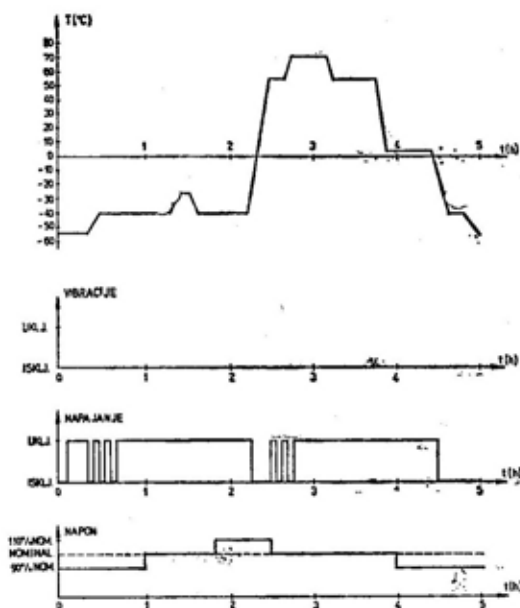
Temperaturni ciklusi, u pogledu gradijenata i nivoa bili su nešto blaži nego što se predviđa u eksploataciji. Ova konstatacija se odnosi i na vibracije.

Postupak razrade uređaja sastojao se od ciklusa vibracija od dva sata na početku i na kraju i 38 temperaturnih ciklusa između, što je ukupno 80 sati. Postavljen je uslov da se u posljednjih

10 ne javi kvar, inače se vrijeme uhođavanja produžava za još 10 ciklusa (20 sati).

Uslovi ispitivanja pouzdanosti uređaja UPSU

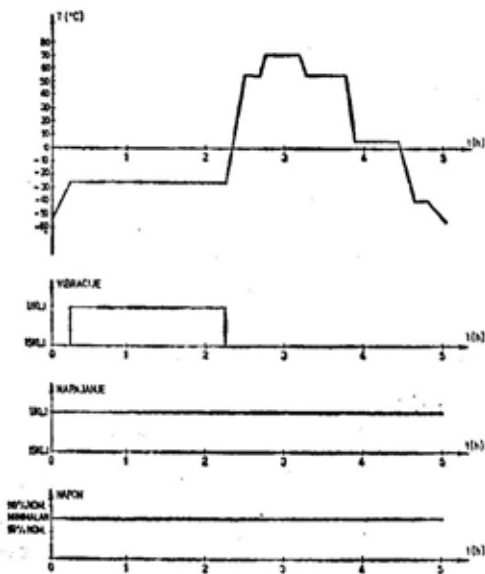
Uslovi ispitivanja pouzdanosti određeni su tako da korektno simuliraju uslove prema profilu zadatka aviona na kojima će se uređaj koristiti, pri čemu svaki ciklus reprezentuje dva karakteristična profila leta; letnji i zimski. Ispitivanje je predstavljalo kombinaciju dva osnovna ciklusa, od kojih jedan (ciklus »A«) slika 2, predstavlja kombino-



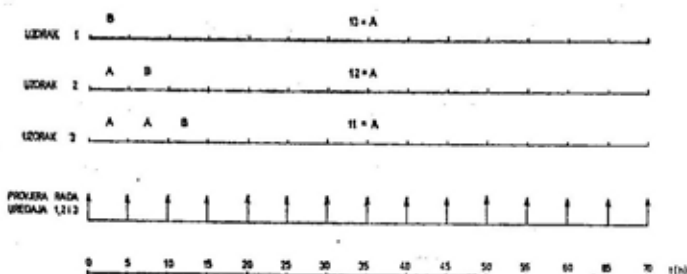
Sl. 2 — Ciklus kombinovanih termičkih i električnih opterećenja kojima se izlažu uređaji u toku ispitivanja pouzdanosti (ciklus A na ilustraciji 4)

van uticaj termičkih i električnih opterećenja, a drugi (ciklus »B«), slika 3, kombinovan uticaj termičkih opterećenja, električnih opterećenja i vibracija. Ciklus »B« se razlikuje, u suštini, od ciklusa »A« po primjeni slučajnih vibracija u trajanju od dva sata, pri snažnim temperaturama. Vodilo se računa

da nivo i distribucija opterećenja budu ravnomjerni u jednom ispitnom ciklusu, slika 4. Spektralna gustina snage slučajnih vibracija zadovoljava zahtjeve MIL—STD—781C.



Sl. 3 — Ciklus kombinovanih termičkih i električnih opterećenja i vibracija kojima se izlažu uređaji u toku ispitivanja pouzdanosti (ciklus B na ilustraciji 4)



Sl. 4 — Program opterećenja i provjere rada u toku ispitivanja (ponavlja se u toku ispitivanja potreban broj puta)

Oprema za ispitivanje

Nepostojanje odgovarajućih termokomora sa temperaturnim gradijentom od najmanje 7,5°C/min, koliko su zahtjevali uslovi ispitivanja, nametnulo je potrebu dogradnje i proširenja mo-

gućnosti postojeće klima komore. Ovo je predstavljalo originalno tehničko rešenje stručnjaka VZ »ORAO« kojim su postignuti gradijenti do 15°C/min u fazi hlađenja i 5°C/min u fazi grejanja. Rashladni sistem je realizovan sa tečnim azotom uz korištenje procesorskog upravljanja.

Rezultati ispitivanja pouzdanosti uređaja UPSU

a — u toku razrade uređaja

U toku razrade devet uređaja, sedam je prošlo proceduru bez otkaza, a na 2 su se desili otkazi nakon 20 ciklusa. Nakon otklanjanja kvarova nastavljeno je ispitivanje uz ponavljanje postupka, prema zahtjevima programa ispitivanja u toku razrade, i uređaji su uspješno prošli ponovljenu proceduru.

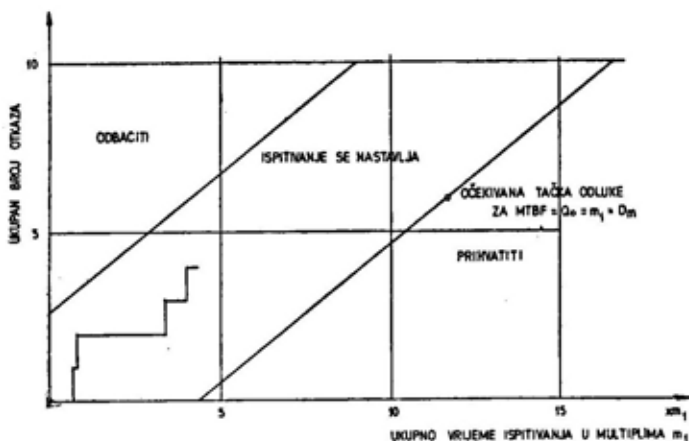
b — u toku ispitivanja pouzdanosti

Ispitivanju su podvrgnuta tri uređaja od kojih je jedan namjerno odabran od onih na kojima su se desili otkazi u toku razrade. Dobijeni su sljedeći rezultati:

— jedan uređaj je odradio 1475 sati bez ijednog otkaza,

— drugi ukupno 1305 sati sa 2 otkaza (poslije 210 i 1305 sati), a

— treći 1445 sati takođe sa dva otkaza (poslije 180 i 1080 sati).



Sl. 5 — Grafik — prihvatiti/odbaciti statističkog test plana IIC sa ucrtanim podacima dobijenim na osnovu ispitivanja

Dakle uređaji su odradili ukupno 4225 sati (bez vremena razrade), kada je ispitivanje prekinuto, po dogovoru, zbog velikih troškova. Na osnovu rezultata dobijenih ispitivanjem, ustanovljeno srednje vrijeme između otkaza uređaja UPSU, u specificiranim uslovima eksploatacije, iznosi 1056 sati.

Rezultati ispitivanja su ucrtani u grafik prihvatiti/odbaciti test plana IIC, na slici 5, u skladu sa zahtjevima vojnog standarda MIL—STD—781C.

Rezultati pokazuju da je tok ispitivanja tekao tako da nije mogla biti donesena odluka o prihvatanju ili odbacivanju hipoteze, nego da bi ispitivanje trebalo i dalje nastaviti.

Iako se ovdje ne radi o ispitivanju na osnovu test plana određene dužine, a ispitivanje je prekinuto bez odluke, ipak je da bi se dobili podaci o granicama ocenjenog srednjeg vremena između otkaza, uz određeni rizik naručioca, upotrebljen kriterij za takvu ocenu srednjeg vremena između otkaza prema MIL—STD—781C. Na osnovu toga je za usvojen rizik naručioca od 20%, odnosno interval poverenja od 80%, dobijeno: donja granica srednjeg vremena između otkaza iznosi 766 sati, a gornja granica 1840 sati.

S obzirom na trenutak u kome je prekinuto ispitivanje, nije se mogla donijeti odluka ni da je hipoteza potvrđena ni opovrgnuta, tj. ni odluka prihvatiti, ni odbaciti, već je ispitivanje trebalo nastaviti. Međutim to bi iskazivalo troškove. Zbog toga je ovdje potrebno detaljnije komentarisati rezultate, program ispitivanja i sam pristup odabiranju test plana ispitivanja.

Da bi došlo do odluke o prihvatanju, uređaji bi trebalo da izdrže bez otkaza bar još ukupno 5000 sati, a da bi brzo došlo do odluke o odbacivanju trebalo bi da se za stotinjak sati desi bar još četiri otkaza, što je na osnovu dosadašnjih rezultata malo vjerovatno.

Analizirajući rezultate, može se uočiti da su prva dva otkaza nastala relativno rano (poslije 180 na jednom i 210 sati na drugom uređaju). Obzirom da su uslovi pri razradi bili blaži od uslova koji se očekuju u eksploataciji, odnosno pri ispitivanju, vjerovatno nisu bili takvi da se eliminišu otkazi iz perioda ranih otkaza, već su se pojavili u toku ispitivanja, i time nepovoljno uticali na rezultate ispitivanja. S obzirom da primjenjen plan ispitivanja, kako je to već rečeno, važi za period normalne eksploatacije, odnosno eksponencijalnu

raspodjelu vremena do otkaza, to ukazuje na potrebu pažljivog razmatranja uslova pri razradi uređaja, kako sa stanovišta nivoa opterećenja tako i u pogledu trajanja ispitivanja. Ovdje bi period razrade trebalo da traje bar 200 sati, što je prvobitno i predlagano. Međutim to podrazumjeva da takvu razradu prođu uređaji prije nego krenu u eksploataciju.

Ovdje treba imati u vidu još jednu činjenicu koja se pokazala veoma značajnom. Naime, u toku projektovanja uređaja nije izvršena računaska provjera zahtjeva za pouzdanost. Autor ovog članka je izvršio proračun srednjeg vremena između otkaza na osnovu orijentacionog proračuna pouzdanosti prema metodologiji izloženoj u [6]. Primjenjen je orijentacioni proračun jer je jednostavan i brz za razliku od detaljnog. U postupku orijentacionog proračuna dobijeno je srednje vrijeme između otkaza od 1490 sati, naravno za komponente koje su ugrađene u uređaj, vrstu aviona i mesto ugradnje uređaja na avion.

Dobijeno srednje vrijeme između otkaza je blisko zahtjevanom (1500 sati), međutim treba imati u vidu da iskustvo pokazuje (uključujući i dosadašnje autorovo) da se u postupku detaljnog proračuna, koji je mjerodavniji, dobijaju manje vrijednosti srednjeg vremena između otkaza, te da bi u postupku orijentacionog proračuna trebalo postići bar dva puta veće srednje vrijeme između otkaza od zahtjevanog, kako bi postojala garancija da će uređaj stvarno imati srednje vrijeme između otkaza blisko zahtjevanom. Tada je mnogo vjerovatnije da će relativno brzo doći do završetka ispitivanja sa odlukom o prihvatanju, čime se štedi vrijeme i novac.

Ovo ukazuje i na problem pažljivog odabiranja test plana. Da je naprimjer, za ovo ispitivanje odabran test plan određene dužine XVIIC (sa odnosom diskriminacije 3,0 i rizicima odlučivanja proizvođača od 17,5% i naručioca 19,7%), za iste ove rezultate ispi-

tivanja, došlo bi do odluke o odbacivanju postavljene hipoteze (za vrijeme od 4300 sati ispitivanja došlo je do više od tri otkaza).

Zaključak

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

Takođe uslovi ispitivanja pouzdanosti treba da su precizna simulacija uslova eksploatacije, koji su za borbene avione veoma složeni i teški, pa su od presudnog značaja korektnost uslova i mogućnosti opreme za ispitivanje. Svako odstupanje od stvarnih uslova eksploatacije, pri ispitivanju (obično je to ublažavanje uslova), dovodi do nekorektnih rezultata (dobija se veća pouzdanost nego što će to biti slučaj u eksploataciji). U vezi sa tim treba istaći da je postojeća oprema zahtjevala značajnu dogradnju jer nije zadovoljavala stroge zahtjeve ispitivanja u uslovima eksploatacije uređaja na avionima. Međutim nova oprema takve zahtjeve zadovoljava.

Jedan od problema takođe predstavlja izbor test plana, koji će za razumno vrijeme i rizike naručioca i proizvođača (imajući u vidu troškove ispitivanja koji su veliki) dovesti do korektno odluke. U vezi sa tim je i zahtjev za pouzdanošću koji se u postupku projektovanja mora ugraditi i računski provjeriti proračunom prognostičke pouzdanosti čime će se postići veća vjerovatnoća pa će se provjera pouzdanosti obaviti za kraće vrijeme i završiti odlukom o prihvatanju uređaja. U ovom slučaju nije izvršena računaska provje-

ra ispunjenja zahtjeva za pouzdanost kod proizvođača, odnosno prije potvrđivanja uređaja ispitivanju, pa je pretpostavka o bliskosti stvarnog i zahtjevanog srednjeg vremena između otkaza zasnovana na neprovjerenoj pretpostavci, a time i analiza za izbor odgovarajućeg test plana, na što ukazuju i rezultati ispitivanja.

Analiza rezultata ispitivanja takođe ukazuje na slabe tačke u izboru komponenti, koncepciji, montaži i proizvodnji uređaja, i predstavlja osnovu za preduzimanje mjera na poboljšanju pouzdanosti i kvaliteta u cjelini.

Možda treba — istaći da razrada programa ispitivanja predstavlja originalnu i kreativnu primjenu poznatih

kriterija, testova i zahtjeva u skladu sa konkretnim uslovima primjene uređaja, i da je i kod nas moguće i potrebno sprovesti ispitivanja pouzdanosti, pogotovo za profesionalne uređaje gdje su zahtjevi u pogledu kvaliteta veoma strogi. Ovome treba dodati da *ispitivanje pouzdanosti uređaja za vazduhoplove, pogotovo visokih performansi, spadaju među najsloženije i najteže.*

Realizacija ovog programa je, međutim, pokazala da je naša vazduhoplovna industrija, tačnije Vazduhoplovni zavod »Orao«, u stanju da vrši eksperimentalne provjere i ispitivanja prema strogim zahtjevima stranih (i domaćih) vojnih standarda, koji predstavlja ju i vrhunac svjetskih standarda.

Literatura:

- [1] Standard narodne odbrane SNO 4264/84, PO-UZDANOST — Provjera zahtjeva za srednje vrijeme između otkaza u slučaju eksponencijalne raspodjele, Sl. voj. list br. 8/84.
- [2] Military Standard MIL-STD-781C, Reliability Design Qualification And Production Acceptance Tests: Exponential Distribution, USA Department of Defense, 1977.
- [3] Elaborat o provjeri pouzdanosti uređaja UPSU, VZ »ORAO« Rajlovac, 1990.
- [4] PKP 2826/88 (Uređaj za poboljšanje stabilnosti i upravljivosti aviona), Energoinvest Sarajevo.
- [5] MIL-HDBK-217D, Reliability Prediction of Electronic Equipment, 1982.
- [6] Pokorni S.: »Metodologija ugradnje zahtevane pouzdanosti elektronskih uređaja na vazduhoplovima«, XXXI konferencija ETAN-a, II sveska str. 155—163, Bled, 1987.
- [7] Pokorni S., Pavlović S.: Ispitivanje pouzdanosti elektronskih uređaja za vazduhoplove, ETAN, Zagreb, 1990.
- [8] Pokorni S.: Provjera ispunjenja zahtjeva za pouzdanost elektronskih uređaja za vazduhoplove, Kvalitet i standardizacija, 1/1991.

Mr Dušan Regodić,
major, dipl. inž.

Primena linearne interpolacije pri proračunu numeričkih vrednosti tablica

Članak obrađuje praktičnu upotrebu tablica gađanja i spolj-nobalističkih tablica, pri kojoj se određeni podaci dobijaju linearnom interpolacijom. U članku se daju teoretske postavke i objašnjenja, a čitav problem ilustriran je određenim numeričkim postupkom.

Uvod

Tablicom se naziva skup numeričkih vrednosti date funkcije poređanih za niz uzastopnih vrednosti nezavisne promenljive. Stalna veličina za koju se u tablicama menja ta nezavisna promenljiva x , zove se stepen ili raspon tablice. Tablice se dele na opšte i specijalne. Primeri opštih tablica su tablice množenja, deljenja, prirodnih brojeva, korena, logaritama, tablice kva-

drata, trigonometrijskih funkcija, itd. Specijalne tablice koriste se za potrebe određenih užih tehničkih oblasti.

Tablice gađanja u tehničkim disciplinama naoružanja izrađuju se za sva oruđa određenog kalibra i modela i predstavljaju specijalnu vrstu tablica. Numerički podaci u tablicama gađanja su određeni proračunom, a usklađeni sa rezultatima ispitivanja. Deo tablica za osnovne elemente putanje projektila dat je u tabeli 1.

Tabela 1

Izvod iz balističkih tablica za osnovne elemente putanje projektila

D a l j i n a	Daljinar 1/6000	Daljinar 1/6400	Tablični ugao	Ordinata te- mena putanje	Vreme letenja	Krajnja brzina	Padni ugao 1/6000	Tempiranje upaljača D.1	Verovatno skretanje				
									p u t a n j a			r a s p r s n u c e	
									po daljini (Vd)	po pravcu (Vp)	po visini (Vv)	po daljini (Vrd);	po visini (Vrv)
m	hiljaditih	3a	°	m	sek.	m/s	hilj.	pod.	m e t a r a				
1	3	3a	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7600	109	117	6°34'	280	15	368	174	73	40	2,3	7,0	60	10
7700	112	119	6°41'	290	15	365	179	74	40	2,3	7,3	60	10
7800	114	122	6°50'	300	15	362	184	75	41	2,3	7,6	60	10
7900	116	124	6°58'	310	16	359	189	76	41	2,4	7,9	60	10
8000	119	126	7°07'	320	16	356	194	77	42	2,4	8,2	60	11
8100	121	129	7°15'	331	16	354	199	78	42	2,4	8,5	60	11
8200	123	131	7°24'	342	17	351	204	79	43	2,5	8,9	60	11
8300	126	134	7°33'	353	17	348	209	80	43	2,5	9,2	60	11
8400	128	136	7°42'	365	17	345	215	81	44	2,5	9,5	60	12
8500	131	139	7°51'	377	18	343	220	82	44	2,6	9,8	60	12

Starešine osnovnih jedinica moraju dobro poznavati vezu između polaznog ugla i raznih elemenata putanje, posebno dometa. Ovu vezu daju tablice gađanja koje služe za pripremu početnih elemenata za gađanje, pri čemu se uzimaju u obzir topografski elementi, meteorološke i balističke popravke. Tablice gađanja kao zbornik numeričkih podataka služe i kao izvor podataka za konstruisanje nišanskih sprava (podela na daljinaru) i uređaja za upravljanje vatrom.

Postoje tablice funkcija sa jednom ili više promenljivih veličina. Za funkcije sa više promenljivih praktičniji su nomogrami kojim se grafički predstavljaju funkcionalne zavisnosti. Često u praksi imamo slučaj da je raspon (korak) raspoloživih tablica suviše grub (velike vrednosti). Pri izradi tablica gađanja nastojalo se da se urade što ekonomičnije (mali utrošak vremena, radne snage, potrošnog materijala, itd.), da bi kasnije u praksi korisnici gubili mnogo više vremena u preciznom očitavanju podataka iz tako izrađenih tablica. Kod grubih tablica za izračunavanje međuvrednosti neke funkcije potrebno je izvršiti tzv. interpolacioni postupak.

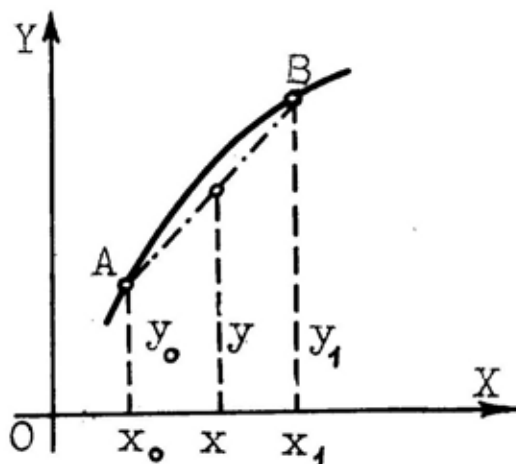
Predmet ovog rada je upravo teorijska i praktična primena interpolacionog postupka u tehničkim disciplinama naoružanja.

Osnovni pojmovi o interpolaciji

Interpolacija je postupak kojim se unutar nekog intervala traži približna vrednost neke funkcije, koja je poznata samo u određenom nizu tačaka, a ne kontinualno. Preciznije, ako su za funkciju $y=f(x)$ definisanu na intervalu $[a, b]$, date vrednosti u tačkama x_0, x_1, \dots, x_n $[a, b]$, (sl. 1), tj. ako je

$$\begin{aligned} f(x_0) &= y_0 \\ f(x_1) &= y_1 \\ f(x_2) &= y_2 \\ &\vdots \\ &\vdots \\ f(x_n) &= y_n \end{aligned}$$

a druge vrednosti se ne znaju, mogu li se makar približno izračunati vrednosti funkcije u ostalim tačkama, pod uslovima da je f neprekidna, diferencijabilna, itd.

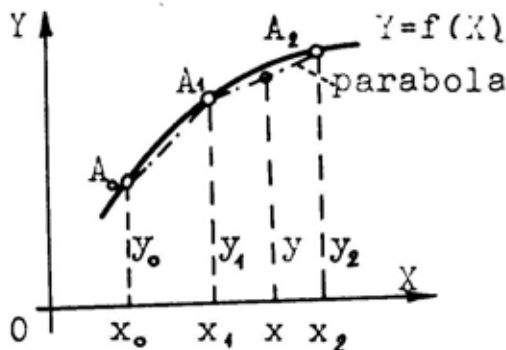


Sl. 1 — Linearna interpolacija

Zaključujemo da, ukoliko je f polinom n -tog stepena, sve ostale vrednosti mogu se tačno odrediti, ako su tačke x_0, x_1, \dots, x_n međusobno različite. Znači, ako su $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$ $n+1$ različite, tačke kroz koje prolazi grafik funkcije $y=f(x)$ moguće je odrediti polinom $y=P_n(x)$, čiji stepen nije veći od n čiji grafik, takođe, prolazi kroz date tačke. Date tačke zovu se čvorovi interpolacije, a odgovarajući polinom $y=P_n(x)$ interpolacioni polinom. Pomoću njega možemo približno izračunati vrednosti u ostalim tačkama funkcije f . Ako je x van intervala (x_0, x_n) , onda se radi o interpolaciji, a ako je x van toga intervala onda se radi o ekstrapolaciji.

Najprostiji slučaj interpolacije između dve tačke je linearna interpolacija, kod koje se luk krive, ili eventualno prave linije, zamenjuje sečicom, tj. pravom linijom (sl. 1).

Na slici 2. prikazana je kvadratna interpolacija na paraboli povučenoj kroz tri tačke.



Sl. 2 — Kvadratna interpolacija

Danas su poznate Lagranžova interpolaciona formula i Njutnov interpolacioni polinom. Za niz tačaka $x_0, x_1, x_2, x_3, \dots$ na jednakim razmacima (koraku) h , kojim odgovaraju vrednosti funkcije $y_0, y_1, y_2, y_3, \dots$ vredi za interpolacionu funkciju Njutnova (Newton) interpolaciona formula

$$y = y_0 + \frac{x-x_0}{h} \Delta y_0 + \frac{1}{2!} \frac{x-x_0}{h} \left(\frac{x-x_0}{h} - 1 \right) \Delta^2 y_0 + \frac{1}{3!} \frac{x-x_0}{h} \left(\frac{x-x_0}{h} - 1 \right) \left(\frac{x-x_0}{h} - 2 \right) \Delta^3 y_0 + \dots$$

gde su $\Delta y_0, \Delta^2 y_0, \Delta^3 y_0, \dots$, tzv. diferencije (razlike prvog, drugog, trećeg), ... reda na mestu y_0 . Te diferencije ili konačne razlike su definisane ovako.

$$\left. \begin{aligned} \Delta y_0 &= y_1 - y_0 \\ \Delta y_1 &= y_2 - y_1 \\ \Delta y_2 &= y_3 - y_2 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{diferencije} \\ \text{I reda} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta^2 y_0 &= \Delta y_1 - \Delta y_0 \\ \Delta^2 y_1 &= \Delta y_2 - \Delta y_1 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{diferencije} \\ \text{II reda} \end{array}$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta^3 y_0 &= \Delta^2 y_1 - \Delta^2 y_0 \\ \Delta^3 y_1 &= \Delta^2 y_2 - \Delta^2 y_1 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{diferencije} \\ \text{III reda} \end{array}$$

.....

$$\Delta^n y_k = \Delta^{n-1} y_{k+1} - \Delta^{n-1} y_k$$

— diferencije n -tog reda

Za svaku tabulisanu funkciju te diferencije mogu se lako izračunati pomoću diferencijske sheme. Ako posmatramo funkciju $y=x^3$, diferencijska shema glasi:

Tabela 2

Diferencijska shema

x	y=x ³	Δy	Δ ² y	Δ ³ y	Δ ⁴ y
0	0				
1	1	1	6		
2	8	7	12	6	0
3	27	19	18	6	0
4	64	37	24	6	0
5	125	61	30		
6	216	91			

Linearna interpolacija

Ako se iz Njtbove formule uzmu prva dva člana, desna strana je polinom prvog stepena po x i služi za linearnu interpolaciju. Ukoliko dodamo i naredni, kvadratni član, dobija se izraz za kvadratnu interpolaciju. Većina numeričkih tablica date su tako da se za računanje međuvrednosti koristi linearna interpolacija. Za intervale gde se funkcija menja veoma brzo koristi se kvadratna interpolacija koja u praksi, uglavnom, zadovoljava (npr. za funkciju $y=\text{tg}x$ u blizini ugla od 90° ili $\text{logsin}x$ za uglove u blizini 0°).

Obrazac za linearnu interpolaciju (sl. 3) glasi:

$$y = y_0 + \frac{x-x_0}{h} (y_1 - y_0) = y_0 + P$$

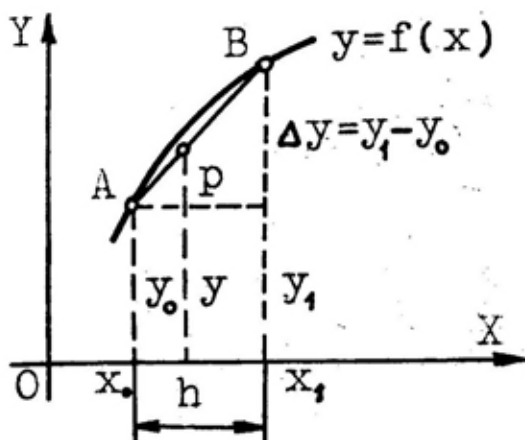
gde je popravka:

$$P = \frac{x-x_0}{h} (y_1 - y_0)$$

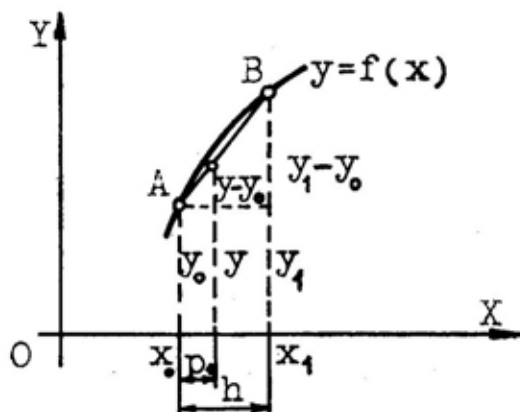
Sa sl. 3, iz sličnih trouglova može se uspostaviti proporcija:

$$P : (y_1 - y_0) = (x - x_0) : h$$

a te popravke u tablicama označene su sa P.P. («partes proporcionales»), gde se postojećoj vrednosti funkcije y_0 dodaje popravka P.



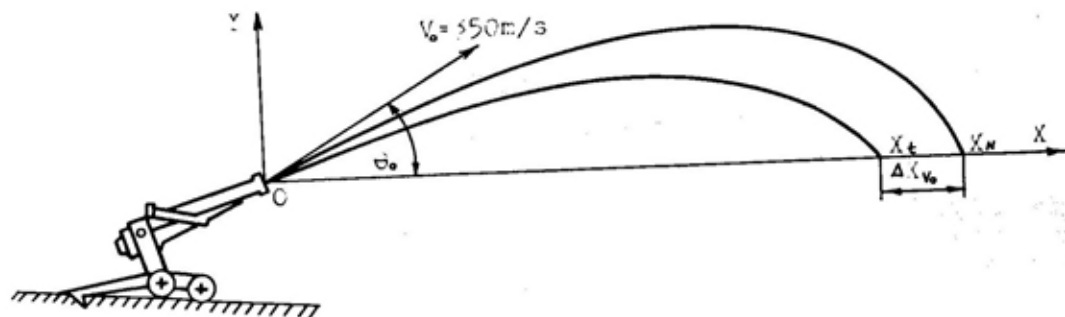
Sl. 3 — Popravka kod direktne interpolacije



Sl. 4 — Popravka kod obrnute interpolacije

Primena linearne interpolacije u spoljnoj balistici i teoriji gađanja

Projektil je ispaljen iz topa 76 mm (sl. 5). Za putanju su poznati sledeći po-



Sl. 5 — Gađanje iz topa 76 mm

Obrnuta linearna interpolacija

Koristi se ako je data vrednost funkcije y , a traži se odgovarajući argument x (sl. 4). Za ovaj slučaj je $x = x_0 + P_1$, gde je

$$P_1 = \frac{h(y - y_0)}{y_1 - y_0}$$

daci: tablična početna brzina $V_0 = 350$ m/s, polazni ugao $\theta_0 = 20^\circ$ i balistički koeficijent $C_{43} = 0,80$. Izračunati popravku dometa zbog odstupanja stvarne početne brzine od tablične za $\Delta V_0 = 10$ m/s, a ostali uslovi su normalni.

Popravni koeficijent β uvodi se zbog promene gustine vazduha ρ sa visinom. Dat je u spoljnobalističkim ta-

blicama [2], u daljem tekstu SBT u funkciji V_0 , C_{43} i Θ_0 . Popravljeni balistički koeficijent

$$C' = \frac{\rho_0}{\rho_{0N}} \cdot \beta \cdot C$$

za normalne atmosfere uslove $\rho_0 = \rho_{0N}$ pa je $C' = \beta \cdot C$ za zadane vrednosti V_0 , Θ_0 i C_{43} iz SBT nalazimo vrednost $\beta = 0,940$, pa je popravljeni balistički koeficijent $C' = 0,940 \cdot 0,080 = 0,75$. Funkcija

$$f_0 = C' \sin 2\Theta_0 = \left(\frac{a_{0N}}{a_0} \right) f_0(C'x, V_0)$$

i imaće oblik

$$C' \sin 2\Theta_0 = f_0(C'x, V_0)$$

jer su uslovi normalni ($\tau_0 = \tau_{0N}$) i $a_0 = a_{0N}$, gde su:

f_0 — pomoćna funkcija po Sijačiju [2],

a_0, a_{0N} — brzine zvuka u prizemnim i prizemnim normalnim uslovima,

τ_0, τ_{0N} — fiktivna temperatura u prizemnim i prizemnim normalnim uslovima. Prema tome, $f_0 = C' \sin 2\Theta_0 = 0,75 \cdot \sin 40^\circ = 0,483$. Kako je f_0 u SBT data u funkciji $C'x$ i V_0 , to ćemo za poznato f_0 i V_0 izračunati vrednosti $C'x$ postupkom linearne interpolacije.

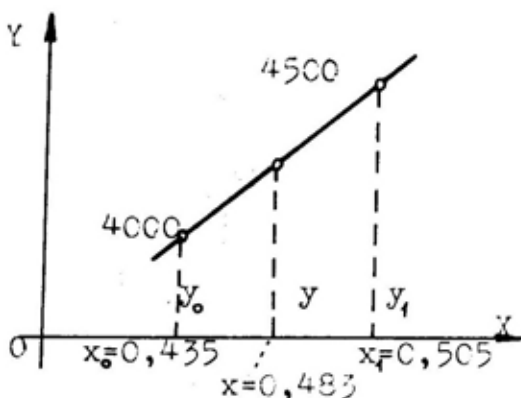
Tabela 3

Izvod iz SBT

$V_0 = 350$	
$C'x$	f_0
4000	0,435
x	0,483
4500	0,505

$$y = y_0 + \left(\frac{x - x_0}{h} \right) (y_1 - y_0) = 4000 +$$

$$+ \left(\frac{0,483 - 0,435}{0,505 - 0,435} \right) (4500 - 4000) = 4343$$



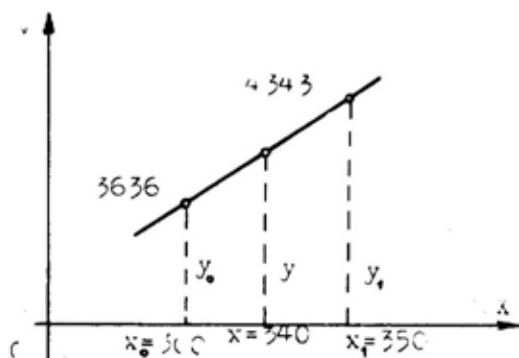
Sl. 6 — Linearna interpolacija

Stvarna početna brzina $V_0 = 340$ m/s. Metodom približavanja naći ćemo vrednost $C'x$ za $V_0 = 300$ m/s, a potom linearnom interpolacijom naći vrednost $C'x$ za $V_0 = 340$ m/s.

Tabela 4

Izvod iz SBT

$C'x$	V_0
4343	350
y	340
3636	300



Sl. 7 — Linearna interpolacija

$$y = 3636 + \left(\frac{340 - 300}{350 - 300} \right) (4343 - 3636) = 4202$$

Ako označimo domet sa X_{340} , za početnu brzinu $V_0=340$ m/s, on iznosi

$$x_{340} = \frac{C'x}{C'} = \frac{4202}{0,75} = 5603 \text{ m}$$

$$x_{350} = \frac{C'x}{C} = \frac{4343}{0,75} = 5791 \text{ m}$$

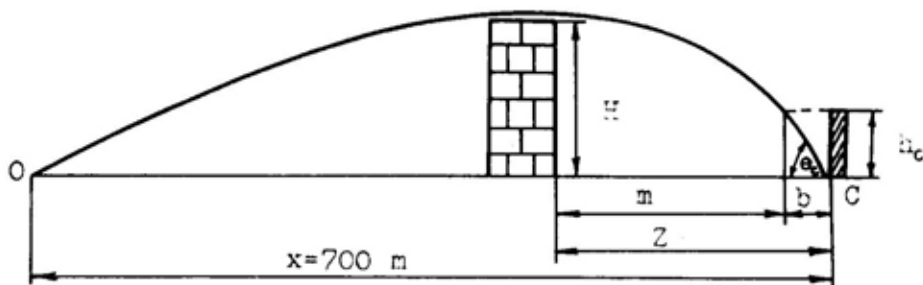
Odstupanje dometa Δx , zbog odstupanja početne brzine $\Delta V_0=10$ m/s, iznosi:

$$\Delta x = x_{340} - x_{350} = 5603 \text{ m} - 5791 \text{ m} = -188 \text{ m}$$

Znači, neophodno je izvršiti popravku dometa zbog promene početne brzineza $\Delta x_{V_0}=188$ m.

Primer za obrnutu linearnu interpolaciju:

Odrediti dubinu zaklonjenog (z), mrtvog (m) i brisanog prostora (b) pri gađanju cilja visine $h=1,5$ m, koji se nalazi iza prepreke visine $H=3,44$ m. Cilj se gađa sa poluautomatskom puškom 7,62 mm M 59/66 (sl. 8), na daljini $x=700$ m.



Sl. 8 — Zaklonjeni, mrtvi i brisani prostor

Komentar osnovnih pojmova

Prostor iza prepreke i najbliže udarne tačke naziva se zaklonjeni prostor (z). Deo zaklonjenog prostora na kome se cilj datom putanjom projektila ne može pogoditi naziva se mrtvi prostor (m) ili netučena zona. Drugi deo zaklonjenog prostora naziva se brisani prostor (b) na kojem cilj može biti pogođen u svim tačkama.

Pri rešavanju zadatka koristiće se tabela 5. izdizanja putanja iznad horizonta oružja kada se gađa zrnem 7,62 mm iz poluautomatske puške M.59/66 [3].

Zaključak izvodimo na osnovu uslova koji mora biti zadovoljen da je trećina ordinate temena putanje veća ili jednaka visini cilja, tj. $\frac{1}{3} Y_s \geq h_c$ [3].

Prepreka visine $H=3,44$ m nalazi se na daljini $x=400$ m od usta cevi, gde je ordinata $y=3,45$ m i biće prebačena sa projektilom. Zaklonjeni prostor se dobija kad razlika daljine na kojoj se gađa i daljine na kojoj se nalazi prepreka ($z=700-400=300$ m). Iz tabele zaključujemo da na daljini $x=600$ m visina ordinate $y_{600}=2,16$ m i na $x=650$ m, $y_{650}=1,22$ m (sl. 9).

Sa sl. 9. posmatračemo deo putanje označen tačkama B, D i C i na istoj izvršiti obrnutu interpolaciju kako bi našli vrednost brisanog prostora (b) za cilj visine $h_c=1,5$ m. Navedeni cilj se u ta-

beli 5. nalazi između ordinata putanje $y=1,22$ m ÷ 2,16 m.

Proračun ćemo vršiti po formuli za obrnutu interpolaciju

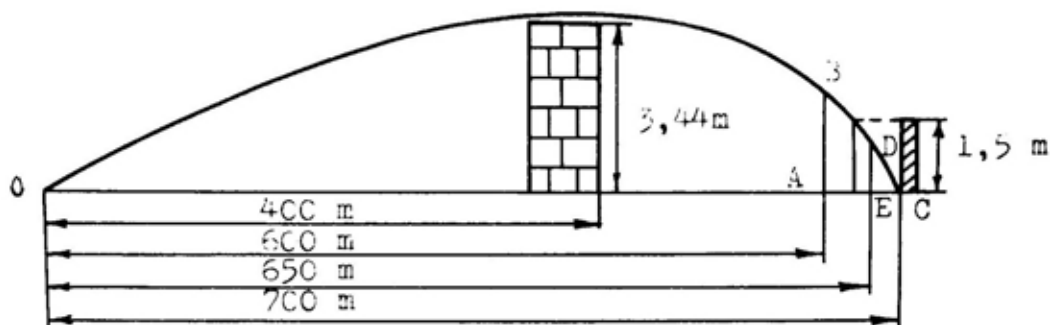
$$x = x_0 + P_1 = x_0 + \frac{P(y - y_0)}{y_1 - y_0}$$

$$x = 50 + \frac{(1,5 - 1,22)}{(2,16 - 1,22)} (650 - 600) =$$

$$= 50 + 14,89 = 64,89 \text{ m}$$

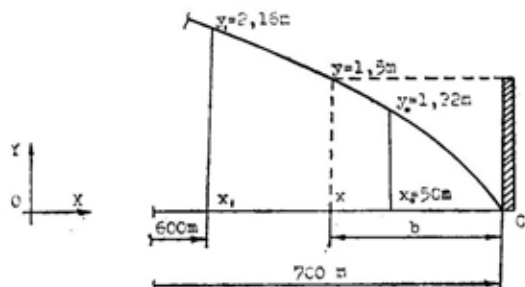
Izdizanje putanje iznad horizonta oružja kad se gada zrnom 7,62 mm iz PAP 7,62 mm M.59/66

Nišan Daljina u (m)	1	2	3	4	5	6	7	8
	IZDIZANJE PUTANJE U METRIMA							
50	0,02	0,08	0,15	0,23	0,36	0,46	0,66	0,86
100	0	0,11	0,26	0,42	0,65	0,82	1,28	1,68
150		0,09	0,30	0,56	0,88	1,30	1,84	2,43
200		0	0,28	0,62	1,06	1,62	2,34	3,16
250			0,19	0,62	1,16	1,87	2,76	3,80
300			0	0,52	1,17	2,02	3,08	4,34
350				0,32	1,06	2,06	3,38	4,88
400				0	0,90	2,00	3,45	5,12
450					0,54	1,80	3,42	5,26
500					0	1,40	3,20	5,26
550						0,78	2,80	5,04
600						0	2,16	4,58
650							1,22	3,88
700							0	2,88
750								1,60
800								0

Sl. 9 — Elementi putanje projektila za PAP 7,62 mm na daljini gađanja $x=700$ m

Sa slike se vidi da je $b=x=64,89$ m. Vrednost mrtvog prostora (ne tučene zone) može se izračunati sa slike 8. i iznosi

$$m = z - b = 300 - 64,8936 = 235,1 \text{ m}$$



Sl. 10 — Padni krak putanje za PAP 7,62 mm

Zaključak

Osnovni zahtev za izradu tablica jeste da vrednosti argumenata budu da-

te toliko gusto (mali korak) da se međuvrednosti mogu direktno očitati ili dobiti linearnom interpolacijom. Prethodni primeri linearne interpolacije nam ukazuju na svu složenost procesa proračuna tačnih vrednosti. Starešine u osnovnim jedinicama najčešće koriste tablice za izbor punjenja, tablice osnovnih elemenata i popravki, kod kojih je daljina efikasnog gađanja, sa najčešćim korakom $x=100$ m.

Primeri proračuna zaklonjenog, mrtvog i brisanog prostora ukazuju na potrebu smanjenja navedenog koraka.

Upotrebom savremenih elektronskih računskih mašina moguće je postići potrebnu gustinu vrednosti argumenata pri izradi tablica gađanja. Time se korisnicima olakšava proračun međuvrednosti i upotreba svih vrsta tablica, kao zbornika numeričkih podataka.

Literatura:

- [1] Simonović V.: Numeričke metode, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [2] Pejčić V.: Spoljno-balističke tablice, TSC, Zagreb, 1979.
- [3] Mišović S.: Zbirka priloga iz teorije gađanja i pravila gađanja, VA KoV, Beograd, 1977.
- [4] Regodić D.: Spoljna balistika, CVVŠ, Beograd, 1988.

Dr Stefan Janković,
dipl. inž.
Miroljub Jovanović,
dipl. inž.

Pravci razvoja helikopterskih gasnih turbina

Gasna turbina, kao turbovratilni gasoturbinski motor (GTM), dovela je do masovne proizvodnje i široke primene helikoptera u civilne i vojne svrhe.

Pravci daljeg razvoja GTM usmereni su na nova konstruktivna rešenja, na već postojećim modelima GTM, razvoju novih materijala i tehnologija, što je i predmet ovog rada.

Uvod

Ideju ostvarenja letelice teže od vazduha, sa mogućnošću vertikalnog poletanja, pomoću nosećeg rotora, prvi je prikazao Leonardo da Vinči još 1475. Skica i opis nosećeg rotora, koji se ponomi snagom muskulature čoveka, otkriveni su u Milanskoj biblioteci i publikovani u 19. veku.

Prvi uspešni letovi helikoptera ostvareni su u periodu od 1930. do 1934, sa ruskim eksperimentalnim helikopterom CAGI-1EA sa pogonskom grupom od dva klipna motora ukupne snage od 88 kW.

Početak serijske proizvodnje helikoptera pripada periodu od 1950. do 1952, sa klipnim motorima kao pogonskom grupom. Prvi helikopter, opremljen serijski proizvedenom gasnom turbinom ARTUST II, bio je ALUET II. Gasnu turbinu proizvela je TURBOMERKA, a jednorotorni helikopter sa rešetkasto-ramovskom konstrukcijom AE-ROSPASIAL, takođe iz Francuske.

U proteklom periodu, helikopteri su se neprestano usavršavali zajedno sa svojim pogonskim grupama, nalazeći sve veću primenu u vojsci i privredi. Za izradu helikoptera većih nosivosti zahtevane su nove pogonske grupe, sa malom specifičnom masom i visokom ekonomičnošću. Rešenje je nađeno u gasnoj turbini, kao pogonskoj grupi.

Danas, skoro sve armije sveta poseduju veći ili manji broj helikoptera raznovrsne namene. Njihov ukupan broj procenjuje se na oko 30.000.

Približna preraspodela ovog broja helikoptera iznosi:

— 35% — vazduhoplovne snage SAD;

— 20% — bivši SSSR, sa bivšim zemljama Varšavskog ugovora, i

— 45% — zapadna Evropa i ostatak sveta.

Prema sadašnjoj doktrini ratovanja, jedan od važnih kriterijuma za ocenu moći i savremenosti neke armije, predstavlja broj i vrsta helikoptera u njenom naoružanju.

Kratak istorijat razvoja gasnih turbina

Prvi patent za gasnu turbinu prijavio je S. Barber u Engleskoj 1791. To se dogodilo pre nego što je švedski inženjer Gustav Patrik de Laval patentirao prvu industrijski primenljivu parnu turbinu 1883. godine. Međutim, tehnološko-metalurški razlozi (materijali za rad na visokim temperaturama) i usporen razvoj izučavanja dinamike gasova, onemogućili su brži razvoj gasne turbine.

Šemu vazdušno-reaktivnog gasoturbinskog motora prvi je predložio i patentirao 1909. ruski inženjer N. Gerasimov. Ova šema imala je tri osnovna sklopa mlaznog propulzora : kompresor, grejnu komoru i turbinu.

Sovjetski istraživač V. I. Bazarov, predložio je 1923. šemu gasoturbinskog motora sa centrifugalnim kompresorom i sagorevanjem pri konstantnom pritisku. Motor V. I. Bazarova je po svojoj šemi sličan savremenim gasoturbinskim motorima tog tipa. Nakon trinaest godina slična šema ponovo je patentirana u Engleskoj (F. Vitl).

Šemu turboelisnog gasoturbinskog motora prvi je predložio ruski pukovnik M. Nikolski, 1914.

Treba napomenuti da su naučne osnove radnog ciklusa gasoturbinskih motora bile poznate znatno ranije od njihove praktične primene. Tako je 1929. sovjetski akademik B. Stečkin, u časopisu »Tehnika vazduhoplovstva«, objavio poznatu studiju »Teorija vazdušno-reaktivnog motora« u kojoj su iznete osnove savremene teorije i proračuna gasoturbinskih motora.

Sovjetski profesor V. V. Uvarov je 1932. započeo rad na originalnoj šemi turboelisnog gasoturbinskog motora, po kojoj je izveden i ispitan. Motor Uvarova može se smatrati za prvi primenjeni gasoturbinski motor u sovjetskom vazduhoplovstvu. Već 1935. sovjetski akademik A. M. Ljuljka razvio je turbomlazni gasoturbinski motor.

U Sovjetskom Savezu osnivaju se i mnogobrojni konstruktorski birovi koji su dobili imena po talentovanim konstruktorima i naučnicima koji su radili u njima: A. M. Ljuljka, S. K. Tumanski, A. A. Mikulin, V. A. Dobrinin, V. J. Klimov, N. D. Kuznjecov, P. A. Solovjev, A. G. Ivčenko, S. P. Izotov, V. A. Lotarev i drugi. Gasne turbine nose oznake biroa u kojem su projektovane.

U periodu od 1933. pa do drugog svetskog rata pitanjima mlazne propul-

zije bave se Moris Rua u Francuskoj, Kampini u Italiji i F. Vitl u Engleskoj. Takođe, u ovim zemljama, kao i u Nemačkoj i SAD, pojavljuju se velike firme u kojima se stvaraju originalne konstrukcije gasoturbinskih motora na visokom tehničkom nivou, čiji se razvoj i usavršavanja i dalje nastavljaju.

Praktično, nagli razvoj gasoturbinskih motora nastaje krajem drugog svetskog rata zbog velikih ulaganja za istraživanja u ratne svrhe, kada su dobijeni materijali otporni na visokim temperaturama i rešeno pitanje stabilnosti strujanja kroz aksijalne kompresore sa više stupnjeva.

Razvoj helikopterskih gasnih turbina nastao je kao rezultat šireg razvoja mlaznih propulzora i zahteva za proširenu upotrebu helikoptera. Primena gasne turbine, kao turbovratilnog gasoturbinskog motora na helikopteru, započeta je sredinom ovog veka. Zahvaljujući značajnim prednostima (niža specifična masa, visoka pouzdanost u radu, jednostavnija eksploatacija, manji poprečni presek, i dr.), gasna turbina je vrlo brzo potisnula upotrebu klipnih motora na helikopteru.

Turbovratilni gasoturbinski motor, osim na helikopteru, primenjuje se i kao pogonska grupa elektroagregata (pokretni i stacionarni), sredstava rečnog, morskog i suvozemnog transporta (brod, čamac, tenk, transporter, lokomotiva tzv. voza velikih brzina — TVG, i dr.), a služi i kao pomoćni agregat za startovanje osnovnog motora na avionu ili helikopteru. Kada ima ulogu startovanja (mehaničko ili pneumatsko) naziva se turbostarter. Turbostarter služi i kao izvor snage za agregate energosistema (generatori, hidro pumpe, i sl.) pri njihovoj proveri na zemlji, ili napajanja u letu u slučaju otkaza pogonske grupe. Ovakva uloga turbostartera obezbeđuje potrebnu upravljivost aviona u slučaju otkaza pogonske grupe. Prvi turbostarteri projektovani su i serijski proizvedeni u Sovjetskom Savezu sredinom ovog veka. Osnovne karaktere-

ristike savremenih turbostartera su: snaga od 50 do 150 kW, specifična masa $C_{sm} < 0,35 \text{ kg/kW}$, specifična gabaritna zapremina (male dimenzije zbog smeštaja) od 0,1 do 0,15 dm^3/kW i stepen sabijanja vazduha $\pi_k > 4$.

Pravci razvoja helikopterskih gasnih turbina

Potrebna snaga za pogon helikoptera, za jedan određeni režim leta, u najopštijem slučaju iznosi:

$$P = P_o + P_i + P_p + P_v$$

gde je:

P_o [kW] — potrebna snaga za savlađivanje sile otpora aeroprofila lopatica glavnog rotora;

P_i [kW] — potrebna snaga za savlađivanje sile indukovanog otpora;

P_p [kW] — potrebna snaga za savlađivanje parazitnih otpora trupa, repnog rotora, i dr.;

P_v [kW] — potrebna snaga za promenu potencijalne energije helikoptera za datu vertikalnu brzinu ili planirani let.

Empirijski izraz, koji pomaže pri izboru pogonske grupe helikoptera, jeste sledeći:

$$P = 0,736 \sqrt{\frac{m_H^3}{a^2 D^2 R}} \text{ [kW]}$$

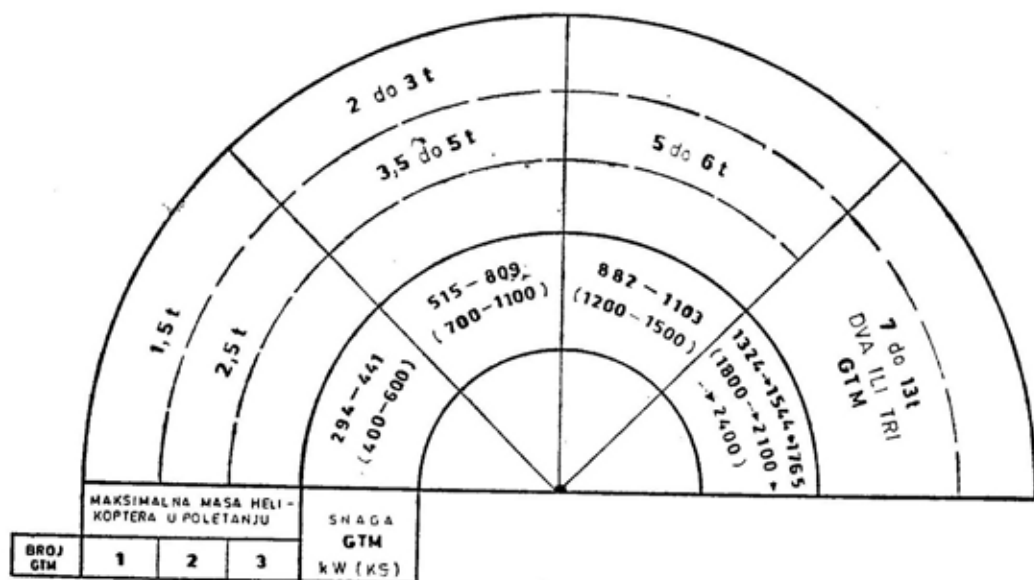
gde je:

m_H [kg] — ukupna masa helikoptera;

D [m] — prečnik glavnog rotora;

a — koeficijent karakteristike nosećeg rotora (vrednost od 15 do 20).

Na slici 1 prikazan je strukturni dijagram preporuke za izbor raspoložive snage gasoturbinskog motora (GTM) i njihovog broja, u zavisnosti od maksimalne mase helikoptera u poletanju. Dijagram se odnosi na buduće savremene koncepcije jednorotornih helikop-



Sl. 1 — Strukturni dijagram preporuke snaga i broja GTM u zavisnosti od maksimalne mase helikoptera u poletanju

tera. Korišćenje dijagrama je orijentaciono, jer izbor pogonske grupe direktno zavisi od namene i željenih performansi helikoptera u letu.

Zahtevi za sve većom upotrebom helikoptera, kako u vojne, tako i u civilne svrhe, ubrzali su razvoj nove generacije GTM. Osnovni zahtevi koje treba da zadovolje helikopterske gasne turbine, su:

- visok stepen pouzdanosti rada;
- što manja specifična potrošnja goriva (C_{sp}) na režimima eksploatacije, uz nisku specifičnu masu (C_{sm});
- što duži rok rada (resurs);
- pouzdano startovanje i ubrzavanje;
- jednostavno upravljanje i regulisanje;
- što niži dozvoljeni nivo vibracija i buke;
- jednostavno i lako održavanje i eksploatacija;
- niska cena, izrade, održavanja i generalne opravke.

Ovi zahtevi su međusobno protivrečni, pa se za određeni tip motora nalaze kompromisna rešenja pri njegovom projektovanju i izradi. Pri tome se, svakako, polazi od tehničkih zahteva u pogledu optimizacije pogonske grupe sa helikopterom. Kao ilustracija složenosti procesa razvoja i životnog veka GTM prikazan je strukturni dijagram životnog veka GTM (slika 2).

Osnovni pravci daljeg razvoja gasnih turbina su:

— povećanje efikasnosti radnog ciklusa na račun povećanja stepena sabijanja vazduha u kompresoru (π_k), temperature izduvnih gasova ispred turbine (T_3), kao i sniženje gubitaka na osnovnim sklopovima motora;

— primena novih materijala otpornih na visoke temperature i koroziju, kao i lakih materijala za pojedine delove motora;

— usavršavanje konstruktivno-tehnoloških rešenja uz primenu novih tehnologija.

Međusobno preplitanje uticaja specifičnih parametara GTM, njegova konstrukcija, primenjene tehnologije, ugrađeni materijali i sama izrada, zajednički usmeravaju dalji razvoj GTM.

Osnovni pokazatelj kvaliteta konstrukcije i izrade GTM je kvalitet njegovog kompresora. Težnja je da se sa što manje stupnjeva postigne što veći stepen sabijanja (π_k) i što veći stepen korisnosti (η_k).

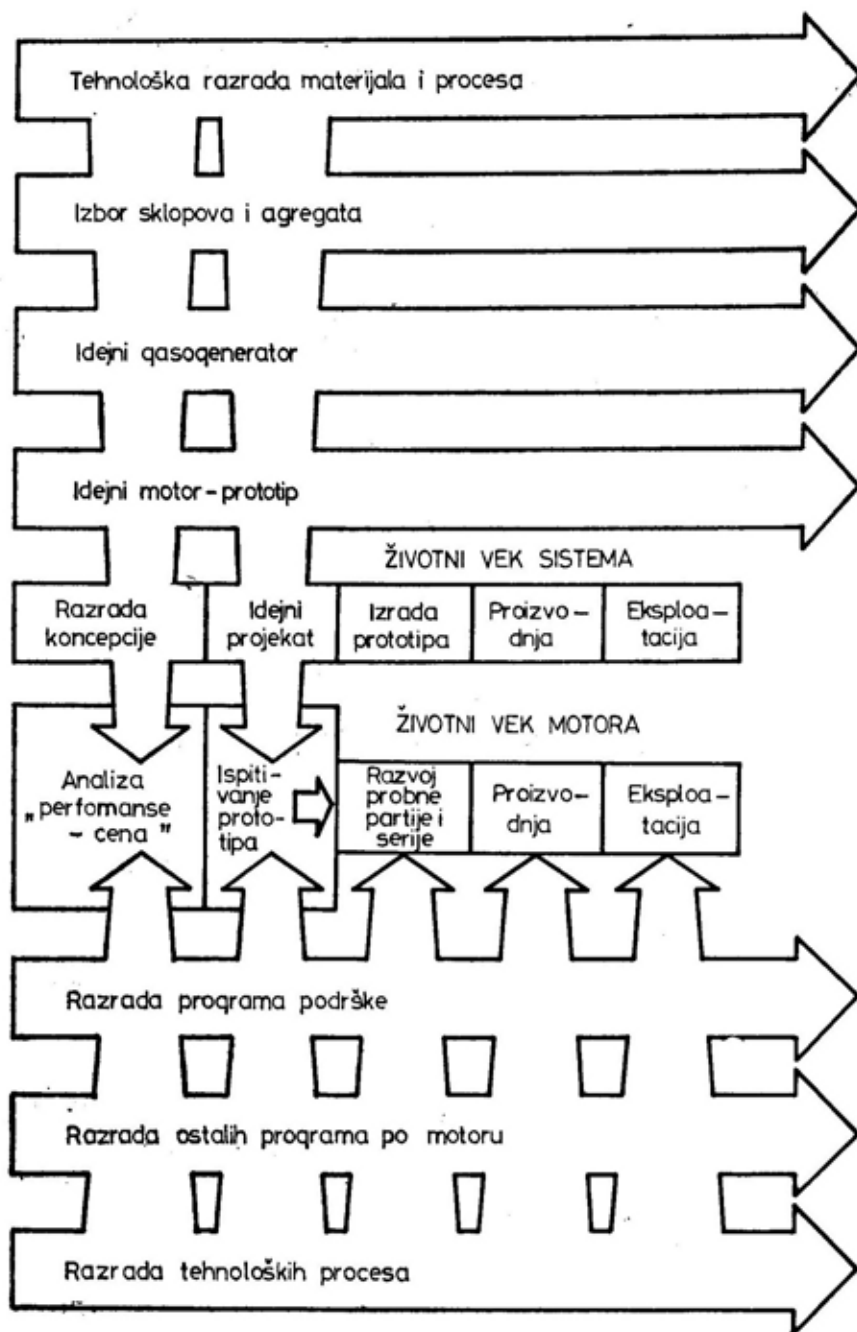
Trend rasta stepena sabijanja kompresora (π_k) kod GTM, za period od 1960. do 2000. prikazan je na slici 3. Na slici su, pored oznaka postojećih GTM, označeni i tipovi kompresora sa brojem stupnjeva. Sa slike se vidi da vrednost stepena sabijanja dostiže vrednosti veće od 18.

Ako se uspe u povećanju stepena korisnosti kompresora (η_k) za 2%, uz poboljšanje zaptivanja i hlađenja za 25%, može se očekivati ostvarenje optimalnog ciklusa sa stepenom sabijanja $\pi_k = 23$ i temperaturom na ulazu u turbinu $T_3 = 1.600$ K. Time bi se smanjila specifična potrošnja za 8%, a sve navedeno bi se moglo očekivati na GTM do 1995.

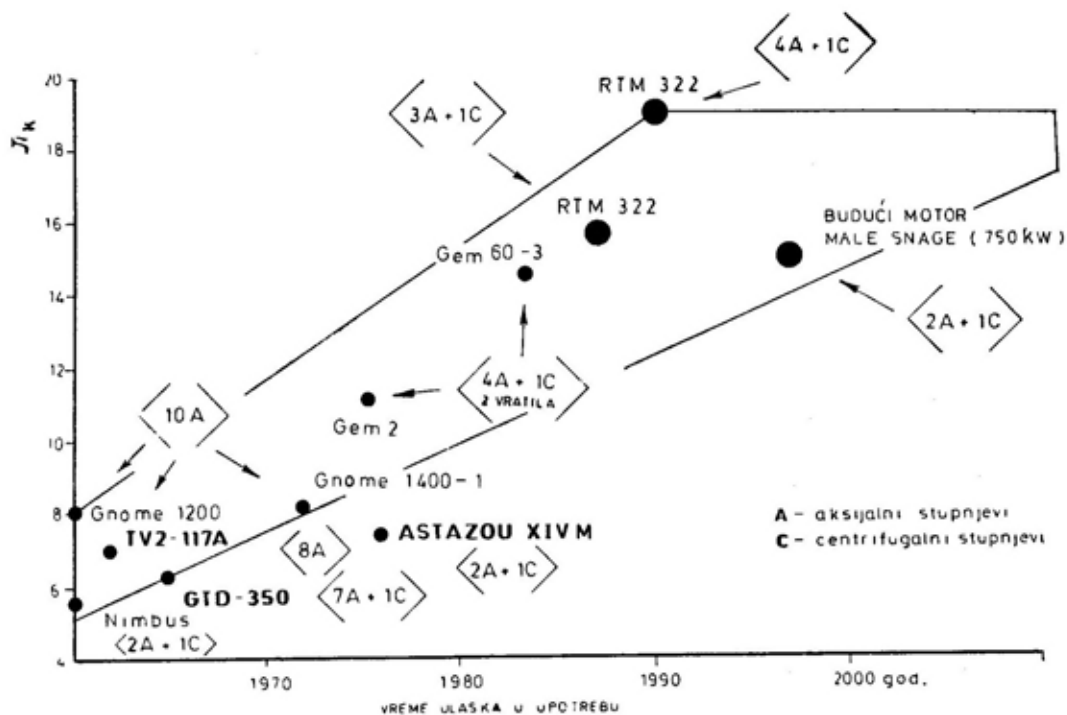
Prikaz stalnog rasta temperature ispred turbina (T_3), sa primenom različitih tehnologija izrade i konstruktivne koncepcije GTM, dat je na slici 4. Sa slike se vidi da će se opseg temperature T_3 kretati između 1.600 do 1.700 K.

Ovakav porast temperature postiže se uvođenjem hlađenja lopatica turbine, novom tehnologijom livenja lopatica (monokristalne), novim materijalima lopatica (superlegure) i uz primenu plazma prevlaka na bazi keramike.

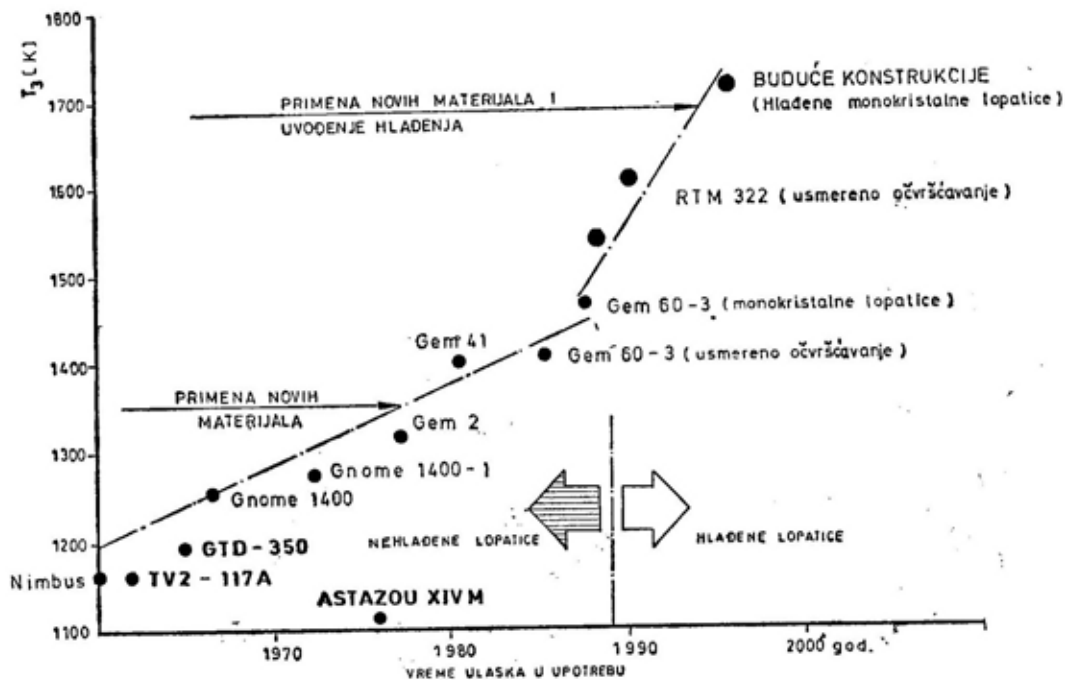
Radi postizanja što veće ekonomičnosti teži se smanjenju specifične potrošnje (C_{sp}) goriva. Trend njenog sma-



Sl. 2 — Strukturni dijagram životnog veka GTM



Sl. 3 — Trend rasta stepena sabijanja kompresora (π_k) GTM



Sl. 4 — Trend rasta temperature ispred turbine (T_3) GTM

njenja, u zavisnosti od maksimalne snage GTM, prikazan je na slici 5.

Trend stalnog smanjenja specifične potrošnje goriva u funkciji vremena ulaska motora u upotrebu prikazan je na slici 6.

U narednom periodu očekuje se specifična potrošnja u intervalu od 250 do 280 g/kWh.

Ovako sniženje je moguće postići, pored navedenog, konstruktivnim poboljšanjem, uvođenjem novih materijala, poboljšanjem zaptivanja, zakretanjem statorskih lopatica kompresora i izborom optimalnog sistema automatskog upravljanja i regulisanja protoka goriva.

Kao pokazatelj ekonomičnosti GTM, pored specifične potrošnje goriva, koristi se i specifična potrošnja ulja, koja treba da bude što niža (ispod 0,5 kg/h).

Specifična masa (m_{sp}) GTM zavisi od parametara radnog ciklusa i konstrukcije, kvaliteta konstruktivnih materijala i savremene konstruktivne koncepcije motora. Sa manjom specifičnom masom manja je i ukupna masa motora pri zadanoj snazi.

Trend smanjenja specifične mase GTM prikazan je na slici 7. U narednom periodu očekuju se konstrukcije sa specifičnom masom u intervalu od 0,12 do 0,24 kg/kW.

U pogledu usavršavanja konstrukcije uvode se širokotetivne lopatice kompresora, diskovi rotora od legura titana i zavarivanje snopom elektrona sklopa disk-vratilo kompresora.

Uvođenje novih tehnologija: elektrohemijska obrada, profilno valjanje i precizno kovanje pojeftinjuju izradu složenog aeroprofila rotorskih i statorskih lopatica kompresora, uz ispunjenje zahteva strogih tolerancija. Poseban tehnološki progres predstavlja izrada diskova kompresora HIP (Hot Isostatic Pressing) postupkom (izostatičko presovanje na visokim temperaturama).

Za naredne generacije GTM predviđaju se sledeće konstruktivno-tehnološke karakteristike:

— modularnost (omogućuje brzu zamenu u eksploataciji nekog od modula — sklopa);

— univerzalno konstruktivno izvođenje sklopa kompresor — turbina (»jezgro motora«). Oko omogućuje lak prelazak gasne turbine u varijante turboelislkog i turboventilatorskog GTM (slika 8);

— upotreba grejne komore povratnog dejstva (»obrnute«);

— uvođenje elektronskog sistema regulacije sa digitalnom kontrolom i dijagnostikom;

— uvođenje sistema za merenje obrtnog momenta na induktivnom i optičkom principu;

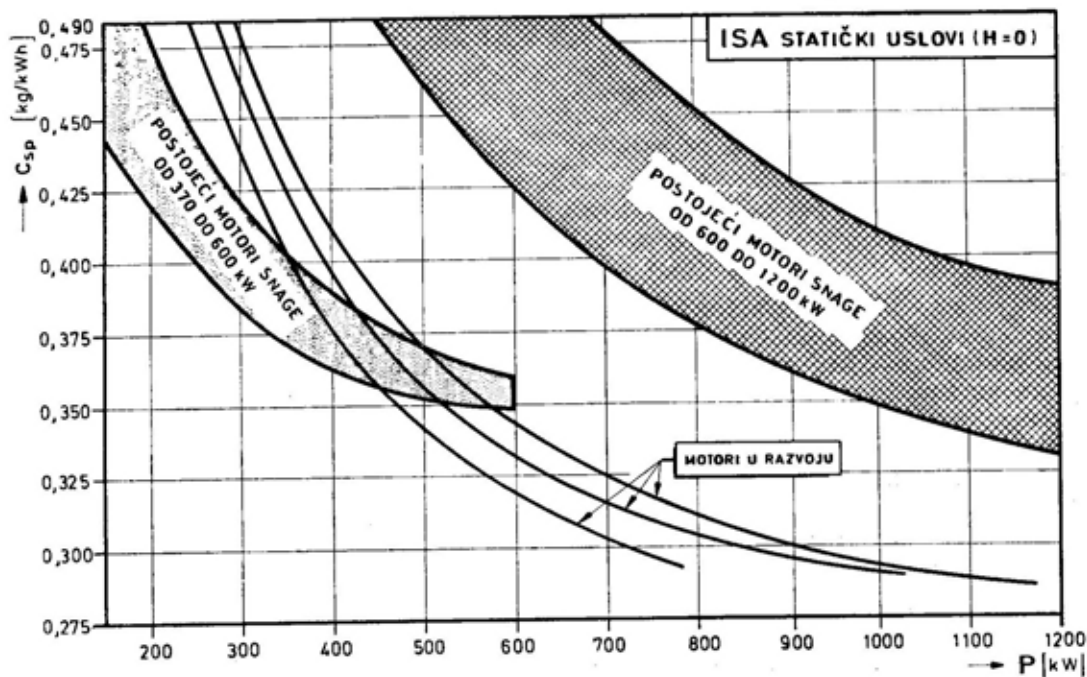
— povećanje roka rada (resursa) motora na preko 3000 časova;

— smanjenje infracrvenog zračenja radi smanjenja mogućnosti detekcije.

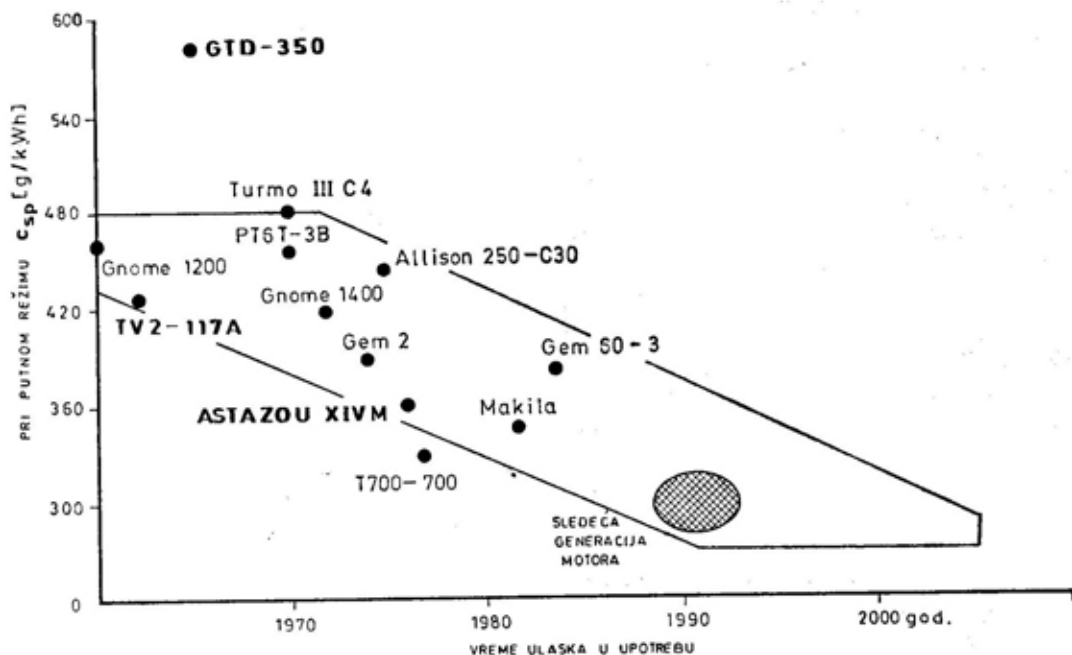
Kao primer perspektivnog GTM, u pogledu performansi i konstruktivno-tehnoloških rešenja, može poslužiti motor RTM-322, koji je nastao zajedničkom saradnjom firme ROLS-ROJS (V. Britanija), i TURBOMEKA (Francuska) (slika 9).

Modifikacije na postojećim konstrukcijama GTM

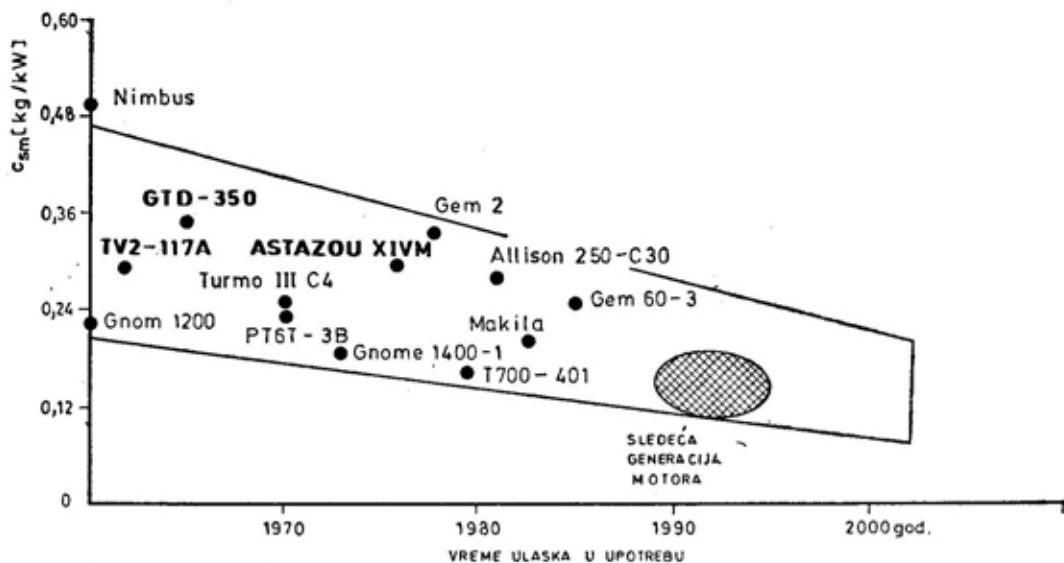
Jedna od najznačajnijih osobenosti današnjih konstrukcija helikopterskih GTM predstavlja proizvodnja osnovnog tipa uz više modifikacija, koje se razlikuju po snazi radi različite primene na helikopterima. Ovakav pristup konstrukciji diktiran je ekonomskim faktorima, jer zahteva manje vremena i sredstava nego što je potrebno za nov razvoj konstrukcije.



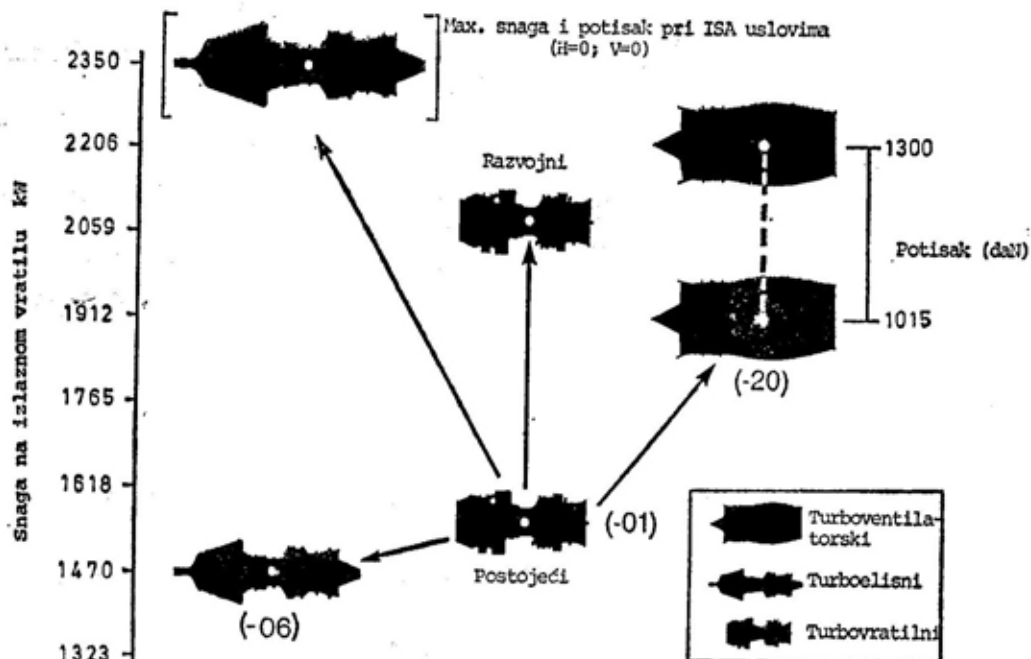
Sl. 5 — Zavisnost specifične potrošnje goriva od snage za helikopterske gasne turbine



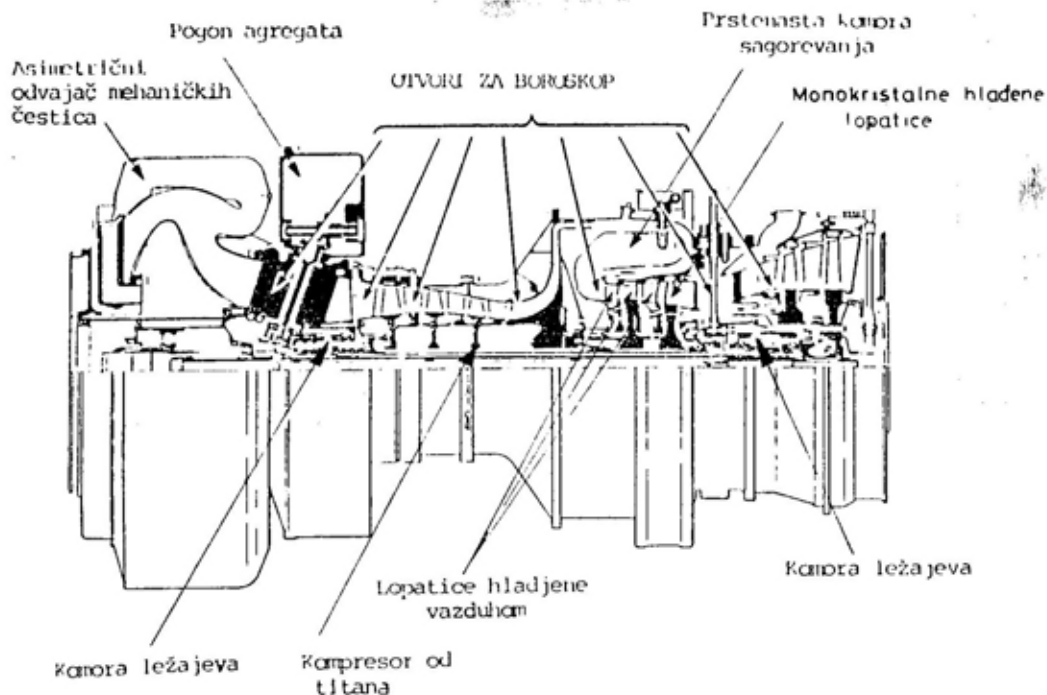
Sl. 6 — Trend smanjenja specifične potrošnje goriva (C_{sp}) GTM



Sl. 7 — Trend smanjenja specifične mase motora (C_{sm}) GTM



Sl. 8 — Razvojne mogućnosti primene GTM RTM 322



A — KONTROLNI PREGLEDI NA ZEMLJI

- nivo ulja u rezervoaru,
- pritisak goriva na ulazu u motor,
- prečistač goriva i ulja,
- magnetni detektori opiljaka,
- uzorak ulja za program spektrometrijske analize,
- pregled delova sa boroskopom,
- provera vibracija,
- ispitivanje i kontrola uređaja za gorivo.

B — STANDARDNI POKAZIVAČI KONTROLE U LETU

- (n)slobodne i kompresorske turbine,
- temperatura gasova ispred turbine kompresora (T_3),
- obrtni moment slobodne turbine,
- pritisak ulja iza prečistača,
- temperatura ulja iz hladnjaka.

C — DODATNA ISPITIVANJA I KONTROLA RADA NA ZEMLJI I U LETU

- Dodatna oprema sa davačima i pisarčem za snimanje i registrovanje parametara rada motora.

Sl. 9 — Delimičan presek sa mestima za kontrolu rada GTM RTM 322

Zbog zajedničkih delova i sklopova, na različitim tipovima GTM, ekonomski faktor je posebno izražen pri njihovom održavanju.

Ovakav pravac u razvoju GTM u praksi su potvrdile najpoznatije firme u SAD (DŽENERAL ELEKTRIK, LAJKOMING, ALISON, PRAT-VITNI, BOING, KONTINENTAL), Francuskoj (TURBOMEKA), Engleskoj (ROLSROJS), Nemačkoj i državama bivšeg SSSR-a.

Pri tome, za GTM sa visokim specifičnim parametrima, razrada novih modifikacija se vrši radi dobijanja gasoturbinskih motora veće snage, dok se kod GTM sa niskim specifičnim parametrima ide na znatno poboljšanje ekonomičnosti i smanjenje specifične mase, uz istovremeno povećanje snage.

Rezultat ovakvog pristupa je originalna konstrukcija GTM koja ima visoke specifične parametre, iz koje se dalje razvija cela familija GTM.

Uporedo sa specifičnostima svakog proizvođača GTM, u procesu razvoja njegovog modela GTM uočavaju se opšte zakonomernosti. One su sve u funkciji snage GTM, a vezane su za:

— koncepciju konstrukcije GTM (jednovratilni ili sa slobodnom turbinom);

- tip kompresora;
- tip grejne komore;
- postojanje reduktora;
- stepen sabijanja;
- specifičnu potrošnju goriva.

Upoređenje navedenih konstruktivnih podataka, u zavisnosti od snage GTM, prikazano je na slikama 10 i 11.

I — Analizom podataka sa slike 10 može se zaključiti:

a) Najveći broj modifikacija imaju GTM u opsegu snaga 184 do 551 kW (250 do 750 KS) i 735 do 1.470 kW (1.000 do 2.000 KS), koji se primenjuju na lakim i srednjim helikopterima.

b) Većina konstruktivnih koncepcija GTM ima slobodnu turbinu. Jed-

novratilna koncepcija se praktično primenjuje samo do maksimalne snage od 735 kW (1.000 KS), jer pri manjim snagama ova koncepcija je u prednosti u odnosu na koncepciju sa slobodnom turbinom.

c) Reduktor se primenjuje na svim GTM, snage do 735 kW (1.000 KS). GTM sa snagama u opsegu od 919 do 1.470 kW (1.250 do 2.000 KS) imaju približno podjednak broj modifikacija sa reduktorom i bez reduktora. GTM sa maksimalnim snagama izvode se bez reduktora, zbog nižih brzina obrtanja, dok GTM malih snaga imaju poteškoće u konstrukciji spoja motor — glavni reduktor, zbog visokih brzina obrtanja. To je razlog da se reduktor na ovim tipovima motora konstruktivno izvodi integralno sa GTM.

d) Najčešće primenjivani tipovi kompresora, na helikopterskim GTM, jesu aksijalno-radijalni i radijalni (centrifugalni). Radijalni kompresori imaju ograničenu primenu samo kod GTM malih snaga, do 368 kW (500 KS).

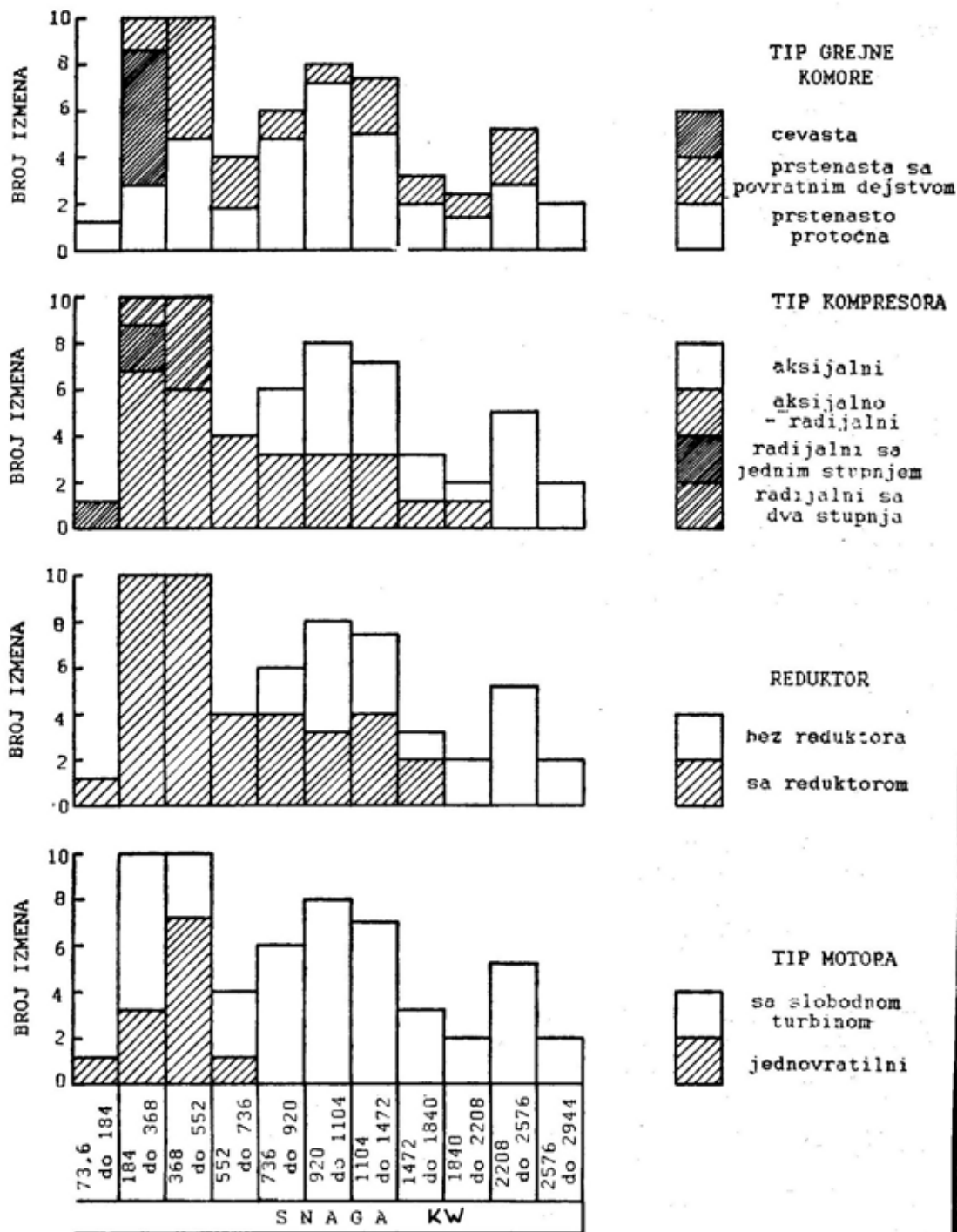
e) Najčešće se primenjuje grejna komora prstenastog tipa.

f) Grejna komora prstenastog tipa primenjuje se u najvećem broju konstrukcija GTM, od čega trećinu čine prstenaste komore sa povratnim dejstvom. Ovaj tip grejne komore izvodi se radi skraćanja dužine rotora turbokompresora i dobijanja krutosti konstrukcije sa dva oslonca (ležaja).

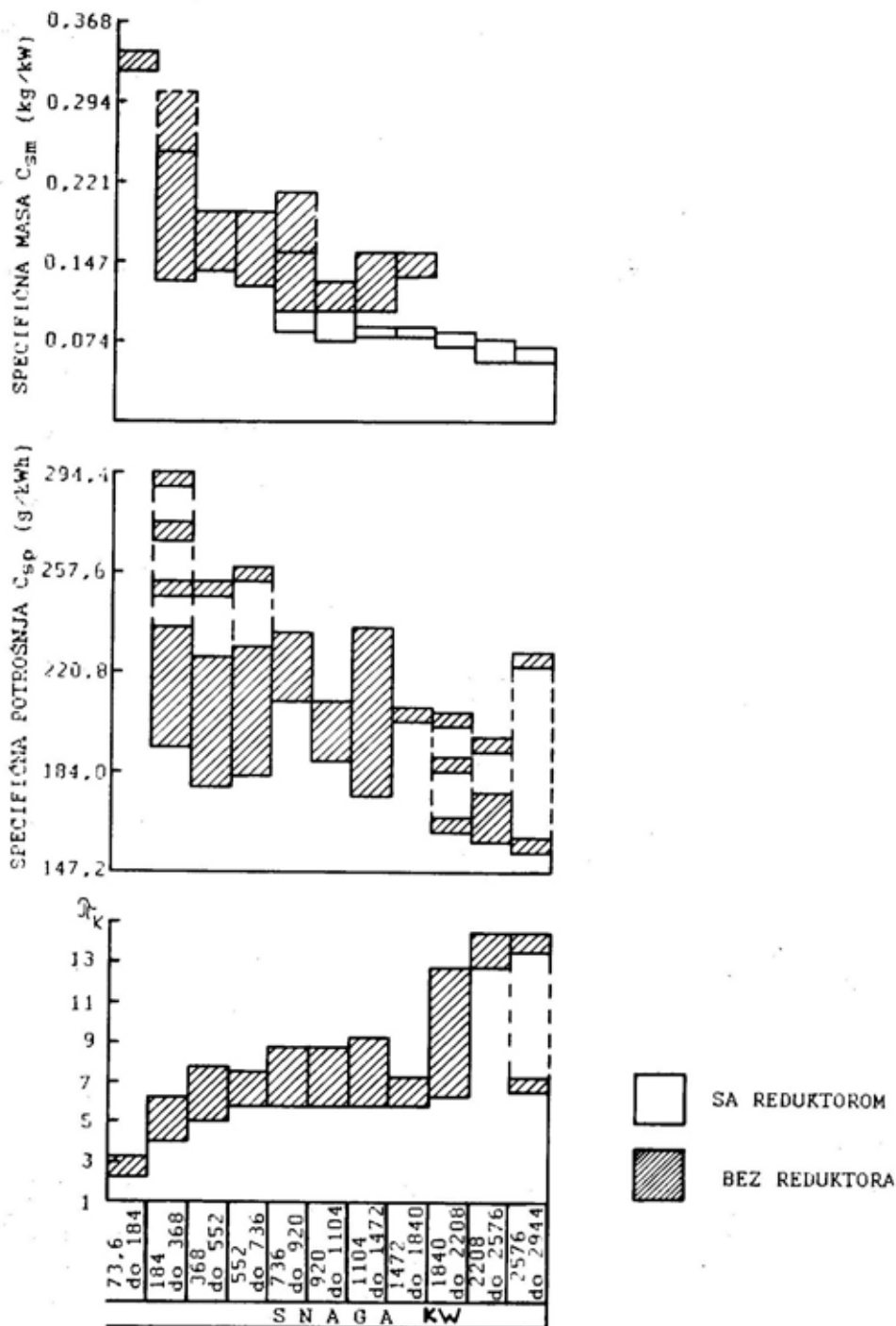
II — Analizom podataka sa slike 11 može se zaključiti:

a) Stepem sabijanja vazduha u kompresoru π_k raste sa povećanjem snage GTM. Povećanjem stepena sabijanja i stepena korisnosti kompresora, uz odgovarajući porast masenog protoka vazduha, postiže se poboljšanje ekonomičnosti GTM, u zavisnosti od porasta snage motora jedne familije.

b) Specifična masa GTM znatno se snižava pri povećanju njegovih dimenzija. To se teoretski tumači time što se pri geometrijskoj sličnosti, smanjenjem



Sl. 10 — Konstrukтивne karakteristike helikopterskih gasnih turbina u zavisnosti od opsega snaga



Sl. 11 — Zavisnost stepena sabijanja (π_k), specifične potrošnje (C_{sp}) i specijalne mase (C_{sm}), helikopterskih GTM u zavisnosti od opsega snage

svih dimenzija GTM, uz očuvanje gasodinamičke sličnosti, specifična masa smanjuje sa snižavanjem snage. Pri tome će se snaga menjati proporcionalno kvadratu linearnih dimenzija, a masa po kubnoj zavisnosti. Međutim, u praksi, smanjenje dimenzija GTM zahteva konstruktivno povećanje relativne debljine delova, zbog tehnoloških zahteva. Istovremeno, masa agregata i oprema po sistemima GTM (gorivo, ulje, vazduh), relativno raste. Pri svemu tome treba naglasiti da se istovremeno smanjuje i specifična snaga GTM, zbog pogoršanja stepena korisnosti toplotnih mašina smanjenih dimenzija. Time se objašnjava i povećanje specifične mase GTM malih snaga.

Korišćenjem reduktora, zbog povećane brzine obrtanja, dolazi do značajnog povećanja specifične mase.

Rezime

Prema dosadašnjim saznanjima i iskustvu, dalji razvoj GTM biće usmeren na tri osnovna pravca:

— razvoj novih konstruktivnih rešenja, na već postojećim GTM.

Razvoj će biti, prvenstveno, usmeren na povećanje efikasnosti kompresora i turbine, smanjenje specifične potrošnje i mase, poboljšanje performansi, povećanje veka rada (resursa) i pouzdanosti, poboljšanje pogodnosti za održavanje i remont, kao i uvođenje automatske regulacije goriva sa mikroprocesorima;

— razvoj novih materijala.

Za ispunjenje navedenih konstruktivnih zahteva, neophodno je razviti nove materijale koji moraju da zadovolje oprečne zahteve. Prema sadašnjim saznanjima, ovakve zahteve mogu da obezbede sledeći materijali:

- ▲ lake legure na bazi aluminijum — litijum;
 - ▲ legure titana;
 - ▲ superlegure na bazi nikla i kobalta;
 - ▲ kompozitni materijali;
 - ▲ materijali na bazi keramike;
- razvoj novih tehnologija.

Za razvoj novih materijala i njihovu obradu neophodne su nove tehnologije, kao što su:

- ▲ precizno livenje i kovanje;
- ▲ zavarivanje elektronskim snopom;
- ▲ indukciono zavarivanje;
- ▲ elektrohemijska obrada;
- ▲ toplo izostatičko presovanje;
- ▲ livenje lopatica turbine sa usmerenom kristalizacijom i monokristalom;
- ▲ nove zaštitne prevlake otporne na koroziju, toplotu i habanje.

Kroz dosadašnji razvoj licenci GTM u zemlji osvojena je većina navedenih tehnologija, što predstavlja kvalitetnu osnovu za dalja usavršavanja i eventualni domaći razvoj.

Literatura:

- [1] A. M. Izakson: Sovjetskoje vetroletostrojenje, Mašinstrojenje 1981.
- [2] A. I. Akimov: Aerodinamika i letnie karakteristiki vertoletov, Mašinstrojenje 1988.
- [3] B. A. Ponomarev: Nastojaščeje i budušeje aviacionih dvigateljej, V. I. M. O. SSSR 1982.
- [4] Casopisi — Gas Turbine World, — Aviation Week and Space Technology, — Journal of the American Helicopter Soc.
- [5] Publikacije firmi: TURBOMECA, ROLLS-ROYCE, GENERAL ELECTRIC, SNECMA, PR & WHITNEY, AEROSPATIALE, SIKORSKY, WESTLAND, BOEING I AVCO LYCOMING.
- [6] Dr S. Janković: Modeliranje univerzalne ispitne stanice za pouzdano i ekonomično ispitivanje helikopterskih gasnih turbina, Doktorska disertacija, 1991.

Jedan pristup projektovanju informacionih sistema na primeru segmenta IS Univerziteta Vojske Jugoslavije

U radu se izlaže jedan pristup projektovanju informacionih sistema. On se zasniva na funkcionalnoj dekompoziciji sistema, modeliranju podataka i implementaciji na relacionom sistemu za upravljanje bazom podataka. Pristup je ilustrovan na primeru jednog segmenta informacionog sistema (IS) Univerziteta Vojske Jugoslavije koji je u sferi razvoja. U uvodu se obrazlaže ovaj pristup, daju neki osnovni pojmovi i definicije. Sledi osvrt na metodološke osnove razvoja IS. Opisuje se metoda strukturne sistem analize (SSA), modeli podataka, prevođenje MOV u relacioni model i specifikacija pravila integriteta baze podataka. U prilogima se daju primeri implementacije u ORACLE RDBMS V.6.

Uvod

Rezultat projektovanja informacionog sistema (IS) jeste, pre svega, određeni softverski proizvod. Zato su svi problemi softverskog inženjstva i problemi projektovanja IS.

Već dvadesetak godina se govori o »softverskoj krizi«. Neki podaci koji ilustruju veličinu ove krize poslednjih godina mogu se naći npr. u [7]. Razni aspekti softverske krize davno su uočeni i podstakli su razvoj mnogih metoda razvoja softvera. Međutim, metode razvijene sedamdesetih godina nisu značajnije doprinele rešavanju problema softverske krize. Jedini izuzetak predstavlja prototipski razvoj uz pomoć jezika četvrte generacije [7].

Imajući u vidu ove činjenice u ovom radu se izlaže jedan pristup projektovanja informacionih sistema koji se zasniva na funkcionalnoj dekompoziciji pomoću *strukturne sistem analize* (SSA), a zatim integraciji podmodela (*»pogleda«*), koristeći semantički bogat model podataka — *model objekti-veze* (MOV) [3, 8].

Kao implementacioni model koristi se model podataka II generacije — *relacioni model*. Ovaj model, pored ostalog, pruža mogućnost primene jezika četvrte generacije koji omogućuju generisanje brzog prototipa. Pošto nemamo na raspolaganju objektnu (odnosno

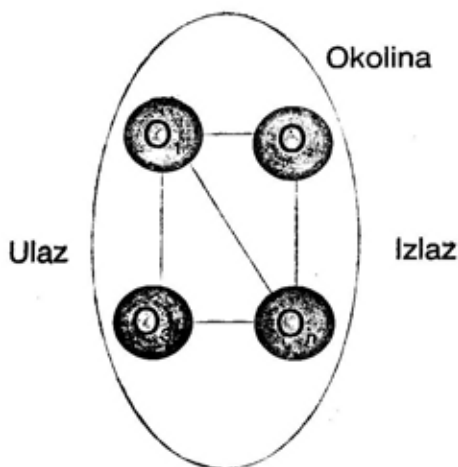
objektno-orijentisanu) bazu podataka ili CASE alat koji bi omogućio primenu objektno-transformacionog pristupa [7, 8], ovaj pristup je sasvim zadovoljavajuće rešenje.

Metodologija razvoja IS zahteva da se precizno definiše šta se pod pojmom informacionih sistema podrazumeva, koje su njegove funkcije i kakav je položaj u sistemu u kome deluje. Metodologija razvoja IS treba da bude opšta, primenljiva na sisteme bilo koje vrste, odnosno na neki opšti sistem. Zbog toga se u sledećem delu daju neki osnovni pojmovi i definicije.

Osnovni pojmovi i definicije

(1) *Sistem* je skup objekata i njihovih veza. Objekti u sistemu opisuju se preko svojih svojstava koja se nazivaju atributima. Na sl. 1 prikazana je opšta definicija sistema.

Granice sistema definišu skup objekata koji će se u tom sistemu posmatrati. Objekti nekog sistema su, naravno, povezani sa objektima van njegovih granica, a ovi sa nekim drugim daljim, i tako dalje. Zato je neophodno odrediti granice sistema koje izoluju objekte od interesa od okoline sistema. Dejstvo okoline na sistem naziva se ulaz, a dejstvo sistema na okolinu izlaz sistema.



Sl. 1 — Opšta definicija sistema

(2) *Informacija* je kapacitet povećanja znanja (I. Wilson).

(3) *Informacioni sistem* je sistem u kojem se veze između objekata i veze sistema sa okolinom ostvaruju razmenom informacija.

(4) *Podatak* je kodirana predstava o nekoj činjenici iz realnog sveta, on je nosilac informacije i služi za tehničko uobličavanje informacija, kako bi se one mogle sačuvati ili preneti.

(5) Da bi definisali osnovne koncepte baze podataka, navešćemo osnovne nedostatke klasične obrade podataka [4]:

- redundansa podataka;
- zavisnost programa od organizacije podataka;
- niska produktivnost u razvoju IS;
- pasivan odnos korisnika.

Rešavanje ovih problema klasične obrade dovelo je do razvoja sistema za upravljanje bazama podataka (SUBP).

(6) *Sistem za upravljanje bazama podataka* je složeni softverski sistem koji treba da omogućiti [4]:

- skladištenje podataka sa minimumom redundanse;

- korišćenje zajedničkih podataka od strane svih ovlašćenih korisnika;
- logičku i fizičku nezavisnost programa od podataka;
- jednostavno komuniciranje sa bazom podataka preko jezika bliskih korisniku.

U ovakvoj tehnologiji obrade, podaci su, umesto razbacani po nezavisnim datotekama, organizovani u jedinstvenu bazu podataka.

(7) *Baza podataka* je kolekcija međusobno povezanih podataka, uskladištenih sa minimumom redundanse, koje koriste, zajednički, svi procesi obrade u sistemu.

Tehnologija baza podataka omogućila je da se problem razvoja IS postavi na novi način.

Metodološke osnove razvoja informacionih sistema

Sistem se definiše kao skup objekata i njihovih međusobnih veza. Objekti u sistemu mogu biti fizički objekti, koncepti, događaji i drugo. U modelu nekog sistema objekti se opisuju preko svojih svojstava (*atributa*). Dejstvo okoline na sistem opisuje se preko *ulaza* u sistem, a dejstvo sistema na okolinu preko njegovih *izlaza*.

Slika (preuzeta iz [7]) pokazuje dinamičko ponašanje realnog sistema. U ovom slučaju stanje sistema opisuje fundamentalne karakteristike sistema. U jednom trenutku vremena ono predstavlja skup objekata sistema, skup njihovih međusobnih veza i skup vrednosti atributa objekata u tom trenutku vremena. *Izlazna transformacija* definiše neki način merenja ili posmatranja dinamičkog ponašanja realnog sistema i daje, na osnovu trenutnog stanja i trenutnih ulaza sistema, njegove izlaze [7].

Kao što se vidi sa slike 2., informacioni sistem predstavlja model real-

nog sistema u kojem deluje. Ovakav položaj informacionog sistema je bitno drugačiji od onog iz sedamdesetih godina koji se zasnivao na tzv. »upravljačkom« informacionom sistemu [3]. Slabost ovog pristupa proizilazi iz toga što su se metode razvoja IS zasnivale na tzv. »životnom ciklusu« IS koji predstavlja, detaljnije definisan, niz faza razvoja IS (planiranje razvoja, analiza i specifikacija zahteva, projektovanje, implementacija i održavanje). Osnovni problem u ovakvom pristupu je specifikacija zahteva korisnika [4].



Sl. 2 — Položaj informacionog sistema u odnosu na realni sistem

U informacionom sistemu, kao modelu realnog sistema (slika 2), osnovu čini baza podataka koja predstavlja fundamentalne, stabilne, sporo izmenljive karakteristike sistema, objekte u sistemu i njihove međusobne veze.

Zahvaljujući ovoj fundamentalnoj postavci BP time se dobrim delom zaoobilazi ključni problem u konvencionalnom pristupu razvoja IS, specifikacija zahteva za informacijama.

Dakle, postupak projektovanja se ne bazira na tim stalno promenljivim zahtevima, već na modeliranju fundamentalnih, stabilnih karakteristika sistema.

Ako je informacioni sistem model realnog sistema u kojem deluje, onda se projektovanje IS svodi na neku vrstu modeliranja realnog sistema, a za to su

nam neophodna neka intelektualna sredstva (alati) i to [3]:

1. *Model procesa* kao intelektualno sredstvo za opisivanje dinamike sistema, dejstva ulaza na stanje sistema i izlazne transformacije, preko programa nad definisanim modelom podataka.

2. *Model podatak* kao intelektualno sredstvo za prikazivanje objekata sistema, njihovih atributa i njihovih međusobnih veza (statičkih karakteristika sistema) preko logičke strukture baze podataka.

Imajući u vidu zadovoljavajući pristup razvoju informacionih sistema, istaknut u uvodu, faze projektovanja IS mogle bi biti:

- strukturna sistem analiza (SSA);
- formiranje modela realnog sistema koristeći semantički bogat model podataka model objektivne veze;
- prevođenje tako dobijenog modela u relacioni model koji će biti implementacioni model;
- realizacija u konkretnom softveru za upravljanje bazama podataka.

U nastavku ćemo prvo prikazati cilj i sredstva strukturne sistem analize, kroz ilustraciju na našem primeru.

Metoda strukturne sistem-analize

U projektovanju IS može se reći da precizna definicija zahteva korisnika, zahteva koje budući sistem treba da zadovolji, predstavlja bitan preduslov za uspešno projektovanje i implementaciju sistema. Osnovni cilj sistem-analize, kao prve faze projekta IS, upravo je specifikacija zahteva korisnika. Za ostvarenje ovog cilja, pored mnogo truda koji treba da uložimo, sistem-analitičari treba da imaju na raspolaganju i odgovarajuća sredstva za opis sistema i specifikaciju zahteva, tehnike za pri-

menu tih sredstava na sistematizovan i dosledan način i metode za izbor strategije i efikasnu organizaciju postupka sistem-analize [7].

U nastavku dajemo definicije opštih pojmova iz ove problematike, a zatim ukratko prikazujemo sredstva strukturne sistem-analize.

Opšti pojmovi [1]:

Cilj *analize* je otkrivanje, kao i opisanje funkcija sistema. Funkcija se opisuje u terminima: delova sistema, veza između delova sistema i veza delova sa okolinom.

Cilj *sistem-analize* (SA) isti je, s tim što predmet istraživanja predstavljaju kombinacije aktivnosti koje za neke ulaze podataka proizvode izlaze podataka koji imaju smisao (sadrže informacije).

Cilj *struktuirane* (dobro struktuirane) *sistem-analize* je opis funkcija u skladu strukturnosti, tj. cilj je da se sistem može opisati korišćenjem samo elementarnih operacija ili sekvencijom, selekcijom i iteracijom elementarnih operacija. Pored toga, SA opisuje logički tok podataka kroz informacioni sistem, kao i strukturu za svaki tok podataka.

Rezultat SA je FUNKCIONALNA SPECIFIKACIJA i nju koriste projektanti za proizvodnju detaljnih specifikacija.

Funkcija je proces koji koristi ulaz da bi proizveo izlaz. Elementarna funkcija nema podfunkcija i one su najniži nivo sistema koji se analizira.

Funkcionalna dekompozicija je tehnika koja se koristi za analizu funkcije. Najopštije rečeno, analiza funkcije sastoji se od dekompozicije tri dela funkcije:

1. dekompozicija ulaza u transakcije, podatke, zapise, grupe ili polja koje proces koristi;

2. dekompozicija izlaza u transakcije, zapise, grupe podataka ili elementarne podatke koje proces proizvodi;
3. dekompozicija procesa na operacije nad svakom komponentom ulaza, koje proizvode komponente izlaza.

Dakle, funkcionalna dekompozicija je analitička tehnika razvijanja funkcije na njene podfunkcije.

Standardna sistem-analiza (SSA) koristi ulaze da bi proizvela izlaze i transformiše ulaz u izlaz na razuman način. [1]

Ona omogućava:

- da se omeđi logički model i definiše specifikacija za IS korišćenjem dobro struktuiranih sredstava;
- da se celina IS sagledava sa aspekta toka podataka *intervjuisanjem korisnika*, jer oni sagledavaju celinu.

Sredstva strukturne sistem-analize

Strukturna sistem-analiza (SSA) nastala je kao odgovor na problem neadekvatne specifikacije zahteva korisnika pomoću klasičnih sredstava funkcionalne analize. Sredstva SSA predstavljaju osnovni alat sistem-analitičara, koji i sam mora da zadovolji određene zahteve. Prvo, to je precizno definisanje zahteva korisnika. Drugo, opis sistema i specifikacija zahteva predstavlja ulaz u sledeću fazu rada, projektovanja sistema. Stoga, sredstva sistem-analize treba da omoguće i formalizovanu specifikaciju zahteva, tako da ih je moguće automatizovati, sa krajnjim ciljem da se omogući automatsko generisanje aplikacije.

Sredstvo koje zadovoljava prvi od navedenih zahteva jeste dijagram toka podataka (DTP).

Dijagram toka podataka DTP prikazuje tokove podataka između procesa obrade, izvorišta i odredišta podataka, kao i internih skladišta podataka.

Sredstvo koje može zadovoljiti drugi zahtev je *rečnik podataka (RP)*, pomoću kojeg se opisuje sadržaj i struktura svih tokova podataka i skladišta podataka. Formalna sintaksa za opis pomenutih struktura može se videti u [7], i ona u ovom radu nije prikazana. Postojanje standardnih sredstava SSA je potreban, ali ne i dovoljan uslov za uspešno provođenje sistem-analize. Za to su potrebne i određene tehnike i metode. One u ovom radu nisu posebno razmatrane, pošto se ovaj pristup projektovanju IS zasniva, pre svega, na modelu podataka. U nastavku se daju elementi DTP kroz analizu jednog segmenta IS za praćenje uspeha slušalaca Vojne akademije.

Elementi DTP:

- proces,
- tok podataka,
- skladišta podataka,
- izvorišta i odredišta (interfejsi — spoljni objekti).

Većina sistema je složena i zahteva hijerarhijski opis, tj. podelu na podsisteme na više nivoa apstrakcija. Dakle, kao rezultat SSA dobijamo hijerarhijski organizovan skup DTP-a.

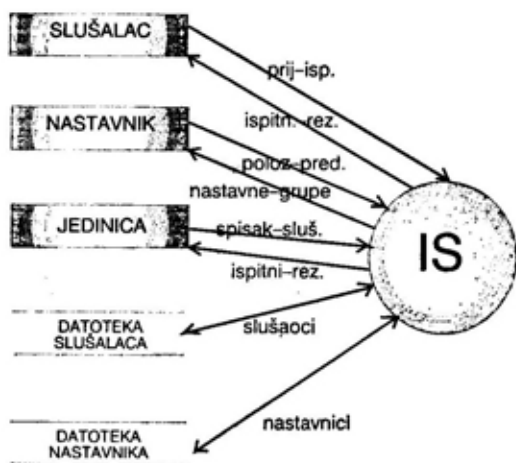
Dijagram konteksta je najviši nivo apstrakcije, prikazuje neto ulaze i izlaze i služi da ograniči domen posmatranja, tj. postavi granicu sistema (sl. 3).

Srednji nivo prikazuje podelu sistema na delove koji imaju smisla i lako su razumljivi, ali su još uvek prekrupni za detaljnu analizu (sl. 4).

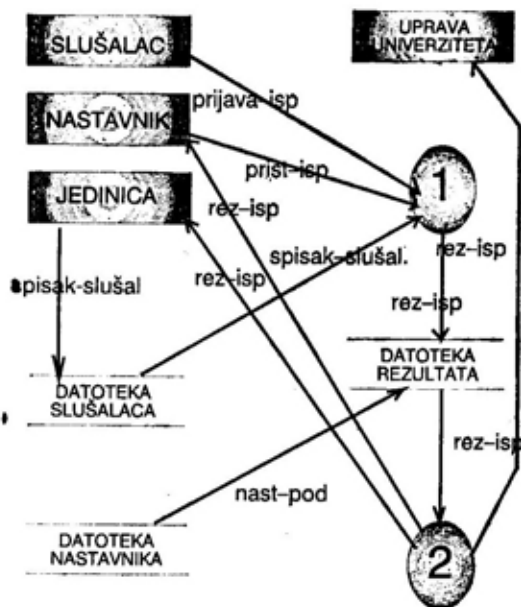
Primitivne funkcije su na najnižem nivou opisa funkcije. One ne moraju da se dalje dekomponuju, jer su potpuno razumljive (sl. 5).

Druga primitivna funkcija (sl. 6).

Dijagram konteksta

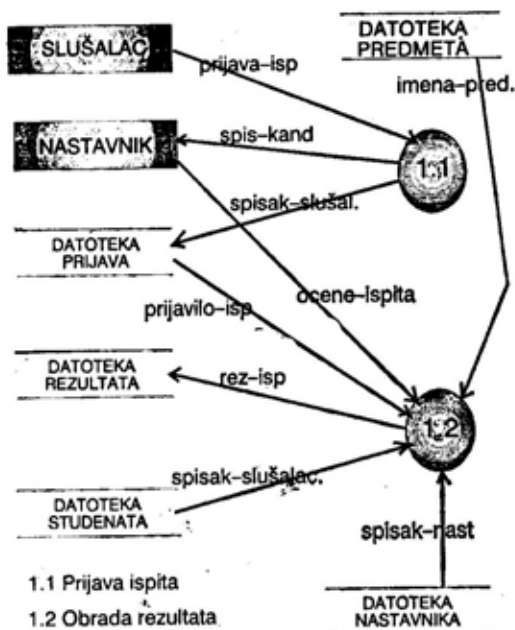


Sl. 3 — IS za praćenje uspeha slušalaca



1. Prikupljanje podataka i obrada
2. Izrada različitih vrsta izveštaja

Sl. 4 — Srednji nivo



1.1 Prijava ispita
1.2 Obrada rezultata

Sl. 5 — Primitivne funkcije

Sada, radi ilustracije, dajemo primer opisa strukture toka podataka (rezultati-ispita) i skladišta podataka (datoteka-slušalaca) prema sintaksi iz [7].

REZULTAT-ISPITA: < šif-predmeta, naziv-predmeta, ime-nastavnika, datum-ispita, {broj-indeksa, ime-slušaoaca, ocena}>

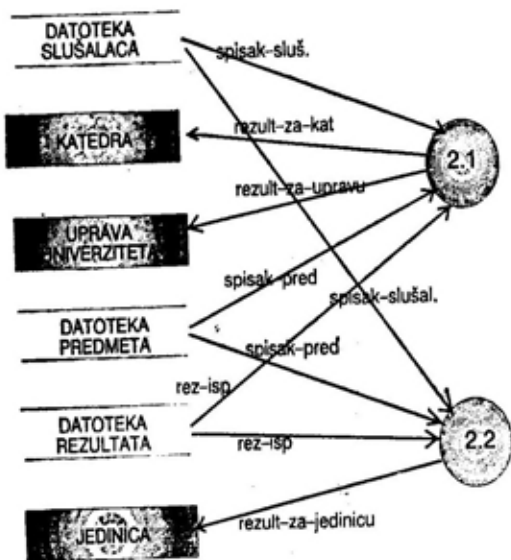
DATOTEKA-SLUŠALACA: {broj-indeksa, ime-slušaoaca, smer, {šifra-predmeta, datum-ispita, ocena-ispita}}

Rečnik podataka se dalje koristi za definisanje modela objekti veze. Naravno, za izradu MOV koriste se i dodatna znanja o realnom sistemu, što će se videti u sledećem poglavlju.

Modeli podataka

Model podataka je intelektualno sredstvo za opis statičkih karakteristika sistema, opis karakteristika sistema u nekom stacionarnom stanju. Stacionarno stanje nekog sistema karakteriše se skupom zavisnosti koje postoje između objekata sistema. Ove zavisnosti se, u modelu podataka, mogu predstaviti bilo strukturom podataka, bilo skupom ograničenja na vrednosti podataka. Pored toga, neophodno je definisati i skup operacija modela podataka, da bi se preko njih, u modelima procesa, mogla opisati i dinamika realnog sistema. Interpretacija podataka se u nekom modelu podataka ostvaruje kroz tri njegove osnovne komponente [7]:

1. *strukturu modela*, odnosno skup koncepata za opis objekata sistema njihovih atributa i njihovih međusobnih veza;
2. *ograničenja* — semantička ograničenja na vrednosti podataka koja u svakom stacionarnom stanju moraju biti zadovoljena. Ova ograničenja se, obično, nazivaju pravilima integriteta modela podataka.
3. *operacije* nad konceptima strukture, pod definisanim ograničenjima, preko kojih je moguće opisati dinamiku sistema u modelima procesa.



2.1 Izveštavanje za katedre i upravu
2.2 Izveštavanje za klase

Sl. 6 — Primitivne funkcije

Apstrakcija podataka

Glavni problem u opisivanju realnih sistema je njihova složenost. Opšti metodološki pristup za rešavanje ovog problema je *apstrakcija*, odnosno kontrolisano uključivanje detalja. Postupak inverzan apstrakciji je detaljisanje.

I u *modeliranju podataka* i u *modeliranju procesa* koristi se princip apstrakcije. U *modeliranju podataka* definišu se različite *apstrakcije podataka*, a u *modeliranju procesa* tzv. *proceduralne apstrakcije* [7]. Radi razmatranja modela podataka ovde se apstrakcije podataka ukratko definišu.

● *Klasifikacija (tipizacija) i uzorkovanje*. Klasifikacija ili tipizacija je apstrakcija u kojoj se skup sličnih objekata predstavlja jednom klasom objekata, odnosno svaki objekat iz posmatranog skupa odgovarajućim *tipom* objekata [7]. Slični objekti su oni koji imaju iste attribute, koji mogu da stupe u iste veze sa drugim objektima u sistemu i na koje se mogu primeniti iste operacije. Postupak detaljisanja za ovu operaciju naziva se *uzorkovanje*.

● *Generalizacija i specijalizacija*. *Generalizacija* je apstrakcija u kojoj se skup sličnih tipova objekata predstavlja opštijim generičkim tipom (nadtipom). *Specijalizacija* je inverzni postupak u kome se za neki tip navode njegova moguća pojavljivanja (tip se specijalizuje u podtipove) [7].

● *Agregacija i dekompozicija*. *Agregacija* je apstrakcija u kojoj se skup tipova objekata i njihovih veza tretira kao jedinstven agregirani tip objekta. Postupak inverzan agregaciji naziva se *dekompozicija*.

Navedeni tipovi apstrakcije biće ilustrovani na primerima kroz prikaz modela objekti-veze.

Očigledno je da modeli podataka treba (poželjno je) da podrže sve apstrakcije podataka, kao i da se mogu lako realizovati, na implementacionom

nivou. Prema tome, svaki model podataka treba da zadovolji dva bitna kriterijuma:

1. da poseduje koncepte pogodne za modeliranje realnih sistema,
2. da se njegovi koncepti, struktura, ograničenja i operacije mogu jednostavno implementirati na računaru.

Na osnovu toga kako zadovoljavaju ova dva kriterijuma izvršena je klasifikacija modela podataka u sledećem poglavlju.

Generacije modela podataka

Prvu generaciju čine klasični programski jezici (jezici treće generacije) u kojima se apstrakcije podataka realizuju preko tipova podataka kojima raspolažu. Ovde je problem što su koncepti ovih programskih jezika veoma daleko od objekata realnog sistema, pa treba dosta softverskog napora i umeća da bi se informacioni sistem implementirao.

Drugu generaciju čine tri klasična modela baze podataka: hijerarhijski, mrežni i relacioni model. Oni, u osnovi, koriste iste apstrakcije podataka kao i modeli prve generacije. Pored toga, u njima je moguće eksplicitno definisati specifične načine povezivanja rekorda, odnosno bazu podataka kao skup međusobno povezanih podataka, znatno moćnije (makro) operacije, a ponekad i eksplicitno definisati specifične vrste ograničenja na vrednosti podataka [7]. Nedostaci klasičnih modela podataka su [9]:

- klasični modeli podataka su, u osnovi, rekord-orijentisani (bliži su konceptima računara, nego korisniku);
- mali broj modelirajućih koncepata;
- nedostatak koncepata za modeliranje apstrakcije (generalizacije i agregacije);

- otežana specifikacija ograničenja.

Međutim, postoje komercijalno raspoloživi softveri, SUBP, za njihovu direktnu implementaciju na računaru. Zbog toga se najpopularniji predstavnik ove generacije — relacioni model koristi i kao implementacioni model u ovom radu.

Treću generaciju čine takozvani semantički bogati modeli podataka i objektni modeli podataka (model objekti-veze, Semantic Data Model (SDM), prošireni relacioni model, semantičke mreže, i mnogi drugi), kao i različiti objektno orijentisani modeli podataka. Osnovne karakteristike koncepata za modeliranje u semantičkim modelima podataka su:

- koncepti su korisnički orijentisani,
- dopuštaju projektantu da predstavi objekte od interesa i veze između njih, slično pogledu korisnika na njih;
- podržavaju sve mehanizme apstrakcije (klasifikacije, generalizacije i agregacije);
- dozvoljava notaciju »izvedenih podataka«;
- svojstvo nasleđivanja unutar generalizacije hijerarhije.

Objektno orijentisani modeli [10] razvijeni su sa ciljem da prošire standardni domen primene SUBP, i tzv. »inženjerske aplikacije« (CAD/CAM, CASE, i slično). Oni uvode dinamiku u korisnički definisane objekte kroz standardne i korisnički orijentisane operacije (metode). Nivo apstrakcije, potreban za specifikaciju složenih objekata koji se u ovim aplikacijama javljaju, ostvaruje se mehanizmima, preuzetim iz objektno-orijentisanih jezika, koji omogućuju izvođenje operacija sa složenim objektima kao celinom.

Pošto se u ovom radu razmatraju, pre svega, informacioni sistemi u po-

slovnom okruženju čija je polazna tačka integralni semantički bogat model podataka, čijom se implementacijom dobija opšte upotrebljiva baza podataka, mi ćemo konceptualno modeliranje upravo i zasnivati na semantičkim modelima podataka.

Može se reći da semantički modeli podataka smanjuju semantički jaz između koncepata realnog sistema koga IS modeluje i koncepata implementacionog sistema na koje se koncepti realnog sistema moraju svesti prilikom implementacije. U tom smislu u nastavku se opisuje najpopularniji i u praksi najviše korišćeni predstavnik ove generacije *model objekti-veze*.

Model objekti-veze

Model objekti-veze (izvorno entity-relationship model — ERM) koji je prvi put objavljen u Chenovom članku [11] jedan je od prvih i najpopularnijih semantičkih modela podataka. Ovaj model se kraće naziva MOV ili ERM. Upotreba ERM dovela je do tzv. ER pristupa u projektovanju informacionih sistema i softverskom inženjerstvu. Početne motivacije za razvoj ER pristupa su:

- (1) potreba za jedinstvenim modelom podataka;
- (2) potreba za metodologijom logičkog projektovanja baze podataka (BP);
- (3) potreba za prevodenjem podataka između različitih DBMS-a [12].

Glavni razlozi za dalju široku primenu i popularnost ER pristupa su:

- (1) koncepti ERM (objekti, veze, atributi) jesu jednostavni, laki za razumevanje, ali prirodni i snažni koncepti za modeliranje i percepciju realnog sveta;
- (2) on pokazuje da tri konvencionalna (hijerarhijski, mrežni i relacioni) modela podataka mo-

gu biti izvedeni iz semantički bogatijeg — ER modela;

- (3) koncepti ER modela su formalizovani i predstavljaju osnovu za dalje istraživanje [12].

Učesnici 5. Internacionalne konferencije o ER pristupu, (Dijon, Novembar 1986), jesu istakli i sledeće prednosti ER pristupa:

- konstrukti ER pristupa pogodniji su za konceptualno modeliranje od drugih modela podataka. Tako, relacioni model usmerava pažnju ljudi sa realnog problema na stvari koje nisu važne (kao što je normalizacija);
- ER pristup, takođe, eksplicitno podržava strukturu posmatranih objekata ne samo u terminima objekata već, takođe, atributa i veza (koji su često odsutni kod drugih modela podataka);
- ER pristup omogućuje i strukturu atributa, što je korisno, jer često atribut na prvi pogled nije atomski;
- ER pristup dopušta top-down pristup sistem analizi. On omogućuje prvo uočavanje najvažnijih objekata, koji se tada obogaćuju sa atributima i kasnije normalizovanim strukturama podataka;
- ER pristup je vrlo korisna tehnika za planiranje razvoja informacionih sistema. On pomaže odgovoru na pitanje koju fazu (segment) prvo implementirati;
- jedna značajna prednost ER pristupa u odnosu na relacioni model je izražajna snaga ER dijagrama;
- ER pristup čini, takođe analizu događaja u sistemu lakšom. Analitičari npr. mogu videti kako poslovni događaji utiču na poslovne objekte u terminima operacija kreiranja, ažuriranja i brisanja;

- popularnost ER pristupa kod softverskih projekatata je u porastu, i on je geografski univerzalan. Zbog toga je relativno sigurna komercijalna investicija.

Sve to je, svakako, uticalo na izuzetnu popularnost i interesovanje za MOV (ERM) i ER pristup uopšte, kako u akademskim, tako i u poslovnim krugovima. To se, naravno, odrazilo na obim i intenzitet istraživanja na ovom polju. Posledica toga je razvoj velikog broja CASE alata koji podržavaju razvoj IS uz konceptualno modeliranje podataka upotrebom MOV, kao i DBMS zasnovanih na MOV. Treba reći da postoji više različitih verzija MOV, počev od originalne verzije [11] do verzija sa veoma bogatim različitim konceptima (npr. [13]). U ovom radu koristi se verzija iz [3]. U nastavku se MOV opisuje kroz prikaz strukture, ograničenja i operacija.

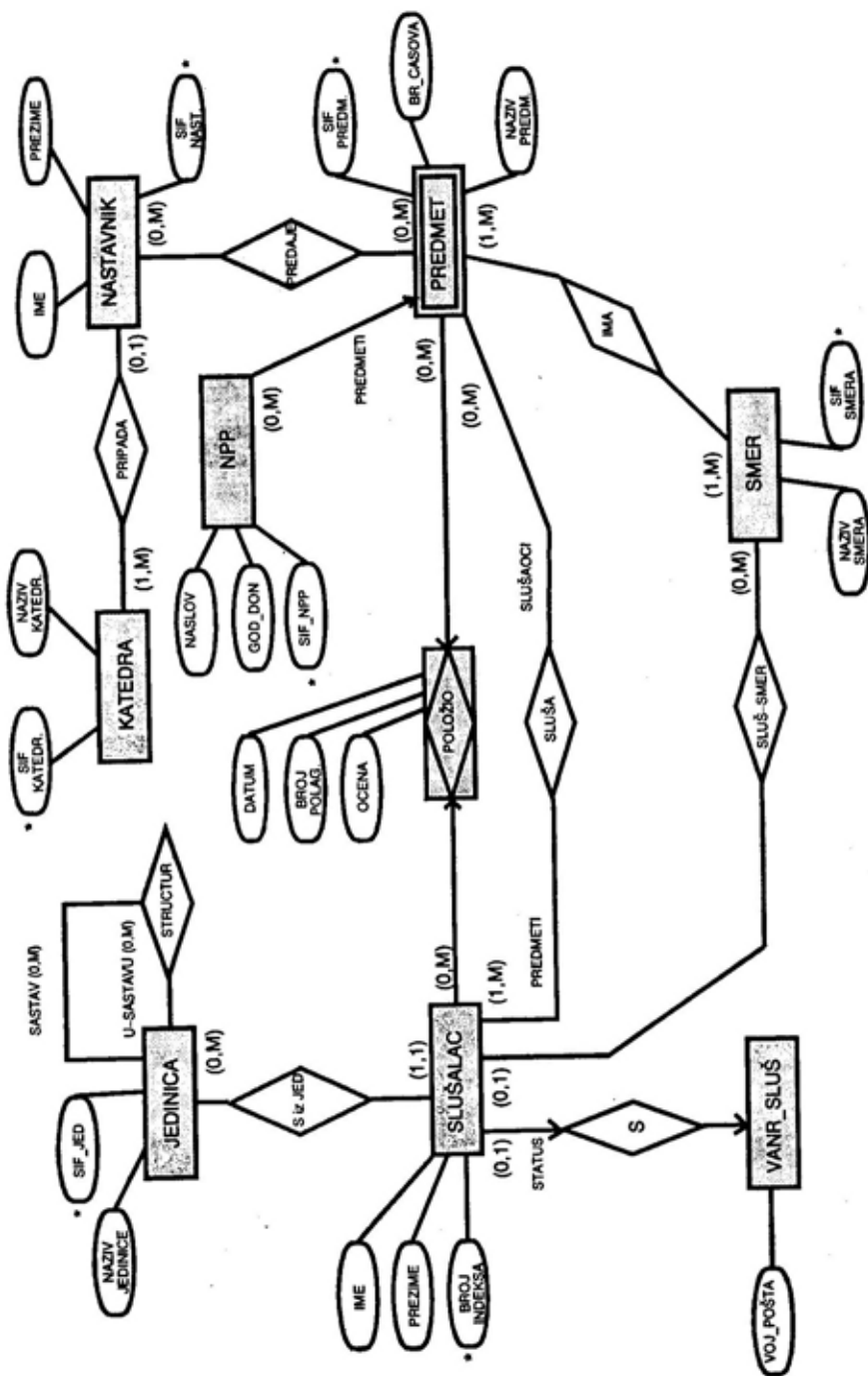
Struktura modela objekti-veze

Struktura modela objekti-veze predstavlja se *dijagramima objekti-veze (DOV)*.

Na sl. 7 se vidi DOV za konkretni primer koji ćemo koristiti u daljem tekstu. U modelu se vide osnovni koncepti ovog modela podataka.

U MOV sistem se opisuje kao skup objekata i njihovih veza. Pojedinačni objekti (entiteti) u sistemu se klasifikuju (apstrakcije, klasifikacije-tipizacije) u tipove objekata. Tip objekta je opšti predstavnik neke klase, a svaki pojedinačni objekat predstavlja jedno pojavljivanje (primerak) datog tipa. Tipovi objekata u našem primeru (sl. 7) su npr. jedinica, slušalac, nastavnik, i dr.

Veze u modelu opisuju način povezivanja objekata. Svaki tip veze između dva objekta definiše dva preslikavanja, preslikavanje sa skupa pojavljivanja prvog objekta u skup pojavljivanja drugog objekta i (inverzno) preslikavanje sa skupa drugog objekta u skup prvog



Sl. 7 — Model objekti — veze

objekta. Svakom preslikavanju u vezi mogu se dodeliti imena.

Npr. veza SLUŠA ima preslikavanje

PREDMETI: SLUŠALAC → PREDMET (za svakog slušaoca daje predmete koje sluša),

SLUŠALAC: PREDMET → SLUŠALAC (za svaki predmet daje slušaoca koji ga slušaju).

Ovde se može uočiti da postoji mogućnost uspostavljanja više tipova veza između istih tipova objekata (veze SLUŠA i POLOŽIO između objekata SLUŠALAC I PREDMET).

Jedna od bitnih karakteristika veza između objekata je *kardinalnost preslikavanja* koja ga čine. Na primer, kardinalnost preslikavanja definiše se parom (DG, GG), gde je DG (donja granica) daje najmanji mogući, a GG (gornja granica) najveći mogući broj pojavljivanja tipa objekta PREDMET za jedno pojavljivanje tipa objekta SLUŠALAC.

Ovde mora biti zadovoljen uslov $DG \leq GG$.

Svaka binarna veza definisana je sa dva preslikavanja. Nazivi ovih preslikavanja znatno opterećuju sam DOV, a koriste se tek kasnije pri pretvaranju modela objekti-veze u relacioni model i pri razvoju aplikacija. Zbog toga se u DOV unose obično samo nazivi veza i kardinalnost preslikavanja.

Atribut i domen. Objekti u sistemu opisuju se preko svojih ATRIBUTA (svojstava). Na primer, atributi objekta SLUŠALAC su IME, PREZIME, BR_IND. Atributi uzimaju vrednost iz skupa mogućih vrednosti. Ovi skupovi se nazivaju domenima.

Npr. atribut BR_IND uzima vrednosti iz skupa mogućih brojeva indeksa. Uz određene pretpostavke imena atributa i domena mogu se izjednačiti, što je i učinjeno na sl. 7.

Atribut se formalno može predstaviti kao preslikavanje iz skupa objekata datog tipa u skup vrednosti (domen).

U zavisnosti od kardinalnosti preslikavanja, postoje različite vrste atributa:

a) jednoznačni atribut objekta ($DG = 1$ i $GG = 1$);

b) identifikator objekta (i kod inverznog preslikavanja $DG = 1$ i $GG = 1$);

c) višeznačni atribut ($DG = 1$ i $GG = M$).

Uslov za postojanje atributa je $DG > 0$. Ovde se može uočiti razlika između koncepta veze i koncepta atributa.

Veza definiše dva preslikavanja, direktno i inverzno, između dva tipa objekta, a atribut preslikavanja između tipa objekta i odgovarajućeg domena.

Pored navedenih koncepata postoje drugi koncepti MOV koji služe za semantički bogatiji opis realnog sistema:

— *slabi objekat* je onaj koji zavisi od nekog drugog objekta i u sistemu ne može da se identifikuje nezavisno od tog objekta (*identifikaciona zavisnost*) [3].

Primer slabog tipa objekta je predmet (sl. 7). Na primer, ne radi se o istom pojavljivanju »matematike« za redovno i vanredno školovanje (pošto se radi o dva različita nastavna plana i programa). Ovo ima za posledicu da je tip objekta Predmet identifikaciono zavistan od tipa objekta NPP;

— *generalizacija i specijalizacija (podtipovi)*. Ovaj vid apstrakcije je već definisan a u MOV ima eksplicitnu podršku. Na primer, specijalizacijom tipa objekta slušalac dobili smo podtip vanredni slušalac (VANR-SLUŠ). To znači da je svaki vanredni slušalac i slušalac (veza S), i da nasleđuje sve atribute svoga nadtipa (slušalac), kao i da može imati dodatne (vojna pošta). Naravno, u skladu sa ovim tipom apstrakcije podtip nasleđuje i sve veze i preslikavanja svoga nadtipa.

Definisanjem podtipova može se razrešiti problem tzv. opcionih atributa ($DG=0$ kao i u pojedinim slučajevima višeznačnih atributa ($GG>1$) [17];

— *agregirani ili mešoviti tip objekat-veza*. Ovaj tip podržava koncept agregacije u MOV. Ovaj koncept je implicitno uveden u MOV preko koncepta atributa (objekat je agregacija njegovih atributa). U ovoj verziji MOV problem višestrukih veza i atributa veza razrešava se upotrebom ovog koncepta (ova verzija modela dozvoljava samo binarne veze i nema koncept atributa veze). U našem primeru agregacija položio (sl. 7) nastala je kao posledica postojanja atributa odnosa (veze) između slušaoca i predmeta.

Ograničenja u modelu objekti-veze

Samom strukturom MOV definišu se ograničenja — kardinalnost preslikavanja. Međutim, postoje i mnogo složenija semantička ograničenja koje je nemoguće ili nepraktično prikazati strukturom MOV. Zbog toga se može definisati jezik za njihovu specifikaciju [7, 14, 15]. Ova ograničenja mogu se podeliti na sledeće vrste:

- (1) ograničenja na domene atributa;
- (2) vrednosna ograničenja;
- (3) strukturna ograničenja.

Međutim, specifikacija ovih ograničenja nije dovoljna za specifikaciju IS, neophodno je uz svako ograničenje specificirati i akciju koju treba preduzeti kada je neka operacija nad bazom podataka narušila ovo ograničenje. Definicija ograničenja, zajedno sa akcijom koju treba preduzeti kada je ono narušeno, naziva se pravilom integriteta [14]. U ovom radu specifikacija pravila integriteta daje se u implementacionom (relacionom) modelu, tako da nije učinjeno proširenje MOV u ovom smislu. Prava dobit od specifikacije ovih ograniče-

nja u MOV bila bi ako bi se MOV tretirao kao izvršna specifikacija. Naravno, za tako nešto neophodan nam je odgovarajući CASE alat koji bi podržavao ovakav pristup. [15].

Operacije u modelu objekti-veze

Operacije za rukovanje podacima na nivou MOV nisu bile odgovarajuće definisane u vremenu nastanka samog modela. Prvi radovi se, uglavnom, koncentrišu na prikaz upotrebe sredstava za opisivanje sistema upotrebom MOV. Kasnije je predloženo niz različitih jezika za rukovanje (manipulaciju) podacima u okviru MOV. Mada postoji niz radova, nije usaglašeno šta je osnova za manipulaciju, odnosno koji tipovi mogu biti operandi. Većina radova ne daje potpun skup operatora nad strukturom MOV.

Operacije kojima se generišu tipovi objekata (sa svojim atributima) i tipovi veza su statičke prirode — njima se definiše struktura modela. Ove operacije se, najčešće, zadaju preko nekog interfejsa (editora), mada može biti i tekstualni specifikacioni jezik za opis strukture MOV.

Dinamičkim operacijama vrši se »oživljavanje« modela. Njima se tipovi objekata i veza tretiraju kao ekstenzije — skupovi objekata i veza. Dakle, ove operacije MOV se definišu nad objektima i vezama kao osnovnim konceptima ovog modela podataka. To su standardne operacije:

— *ubacivanje (kreiranje) objekta*. Ovom operacijom se kreira objekat koji pripada određenom tipu objekta. Argument za ovu operaciju je skup imenovanih vrednosti za odgovarajuće ključeve (jedan za regularni, a dva ili više za slabi ili agregirani objekat) i skup imenovanih vrednosti odgovarajućih atributa;

— *izbacivanje (uništavanje) objekta*. Ovom operacijom izbacuje se objekat, određeni tip objekta, iz baze. Ne-

ophodan argument za ovu operaciju je jedinstveni identifikator (ključ) objekta;

— *ažuriranje objekta*. Ovom operacijom ažuriraju se vrednosti atributa objekta. Argument za ovu operaciju je identifikator objekta i skup imenovanih vrednosti koje predstavljaju vrednosti ažuriranih atributa;

— *selekcija objekata*. Ovom operacijom izdvajaju se objekti koji zadovoljavaju neki uslov. Dakle, ova operacija kao argument prihvata funkciju čija je funkcionalnost *objekat* \rightarrow *boolean* i na osnovu nje izdvaja objekte koji se evaluacijom ove funkcije preslikavaju u istinitosnu vrednost;

Projekcija objekta. Ova operacija je posebno pogodna za generisanje izveštaja. Možemo reći da ona izdvaja podskup atributa od tipa objekta koji je u ulozi operanda. Ako uzmemo da se interno formira nov tip objekta sa ovim podskupom atributa, onda se ovom operacijom vrši svojevrсна generalizacija tipa objekta. Kao argument ova operacija prihvata listu atributa i specifikaciju objekta nad kojim se izvršava.

— *povezivanje dva objekta (kreiranje veze)*. Ova operacija kao argument prihvata specifikacije objekata koje treba povezati i naziv uloge jednog od specificiranih objekata u toj vezi;

— *razvezivanje dva objekta (izbacivanje veze)*. Ova operacija prihvata iste argumente kao i prethodna i vrši razvezivanje specificiranih objekata.

Sama struktura MOV i ograničenja definisana samom strukturom (DOV) ili posebnim jezikom za specifikaciju ograničenja definiše semantiku ovih operacija u smislu da su posle njihovog izvršenja zadovoljeni svi uslovi integriteta. Kako se u ovom radu MOV implementira prevodjenjem u relacioni model, detaljnija specifikacija skupa ovih operacija neće biti ni data.

Međutim, predvođenje mora rezultovati ne samo u strukturi relacionog modela, već treba da dâ i skup ograni-

čenja i procedura zadovoljavanja integriteta odgovarajućih operacija MOV [4]. Zbog toga, u sledećem delu se i daje primer specifikacije održavanja integriteta na nivou implementacionog (relacionog) modela.

Dakle, može se uočiti da model objekti-veze predstavlja samo *intelektualni alat* za definisanje modela podataka realnog sistema, odnosno za opisivanje skupa povezanih objekata realnog sistema i događaja u njemu preko jednog složenog apstraktnog tipa podataka (strukture podataka, ograničenja i operacija). Dok sam *intelektualni alat* može biti manje ili više formalan, postupak modeliranja realnog sistema je uvek *veština* (umetnost), zavisi od sposobnosti, znanja i iskustva analitičara i ne mogu se dati strogo formalna pravila modeliranja koja bi vodila do jedinstvenog modela složenog realnog sistema, bez obzira na to ko vrši modeliranje. Mogu se dati samo opšte metodološke preporuke, opšti metodološki pristupi, kao pomoć u ovom složenom poslu.

Relacioni model

Ranije je istaknuto da se u početnim fazama razvoja (I) nastoji obuhvatiti što više semantike realnog sistema, pa se koriste semantički bogati modeli podataka (u ovom radu MOV). Za takve modele ne postoje komercijalno raspoloživi softveri, koji bi ih učinili implementacionim (izvršnim). Semantički bogati modeli se zato prevode u semantički manje bogate modele (u ovom radu relacioni) koji su podržani komercijalnim softverom. Ovde je, kao implementacioni model, izabran relacioni model kao najpopularniji model druge generacije, koji najlakše podržava prototipski razvoj korišćenjem jezika četvrte generacije i CASE alata. Dalje se prikazuje postupak prevodenja MOV u relacioni model i specifikacija statičkih i dinamičkih integriteta, kao i primeri implementacije u ORACLE bazi podataka.

Prevođenje modela objekti-veze u relacioni model

Prevođenjem modela objekti-veze u relacioni model treba da se definiše:

- *relaciona šema*, odnosno skup relacija preko koga se implementira struktura modela objekti-veze, sa definisanim ključem za svaku relaciju;

- *uslovi integriteta* za svaki spoljni ključ dobijene relacione šeme. Preko ovih uslova integriteta implementiraju se oni koncepti strukture modela objekti-veze (veze i njihova kardinalnost, odnosi tipova i podtipova, odnosi agregacije i objekata koje ih čine, kao i odnosi jakih i slabih objekata) koje nije moguće implementirati strukturom relacionog modela (relacionom šemom).

- *način ostvarivanja uslova integriteta*, odnosno skup akcija nad bazom podataka, koje treba preduzeti pre ili posle svake operacije održavanja baze podataka (dodavanja, izbacivanja svakog objekta ili veze i izmene vrednosti identifikatora objekta).

Pravila za konstruisanje relacione šeme: [3].

Objekti. Posmatra se redom svaki objekat u modelu i sve njegove neposredne veze i postupa na sledeći način:

(1) svaki objekat postaje relacija,

(2) atributi ove relacije:

- svi atributi objekta;
- identifikator svih objekata koji su u vezi sa posmatranim objektom, prema kojima preslikavanje ima kardinalnost (1.1.);
- identifikator nadtipa, ako je posmatrani objekat podtip;
- identifikator nadređenog objekta ako je posmatrani objekat slabi objekat;
- identifikator objekta koji čine agregaciju ako je posmatrani objekat agregacija;

(3) ključ relacije je:

- identifikator objekta za objekte koji nisu podtipovi, agregacije ili slabi objekti;
- identifikator nadtipa, ako je posmatrani objekat podtip;
- složeni ključ koji se sastoji od svih identifikatora agregirajućih objekata, osim jednog od onih koji ulaze u agregaciju sa preslikavanjem $GG = 1$, za agregirani objekat;
- složeni ključ koji se sastoji od identifikatora nadređenog objekta i atributa slabog objekta koji, jednostavno, identifikuje jedno preslikavanje slabog objekta u okviru jednog pojavljivanja nadređenog, za slabe objekte.

Veze. Gornjim pravilima za prevođenje objekta u relacije već su u relacionom modelu implementirane sve veze koje imaju bar jedno preslikavanje sa kardinalnošću (1.1), sve veze agregirajućih prema agregiranim objektima, veze nadtipova i podtipova i veze nadređenih i podređenih objekata. Nisu implementirane veze u kojima nijedno preslikavanje nema kardinalnost (1.1).

- Veze u kojima oba preslikavanja imaju $GG > 1$ ($=M$) postaju relacije. Atributi ove relacije su identifikatori objekata koji su u vezi i oba čine složeni ključ relacije.
- Veze u kojima jedno preslikavanje ima kardinalnost (0,1), a drugo $GG > 1$ ($=M$) postaju relacije. Atributi ovakvih relacija su identifikatori objekata koji su u vezi, a ključ je identifikator objekta čije preslikavanje ima kardinalnost $GG > 1$ ($=M$).
- veze u kojima oba preslikavanja imaju kardinalnost (0,1) postaju relacije. Atributi ovakvih

relacija su identifikatori objekata koji su u vezi i oba su kandidati za ključ.

Pridržavajući se navedenih pravila, prevođenje MOV-a bi izgledalo:

(1) Objekti KATEDRA, NASTAVNIK, SMER, JEDINICA, NPP nisu ni slabi, ni agregacije, ni podtipovi. Oni nemaju ni u jednoj vezi preslikavanja sa kardinalnošću (1,1) prema drugim objektima. Zbog toga odgovarajuće relacije imaju samo atribute tih objekata, a ključevi su im njihovi identifikatori.

KATEDRA (ŠIF KATEDR, NAZIV_KATEDR),

NASTAVNIK (ŠIF NAST, IME, PREZIME),

SMER (ŠIF SMER, NAZIV_SMER),

JEDINICA(SIF_JED, NAZIV JED).

NPP (SIF NPP, GOD_DON, NA-SLOV)

(2) Objekat SLUŠALAC nije ni slab, ni agregacija, ni podtip, ali ima preslikavanje S iz JED sa kardinalnošću (1,1), pa se identifikator objekta JEDINICA(SIF-JED, NAZIV JED) prenosi kao atribut u njemu ogovarajuću relaciju.

SLUŠALAC (BR_IND, IME, PREZIME, ŠIF_JED)

(3) Objekat POLOŽIO je agregacija objekata SLUŠALAC i PREDMET. Nije u vezi ni sa jednim drugim objektom:

POLOŽIO(BR IND, ŠIF PRED, ŠIF NPP, DATUM, OCENA, BR_POL)

(4) Objekat VANR_SLUŠ je specijalizacija od objekta SLUŠALAC pa, prema tome, on nasleđuje sve atribute svog nadtipa, a začinjava i svoje:

VANR_SLUŠ(BROJ_IND, IME, PREZIME, ŠIF JED, VOJ POŠ)

(5) Objekat PREDMET je identifikaciono zavisian od objekta NPP, pa, prema tome, ne može da se identifikuje nezavisno od jakog objekta NPP.

PREDMET(ŠIF NPP, ŠIF_PREDM, BR_ČASOVA, NAZIV_PREDMETA)

(6) *Veza struktura* je veza između istih tipova entiteta, pa se oba preslikavanja imenuju i ulaze kao imena atributa relacije STRUKTURA (čiji je domen ključ tipa entiteta JEDINICA — šif jed).

STRUKTURA(SASTAV, U_SASTAVU)

Pri prevođenju veza u relacioni model usvaja se sledeća konvencija za imenovanje relacija:

(7) Za veze čija oba preslikavanja imaju $GG > 1$ (=M), dobijamo

SLUŠA(BR IND, ŠIF PRED)

PREDAJE(ŠIF NAST, ŠIF PRED)

IMA(ŠIF SMER, ŠIF PRED)

(8) Za vezu između objekta NASTAVNIK i KATEDRA čije jedno preslikavanje PRIPADA ima kardinalnost (0,1), a drugo (1,M), dobija se:

PITOMAC IZ SMERA(ŠIF SMERA, BROJ_IND)

PRIPADA(ŠIF_KATEDR, ŠIF_NAST)

Treba reći da primenom navedenih pravila, pod pretpostavkom da je model objekti-veze korektno napravljen, uvek dolazi do skupa relacija koje su u trećoj normalnoj formi i u kojima ne postoji NULL vrednost kao rezultat neprimenljivog svojstva.

*Definisanje integriteta
relacionog modela*

Pravila integriteta omogućuju da se realni sistem preciznije opiše pomoću modela podataka (povećaju seman-

tičko bogatstvo modela podataka). Pod pojmom *integritet* podrazumevaćemo mehanizme za implementaciju *pravila integriteta*, odnosno mehanizme koji ograničavaju mogući skup stanja baze podataka na samo dozvoljene skupove.

Razlikuju se dve vrste pravila integriteta:

- inherentna pravila,
- eksplicitna pravila.

Inherentna pravila integriteta ugrađena su u samu strukturu modela podataka i nije ih neophodno eksplicitno iskazivati (kardinalnost i totalnost u MOV-u i pojam ključa u relacionom modelu).

Eksplicitna pravila integriteta iskazuju se statičkim i dinamičkim pravilima.

Statičkim pravilima iskazuju se uslovi koji moraju važiti *pre* i *posle* izvršenja bilo koje operacije nad bazom podataka.

Dinamičkim pravilima integriteta definisane su procedure u relacionom modelu, koje odgovaraju apstraktnim operacijama MOV-a i koje garantuju ostvarenje uslova integriteta.

Statička pravila integriteta

Statička pravila integriteta treba da budu definisana za svaki spoljni ključ dobijenog skupa relacija. Pravila su sledeća [3]:

1. Ako je u relaciji R spoljni ključ A rezultat implementacije preslikavanja sa kardinalnošću (1,1) odgovarajućeg objekta R prema nekom objektu V čije je A identifikator, tada:

a) ako je u inverznom preslikavanju vrednost $DG = 0$, važi $P(A)R \subseteq P(A)V$;

b) ako je u inverznom preslikavanju $DG = 1$, važi $P(A)R = P(A)V$.

U ovom slučaju:

$$P(\text{\$IF_JED})\text{SLUŠALAC} \subseteq P(\text{\$IF_JED})\text{JEDINICA}$$

2. Ako je u relaciji R, koja predstavlja slabi objekat, spoljni ključ A identifikator nadređenog objekta V, tada je:

$$P(A) \subseteq P(A)V$$

U ovom slučaju:

$$P(\text{\$IF_NPP})\text{PREDMET} \subseteq P(\text{\$IF_NPP})\text{NPP}$$

3. Ako je relacija R, koja predstavlja agregaciju ili vezu, spoljni ključ A identifikator objekta V koji učestvuje u agregaciji ili vezi i ako:

a) njegovo preslikavanje ima kardinalnost $DG = 0$ važi:

$$P(A)R \subseteq P(A)V$$

b) njegovo preslikavanje ima kardinalnost $DG = 1$, važi:

$$P(A) = P(A)V$$

U ovom slučaju:

$$\begin{aligned} P(\text{BR_IND})\text{POLOŽIO} &\subseteq P(\text{BR_IND})\text{SLUŠALAC} \\ P(\text{\$IF_PRED})\text{POLOŽIO} &\subseteq P(\text{\$IF_PRED})\text{PREDMET} \\ P(\text{BR_IND})\text{SLUŠA} &= P(\text{BR_IND})\text{SLUŠALAC} \\ P(\text{\$IF_PRED}, \text{\$IF_NPP})\text{SLUŠA} &\subseteq P(\text{\$IF_PRED}, \text{\$IF_NPP})\text{PREDMET} \\ P(\text{\$IF_NAST})\text{PREDAJE} &\subseteq P(\text{\$IF_NAST})\text{NASTAVNIK} \\ P(\text{\$IF_PRED})\text{PREDAJE} &\subseteq P(\text{\$IF_PRED})\text{PREDMET} \\ P(\text{\$IF_SMER})\text{IMA} &= P(\text{\$IF_SMER})\text{SMER} \\ P(\text{\$IF_PRED})\text{IMA} &= P(\text{\$IF_PRED})\text{PREDMET} \\ P(\text{BROJ_IND})\text{PIT_IZ_SMERA} &\subseteq P(\text{BROJ_IND})\text{SLUŠALAC} \\ P(\text{\$IF_SMER})\text{PIT_IZ_SMERA} &\subseteq P(\text{\$IF_SMER})\text{SMER} \\ P(\text{\$IF_KATEDR})\text{PRIPADA} &= P(\text{\$IF_KATEDR})\text{KATEDRA} \\ P(\text{\$IF_NAST})\text{PRIPADA} &\subseteq P(\text{\$IF_NAST})\text{NASTAVNIK} \end{aligned}$$

Struktura:

P(SASTAV)STRUKTURA \subseteq
 \subseteq P(ŠIF JED)JEDINICA
P(U SASTAVU)STRUKTURA \subseteq
 \subseteq P(ŠIF JED)JEDINICA

Specifikacija dinamičkih uslova integriteta

Specifikacija dinamičkih uslova integriteta sastoji se u određivanju dozvoljenih operacija za pojedine objekte i veze MOV-a i određivanju načina zadovoljavanja integriteta za svaku operaciju koja se potencijalno narušava.

Mogući načini zadovoljavanja integriteta su:

RESTRICTED — integritet baze podataka se zadovoljava poništavanjem operacije koja ga narušava;

CASCADE — integritet se zadovoljava prenošenjem operacija na objekte kod kojih je došlo do narušavanja integriteta;

DEFAULT — integritet se zadovoljava povezivanjem sa default objektom, koji zamenjuje objekat čije je nepostojanje uzrok narušavanja integriteta;

NUULIFIES — integritet se zadovoljava povezivanjem sa null objektom, koji zamenjuje objekat čije je nepostojanje uzrok narušavanja integriteta.

PRIMER

SLUŠALAC

UBACI SLUŠALAC

RESTRICTED JEDINICA

IZBACI_SLUŠALAC

CASCADE SLUŠA, SLUŠ_SMER

PREDMET

UBACI_PREDMET

RESTRICTED NPP

IZBACI_PREDMET

RESTRICTED SLUŠA, IMA, NPP

CASCADES POLOŽIO

Kao što se iz primera vidi, procedure se definišu za operacije UBACI I IZBACI dva entiteta SLUŠALAC i PREDMET i veze koje ih prate.

Važi opšte pravilo da se definišu procedure za operacije UBACI i IZBACI onih koncepata MOV-a koji postaju relacije pri prevođenju u relacioni model.

Ukoliko se sve akcije uspešno izvrše, baza podataka je *provedena* u novo dozvoljeno stanje. Ukoliko se bar jedna akcija ne završi uspešno, baza podataka se *vraća* u stanje pre otpočinjanja prve akcije unutar procedure.

Prenos dejstva osnovne operacije na koncepte u vezi može se vršiti na sledeće načine:

a) nastavkom transakcije prenošenjem osnovne operacije na koncepte u vezi;

b) prekidom transakcije kod koncepata u vezi uz poništavanje prethodnih dejstava i završetkom transakcije kod koncepata u vezi postavljanjem vrednosti određenih atributa na **DEFAULT** ili **NULL** vrednosti.

Implementacija dinamičkih uslova integriteta u ORACLE bazi podataka objekta slušalac

Implementacija specificiranih dinamičkih uslova integriteta, pri korišćenju ORACLE SQL*Forms modula, postiže se primenom SQL naredbi koje se vezuju ili za vrednosti polja interaktivnih aplikacija ili za operacije nad bazom podataka.

SQL naredbe koje se specificiraju za polja omogućuju kontrolu vrednosti do nivoa karaktera i prikaz informacija iz povezanih tabela. Njima se realizuju gotovo svi RESTRICTED uslovi za operaciju UBACI.

Specificirani dinamički uslovi integriteta, koji se mogu implementirati SQL* SELECT naredbama na nivou polja (svi CASCADES i složeniji RES-

TRICTED uslovi) pri korišćenju SQL* Forms programskih modula, implementiraju se preko mehanizma *trigera*.

Postoji tri vrste operacija za ažuriranje baze podataka: INSERT, UPDATE i DELETE.

Trigeri se izvršavaju izdavanjem naredbe COMMIT (prenos dejstva na bazu) neposredno pre ili posle operacije na koju se odnose. Sa operacijama na koje se odnose čine atomsku transakciju (ili će se izvršiti i operacija i pridruženi trigger ili se neće izvršiti ništa). Kako postoje 3 operacije za ažuriranje baze podataka, a trigeri se izvršavaju neposredno pre ili posle njih, postoje sledeći tipovi trigera:

- PRE_INSERT;
- POST_INSERT;
- PRE_UPDATE;
- POST_UPDATE;
- PRE_DELETE;
- POST_DELETE.

Za svaku SQL naredbu, bez obzira na to da li je definisana za polje ili unutar trigera, definiše se i poruka koja se javlja ukoliko izvršavanje SQL naredbe nije uspešno (obaveza ili upozorenje).

Ukoliko poruka ima značenje upozorenja, proces ažuriranja biće nastavljen, a ukoliko ima snagu obaveze — biće prekinut.

Za objekat SLUŠALAC, iz prikazanog modela, dinamički uslovi su implementirani SQL naredbama na sledeći način: za relaciju SLUŠALAC, koja odgovara objektu SLUŠALAC, definisan je blok interaktivne aplikacije SLUŠALAC. Za polje koje odgovara koloni ŠIF_JED definisana je SQL SELECT naredba:

```
SELECT ŠIF_JED
INTO SLUŠALAC.ŠIF_JED
FROM JEDINICA
WHERE ŠIF_JED# = :SLUŠALAC.ŠIF_JED#
```

poruka: *Pogrešna šifra jedinice. Koriguj je ili izlistaj dozvoljene.

značenje: OBAVEZA

Njom je realizovan RESTRICTED uslov za operaciju UBACI_SLUŠAOCA.

CASCADES uslovi za operaciju IZBACI_SLUŠAOC realizovani su PRE_DELETE triggerom za blok SLUŠAOC sledećeg izgleda:

```
DELETE SLUŠA
WHERE ŠIF_PREDM# = :
:SLUŠALAC.ŠIF_PREDM#
```

poruka: *Izbrisani su redovi tabele SLUŠA.

značenje: OBAVEZA,

```
DELETE SLUŠA_SMER
WHERE ŠIF_SMER# = :
:SLUŠALAC.ŠIF_SMER#
```

poruka: *Izbrisani su redovi tabele SLUŠA_SMER.

značenje: OBAVEZA,

PRILOZI:

Prilog 1

Creiranje tabela u ORACLE V.6:
create table slusalac

```
(broj_indeksa char(10) not null,
prezime char(20) not null,
ime char(15) not null,
sif_jed char(5) not null,
primary key (broj_indeksa))
tablespace uspeh;
```

create table slusa

```
(broj_indeksa char(10) not null,
sif_predmeta char(5) not null,
primary key (broj_indeksa))
tablespace uspeh;
```

```
create table jedinica
(sifra__jed char(5) not null,
naziv__jedinice char(25) not null,
primary key (sifra__jed))
tablespace uspeh;
```

```
create table slusa__smer
(bro__indeksa char(10) not null,
sif__smera char(5) not null,
primary key (broj__indeksa))
tablespace uspeh;
```

Prilog 2

Primer realizacije PRE-INSERT trigeru u ORACLE V.6:

```
DEFINE TRIGGER
NAME = PRE-INSERT
TRIGGER_TYPE = V3
SHOW_KEY = ON
DESCRIPTION =
TEXT = <<<<
if :slusa.sif predmeta iz null then
message('Slusalac mora slusati
bar jedan predmet!');
raise form_trigger_failure;
end if;
ENDDEFINE TRIGGER
```

Prilog 3

Primer realizacije PRE-DELETE trigeru u ORACLE V.6:

```
DEFINE TRIGGER
NAME = PRE-DELETE
TRIGGER_TYPE = V3
SHOW_KEY = ON
DESCRIPTION =
TEXT = <<<<
lock table slusa in share update
mode;
delete from slusa where BROJ_
INDEKSA = :slusalac.BROJ_IN-
DEKSA;
lock table slusa__smer in share
update mode;
```

```
delete from slusa__smer where
BROJ_INDEKSA = :slusalac.
BROJ_INDEKSA;
ENDDEFINE TRIGGER
```

Prilog 4

Definisane procedure koje koriste tri-geri

```
DEFINE PROCEDURE
NAME = check_package_failure
DEFINITION = <<<<
procedure check_package_failure is
begin
if not form_success then
raise form_trigger_failure;
end if;
end;
```

```
ENDDEFINE PROCEDURE
```

```
DEFINE PROCEDURE
NAME = clear_slusalac_details
DEFINITION = <<<<
procedure clear_slusalac_details is
begin
if (name_in('slusalac.BROJ_INDE-
KSA') is not null) then
go_block('slusa');
check_package_failure;
if :system.block_status = 'CHAN-
GED' then
clear_block(ASK_COMMIT);
if :system.block_status = 'CHA-
NGED' then
go_block('slusalac');
raise FORM_TRIGGER_FAI-
LURE;
end if;
end if;
clear_block;
go_block('slusalac');
end if;
end;
```

```
ENDDEFINE PROCEDURE
DEFINE PROCEDURE
NAME = query_slusalac_details
```

```

DEFINITION = <<<
procedure query_slusalac_details is
begin
  if (name in('slusalac.BROJ_INDE-
KSA') is not null) then
    go_block('slusa');
    check_package failure;
    execute query;
    go_block('slusalac');
  end if;
end;
ENDDEFINE PROCEDURE

```

Zaključak

U radu je opisan jedan pristup projektovanju informacionih sistema, zasnovan na prototipskom razvoju upotrebom standardnih alata i metoda. U fazi analize sistema koristi se metoda

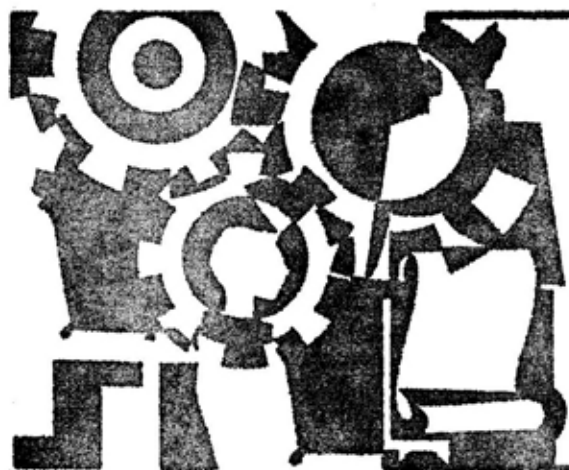
strukturne sistem-analize, a u fazi modeliranja podataka jedan od najpopularnijih semantičkih modela podataka — MOV.

Kao implementacioni model izabran je relacioni model. Pokazano je da je u odsutnosti CASE alata, koji direktno podržavaju objektivno-transvornacioni pristup [14], ovo sasvim zadovoljavajuće rešenje.

Pristup je ilustrovan na primeru jednog segmenta informacionog sistema Univerziteta Vojske Jugoslavije (praćenje uspeha slušalaca). U daljem radu na ovom sistemu svakako treba koristiti CASE alate koji bi podržavale i automatizovale pojedine faze u ovom pristupu. To se, pre svega, odnosi na potpuniju operacionalizaciju modeliranja podataka kroz MOV kao izvršne specifikacije.

Literatura:

- [1] B. Lazarević, V. Jovanović, M. Vučković: »Projekovanje informacionih sistema I deo«, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [2] Z. Marjanović: »Korišćenje relacionih podataka«, Beograd: Sfairos, 1989.
- [3] B. Lazarević: »Model objekti — veze«, Materijal za interne kurseve, Beograd, 1989.
- [4] B. Lazarević: »Baze podataka«, Radni materijal za interne kurseve, Beograd, mart 1989.
- [5] V. Jovanović: »Modeliranje podataka«, priručnik za slušaoce, FON-Beograd, 1989.
- [6] S. Alagić: »Relacione baze podataka«, Svjetlost, Sarajevo, 1984.
- [7] B. Lazarević: »Prošireni model objekti-veze«, Interni materijal, FON, 1990.
- [8] B. Lazarević, S. Nešković: »Tendencije u razvoju pristupa projektovanju informacionih sistema sa posebnim osvrtom na objektno-orientisani prototipski razvoj«, Implementaciono-upravljački sistemi '89, Dubrovnik 17.—22. 04. 1989.
- [9] W. D. Potter, R. P. Trueblood: »Traditional, Semantic, and Hyper-Semantic Approaches to Data Modeling«, IEEE Computer, June 1988.
- [10] W. Kim: »Introduction to Object-Oriented Databases«, Cambridge: MIT Press, 1990.
- [11] P. P. Chen, »The Entity — Relationship Model — Towards a Unified View of Data«, ACM TODS, Vol. 1, No. 1, 1978.
- [12] C. G. Davis, S. Jajodia, P. A-B. Ng. i R. T. Yeh (Editors), »Entity — Relationship Approach to Software Engineering«, North-Holland, Amsterdam, the Netherlands, 1983.
- [13] C. Parent, S. Spaccopietre: »Complex Objects Modeling: An Entity — Relationship Approach«, Nested Relations and Complex Objects in Databases, Springer-Verlag, 1989.
- [14] B. Lazarević, S. Nešković: »Objektivno orjentisana transformaciona metoda razvoja informacionih sistema«, SIMOPIS, Kupari, 1990.
- [15] S. Ilić: »Specifikacija CASE alata za podršku projektovanju informacionih sistema korišćenjem proširenog modela objekti-veze«, SIMOPIS, Kupari, 1990.



nove knjige

KONSTRUKCIJA I OPREMA VAZDUHOPLOVA

Autor knjige »KONSTRUKCIJA I OPREMA VAZDUHOPLOVA« je pukovnik mr Spasoje Stanojlović, diplomirani inženjer. Knjiga je izašla u izdanju Vojnoizdavačkog i novinskog centra i predstavlja značajan doprinos u domenu vazduhoplovne teorije i prakse. Autor je dugogodišnji predavač na Vazduhoplovnoj vojnoj akademiji, pa je knjiga pisana u skladu sa nastavnim planom i programom Akademije. Knjiga je prvenstveno namenjena slušaocima Vazduhoplovne vojne akademije, Smera RV i PVO u okviru Univerziteta VJ, po novom načinu organizovanja, ali i slušaocima svih srodnih škola. Sem ove namene, knjiga može poslužiti za obnavljanje i produbljivanje znanja letaćkog i tehničkog sastava u operativnim jedinicama RV i PVO.

Knjiga obuhvata veliko područje iz domena vazduhoplovne tehnike, pa ju je autor, da bi skratio potrebna objašnjenja, ilustrovao sa preko 550 ilustracija. U okviru ilustracija dat je prikaz raznovrsnih konstrukcionih rešenja koja se sreću u vazduhoplovnoj praksi, uz detaljna objašnjenja. U okviru knjige, zbog obimnosti materije koju obuh-

vata, ne zalazi se u detaljna teorijska razmatranja konstrukcije i opreme vazduhoplova, nego se daju detaljna fizička objašnjenja, što uz veliki broj šema i crteža, kao i odličnu sistematizaciju, čini ovu knjigu prvoklasnim udžbenikom.

Knjiga je podeljena na četiri poglavlja.

Prvo poglavlje posvećeno je materijalima za izradu vazduhoplova. U okviru ovog poglavlja na početku se definišu opšti pojmovi o materijalima i daje klasifikacija konstrukcionih materijala, kao i njihove osnovne fizičke i hemijske karakteristike. Nakon toga se posebno razmatraju metali i nemetali koji nalaze primenu u vazduhoplovnim konstrukcijama. Poseban deo ovog poglavlja posvećen je kompozitnim materijalima koji nalaze sve veću primenu u vazduhoplovstvu.

Drugo poglavlje ima naziv konstrukcija aviona. U prvom delu ovog poglavlja govori se o istorijskom razvoju aviona, različitim koncepcijama i principima konstruisanja aviona. Posebno se razmatra opterećenje aviona i pilota u različitim fazama leta. To je ilustrovano velikim brojem primera različitih koncepcija aviona. Nakon uvod-

nog dela detaljno se razrađuju osnovni delovi konstrukcije aviona: krilo, repne površine, trup, kabina aviona, komande leta i stalni organi. Ovo poglavlje je dominantno u celoj knjizi, a praktično i najvažniji deo knjige. Posebnu vrednost predstavljaju ilustracije svih elemenata konstrukcije, sa detaljnim objašnjenjem konstruktivnih i eksploatacionih karakteristika. Osim toga, date su vrste i način opterećenja elemenata konstrukcije u raznim uslovima leta.

Treće poglavlje knjige posvećeno je opremi vazduhoplova. Materija iz prva dva poglavlja relativno je dobro obrađena i u drugoj dostupnoj literaturi, ali se vrlo retko može sresti da je na jednom mestu obrađena oprema vazduhoplova u onom obimu koji je potreban za posadu tog vazduhoplova, odnosno pilote. Upravo to je bio cilj autora pri pisanju ovog poglavlja. U okviru ovog poglavlja razmatraju se: kiseonički sistem, gorivni sistem, protivpožarni sistem, hidraulična instalacija, elektrooprema vazduhoplova, motorski instrumenti, oprema za zaštitu i spasavanje pilota, oprema za napuštanje vazduhoplova, oprema za preživljavanje i oprema za povratak pilota na sopstvenu teritoriju. Za sve delove opreme prezentirana su i ilustrovana konkretna rešenja koja su primenjena u našem vazduhoplovstvu. Težište je na fizičkom objašnjenju, a ne na nekoj dubljoj teoriji-

skoj raspravi o delovima opreme i različitim konstrukcionim izvedbama.

Četvrto i poslednje poglavlje posvećeno je konstrukciji helikoptera. U drugom poglavlju bila je razmotrena konstrukcija aviona, a na sličan način ovde se razmatra konstrukcija helikoptera. Polazi se od opštih principa konstruisanja i istorijskog razvoja helikoptera da bi se objasnila koncepcija i principi konstruisanja helikoptera. Ostali delovi ovog poglavlja posvećeni su posebnom razmatranju elemenata konstrukcije helikoptera. Najveći akcenat je dat na rotoru, kao glavnoj uzgonskoj površini. Navedene su osnovne konstruktivne karakteristike, način upravljanja rotorom i vrste opterećenja rotora. Date su osnovne karakteristike ostalih uzgonskih površina i trupa helikoptera. Kao posebne celine obrađene su komande leta helikoptera, transmisija i stalni organi helikoptera. Kao i u ostalim poglavljima i ovo poglavlje je ilustrovano skicama, šemama i crtežima, uz neophodna objašnjenja.

Na kraju, smatram da autoru treba odati puno priznanje za veliki trud i stručnost prilikom rada na ovoj knjizi, ali treba uputiti kritiku ljudima koji su vršili tehničku pripremu knjige za štampu, zbog nedopustivo velikog broja grešaka.

Cerovšek Milan, dipl. inž.



prikazi iz inostranih časopisa

Automatske puške 5,56 mm*

Danas u svetu postoji veliki broj tipova automatskog streljačkog oružja kalibra — 5,56 mm. U poređenju sa puškama, kalibra 7,62 mm, koji je uveden 1953. automatske puške manjeg kalibra imaju manje gabarite i masu, manji trzaj i bolju preciznost. Puške kalibra 5,56 mm imaju veliku brzinu gađanja, a optimalni rezultati se postižu gađanjem na daljinama do 400 metara.

Prva automatska puška, kalibra 5,56 mm, koja je 1963. uvedena u naoružanje američke vojske bila je puška M16A1 za koju je bio razvijen metak 5,56×45 mm (45 mm je dužina čaure) sa oznakom M193. Optimalne karakteristike pri gađanju ovim metkom dobijaju se pri urezivanju zrna u cevi oružja čiji je korak uvijanja žleba 305 mm. Posle 1970. ovaj tip automatske puške 5,56 mm je kopiran i prihvaćen u naoružanju mnogih zemalja.

Godine 1980, posle ispitivanja u okviru NATO, za standardni metak nije uzet američki metak M193, već belgijski metak SS-109 koji je pokazao bo-

lje rezultate. Zrno metka SS-109 je za 0,4 grama (za 10%) teže od zrna metaka M193, a optimalni korak uvijanja mu iznosi 178 mm.



Sl. 1 — Američka automatska puška 5,56 mm M16A1 sa bacačem granata ispod cevi M203

Po konstrukciji i dimenzijama metak M193 i metak SS-109 su identični i mogu se koristiti za bilo koju automatsku pušku 5,56 mm (tabela 1), ali se smanjuje efikasnost gađanja pri korišćenju metka koji nije predviđen za određeno oružje. U svetu se streljačko oružje izrađuje sa cevima čiji korak uvijanja žleba, po potrebi naručioca, može biti 178 ili 305 mm.

Sa smanjenjem kalibra smanjuje se i dužina automatske puške koja sada iznosi 800—1000 mm, iako se i ona, u nekim slučajevima, čini prevelikom. Zato skoro sve puške, po pravilu, imaju varijante sa skraćenom cevi, predviđene za korišćenje u motorizovanim pešadijama, oklopnim i aviodesantnim

* Prema podacima iz časopisa.

Tip puške	Dužina [mm]			Masa [kg]		Brzina gađanja [met/min]	Efektivni domet [m]	Početna brzina zrna [m/s]
	puške	cevi	koraka žleba	bez okvira	okvir sa 20 metaka			
M16A1	990	508	305	3,16	0,45	150—200	400	990
KOMANDO	787	254	305	2,78	0,32	150—200	200	924
AR-18	940	464	305	3,17	0,31	80	460	1000
AR-18S	765	257	305	3,10	0,31	80	330	780
XL70E3	770	518	178	3,50	0,48	—	—	900
HK33A3	920	390	305	3,98	0,333	100	400	920
HK33KA1	863	322	305	3,98	0,333	100	—	—
G41	997	480	178	3,60	0,298	—	—	850
FNC*	997	449	178	3,80	0,56	120	400	875
FNC**	909	362	178	3,45	0,56	120	—	—
AR-70*	940	450	305	3,65	0,58	100	400	875
AR-70**	820	320	305	3,45	0,58	100	—	—
MKS*	868	467	—	2,75	0,58	—	—	975
MKS**	751	350	—	2,36	0,53	—	—	925
SG 540	950	460	305	3,37	0,58	150	500	980
SG 543	805	300	305	2,97	0,58	150	—	875
AUG*	790	508	228	3,40	0,49	150	400	940
AUG**	690	407	228	3,13	0,49	150	—	—

* sa standardnom cevi
** sa kratkom cevi

jedinicama, grupama za diverzije i jedinicama specijalne namene. Njihova konstrukcija je ista kao i kod odgovarajućih pušaka, ali su početna brzina zrna i efikasni domet nešto smanjeni zbog kraće cevi. Osim toga, pri gađanju iz ovih pušaka opaža se povećan blesak na ustima cevi. Zbog toga se na

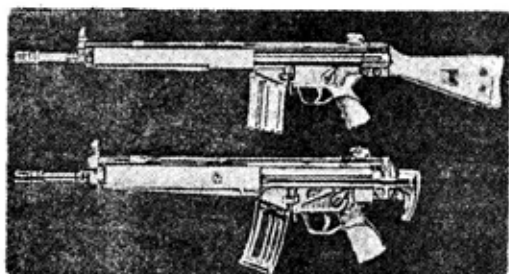
usta cevi ovih oružja, posebno američke puške »KOMANDO«, engleske AR-189 i nekih drugih ugrađuje skrivač plamena.

Za dodatno smanjenje dužine oružja koriste se varijante automatskih pušaka sa teleskopskim rasklopivim kundakom (američka automatska puška



Sl. 2 — Engleska automatska puška 5,56 mm AR-18

M16A1 i »KOMANDO«, nemački NK33A3 i NK33KA1, španski CETME LG), kundakom koji se skida (engleski AR-18 i AR-189, belgijski FNC) i sa kundakom koji se preklapaju (italijanska automatska puška BERETTA AR-70, švedska NKS, austrijska AUG).



Sl. 3 — Nemačka automatska puška G3A3 7,62 mm i automatska puška 5,56 mm HK33A3



Sl. 4 — Belgijska automatska puška 5,56 mm FNC (sa kundakom koji se skida)

Dati modeli automatskih pušaka pogodni su za čuvanje, transport, manipulaciju i upotrebu u malim prostorima (u borbenim vozilima pešadije, oklopnim vozilima ili kabinama aviona). Pri rasklapanju ili izvlačenju ovih kundaka u borbeni položaj može doći do određenih teškoća. Zato se na nekim modelima automatskih pušaka (engleske XL70E3, francuske FAMAS, austrijske AUG), umesto rasklopivog kun-

daka, koristi nova konstrukciona šema tzv. »BULLPUP«. Po ovoj šemi mehanizam za okidanje se ne postavlja iza već ispred okvira sa municijom, a ležište zatvarača i svi pokretni delovi oružja, smešteni su u kundak. Kao rezultat toga, dužina oružja se, takođe, smanjuje i omogućava se gađanje sa oslanjanjem kundaka o rame strelca.

SG 540 cal. 5.56 mm (.223)



SG 542 cal. 7.62 mm NATO



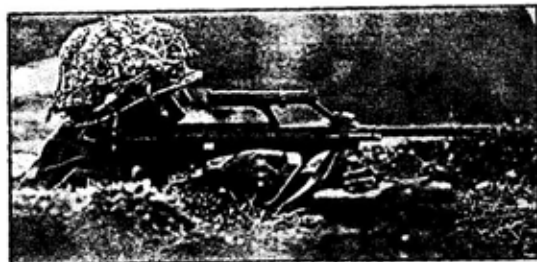
SG 543 cal. 5.56 mm (.223)



Sl. 5 — Švajcarske automatske puške 5,56 mm SG540 i SG 543 i automatska puška 7,62 mm SG542

Pre gađanja iz oružja sa sistemom »BULLPUP« strelac mora da prisloni obraz na kundak neposredno pored otvora za izbacivanje čaure. Zato ukoliko se prednja strana kundaka naslanja o levo rame, čaure koje se izbacuju udarale bi pravo u lice strelca, što onemogućava da ovo oružje koriste levoruki (što je jedan od nedostataka sistema »BULLPUP«). Da bi se odstranio ovaj nedostatak, za austrijsku pušku AUG i francusku pušku FAMAS, predviđeni su zamenljivi delovi koji omogućavaju da se brzo promene otvor za izbacivanje i glava zavtarača, tako da se čaure ne izbacuju na desnu već na levu stranu. Na engleskoj automatskoj pušci XL70E3 koja je, takođe, konstruisana po šemi »BULLPUP« ove izmene nisu predviđene.

Za povećanje preciznosti na nekim puškama koriste se tzv. forma »linijskog prenošenja« sile trzanja pri kojoj



Sl. 6 — Austrijska automatska puška 5,56 mm AUG

se tačka oslonca kundaka o rame strelca nalazi u jednoj liniji sa osom cevi oružja. Pri korišćenju »linijskog prenošenja« sile trzanja, cev oružja je postavljena znatno niže nego u običnoj konstrukciji zbog čega se podiže linija nišanja.

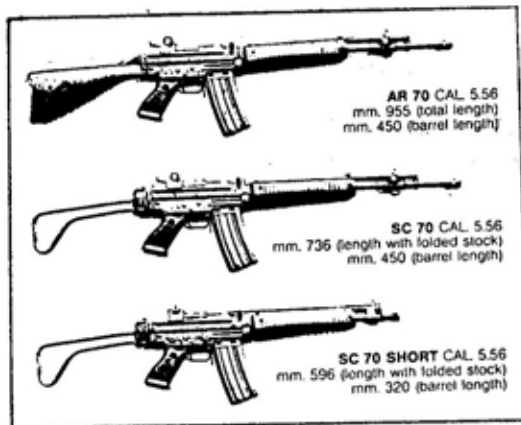


Sl. 7 — Španska automatska puška CETME-LC i CETME-L

Za automatski rad svih navedenih pušaka koristi se princip odvođenja gasova. Kod većine savremenih automatskih pušaka 5,56 mm postoji regulator pomoću kojeg je moguće povećati ili

smanjiti dotok gasa pod gasni klip, što omogućava automatski rad bez greške i pri velikoj zaprljanosti oružja.

Zapadni vojni stručnjaci uočili su da se pri rafalnoj paljbi samo sa prva 2-3 metka pogađa cilj, jer se pre toga nišani, a da se kasnije bitno smanjuje broj pogodaka i da su oni slučajni. Zbog toga se na engleskoj pušci XL70E3, nemačkoj G41, belgijskoj FNC, francuskoj FAMAS, španskoj CETME, osim mogućnosti gađanja pojedinačnom i rafalnom paljbom, predviđa i mogućnost gađanja ograničenim kratkim rafalima od tri metka kada se pritisne obarač mehanizma za okidanje. Da bi se nastavilo gađanje, strelac mora ponovo da pritisne obarač, a u međuvremenu može da koriguje nišanje. Ovim ograničenim rafalima postiže se značajna ušteda municije.



Sl. 8 — Italijanska automatska puška 5,56 mm BERETTA AR-70, SC-70 i SC-70 sa skraćenom cevi

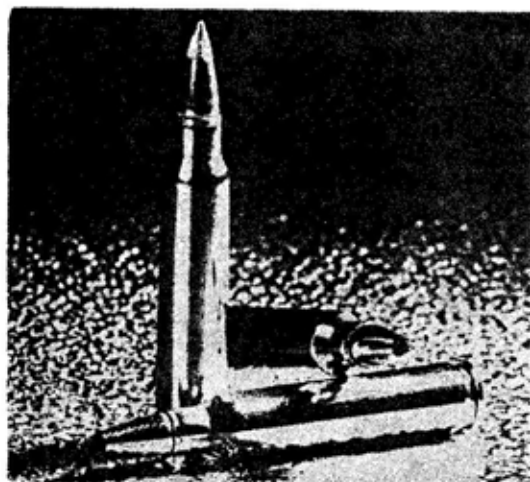
Sa smanjenjem kalibra oružja došlo se i do smanjenja veličine metka, što je omogućilo da se poveća kapacitet okvira za municiju. U NATO je za standardni okvir uzet okvir za municiju američke puške M16A1 kapaciteta 20 metaka. Gotovo sve navedene automatske puške u ovom tekstu mogu da koriste navedeni okvir za municiju. Ali, pored toga, okviri mogu imati i kap-

citet 30, 35, 40, pa čak i 50 metaka, što je zahtevalo da se unificiraju sa okvirima puškomitraljeza. Međutim, okvir velikog kapaciteta (više od 40 metaka) čini pušku nepogodnom za rukovanje, posebno pri gađanju iz ležećeg položaja.



Sl. 9 — Francuska automatska puška 5,56 mm FAMAS sa sistemom »BULLUP«

Unutrašnja konstrukcija automatskih pušaka 5,56 mm u većini slučajeva je »pozajmljena« od ranije konstruisanih modela automatskih pušaka kalibra 7,62 mm. Tako su američke puške M161A1 i »KOMANDO« po konstrukciji slične pušci AR-10 7,62 mm, engleske puške AR-18 i AR-18S liče na pušku AR-15 7,62 mm, a nemačke puške G41, NK33A3 i NK33KA1 su uma-



Sl. 10 — Belgijski metak SS-109 (standardni metak NATO)

njene kopije automatske puške G-3 kalibra 7,62 mm.

Pri razvoju svih savremenih automatskih pušaka i karabina velika pažnja je posvećena ispunjenju sledećih zahteva: sigurnosti i jednostavnosti pri rukovanju, izdržljivosti, preciznosti i lakoj i jeftinoj proizvodnji. Pored toga, svi ovi modeli moraju se lako rasklapati i sklapati (bez alata), održavati u borbenim uslovima i biti jednostavni za rukovanje. Broj delova u puškama sveden je na minimum, a kundaci, ukoliko nisu metalni, drške su pištoljskog tipa. Cevni dodaci izrađeni su od plastične mase pojačane otpornosti metodom livenja ili presovanja.

Zarko Mitić, dipl. inž.

Razvoj i modernizacija protivavionskih artiljerijskih sistema zapadnog porekla*

U oružanim snagama zapadnih zemalja intenzivno se radi na razvoju i modernizaciji protivavionskih artiljerijskih sistema, jer oni spadaju u efikasnija sredstva za borbu protiv ciljeva u vazduhu na malim visinama. Postojeći sistemi i sistemi koji su još u razvoju pripadaju sredstvima sa visokim manevarskim sposobnostima a po načinu kretanja dele se na samohodna i vučna.

Mnogi samohodni protiviavionski topovi izrađeni su na bazi tenkova pa tako mogu da vode borbu protiv ciljeva u vazduhu u borbenim porecima trupa. Samohodne protivavionske topove za dejstvo u svim vremenskim uslovima čine: artiljerijski deo, radari za otkrivanje i praćenje ciljeva, računari, dublirajući nišani za dejstvo protiv ciljeva u vazduhu, nišani za dejstvo protiv ciljeva na zemlji, sistem za stabilizaciju koji omogućuje precizno gađanje ciljeva i iz pokreta.

* Prikaz istoimenog članka iz časopisa »Tehnika i voruženie« 4/1989.

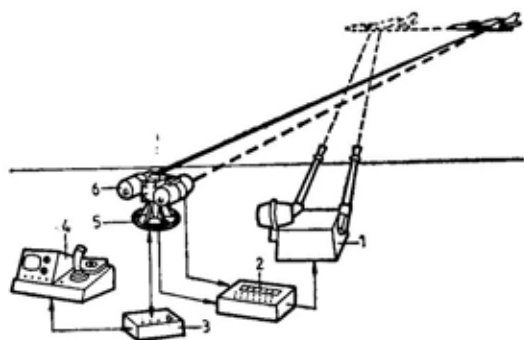
Za otkrivanje i praćenje ciljeva samohodni protivavionski topovi imaju ili jedan kombinovani radar ili dva posebna radara, koji rade nezavisno jedan od drugog tako da postoji mogućnost istovremenog praćenja cilja koji je odabran za gađanje i osmatranje vazdušnog prostiranja, otkrivanje i praćenje sledećih ciljeva.

Radar za praćenje cilja može da koristi dva predajnika koji imaju zajedničku antenu, pri čemu je jedan predajnik zajednički i za radar za otkrivanje. Drugi predajnik radi na frekvenciji i nekoliko puta većoj i zahvaljujući užem snopu ($0,9^\circ$ u odnosu na $4,3^\circ$ kod snopa na frekvencijama 3-santimetarskog opsega), čime se obezbeđuje preciznije praćenje pri malim mesnim uglovima i u uslovima elektronskog ometanja protivnika. Pri radu drugog predajnika domet se smanjuje 10—15 odsto.

Računar izračunava elemente za gađanje na osnovu informacije o parametrima cilja, uzimajući u obzir početnu brzinu artiljerijskog projektila koja se u toku gađanja stalno meri posebnim mernim uređajima (davačima) na ustima cevi topa. Smatra se da analogni računari ne mogu da reše sve raznovrsne zadatke pa se u modernizaciji samohodnih protivavionskih topova i onih koji su u razvoju ugrađuju digitalni računari. Oni obezbeđuju potpunu automatizaciju izračunavanja i funkcije upravljanja, izračunavanje dužine optimalnog rafala, određivanje prioritnog cilja (koji predstavlja najveću opasnost) i između ostalog, kontrolu rada svih elemenata sistema. Očekuje se da će se pomoću digitalnih metoda obrade podataka obezbediti raspoznavanje tipiziranih ciljeva (avion, helikopter, raketa, objekat na zemlji).

Duplirajuća nišana sredstva se koriste za otvaranje vatre u uslovima intenzivnog elektronskog ometanja i kada protivnik koristi samonavedene protivradarske rakete.

U naoružanju zapadnih zemalja nalazi se malokalibarski protivavionski samohodni top 20 do 40 mm. U cilju poboljšanja dometa za borbu protiv naoružanih helikoptera za vatrenu podršku, razvija se samohodni protivavionski top srednjeg kalibra od 76 mm i sada se nalazi u završnoj fazi razvoja. Automatski top tog sistema ima maksimalnu brzinu gađanja 120 metaka/min a sistem za upravljanje vatrom ima radar sa odvojenim kanalima za otkrivanje i praćenje ciljeva, optički uređaj za praćenje ciljeva u vazduhu i na zemlji (sl. 1), televizijsko-optički uređaj za praćenje sa laserskim daljinomerom i računar. Predviđa se da će municija za novi top imati projektele sa već gotovim ubojnim elementima i radio upaljačem.



Sl. 1 — Princip rada sistema za upravljanje vatrom protivavionske artiljerije:

1 — automatski protivavionski top; 2 — računar; 3 — blok obrade komandi praćenja cilja; 4 — komandna tabla; 5 — žirostabilizovana platforma; — 6 — televizijsko-optički sistem za praćenje cilja

Pored samohodnih protivavionskih topova za dejstvo u svim vremenskim uslovima koriste se i jedinstveni i jeftiniji sistemi kod kojih se, umesto radara za praćenje, koriste optoelektronska sredstva. Kod nekih takvih samohodnih protivavionskih topova ugrađen je radar za otkrivanje ciljeva, koji se, takođe, može koristiti za određivanje daljine do cilja kada nišandžija »uhvati«

cilj pomoću optičkog nišana. Za upravljanje vatrom koriste se optoelektronski sistemi na bazi televizijskog uređaja za otkrivanje i praćenje ciljeva u vazduhu, kao i univerzalni (dnevno-noćni) nišan sa laserskim daljinomerom, računari, davači nagiba vozila. Gađanje može da se vrši iz mesta ili za vreme kratkih zastanaka. Kako takvi samohodni protivavionski topovi nemaju radare, oni mogu da se koriste samo u pogodnim vremenskim uslovima.

Vučni protivavionski topovi se koriste za zaštitu aerodroma, lansirnih rampi operativno-taktičkih raketa, samohodnih protivavionskih topova i drugih objekata.

Sistem za komandovanje vučnim protivavionskim topovima koji dejstvuje u svim vremenskim uslovima ima sredstva za otkrivanje i praćenje ciljeva u vazduhu, kao i za davanje podataka o elementima za gađanje. Sva ta sredstva su smeštena u odvojenoj kabini prikolice a obezbeđuju informacijama nekoliko jednocevnih ili višecevnih topova. Savremeni sistemi za upravljanje vatrom imaju radar za otkrivanje i radar za praćenje ciljeva, sistem za identifikaciju, televizijsko-optički nišan za praćenje ciljeva po ugaoim koordinatama, digitalni računar i uređaje za funkcionalnu kontrolu, dok se podaci do oruđa šalju preko kablova.

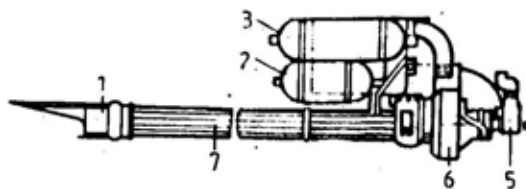
Sistem za upravljanje vatrom vučnih protivavionskih topova koji ne mogu da dejstvuje u svim vremenskim uslovima ugrađen je ili na samom topu ili na artiljerijskoj instalaciji. Praćenje cilja i određivanje preticanja vrši se pomoću nišana u koje nišandžija ručno unosi podatke o daljini i parametrima leta cilja prema rezultatima vizuelnog osmatranja. Pri tome preciznost gađanja nije velika a za njeno povećanje razvijen je složeniji kompleks sredstava: monookularni dnevni nišan i s njim objedinjen noćni nišan bez osvetljenja, laserski daljinomer i računar. Sva ta sredstva su postavljena na lafet topa, zajedno sa oklopljenom kabinom ni-

šandžije. Na lafet je, takođe, postavljen energetska uređaj za napajanje elektrohidrauličnih uređaja za upravljanje topom.

Izrađeni su i usavršeni vučni protivavionski artiljerijski sistemi gde je oruđe odvojeno od opreme. U opremu ulaze televizijsko-optički nišan sa silicijumskim vidikonom, IC-uređaj za praćenje, laserski daljinomer i računar. Smatra se da takvi sistemi za upravljanje vatrom ne obezbeđuju visoku preciznost gađanja na dalju granicu zone gađanja i pri gađanju ciljeva malih dimenzija. Zbog toga se planira korišćenje takvog načina gađanja pri kome se u toku gađanja pomoću radara određuje položaj artiljerijskih projektila (granata) u odnosu na cilj. U slučaju odstupanja putanja projektila od optimalnih, sistem za upravljanje vatrom automatski koriguje elemente gađanja.

Brzometni automatski protivavionski topovi čine osnovu artiljerijskog dela savremenih protivavionskih artiljerijskih sistema. Brzina gađanja savremenih protivavionskih topova kalibra 20—35 mm je u granicama 1.000 do 3.000 metaka u minuti. Radi povećanja brzine gađanja često se u jednom sistemu nalazi nekoliko automatskih topova ili višecevnih topova.

Kod nekih od tih protivavionskih artiljerijskih sistema municija se dovodi u top pomoću uređaja za dovod metaka bez karika. Smatra se da je



Sl. 2 — Shematski prikaz uređaja topa sa (municija bez čahure) tečnim pogonskim punjenjem:

- 1 — gasna kočnica; 2 — boca sa tečnim pogonskim punjenjem; 3 — boca sa oksidatorom; 4 — odsek za projektil; 5 — pogon trupa; 6 — uređaj za dovođenje projektila; 7 — blok cevi topa

prednost takvog načina dovođenja municije u top što se za vrlo kratko vreme ponovno puni borbeni komplet municije. Sistem za dovod municije u top često ima mehanizme za selekciju vrste municije kako bi se za određeni cilj koristila optimalna vrsta municije.

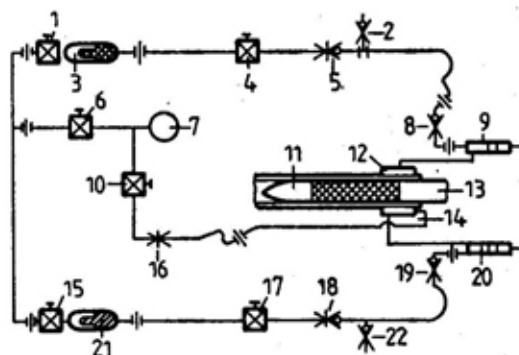
Razvijaju se topovi po novim principima i tehnologijama, kao, na primer, top sa tečnim pogonskim punjenjem (slika 2). Osnovni delovi takvog topa su cev, sanduk cevi, pumpe za ubrizgavanje goriva i oksidatora i zatvarač. Projektili (granate) smešteni su u doboše bez čahura pa tako topovi nemaju mehanizam za izbacivanje praznih čahura. Ukupna masa topova sa tečnim pogonskim punjenjem je manja od mase konvencionalnog topa, međutim, boce na gorivo i oksidator, kao i boca za komprimirani vazduh zauzimaju veću zapreminu.

Mnogo veća energija pogonskog punjenja, u odnosu na klasično barutno punjenje, povećava brzinu gađanja i početnu brzinu projektila a niža temperatura sagorevanja pogonskog punjenja produžava resurs cevi topa.

Dvokomponentno pogonsko punjenje (gorivo plus oksidator) može da se koristi u takvom odnosu pri kome dolazi do njegovog skoro potpunog sagorevanja, sa izdvajanjem minimalne količine sporednih produkata.

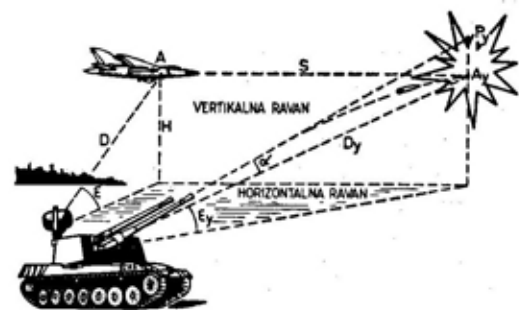
Redosled ciklusa rada takvog topa je sledeći: projektil iz doboša uvodi se u cev, zatvara se zatvarač a pumpe ubrizgavaju određenu količinu goriva i oksidatora u komoru između zatvarača i dna projektila. Električnim putem pali se smesa goriva i oksidatora i tako dolazi do ispaljivanja projektila. Posle toga otvara se ventil na srednjem stezaču cevi, aktivira se poluga za otvaranje zatvarača i uvodi se sledeći projektil. Na slici 3 data je principijelna shema punjenja topa sa tečnim pogonskim punjenjem.

Izgled samohodnog dvocevnog protivavionskog topa i princip rešavanja zadatka susreta projektila i cilja, kao



Sl. 3 — Principijelna shema punjenja topa tečnim pogonskim punjenjem:

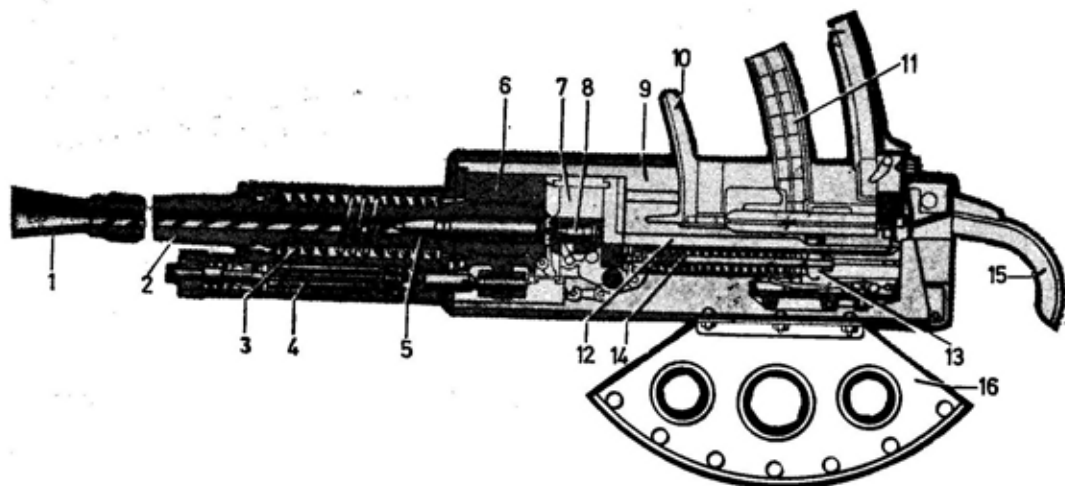
1, 4, 6, 10, 15, 17 — prekidači dovoda tečnog pogonskog punjenja, oksidatora i vazduha; 2, 22 — propusni ventili; 3 — boca sa tečnim pogonskim punjenjem; 5, 8, 16, 18, 19 — kontrolni ventili; 7 — boca sa komprimiranim vazduhom; 9 — pumpa za tečno pogonsko punjenje; 11 — projektil; 12 — brizgaljka; 13 — zatvarač; 14 — uređaj za zatvaranje brizgaljke; 20 — pumpa oksidatora; 21 — boca sa oksidatorom



Sl. 4 — Princip rešenja zadatka susreta projektila i cilja:

A — položaj cilja u trenutku ispaljivanja topa; D — kosa daljina do cilja; H — visina cilja; E — mesni ugao; A_y — tačka susreta projektila sa ciljem (tačka preticanja); S — put koji pređe cilj do tačke preticanja; E_y — mesni ugao tačke preticanja; P_y — tačka linije gađanja; D_y — kosa daljina do tačke preticanja; α — ugao nišanja

i shematski prikaz malokalibarskog protivavionskog topa prikazani su na slici 4.



Sl. 5 — Shematski prikaz preseka malokalibarskog protivavionskog topa:

1 — skrivač plamena; 2 — cev; 3 — povratnik cevi; 4 — kočnica trzanja; 5 — ležište projektila; 6 — zadnjak; 7 — klin zatvarača; 8 — udarni mehanizam; 9 — kolevka; 10 — ležište okvira; 11 — mehanizam uvođenja metaka; 12 — žleb potiskivača metka; 13 — potiskivač čahura; 16 — sektor mehanizma elevacije

Municija

Jedan od puteva za povećanje mogućnosti savremene municije za protivavionske artiljerijske sisteme kako samohodne tako i vučne, pored povećanja količine eksploziva, jeste korišćenje projektila sa gotovim ubojnim elementima od tvrde legure i korišćenje radio-upaljača za aktiviranje tih projektila. Tako kod rasprskavajuće (parčadne) granate 40 mm, pored parčadi koja se dobijaju pri razaranju tela projektila, postoji i još 640 kuglica od volframa. Radio-upaljač kod ovog projektila daje mogućnost podešavanja radijusa dejstva: za gađanje aviona — 6 m, a za gađanje ciljeva malih dimenzija — 2 m.

Pored standardnih probojno-zapaljivih, razorno-zapaljivih i drugih vrsta projektila, kod protivavionskih topova zapadnih zemalja koristi se modifikovani metak sa potkalibarskim projektilom a sastoji se od probojnog jezgra, obloge i nosača potkalibarskog jezgra. Ubojni element je jezgro a izrađuje se od osiromašenog urana ili volframa. Ka-

libar jezgra je manji od kalibra cevi topa. Da bi to jezgro dobilo nominalni kalibar i potpreban oblik, zadnji deo probojnog jezgra stavlja se u plastični nosač jezgra koji ima vodeći prsten. Na prednji deo nosača potkalibarskog jezgra preko samog jezgra uvrne se plastična obloga i na taj način sklopljeni projektil stavlja se donjim delom nosača potkalibarskog jezgra u grlo standardne čahure. Posle ispaljivanja metka, kada projektil napusti cev topa, pod dejstvom centrifugalne sile plastična obloga se raspada a struja vazduha odvaja nosač potkalibarskog jezgra od samog jezgra. Jezgro nastavlja da leti dok ne udari u cilj.

Došlo se do zaključka da tradicionalni metodi poboljšavanja efikasnosti protivavionskih artiljerijskih sistema nisu dali odgovarajuće rezultate pa se pribeglo korišćenju dostignuća u oblasti elektronike. Radi se na razvoju novih vrsta artiljerijske municije koja na putanji može da menja smer leta. Predviđa se razvoj municije 40 mm sa projektilima čiji se let može korigovati u završnoj fazi putanje pomoću poluaktiv-

nih radiometarskih davača u milimetarskom talasnom području. To bi trebalo da omogući povećanje verovatnoće po- gađanja cilja na većim dometima.

Planira se da se druga varijanta 40-milimetarskog artiljerijskog projektila, sa mogućnošću korigovanja putanje leta, opremi IC-glavom za samonavođenje sa četiri prijemnika kvadratno razmeštenih u čeonom delu projektila. Za korigovanje putanje leta koristiće se bočni raketni mikromotori. Smatra se da uređaji tog sistema za korekciju putanje mogu toliko da se smanje da se mogu ugraditi u projekte kalibra 30 mm.

Predviđa se da će se za obradu električnih signala u sistemu za upravljanje letom projektila koristiti mikroprocesori sa malom potrošnjom električne energije, programirajući logička mikrokola, specijalni pretvarači i memorije koji mogu da izdrže velika preopterećenja.

Radi se na usavršavanju artiljerijskog projektila od 100 mm, sa mogućnošću korigovanja leta u poslednjoj fazi putanje, koji ima pasivnu IC-glavu za samonavođenje pri gađanju ciljeva u vazduhu. Ta glava za samonavođenje ima veliku osetljivost, nema pokretnih elemenata i obrće se zajedno sa telom projektila.

Predlaže se, takođe, razvoj laserskih projektila (20—40 mm). Takav silikalibarskih artiljerijskih protivavionskih projektila (20 40 mm). Takav sistem radi na principu da se pomoću davača u zadnjem delu tela projektila pri letu projektila kroz laserski snop, koji emituje zemaljska stanica, određuje odstupanje kretanja projektila od zadate putanje koja prolazi kroz tačku susreta sa ciljem. Laserski snop kružno skanira i koristi se za prenos informacija o smeru korekcije leta projektila ka napadnutom cilju. Pravac ose oko koje skanira laserski snop stalno se izračunava na vatrenom položaju prema rezultatima proračuna optimalne putanje

leta. Za promenu smera leta projektila koriste se impulsni motori za korekciju, smešteni u ravni normalne ose projektila, koja prolazi kroz centar njegovih masa.

P. Marjanović

Sadašnje stanje i dalji razvoj protivoklopnih vođenih projektila u Evropi*

U Švajcarskom časopisu »International defense review« (br. 10/91.) Gerald Turbé objavljuje članak u kojem razmatra sadašnje stanje i daje pravac razvoja protivoklopnih vođenih projektila u Evropi i dilemu da li poboljšavati postojeće vođene projekte ili razvijati njihove zamene.

Vođeni projektili MILAN

Od ulaska ovog vođenog projektila u naoružanje (1973), francuski proizvođač »Euromissile« i druge zemlje koje su otkupile licencu (V. Britanija i Indija) proizvele su i isporučile oko 260.000 vođenih projektila, kao i 9.700 vatrenih jedinica MILAN 1 i MILAN 2. Do sada je 38 zemalja u svetu naručilo oko 332.000 vođenih projektila i 9.800 vatrenih jedinica (bacača).

MILAN 2, uveden u naoružanje 1984, ima prečnik bojne glave 115 mm, a eksplozivno punjenje od 75% hexolita i 25% TNT zamenilo je originalno eksplozivno punjenje od 85% oktolita i 15% TNT.

Razvoj najnovije verzije MILAN 2 završen je sredinom 1991. Zadržano je osnovno punjenje projektila MILAN 2, ali je dodata jedna uvlačeća sonda sa pretpunjenjem čiji je prečnik oko 30 mm. Ovo punjenje služi da aktivira dodatne ploče reaktivnog oklopa pre uda-

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW — 10/91.

ra vođenog projektila u tenk i da inicira osnovno (kumulativno) punjenje koje na taj način zadržava svoju snagu da probije oklopnu ploču od homogenog čelika, debljine 1.000 mm. Masa verzije 2T je veća za 400 g od mase MILAN 2 (7,1 kg), a maksimalni efikasni domet je 1.920 m.

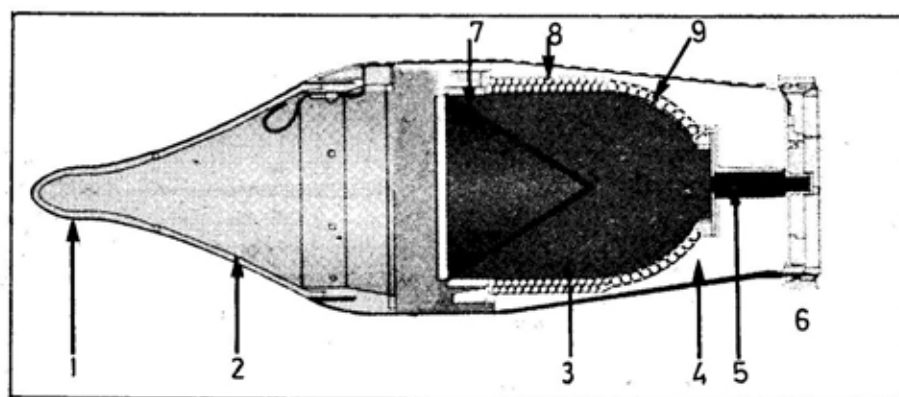
Prema prvim planovima, prvi serijski izrađeni vođeni projektili trebalo je da se isporuče početkom 1992, ali je taj rok doveden u pitanje pošto su obe nacije, koje finansiraju razvoj, Francuska i Nemačka, odložile svoje narudžbine. Postoji mogućnost da obe nacije preskoče verziju 2T i da direktno idu na MILAN 3 koji bi trebalo da uđe u proizvodnju krajem 1992. ili početkom 1993. MILAN 3 imaće istu bojnu glavu kao i MILAN 2T, ali je znatno popravljena sposobnost vođenog projektila da se odupre protivdejtstvima uvođenjem modulatornog fara u zadnjem delu projektila (tipa ERYX ksenonska IC lampa 0,9 μm) i CCD mozaičkog lokalizatora na bacaču.

Francuska i Nemačka i dalje zadržavaju sva prava na MILAN 2T i MILAN 3. V. Britanija ne učestvuje u razvoju i smatra se običnim stranim kupcem. Ipak, V. Britanija i dalje učestvuje

sa 1/3 proizvodnje nišana MIRA i osnovnog punjenja za MILAN 2. Neki krugovi sugerišu da bi francusko-nemačko rešenje (MILAN sa dalje poboljšanom bojnom glavom, pogonskim punjenjem i otpornošću na protivmere) moglo da se usvoji umesto sistema srednjeg dometa TRIGAT pošto izlazak V. Britanije iz zajedničkog razvoja sistema dugog dometa TRIGAT ubrzava revidiranje celokupnog zajedničkog programa.

Vođeni projektil HOT za borbu protiv reaktivnog eksplozivnog oklopa

Sistem vođenog projektila HOT ušao je u naoružanje još davne 1978. i od tada je u 18 zemalja isporučeno preko 78.000 vođenih projektila 1.470 vatrenih jedinica (bacača). Vođeni projektil HOT 2 je u proizvodnji od 1985, ima prečnik bojne glave od 150 mm (originalni HOT ima prečnik bojne glave 136 mm) sa eksplozivnim punjenjem od 4,1 kg oktolita i u stanju je da probije 1.300 mm valjanog homogenog oklopa. Kasnije je uvedena u naoružanje jedna verzija sa višenamenskom bo-



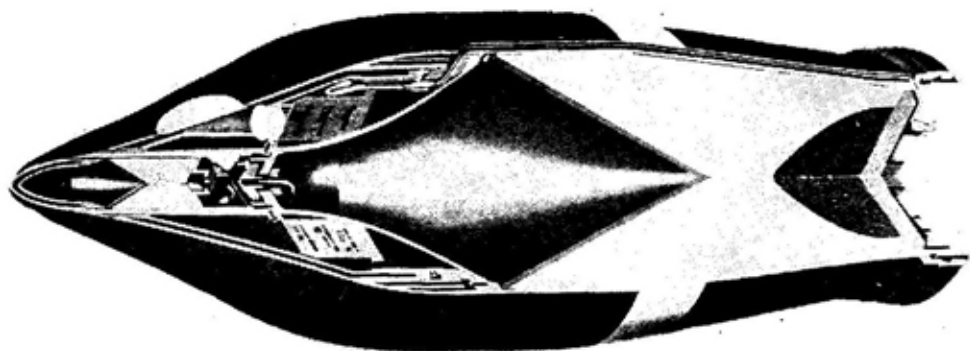
Sl. 1 — Višenamenska bojna glava HOT 2

1 — spoljašnji kontakt upaljača; 2 — unutrašnji kontakt upaljača; 3 — kumulativno punjenje; 4 — unutrašnji deo; 5 — detonator; 6 — deo za spajanje sa projektilom; 7 — levak; 8 — obloga sa parčadnim elementima; 9 — kuglice (Φ 5–6 mm)

jnom glavom (sl. 1) ali do sada još nije prodana. Ima kumulativno punjenje koje može da probije oklop tenka T-55, a stvara i udarno, zapaljivo i parčadno dejstvo pomoću prethodno formiranih parčadi veličine 5—6 mm sa ubojnim poluprečnikom od 20—30 m.

Najnovija verzija, HOT 2 (sl. 2) konstruisana je tako da je efikasna pro-

oružanje krajem 1992. Nedostatak prostora ne dozvoljava upotrebu konvencionalne nepokretne ili uvlačeće sonde za smeštaj jednog pretpunjenja prečnika 36 mm. Umesto toga, da bi se dobilo potrebno odstojanje od cilja za aktiviranje kumulativnog punjenja (stand-off), koristi se jednostavni blizinski detektor koji aktivira jedan poti-



Sl. 2 — Bojna glava projektila HOT 2T sa izbacujućim inicijalnim tandemskim punjenjem u nosu

tiv reaktivnog oklopa. Prva lansiranja obavljena su u proleće 1991. Dejstvo tandemске bojne glave je verifikovano i sada se nalazi u fazi ispitivanja sposobnosti, mada je trebalo da uđe u na-

skivač čija je svrha da potisne napred prethodno punjenje kada se projektil nađe nekoliko desetina santimetara udaljen od cilja. Taj uređaj povećava masu projektila za nešto više od 400 g,



Sl. 3 — Vodeni projektil ERYX u trenutku lansiranja. Vidi se minimalni mlaz iz raketnog motora

tako da je masa sada oko 23,5 kg. Jedan elektronski uređaj upravlja uspo-
renjem koje je potrebno za iniciranje
osnovnog kumulativnog punjenja. Ta-
kođe je poboljšana otpornost na protiv-
mere uvođenjem jednog IC CCD (0,9
 μm) goniometra, dok je ovog puta izo-
stavljene modularni far. Kasnije bi se
mogao ugraditi jedan dodatni goni-
ometar od 10 μm .

Vođeni projektili srednjeg dometa TRIGAT

Studije izvodljivosti jednog multi-
nacionalnog vođenja projektila TRIGAT
počele su 1980. Pred kraj 1988. fran-
cuska generalna delegacija za naoru-
žanje (DGA), dejstvujući u ime tri vo-
deće nacije, zaključila je desetogodiš-
nji program za razvoj sa nosiocem ugo-
vora, firmom sa zajedničkim rizikom
EMDG (Euromissile Dynamics Group),
u vrednosti od 2.430 milijardi FF r (po
cenama iz 1988).

Posao između firmi — članica gru-
pacije EMDG podeljen je na sledeći na-
čin: »Aerospatiale« je odgovorna za si-
stem, vođeni projektil i optroniku; MBB
za vatrenu jedinicu (bacač) i bojnu gla-
vu, a »British Aerospace Dynamics« za
održavanje. Evropski konzorcijum »Sa-
tel« proizvodi termovizijsku kameru
dok je konzorcijum THZ zadužen za
laserski snop i prijemnik.

Na taj način preduzeto je preko
70% ugovora i već krajem marta 1991.
pojavi su se prototip bacača i term-
ovizijska kamera. Prvo lansiranje sa vo-
đenjem projektila, uključujući uvođenje
rakete u snop za vođenje, bilo je jula
1991. Bili su ispitani kvaliteti bojne gla-
ve (kvalifikaciona ispitivanja). Krajem
1991. obavljeno je prvo vođeno lansi-
ranje na daljinu do 2.000 m radi pro-
vere marševskog dela putanje. Sistem
srednjeg dometa TRIGAT treba da pro-
đe kroz tehnička i vojnička ocenska is-
pitivanja između sredine 1994. i sre-

dine 1995. Ulazak u naoružanje očekuje
se 1996. ukoliko bi se ispoštovale bri-
tanske želje, dok bi Francuzi više že-
leli da to bude 1998.

Prema prvobitnom planu trebalo
bi da se proizvede 169.050 vođenih
projektila srednjeg dometa TRIGAT
(Francuskoj 63.000, Nemačkoj 10.500,
V. Britaniji 80.000, Belgiji 8.000 i Ho-
landiji 7.550) i 3.870 vatrenih jedinica
(Francuskoj 1.500, Nemačkoj 350, V.
Britaniji 1.200, Belgiji 420 i Holandiji
400). Ovim brojkama bi se moglo do-
dati 100.000 vođenih projektila i 5.000
vatrenih jedinica za izvoz. Međutim,
vrlo je verovatno da će ove brojke biti
znatno smanjene zbog promene u KoV
pet pomenutih zemalja.

Jedan prenosni sistem srednjeg do-
meta TRIGAT ima približno iste di-
menzije i maksimalni domet (2.000 m),
kao i MILAN koji treba da zameni. On
ima skoro 40% veću masu (17,5 kg za
projektil u svome taktičkom pakovanju
dok MILAN 2T ima masu od 12,9 kg).
TRIGAT srednjeg dometa ima tandem-
sku bojnu glavu sa pretpunjenjem od
40 mm, a prečnik kumulativnog pu-
njenja je 150 mm, ima mogućnost up-
ravljanja skretanjem mlaza a malo ub-
rzanje pri lansiranju (18 m/s a zatim
se povećava do 290 m/s posle 6—7 s
leta) omogućuje da se napadnu ciljevi
na manjim odstojanjima.

Princip vođenja projektila MILAN
(pomoću žice) zamenjen je sistemom vo-
đenja po snopu impulsnog lasera (10
 μm) koji je modifikovan i po vremenu
i po trajanju. Laserski prijemnik je
smešten u zadnjem delu vođenog pro-
jektila, čime je obezbeđen visoki ste-
pen otpornosti na ometanje. Time se
omogućuje da se projektil sam smesti
u konus vođenja koji uspostavlja vatre-
na jedinica (bacač) u liniji sa ciljem.
Projektil, takođe, vrši korekturu puta-
nje koja je potrebna za pogodak u cilj.
Prednje punjenje se inicira blizinskim
upaljačem na daljini oko 1 m od cilja.

Masa termovizijske kamere (10 μm) sistema TRIGAT je kg, uključujući uređaj za hlađenje. Ima kanal vidljivosti za laser i dva ugla vidnog polja: $8^\circ \times 4^\circ$ (šire) i $3^\circ \times 5^\circ$ (uže). Takođe, koristi novu generaciju IC CCD detektora (48 \times 4 elementa).

Vođeni projektil dugog dometa TRIGAT

Budućnost sistema vođenog projektila TRIGAT dugog dometa (LR Trigat) dovedena je u pitanje posle objavljivanja da V. Britanija namerava da se povuče iz ovog programa. Međutim, postoji propisani period od 6 meseci u toku kojeg bi se mogao naći kompromis da se V. Britanija zadrži bar na industrijskom, ako ne i na vladinom nivou. Studije izvodljivosti počele su 1980, paralelno sa studijama sistema srednjeg dometa. Francuska direkcija DGA zaključila je dvanaest-godišnji ugovor vredan 6,2 milijarde FFr za razvoj. Do sada je ispunjeno 55% ugovora. Preliminarna ispitivanja u vazduhu počela su krajem 1991. helikopterom DAUPHIN, a ispitivanje glave za samonavođenje septembra iste godine. Očekuje se da će se prvi nišan OSIRIS V100 pojaviti krajem 1991. ili početkom 1992.

Prema prvobitnom planu potrebno je 73.680 vođenih projektila dugog dometa LR TRIGAT (Francuskoj 13.800, Nemačkoj 44.800, V. Britaniji 15.000) i 1.703 bacača (vatrene jedinice) za ugradnju u helikoptere i kopnena vozila, počev od 1998. Ovim brojkama trebalo bi dodati još 20.000 vođenih projektila i 500 vatrene jedinice za izvoz. Međutim, nema sumnje da će britansko odustajanje i budžetska ograničenja smanjiti navedene brojeke i program u celini. Britanska firma, koja je zadužena za verziju koja se lansira iz vozila i za glavu za samonavođenje, nije u stanju da finansijski pokrije sama deo koji pripada britanskoj vladi. Postoji mogu-

ćnost da Francuska i Nemačka kompenziraju odustajanje V. Britanije, ali bi to dovelo do odlaganja ulaska sistema u naoružanje.

TRIGAT dugog dometa namenjen je da zameni sisteme HOT, TOW i SWINGFIRE i predstavlja ambiciozan program, koncentrisan na proizvodnju vođenog projektila dugog 1,57 m, prečnika 0,155 m i ukupne mase od 42 kg. Treba da ima tandemsku kumulativnu bojnu glavu, termovizorski IC sistem samonavođenja koji obezbeđuje automatsko vođenje čim se odredi cilj, aerodinamičko upravljanje letom i približan profil napada iz poniranja od 30° .

Među problemima koji još nisu rešeni u razvoju pasivne termovizijske IC glave za samonavođenje su »hvatanje« slabo kontrastnih ciljeva na velikim daljinama, održavanje automatskog praćenja cilja u uslovima smetnje od mesnih objekata i obezbeđivanje vrlo precizne tačke udara u cilj. Obrada slike treba da ispuni tri bitne funkcije: da podesi sliku (da se usmeri glava za samonavođenje u pravcu cilja); automatsko »hvatanje« cilja (koji odredi poslužilac sa odabiranjem optimalne tačke udara u cilj); i automatsko praćenje cilja i toku završne faze putanje leta kada se odupire mogućim protivmerama. Za to se koriste različite tehnike obrade za prilagođavanje različitim okolnostima: korelacija, ekstrakcija pomoću prepoznavanja oblika, otkrivanje pokretnih ciljeva i rad ekspertnih sistema ili nervnih mreža. Na taj način u vođenom projektilu dugog dometa LR TRIGAT, glava za samonavođenje, čiji senzor koristi tehniku IC CCD (8–12 μm), stabilizovana je po dve ose. Označavanje cilja je automatsko i vođenje projektila je potpuno automatsko posle određivanja cilja. Na taj način moguće je lansirati rafal od 4 vođena projektila u toku 12 s na različite ciljeve. Zahvaljujući brzini od oko 300 m/s na maksimalnom dometu od 4.500 m (kada se lansira sa kopnenog vozila) ili 5.000 m

(kada se lansira iz helikoptera), LR TRIGAT se može upotrebiti i protiv helikoptera. Za razliku od vođenog projektila srednjeg dometa (MR TRIGAT) njegov marševski motor pali se trenutno.

Osnovni elemenat vatrene jedinice (bacača) jeste nišan »OSIRIS« firme »Aerospatiale«. On ima platformu stabilizovanu po dve ose sa IC kamerom »CONDOR 1«, zasnovanu na IC CCD detektorima (284×4 elementa), zatim laserski daljinomer, TV kameru sa dugim fokusnim rastojanjem i, možda, jedan IC uređaj za praćenje (ukoliko se koristi za lansiranje projektila HOT). Veruje se da će preciznost stabilizacije ovog sklopa biti 10 μrad.

Protivoklopni projektil »POLYPHÈME«

Posle probnog lansiranja demonstratora vođenog projektila POLYPHÈME, zasnovanog na projektilu SS12, i ispitivanja odmotavanja staklenog vlakna pri nadzvučnim brzinama na daljini od oko 200 km, firme »Aerospatiale« i MBB zaključile su ugovor za razvoj bacača koji je, možda, najteži deo u sistemu.

Među preimućstva ovog sistema spada gađanje bez nišanske linije, čime se omogućuje napad na ciljeve koji su zaklonjeni karakteristikama zemljišta. Informacija o drugim potencijalnim ciljevima takođe se može preneti zemaljskoj stanici. Međutim, brzina vođenog projektila je ograničena. Zbog toga je vreme za reagovanje znatno, ograničena je brzina gađanja (mada autonomna faza marševskog leta omogućuje da se jednovremeno u vazduhu nađe nekoliko vođenih projektila) i zahtev za minimalnom visinom leta koja se povećava sa daljinom leta radi sprečavanja kidanja optičkog vlakna.

U svakom slučaju, obe pomenute firme već pretpostavljaju široki opseg primene za ovaj tip sistema. Pored pro-

tivoklopne verzije sa dometom od 15—25 km, postoji mogućnost da se ista tehnika primeni za napade more-more i more-obala, napade u dubinu do 60 km, za protivavionsku odbranu podmornice ili čak artiljerijsko osmatranje (15—30 km).

Ukoliko bi se i usvojio, takav sistem vođenja sa optičkim vlaknom ne bi bio spreman za serijsku proizvodnju pre sledeće decenije.

Vođeni projektil ERYX kao preteča sledeće generacije

Mogućnost da se može ispaliti i iz zatvorenog prostora i otpornost na protivmere karakteristike su koje su uzete u obzir od samog početka razvoja. One sistemu ERYX obezbeđuju dve ključne osobine koje su zajedničke trećoj generaciji sistema protivoklopnih projektila srednjeg i malog dometa koji treba uskoro da uđu u naoružanje.

Međutim, ovaj sistem je zadržao vođenje preko žice koji karakteriše vođene projekte prve i druge generacije. Za pešadijsko odeljenje, za koje je sistem ERYX namenjen, dobrobit od ovog sistema je u tome što on udvostručuje ili čak utrostručuje daljine napada za razliku od bacača koje zamenjuje (600 m umesto 200—300 m). Pored toga, znatno je popravljena preciznost na velikim daljinama.

Definisanje programa ERYX bilo je između 1983. i 1986, pa je posle toga razvoj poveren firmi »Aerospatiale«. Posle nekih promena koje se odnose na uslov da se razvije vođeni projektil po unapred određenoj pojedinačnoj ceni koja ne bi bila veća od nevođene rakete, program ERYX je sada stigao u faze tehničkog i operativnog ispitivanja. Tehnička sekcija francuskog KoV (STST) obaviće ispitivanja u uslovima žarkog vremena u Džibutiju, pa se očekuje da će jedna manja predserijska proizvodnja od nekoliko desetina

vođenih projektila biti obavljena krajem 1991. Planirano je da prvi sistemi ERYX uđu u naoružanje 1992. Za sada je nemoguće predvideti precizan broj projektila koji će se proizvesti, uzevši u obzir sadašnju situaciju i činjenicu da Kanada treba uskoro da potpiše formalnu narudžbinu.

Vođeni projektil ERYX ima tandemsku bojnu glavu sa jednim pretpunjenjem od 25 mm i osnovno punjenje prečnika 135 mm. Daljina aktiviranja pre udara u cilj (stand-off) od četiri kalibra postignuta je smeštajem osnovnog punjenja u zadnji deo projektila iza pogonskog punjenja. Brzi ulazak projektila u nišansku liniju (u toku prvih 50 m) postignut je korišćenjem tehnike skretanja mlaza radi upravljanja pravcem leta vođenog projektila, a krilca su smeštena na pogonske mlaznike koje su postavljeni uzdužno na početnom težištu projektila. Ovaj sistem omogućuje projektilu da pravi oštre zaokrete, čak i pri malim brzinama, a poluprečnik zaokreta je osam puta manji od poluprečnika sistema MILAN na prvih 100 metara.

Korišćeno je konvencionalno vođenje preko žice, ali je otpornost na protivmere znatno povećana uvođenjem CCD kamere na bacaču i modularne IC ksenonske lampe (0,9 μm) kojom upravlja jedan hibridni modul u projektilu. Sinhronizacija nišana i snopa traje samo nekoliko sekundi u toku sekvence lansiranja. Na sl. 3 prikazano je lansiranje vođenog projektila ERYX i može se videti minimalni mlaz raketnog motora.

Vođeni projektili nadzvučnih brzina

U Francuskoj postoji nadmetanje firmi »Aerospatiale« i »Matra« u oblasti vođenih projektila koji deluju svojom kinetičkom energijom. Iako nije verovatno da bi do bilo kakve serijske proizvodnje došlo pre 2000. odnosno

2010. godine, firma »Aerospatiale« proučava razvoj protivoklopnog vođenog projektila sa nadzvučnom brzinom od 5 Maha, dok firma »Matra« sada razmatra projektil koji deluje kinetičkom energijom i protiv oklopnih vozila i protiv helikoptera, dugog dometa, sa laserskim vođenjem (komandnim ili po laserskom snopu) i sa izmenom putanje preko odvojenih dopunskih raketnih potiskivača. Obe firme primile su manja novčana sredstva za preliminarnu studiju.

Uopšteno je prihvaćeno da jedan ovakav sistem ima brojna preimущества, kako u pogledu jednostavnosti konstrukcije (nema glavu za samonavođenje ni servo-motore), tako i u pogledu povećanog potencijala, koji se može suprotstaviti poboljšanoj oklopnoj zaštiti, kao i malog vremena leta (nešto ispod 3 s do 5 km) i povoljne cene po jednom komadu. Sa druge strane, takav jedan sistem zahteva relativno složeni sistem upravljanja vatrom i ukupnu masu, jer projektil treba da probije savremeni oklop, pa zbog toga sistem vođenog projektila nadzvučnih brzina ne može da bude prenosan.

P. Marjanović

Usavršavanje ABH odbrane Francuske*

Švajcarski časopis »International defense review« (br. 12/1991), donosi članak »Refurbishing France's NBC protection« u kojem autor Gérard Turbé razmatra usavršavanje ABH odbrane u Francuskoj, njenu organizaciju, metode otkrivanja i uzbunjivanja, kao i ličnu zaštitu.

ABH odbrana u francuskom KoV treba uskoro da se fundamentalno reorganizuje.

*) Prema podacima iz časopisa: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW — 12/91.

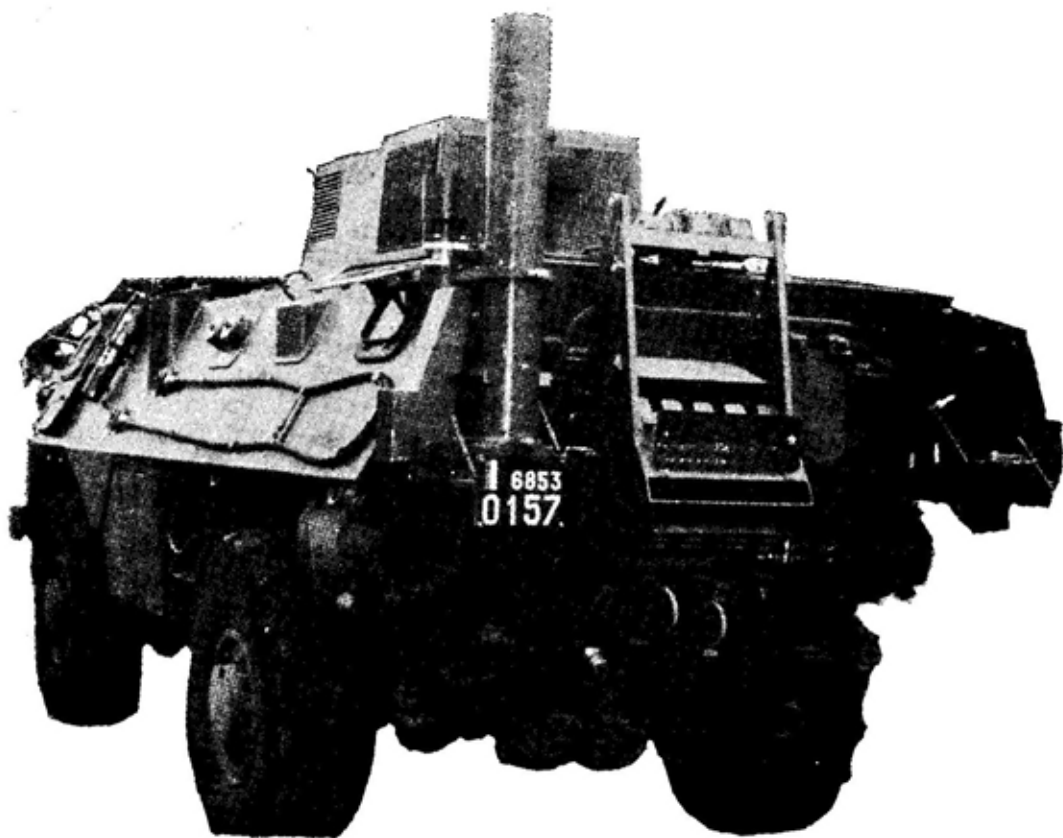
U armijskom korpusu i snagama za brzo reagovanje postojale bi ABH odbrambene organizacije veličine čete u okviru njihovih pozadinskih jedinica i imale bi:

— izviđački vod sa tri odvojena odreda (detašmana) od dva vozila VAB/Reco, firme »Renault« za ABH izviđanje, a moguće je da će imati i jedno odeljenje za daljna izviđanja i otkrivanja (vozilo VAB/Reco prikazano je na sl. 1);

d'action rapide) za dejstvo u prekomorskim oblastima imale bi četiri odeljenja sa dekontaminacionim uređajima CCSD, ugrađenim na kamionima 6×6 VLRA za vezu, izviđanje i podršku.

Na nivou divizije pozadinske jedinice imale bi jedan vod za ABH odbranu koji bi se sastojao od:

- jednog izviđačkog odeljenja;
- odeljenja za dekontaminaciju (po jedno u pešadijskoj, lakoj oklopnoj i 4. vazdušnodesantnoj mehanizovanoj



Sl. 1 — Vozilo za ABH izviđanje VAB/Reco za mobilno otkrivanje i obeležavanje

— dva voda za dekontaminaciju sa po tri odeljenja sa po dva dekontaminaciona sistema velikog kapaciteta. Snage za brzo reagovanje (FAR — Force

diviziji i po dva u oklopnoj diviziji). Verovatno je da će oprema biti ista kao i kod ABH jedinica u armijskom korpusu i snagama za brzo reagovanje.

Otkrivanje i uzbunjivanje

Za ove ciljeve firma »Proengin« konstruisala je AP2C, koji je korišćen u ratu u Zalivu za kontrolu hemijske situacije i uzbunjivanje. Ima masu od samo 2 kg sa baterijom i dovoljno vodonika za rad u trajanju od 12 časova. AP2C koristi spektrofotometriju plamena, pri čemu se plamen analizira radi utvrđivanja talasnih dužina koje emituju fosfor i sumpor pri sagorevanju. AP2C može da otkrije koncentracije pare manje od $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ fosfora (što odgovara koncentracijama od $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ GD i $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ VX) i $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ od ukupnog sumpora (što odgovara koncentraciji od $0,75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ iperita). Vreme reagovanja AP2C je oko 1 s. Kada se radi o tečnostima, uzorci se zagrevaju, omogućujući trenutno otkrivanje koncentracija od 1 do $2 \text{ g}/\text{m}^2$ VX i naknadnih koncentracija VX od $0,1 \text{ g}/\text{m}^2$. Početak isporuka AP2C KoV-u Francuske je krajem 1992. Potrebno je ukupno 10.000 ovih detektora, čija pojedinačna cena će biti oko 35.000 FFf (oko 5.500 dolara).

Ista firma konstruisala je i uređaj za uzbunjivanje ADAC (Appareil de detection d'alerte chimique) koji je adaptirani detektor AP2C. On ima zvučni alarm koji može da bude udaljen do 2—3 km. U fazi studije nalazi se automatski sistem za uzbunjivanje DAAL za tečne BOT. Predviđen je da se ugradi na detektor AP2C, ima kontejner kapljica da bi se mogao koristiti sa sistemom za fotometriju plamena.

Godine 1990. započeta su istraživanja modularnog hemijskog senzora koji bi koristio fotometriju plamena kao načina za detekciju širokog spektra elemenata. Pored fosfora i sumpora, koji se, uglavnom, koriste za izradu organofosfornih nervnih BOT, ovaj senzor moći će da otkriva cijanide (koji se koriste za krvne BOT) i hlór (koji se koriste za BOT zagušljivce kao što je fosgen). Radi razvoja treće generacije opreme za otkrivanje BOT, direkcija za

istraživanje naoružanja i opitni centar (DGA/DRET-CEB — Direction des recherches, études et techniques d'armement, Centre d'assais du Bouchet) započeli su ispitivanja savremenih hemijskih i bioloških senzora koji bi mogli da određuju tipove BOT. Istraživački i razvojni radovi trebalo bi da počnu krajem 1993.

Autor smatra da bi detekcija organofosfornih sastava bila moguća pomoću laserskog detektora DÉTADIS koji je namenjen za 24-časovnu zaštitu objekata manjih dimenzija, a princip rada mu je diferencijalni stepen apsorbovanja laserske energije usmerene na oblake pare. Izviđačka glava ima dva CO_2 lasera. Jedan služi za merenje, a drugi je referentni, koji identifikuju BOT u liniji posmatranja. Procesor se sastoji od HgCdTe detektora i mikroprocesora 68010. Vreme reagovanja detektora DÉTADIS je ispod 10 s, a minimalni nivo detekcije biće $300 \text{ (mg}/\text{m}^3)/\text{m}$. Moći će automatski da kontroliše 10 zona širine 10° , sa ukupnom širinom osmatranja od 120° . Dve talasne dužine mogu se ispitati za manje od 30 s, a laser od 50 mJ ima doomet između 600 i 5.000 m. Laseri rade na frekvenciji ispod 3 Hz u proseku, ali učestanost ponavljanja impulsa može da dostigne i 10 Hz. Detektor DÉTADIS sada koristi bocu sa komprimiranim gasom koja obezbeđuje rad u toku 6 časova, ali visokofrekventni hermetički laseri (100 Hz i više) već su ispitani. Oni će obezbediti do 20 miliona uključivanja, a moći će otkrivati kontaminaciju tla.

Autor navodi da će se detektori DÉTADIS proizvoditi po prosečnoj pojedinačnoj ceni od 2 do 3 miliona FFf (oko 400.000 dolara) za 200 sistema. Od njih bi se oko 30 koristilo u vazduhoplovnim bazama, dok bi se ostatak ugradio u laka oklopna vozila VBL ili P4, koja bi u parovima kontrolisani zonu od 210° sa malim bezbednosnim preklapanjem. Isporuka ovih detektora ne očekuje se pre kraja devedese-

tih godina. Međutim, zajedno sa SAD, radi se na razvoju detektora iperita.

Za obezbeđenje mobilnih sistema detekcije BOT, KoV Francuske planira da nabavi oko 40 vozila VAB (4x4) koja bi se koristila za nuklearno i hemijsko izvidanje. Ova vozila su konstruisana početkom osamdesetih godina, ali su prvi put javno prikazana 1988. Nosiće senzore gama-zračenja, asortiman senzora atmosferskih hemikalija i komplet opreme za uzimanje uzoraka tla. Biće povezani sa identifikacionim sistemom masovne spektrometrije, video-konzolom i sistemom za prenos podataka na bazi PR4G.

Lična ABH zaštita

Od 1990. godine industrijska grupacija kopnenog naoružanja GIAT proizvodi novu zaštitnu masku ARFA (Apparatus Respiratoire Filtrant des Armées) za francusko RV, dok su isporuke za KoV počele 1992. Biće potrebno do 670.000 ovih zaštitnih maski za zamenu ANP 51. Pojedinačna cena je, navodno, između 640 i 690 FFr (oko 120 dolara) bez filtera koji košta 135 FFr ili 24 dolara. Zaštitna maska ARFA izrađuje se u 4 veličine, potpuno je od poliuretana, uključujući i vizir, obezbeđuje bolje vidno polje nego maska ANP 51, i udobnija je za nošenje zbog postavljenog unutrašnjeg dela koji dodiruje lice. Maska ima jednu zvučnu membranu koja omogućuje bolji prenos glasa, a ima i sistem protiv zamagljivanja, uređaj za uzimanje vode i filterski patron koji se nalazi napred. Sadašnji patron je poboljšan radi manjeg otpora pri disanju; plići je i širi (smanjuje pad pritiska) a ima i nove filterske materijale. Patron ima ugljen od kokosovog oraha 1830 u granulama veličine između 0,8 i 1,0 mm. Ove granule su impregnirane bakarno-hromno-srebrnim solima.

Da bi zadovoljila potrebe posada helikoptera, gde se zahteva kompatibil-

nost sa ostalim elementima njihove opreme, uključujući naočari za noćno osmatranje i vizire na letaćkim šlemovima, DGA/DRET-CEB je prišla projektu EPHÉSE koji se sastoji od maske sa viziorom koji je postavljen što je moguće bliže očima i sa izmenjenim položajem filterskog sistema koji će se sastojati od tri patrona, od kojih će dva biti priključena na helikopterski prinudni (pod pritiskom) sistem za disanje, dok će treći, odvajajući patron, koristiti članovi posade kada napuste helikopter. Tri vida francuskih OS tre-



Sl. 2 — Zaštitno ABH odelo NBC-OM

ba da prime ukupno oko 2.000 sistema EPHESE po pojedinačnoj ceni između 10.000 i 15.000 FFr (oko 2.000 dolara). Svi postojeći helikopteri biće opremljeni sistemom EPHESE, dok će buduće letelice imati jedan privremeni priključak dok se ne pojave savremeni specijalno urađeni sistemi.

Standardno francusko ABH odelo S3P uvedeno je u upotrebu sedamdesetih godina, a bilo je rađeno od tkanine firme »Paul Boyé« sa impregniranim penastim materijalom debljine 3 mm. Međutim, ovo odelo bilo je sasvim lomljivo i posle svake upotrebe bacano je. Pre rata u Zalivu, Francuska je već izradila odelo NBC-OM (Outre-Mer) čiji je ugljenični penasti materijal pokriven spoljašnjim slojem pamuka, otpornim na vodu i naftu. Radi smanjivanja toplotnog opterećenja spoljašnji sloj nije otporan na vatru, a debljina penastog materijala smanjena je na 1,5 mm. Planiran je derivat odelo NBC-OM za posade helikoptera, ali cno mora da bude otporno na vatru, sa spoljašnjim slojem od staklenih i viskoznih vlakana ili termostabilnog vlakna (sl. 2).

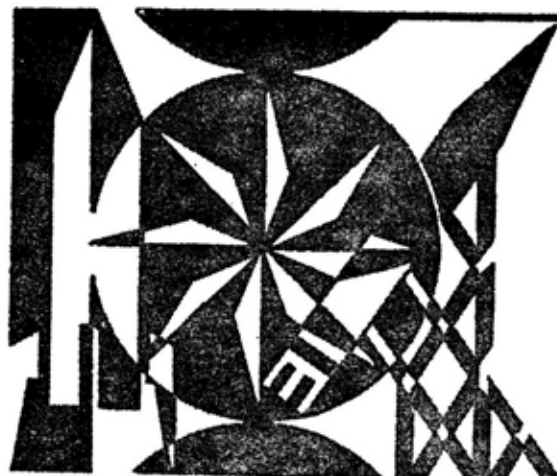
Već je počeo istraživačko-razvojni rad na sledećoj generaciji ABH odelo. Za efikasniju upotrebu u borbenim uslovima ono će biti otporno na udar parčadi, moći će da se pere, u slučaju potrebe je klimatizovano i ima spoljašnji sloj koji je otporniji na uticaj bojnih otrova. Istraživane su dve mogućnosti — ustaljeno korišćenje ugljenične pene i tekstila, a druga mogućnost — aktivni tekstil koji ima svojstva apsorbenta, od specijalno obrađenih vlakana ili šupljih vlakana, napunjenih ugljenom. Odeću kompletiraju ugljenične čarape, kao i ugljenične unutrašnje rukavice koje se nose ispod spo-

ljašnjih. Međutim, ova kombinacija je nezgrapna i može se zameniti kombinovanim rukavicama od ugljeničnog tekstila i tankim gumenim koje se navlače ispod rukavica bez odvojenih prstiju (samo sa palcem). Time bi prsti bili slobodni. Ekipe za dekontaminaciju, koje su izložene teškim kontaminacijama, sada imaju teška nepropustljiva odela, izrađena od butilenske gume, ali će biti zamenjena lakšim odelima.

Kolektivna zaštita vozila i nekih sanitetskih skloništa postiže se korišćenjem filterskih sistema sa natpritiskom. Zaštita od aerosola obezbeđuje se slojem staklenih vlakana pored normalnog sloja aktivnog uglja. Tendencija je da se pređe na kombinovani filterski sistem u kojem su slojevi vlakna i ugljena međusobno kombinovani. Pored toga, između Francuske i V. Britanije potpisan je sporazum za proučavanje mogućnosti »reciklirajućih« filtera. Autor podseća na to da u okviru NATO postoji sve veća gotovost za standardizaciju svih filtera radi smanjivanja njihovog broja.

Francuski tenk LECLERC već ima ugrađen hibridni ABH sistem za kolektivnu zaštitu u kojem su kombinovani jedan sistem sa natpritiskom u borbenom odeljenju tenka i jedan sistem za klimatizaciju koji snabdeva hladnim i prečišćenim vazduhom svakog od tri člana posade. Izlazni učinak kombinovanog sistema ABH za ventilaciju varira od 100 do 180 m³/h, a hibridno kolo sa natpritiskom može da obezbedi 60 m³/h. Radi poboljšanja sigurnosti kontaminirani filteri za aerosole i paru mogu biti zamenjeni sa spoljne strane tenka LECLERC, što nije slučaj kod tenka AMX-30.

P. Marjanović



tehničke novosti i zanimljivosti

Američka samohodna haubica 155 mm »M109A6 PALADIN«¹

Serijska proizvodnja američke samohodne haubice 155 mm M109 počela 1962. godine. Danas se u naoružanju, najmanje 28 zemalja u svetu, nalazi oko 7000 ovih haubica.

Prva modernizacija haubice izvršena je 1971. godine (ugradnja cevi dužine 39 kalibara umesto 23 kalibra, modernizacija nišanskih sprava i poboljšanje oslanjanja).



Druga modernizacija haubice izvršena je 1978. godine (poboljšanje punjača, gasne kočnice, hidraulike, povećanje magacina iza kupole da može da primi 36 metaka umesto 22 i zaštita periskopa). Oznaka M109A2 je važila samo za novoprodukovane haubice, dok su mo-

dernizovane dobile oznaku M109A3. Iz ovih haubica postignut je domet 22500 m sa klasičnim i 30000 m sa AR projektilom.

U 1979. godini američki KoV izradio je program ESPAWS, koji je pored ostalog obuhvatio i modernizaciju haubica M109A2/A3. Bilo je planirano da se na haubicama izvrše 32 poboljšanja. Ovaj program dobija oznaku HELP. Kroz ovaj potprogram izvršeno je 25 poboljšanja i SH dobija oznaku M109A4. Dalja modernizacija se vrši ugradnjom nove cevi u cilju povećanja dometa, a oruđe dobija oznaku M109A5. Modernizacije A4/A5 su zahtevale novu kupolu kao i promene na hodnom delu, a namenjene su pre svega za izvoz. Američki KoV međutim, proširuje program HELP i on dobija oznaku HIP. Program HIP označava direktno poboljšanje SH M109A2/A3 u verziji M109A6. U ovu verziju bila bi uključena sva poboljšanja A4/A5 (povećanje brzine gađanja uvođenjem poluautomatskog punjača, dopunska balistička zaštita, novi sistem za upravljanje vatrom, sistem za upravljanje vatrom, sistem za pozicioniranje sistema, sistem za komunikacije i dr.).

Prve haubice M109A6 trebale su da budu isporučene u aprilu 1989. go-

¹ Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 8, str. 15 i 16

dine, ali zbog administrativnih i teškoća u razvoju to nije učinjeno. Američki KoV ima u naoružanju oko 2400 haubica M109 sa izgledom da se 825 modifikuje u varijantu M109A6.

Za poboljšanje vatrene moći M109A6 stajala su na raspolaganju sledeća oruđa:

— cev 155 mm dužine 39 kalibara M284 (kao kod M109A2/A3),

— cev 155 mm dužine 39 kalibara M283, bazirana na cevi vučne haubice M198, i

— cev 155 mm M282 dužine 58 kalibara.

Ovo poslednje rešenje cevi napušta se budući da NATO usvaja zajedničko UB rešenje cevi 155 mm dužine 52 kalibra.

Prvo rešenje zadržava cev M284. Za ovu haubicu planiran je razvoj modularnih punjenja.

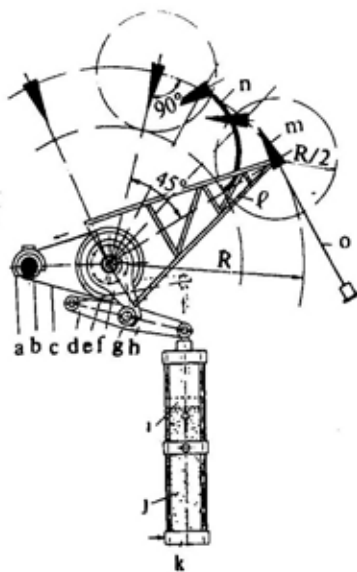
Elementi sistema M109A6 su:

Modularni sistem za upravljanje vatrom AFCS sa modularnim balističkim računarom, automatsko pozicioniranje cevi po pravcu i visini, sistem za pozicioniranje oruđa, procesorska jedinica elemenata gađanja i sredstva za vezu i prenos podataka. Nepromenjen ostaje pogon (8-cilindrični dizel V motor GENERAL MOTORSA, generator i uređaj za hlađenje). Haubica M109A6 ima masu 28,35 t (oko 3,5 t više od M109A2/A3). Izvršenim poboljšanjima M109 nije dostignut nivo nemačke haubice 155 mm PZH 2000, ali predstavlja napredak, te su veliki izgledi da se to postigne kroz sledeću generaciju haubica 155 mm AFAS.

Procenjuje se da bi mogla da se održi porudžbina haubica 155 mm AFAS firme FDC. Američki KoV planira uvođenje ove haubice od 2004. godine. Očekuje se da AFAS razreši modularno barutno punjenje za cev dužine 52 kalibra NATO.

Švajcarski simulator lansera raketa²

Stručnjaci iz fabrike aviona EM-MEN iz 2. Uprave za naoružanje u Thunu izradili su studiju o mogućnosti korišćenja postupaka simulacije lansiranja raketa, koji se ne zasnivaju na linearnim uređajima za ubrzavanje (raketnim stazama). Utvrdili su da se može ostvariti odgovarajući postupak izgradnjom specijalne centrifuge, koja ispitivani objekt izlaže iznenadnom konstantnom ubrzanju u toku bilo kog vremena, pri čemu je smer ubrzanja u odnosu na objekt konstantan.



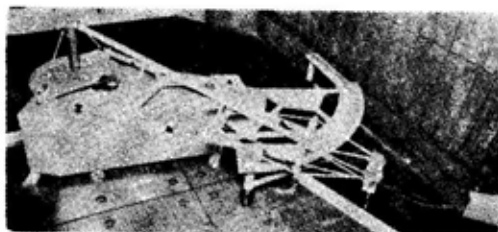
Sl. 1

Princip funkcionisanja zasniva se na tome, da se na jedan krak centrifuge montira ispitivani objekt, koji se može obrtati oko jedne ose. U početku se kretanje objekta reguliše tako da je njegov smer ubrzanja tangencijalan na kružnu putanju rotacije centrifuge, čiji je radijus R. Obrtanje centrifuge po-

² Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, juni, br. 6, str. 66.

činje sa takvim ugaonim ubrzanjem, koje na mestu ispitivanja stvara željeno tangencijalno ubrzanje. Zahvaljujući povećanju brzine obrtanja centrifuge, nastaje na mestu ispitivanja komponenta centrifugalnog ubrzanja koja raste i koja je radijalna na osu centrifuge, pa zajedno sa komponentom tangencijalnog ubrzanja stvara vektor ubrzanja, koji stvarno deluje na ispitivani objekt. Da bi veličina rezultantnog vektora ubrzanja ostala konstantna, vrši se odgovarajuće smanjenje ugaonog ubrzanja. Pri tom se ispitivani objekt obrće tako, da se smer ubrzanja uvek poklapa sa željenom osom ispitivanog objekta.

Ovaj princip je razrađen u detalje pomoću kompjuterskih simulacija. Na



Sl. 2

kraju ove faze zaletanja kretanje prelazi u normalan centrifugalni rad, pri čemu ispitivani objekt ostane fiksiran i radijalno orijentisan na kraku centrifuge.

Na slici 1 prikazan je princip rada centrifuge, gde je: a) servo-motor, b) i d) zupčasta ploča, c) zupčasti kaiš, e) glavna osovinica, f) kriva ploča, g) valjak za prenos, h) kolevka, i) klip, j) volumen rezerve, k) glavni cilindar, l) rotor, m) ispitivani objekt, n) kriva vođenja, o) sajla za držanje sa uređajem za okidanje.

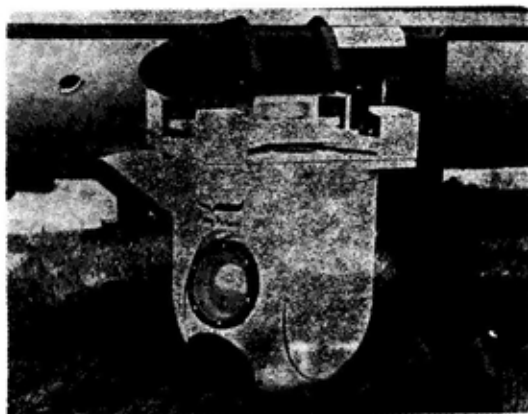
Na slici 2 prikazana je centrifuga, koja je izgrađena u jednom bunkeru. U prednjem delu slike vidi se glava za kalibrisanje, koja je pričvršćena na krak rotora. Rotor se nalazi u početnom položaju.

Tehnički podaci: masa centrifuge oko 500 kg; maksimalna masa ispitivanog objekta 6 kg; masa rotora (bez objekta) 32 kg; radijus rotora 2,5 m; broj obrtaja rotora 75 min^{-1} ; potisna sila glavnog cilindra pri 5 bara 16.000 N; potisna snaga glavnog cilindra pri 5 bara 3.000 J; snaga elektromotora 4,5 kW; maksimalan radni pritisak pneumatike 10 bara; ukupna cena centrifuge (uključujući podsanicu za rukovanje) oko 180.000 švajcarskih franaka.

Jedan ovakav uređaj za ispitivanje ubrzanja je već realizovan. Smatra se da će ubuduće ovakvi simulatori biti sve značajniji.

Helikopterska termalna kamera britanske firme »THORN EMI«³

Britanska firma THORN EMI iznela je na tržište laku termalnu kameru koja se može instalirati na stabilizovanu helikoptersku platformu. Kamera je



Oprema firme THORN EMI instalirana u gondoli za lake helikoptere, koja se obično koriste za potrebe snaga bezbednosti ili policije

namenjena za traganje i izvidanje po noći, ili pri slaboj vidljivosti, ili kada je zona osmatranja veštački zamračena.

³ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMEMENT INTERNATIONAL 1991, br. 102, str. 78.

Njeno vidno polje je 8° za blisko izviđanje i 2° za panoramsko osmatranje.

Koncepcija termalne kamere zasnovana je na primeni univerzalnih modula (klasa 1 britanskog ministarstva odbrane). Njena masa (sa sistemom za hlađenje detektora) je ispod 6 kg. Osim toga, u baznu instalaciju uključena je i jedna kolor TV kamera, tako da masa celog kompleksa iznosi oko 20 kg.

Vizuelna slika osmatranja prikazuje se na televizijskom monitoru i to posebno televizijska ili termalna, ili obe istovremeno na podeljenom ekranu. Usmernavanje platforme vrši se preko komandnog uređaja, a pomoću nekoliko dugmadi moguće je jednostavno reguliranje vidnog polja. Zahvaljujući najnovijim dostignućima u tehnologiji detektora, proizvođač smatra da postignute rezolucije (termalne i TV slike) sada mogu biti uporedive sa postojećim značajnim oř remama.

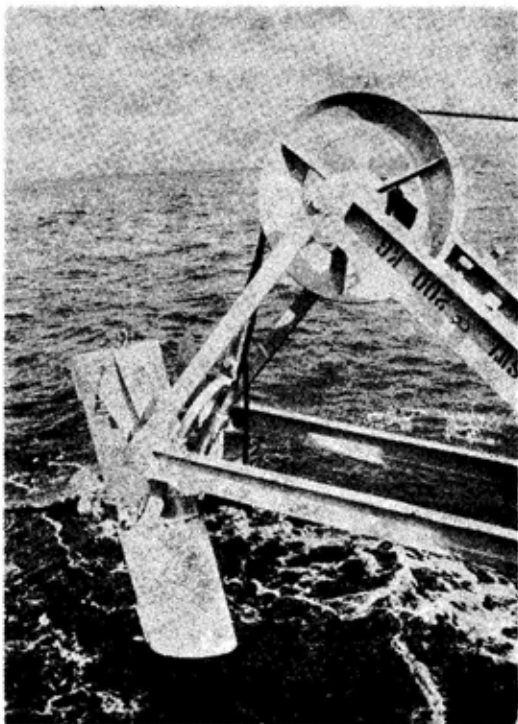
Oprema firme THORN EMI izabrana je da se instalira na policijske helikoptere tipa MESSERSCHMIT-BÖLKOW-BLOHM Bo 105 (u službi u okruzima Devon i Cornouailles) za operacije iznad prostrane teritorije koja obuhvata preko 800 km morske obale i velike površine pod močvarama.

Američki aktivni tegljeni sonar »ATAS«⁴

Demonstrator ATAS tehnologije (ACTIVE TOWED ARRAY SONAR — aktivni tegljeni sonar sa nizom hidrofona) radi na frekvenciji oko 3 kHz, koja je odabrana radi dobijanja dovoljno kompaktnog sistema da može da radi sa broda od 250 t. Na 3 kHz zahteva se takvo lateralno odvajanje hidrofona, da se može zadržati trouglasta konfigu-

racija unutar preseka tegljenog niza, čiji je prečnik oko 88 mm.

ATAS koristi flekstenzione transdusere, koje je razvila firma BRITISH AEROPSACE. Način rada ATAS-a može da bude aktivan sa FM i pasivan sve do 200 m uz radne brzine između 5 čv i 20 čv. Prijemnik je klasični tegljeni



niz, a tegli se iza predajnika (žuto telo) neutralnim plutajućim kablom. ATAS je nedavno ispitan u SAD za potrebe njihove obalske straže, koja traga za aktivnim sonarom za otkrivanje nečujnih podmornica u okviru zadatka odbrane obale.

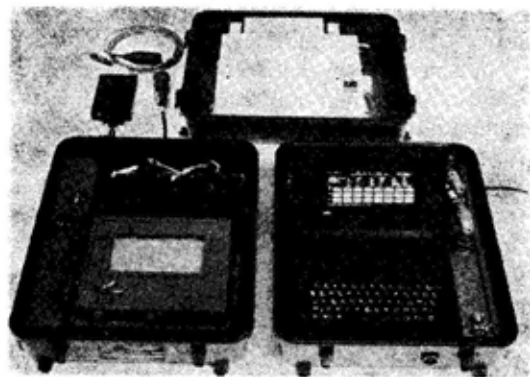
Razlikovanje pramca od krme ostvaruje se pomoću snopa hidrofona u obliku kardioide, što se pokazalo kao jako efikasno, jer nema nedoumice, a displej podataka iznad 360° po azimutu ne razlikuje se od displeja dobijenog pomoću trodimenzionalnog niza montiranog na trupu.

⁴ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 2, str. 140—141.

BRITISH AEROSPACE definiše i aktivni sonar od 1 kHz za brodove veličine fregate sa prihvatljivom performansom i načinom rukovanja.

Novozelandski artiljerijski računar »VANGUARD«⁵

Novozelandska firma MARINE AIR SYSTEMS radi zajedno sa novozelandskom artiljerijom na razvoju sistema za upravljanje artiljerijskom vatrom VANGUARD. U KoV Novog Zelanda sada se nalazi 21 uređaj i dopuniće ure-



daje za elevaciju i daljinu minobacača MERE (Mortar Elevation and Ranging Equipment) koja je u naoružanju od 1983.

Softver je kompletno razvijen u Novom Zelandu i sprovodi se na američkom računaru GRIDset 1180 TURBO XT. Ovaj sistem se sastoji od računara, printera i ekrana displeja. Svaki od njih je smešten u kontejneru veličine aktentašne sa masom od 19 do 25 kg. Postoji i daljinski displej-duplikat za oficira u komandnom centru.

VANGUARD prima sve uobičajene ulazne podatke o projektilu, vremenu

⁵ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 3, str. 264.

i cilju, mada je softver specijalno razvijen za potrebe KoV Novog Zelanda. nalog broj 141 mašina broj pet bora Softver omogućuje da poslužilac odabere podelu vatre na zemljištu — kružnu, pravougaonu, paralelnu ili pravolinijsku — i radi sa koordinatama i u metrima i u jardima.

VANGUARD sadrži u sebi sistem za komandovanje oruđem i prenos podataka koji prenosi elemente gađanja za displej topa GDU (Gun Display Unit) i omogućuje povezivanje u mrežu artiljerijske računare na bojištu pomoću žične ili radio-veze.

Nova američka krstareća raketa »AGM-129A«⁶

U stručnim publikacijama prvi put su objavljene fotografije nove američke krstareće avionske rakete AGM-129A GENERAL DYNAMICS kod koje je korišćena tehnologija »nevidljivosti« (stealth). Masa rakete u poletanju je 1.250 kg, preciznost gađanja ispod 80 m. Sistem vođenja je inteligentni, u kombinaciji sa korelacijom po reljefu zemljišta.

Ulazak ove rakete u naoružanje RV SAD očekuje se u 1992. godini. U budžetu za 1991. godinu za proizvod-



nju prvih 100 raketa predviđeno je 366 miliona dolara. Avioni-raketonosci sa AGM-129A biće strategijski bombarderi B-52, B-1B i B-2.

Na slici je raketa ACM AGM-129A u letu.

⁶ Prema podacima iz: ZARUBEŽNOE VOENNOE OBOZRENIE 1991, br. 1, str. 81.

Nevođene rakete klase vazduh— —zemlja francuske firme »THOMSON BRANDT«⁷

Francuska firma THOMSON BRANDT ARMEMENTS je već u 1988. godini postala vodeći svetski proizvođač vazduhoplovnih raketa klase vazduh-zemlja. Rakete kalibra 68 mm, 70 mm (2,75"), 100 mm i 127 mm (5") nalaze se u službi širom sveta, a naročito u RV i lakoj avijaciji KoV Francuske. Ove nevođene balističke rakete,



koje se ispaljuju iz borbenih aviona, helikoptera i eventualno lakih aviona, koriste se za blisku ili udaljenu vatrenu podršku, protiv oklopnih ili neoklopljenih borbenih vozila, skloništa i brodova.

Rakete ovog tipa predstavljaju snažan sistem jednostavan za upotrebu i mogu se lako prilagoditi za nošenje na vazduhoplovima. Savremeni načini za upravljanje vatrom obezbeđuju veliku efikasnost gađanja i povećavaju domet. Ispaljivanje raketa vrši se na dometu vizuelnog cilja i za daljine od 1000 do 3000 metara. Rakete se lansiraju u plotonu iz raketnih lansera. Bojne glave mogu biti raznih vrsta: opšte namene, protivoklopne, vežbovne, dimne, osvetljavajuće, razorne i kumulativne.

Kalibri od 68 mm (2,75") koriste se za zadatke vatrene podrške. Jedan vazduhoplov može da nosi veliku količi-

⁷ Prema podacima iz: DEFENSE & ARMENT INTERNATIONAL 1991, br. 103, str. 90.

nu ovih raketa (do 144 komada) u lanserima kapaciteta između 7 i 36 komada, koji omogućuju upotrebu bojnih glava opšte namene, protivoklopnih i vežbovnih. Rakete od 100 mm i 127 mm (5") daju najefikasnije rezultate gađanja na velikim odstojanjima (preko 3000 m) po »tvrdim« ciljevima (bunker, borbeno vozilo, oklopljeni brodovi) primenom specifičnih bojnih glava (kumulativne, razorne itd.).

Holandska fregata »KAREL DOORMAN«⁸

Prva u seriji od osam novih holandskih fregata, KAREL DOORMAN nalazi se već u probnim vožnjama. Kod ovog tipa je interesantno kako je rešeno pitanje smeštaja raketnog sistema naoružanja SEA SPARROW sa vertikalnim lansiranjem, koji obično zauzima mnogo prostora u unutrašnjosti broda. U parovima je 16 potpuno hermetičnih šaftova smešteno na spoljašnju stranu hangara za helikoptere (strelica na slici). Na taj način oni zauzimaju



najmanji mogući prostor, a istovremeno je povoljno rešeno i odvođenje gasova pri startu raketa.

Nova holandska fregata naoružana je pored 16 raketa brod-vazduh

⁸ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1991, br. 3, str. 211.

SEA SPARROW još i sa artiljerijskim sistemom GOALKEEPER od 30 mm, koji služi za dejstva protiv niskoletelih protivbrodskih raketa, pa se smatra da ima dobre izgleda da se odbrani od napada iz vazduha.

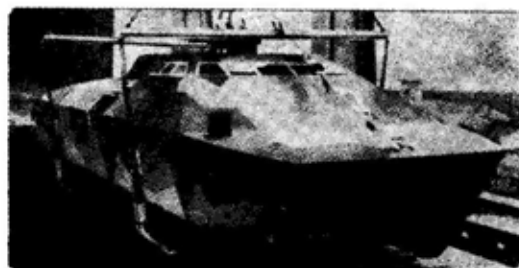
Slika je snimljena u toku probne vožnje.

Švedski čamac za prikradanje »SMYGE«⁹

Sveđani su porinuli eksperimentalni čamac za razvijanje mornaričke tehnike prikradanja i za ispitivanje novih sistema naoružanja.

Nazvan je SMYGE (švedski — za prikradanje), dužina mu je 330,4 m, a porinut je u brodogradilištu Karlskrona. Tvrdi se da ima naročito malu radarsku, magnetsku i akustičku karakteristiku.

Na projektu je od početka, 1986. godine, saradivala Vojna uprava za materijale i niz švedskih firmi i istraži-



vačkih ustanova uključujući KARLSKRONAVARVET, BOFORS ELECTRONICS i Nacionalni institut za odbrambena istraživanja.

Dužina na vodenoj liniji je 27 m, maskirna širina 11,4 m, a deplasman

⁹ Prema podacima iz: JANE'S DEFENCE WEEKLY 1991, 30. mart, str. 464.

140 t. Posadu sačinjavaju 6 oficira i 8 mornara. SMYGE je čamac sa površinskim efektom, izgrađen kao katamaran pruža mali otpor plovljenju, stabilan je na moru i smanjene ranjivosti podvodnim eksplozijama.

Ispitivanja će se nastaviti do 1993. godine u okviru kojih treba i da se ustanovi kako se održava brzina na teškom moru i kako se konstrukcija ponaša u zimskim uslovima. Navodi se da može da postigne brzine od 40—50 čv. Izdizanje obezbeđuju dva dizel-motora od 4600 kW, a pokretanje dva dizel-motora od 2040 kW kao i propulzioni sistem KaMeWa pomoću vodenog mlaza, koji povećava mogućnost manevrisanja, obezbeđuje tiho kretanje i plitak gaz.

Trup je izgrađen od kevlara i plastike ojačane staklenim vlaknima. Ispitivanja uključuju i mere IC prigušivanja u izduvnim cevima.

Naoružanje i ostala oprema smešteni su ispod palube, osim topa kalibra 40 mm, koji je pokriven kupolom. Alternative naoružanja uključuju top 40 mm, dve rakete RBS 15, uređaja za protivpodmornička dejstva, protivminske sisteme i mine. Cevi za torpeda od 400 mm sa žičanim vođenjem mogu se smestiti ispod krme.

Američko-nemački eksperimentalni avion »EFM/X-31«¹⁰

Izgradnja aviona X-31 je prvi međunarodni program, za tzv. X-avione, jer je izgrađen saradnjom američke firme ROCKWELL i nemačke firme MBB uz učešće vojnih stručnjaka i ustanova sa obe strane.

U toku uspešnog probnog leta krajem 1990. godine dokazana je mogućnost realizacije nove tehnologije radi

¹⁰ Prema podacima iz: WEHRTECHNIK 1991, br. 1, str. 25.

poboljšanja efikasnosti aviona u bliskim borbama. Ispitivanja u letu planirana su u tri faze i uspešno se prihode kraju



Glavne osobine aviona X-31 su: DELTA-CANARD konfiguracija sa kompjuterski vođenim upravljanjem FLY BY WARE; upravljanje vektorom potiska; maksimalna brzina 0,9 Ma; odnos potiska i mase je 0,6 pri 0,2 Ma i na visini od 20.000 stopa; raspon krila oko 7 m; visina oko 4,5 m; površina krila 21 m²; masa praznog aviona oko 5 t; pogon F 404 GE 400.

Klasičnom upravljanju kormilom dodato je novo reakciono upravljanje, koje omogućava pilotu da upravlja i kada aerodinamičko kormilo više ne funkcioniše (posle 30° napadnog ugla). To je tzv. upravljanje vektorom potiska. Zato novi avion može u bliskoj borbi bukvalno da »pleše« po svojim izduvnim gasovima i da napravi »premet«. Klasični avioni moraju za to da prelete petlju.

Američki produženi avion-tanker »HERCULES KC-130T-30H«¹¹

Firma LOCKHEED AERONAUTICAL SYSTEMS Comp. izgrađuje sada dva aviona-tankera HERCULES

KC-130T-30H za potrebe mornaričke pešadije SAD. To je produžena verzija poznate serije transportnih aviona C-130. Firma LOCKHEED produžava HERCULES na taj način što ubacuje dve prstenaste sekcije u trup aviona. Tako se novi tanker-avion produžava za oko 5,5 m u odnosu na standardni HERCULES. Oba nova tankera namenjena su rezervnoj grupi MACG 48 u Čikagu, gde će se koristiti za snabdevanje gorivom aviona ili helikoptera u vazduhu.



U toku akcije »Pustinjska oluja« pokazalo se da je veoma važno u podršci cvakvih intenzivnih dejstava snabdevanje gorivom iz tankera-aviona, koje sprovodi mornarička pešadija.

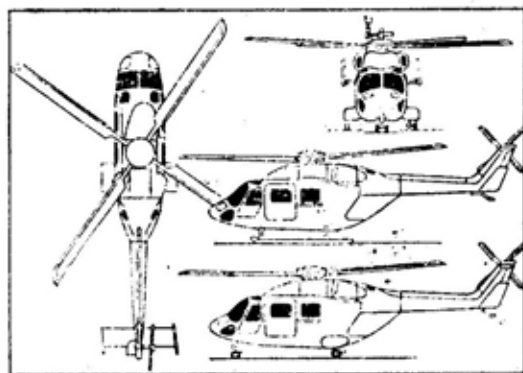
Novi indijski helikopter »ALH«¹²

Prema podacima iz stranih publikacija indijska vazduhoplovna korporacija HAL, uz učestvovanje nemačke firme MESSERSCHMITT-BÖLKOW-ROHM, razvija laki helikopter ALH (Advanced Light Helicopter). Helikopter se razvija za potrebe KoV, RV i RM Indije sa zajedničkom osnovnom konstrukcijom.

¹¹ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1992, br. 1, str. 82.

¹² Prema podacima iz: ZARUBEŽNOE VOENNOE OBOZRENIE 1991, br. 7, str. 76.

Razlike u varijantama nove letelice zavisice od karakteristika njihove borbene primene i eksploatacije. U stvari, komanda KoV Indije planira korišćenje helikoptera ALH za borbu protiv tenkova, za polaganje minskih prepreka, iskrcavanje i podršku borbenih dejstava taktičkih desanata. Kao njegovo osnovno naoružanje razmatraju se nove protivoklopne vođene rakete NAG sopstvene proizvodnje, koje bi trebalo da uđu u naoružanje 1993. godine, nevođene avionske rakete 68 mm i turelni top 20 mm. Pretpostavlja se da će RV predvideti da novi helikopter reša-



va takve zadatke kao što su tragačko-spasilačke operacije, evakuacija ranjenika i posada koje su doživele katastrofu, osmatranje, veza i drugi. Varijanta za RM će se koristiti uglavnom za tragačko-spasilačke operacije, borbu protiv podmornica i površinskih brodova.

U zapadnim publikacijama se naglašava da helikopter ALH treba da bude optimiziran za dejstva u uslovima visinskih i toplih oblasti. Razvija se po šemi sa četvorokrakim nosećim i repnim rotorima i stabilizatorom sa bočnim pločama na krajevima. Lopatice oba rotora su izrađene od kompozitnih materijala, a isti materijali se koriste u konstrukciji glavčine nosećeg rotora. Pogonska grupa se sastoji od dva gas-

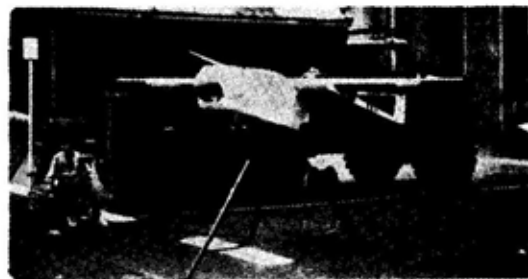
noturbinska motora TM333-2B sa snagom na vratilu od 745 kW, francuske firme TURBOMECA. Stajni trap za varijante za KoV i RV je sa skijama, a za RM je sa točkovima i potpuno se uvlači. U osnovne konstrukcione karakteristike varijante za RM takođe spadaju sklapajuća repna greda i lopatice nosećeg rotora.

Projektne taktičko-tehničke karakteristike helikoptera ALH u varijanti za KoV i RV su: posada dva člana; masa praznog helikoptera 2.215 kg (maksimalna u poletanju 4.000 kg); maksimalna brzina krstarenja 270 km/h; praktični vrhunac 6.000 m; dolet sa teretom od 700 kg 400 km. Može se prevoziti 10 t tereta (na spoljašnjem vešanju) ili 10 potpuno opremljenih vojnika.

Ispitivanje helikoptera u vazduhu je planirano sa početkom 1991. a serijska proizvodnja će početi 1993. Name- ra je da se za potrebe Indije nabavi 200 helikoptera.

Češkoslovačke izviđačke bespilotne letelice¹³

Sredinom septembra 1991. godine na izložbi na aerodromu Prag-Kbely prikazane su u okviru »Dana češkoslovačkog RV« bespilotne letelice, koje su ispitivane kao prototipovi i odgovarajuća vozila za njihovo startovanje i vo-



¹³ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1992, br. 2, str. 144.

denje. Proizvođač je češkoslovačka vojna industrija. Između ostalih bila je izložena bespilotna letelica SOJKA III. To je sistem, a sama letelica nosi oznaku STV.125-01. Letelica je prikazana na slici, a ona služi za optičko izviđanje pomoću TV kamera. Informacije u vidu slika prenose se na stanicu na zemlji u realnom vremenu.

Osnovni tehnički podaci za letelicu su: raspon krila 4,10 m; brzina leta 120—160 km/h; visina leta 200—2000 m; maksimalna startna masa 130 kg; snaga motora 31 kW; vreme letenja 90 min; akcioni radijus 40 km.

Sovjetski izviđački sistem

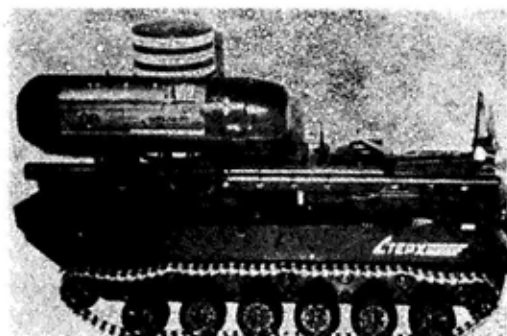
»STERH« sa bespilotnom letelicom »ŠMELJ-1«¹⁴

Sovjetski sistem za daleka izviđanja STERH imao je prvi nastup na Zapadu na izložbi u Parizu, a zasnovan je na bespilotnoj letelici sa daljinskim upravljanjem ŠMELJ-1. U toku poslednje tri godine izrađeno je preko stotinu ovih sistema. Ovaj sistem, koji može da bude postavljen na jednu verziju borbenog vozila desantnih jedinica (BMD) koje se može izbaciti pomoću padobrana, ili se može postaviti na teretno vozilo dužine 4 m sa platformom bez bočnih stranica. Tvrdi se da je ovaj sistem jedini u svome tipu koji se može u celosti postaviti na samo jedno vozilo. Tvrdi se da je cena sistema preko 10 miliona dolara.

Inregrisana lansirno-kontrolna stanica omogućava proveru pre lansiranja, lansiranje, komandovanje letom i prikazivanje podataka. Postoje dva poslužioaca koji mogu jednovremeno da upravljaju letom dve bespilotne letelice. Letelice se lansiraju pomoću raketa sa čvrstim gorivom.

¹⁴ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 8, str. 870.

Letelica ŠMELJ-1 (»bumbar«) ima trajanje leta od 2,5 časa i njome se može upravljati do daljine od 100 km pomoću bezbedne veze za prenos podataka koji radi na frekvenciji od 1 GHz. Zadatak se može obaviti i na većim daljinama pomoću prethodno podešenog sistema komandovanja. Sa pogonom od klipnog motora snage 23,9 kW, ŠMELJ-1 ima brzinu krstarenja od 140 km/h i vrhunac leta od 3.000 m. Masa u poletanju je 130 kg a koristan teret mogu da budu bilo TV-kamere za



Sl. 1 — Kompletan sistem STERH



Sl. 2 — Bespilotna letelica ŠMELJ-1

dnevno i malo svetlo sa vidnim poljima koja variraju od 3 do 30° ili IC sistem za linijsko skeniranje (8—14 μm) sa rezolucijom od 3 mrad, a zona dejstva je 3,4 puta radna visina.

Pored autonomnosti na jednom vozilu, konstruktori podvlače lakoću up-

ravljanja letelicom ŠMELJ-1 koja ima minijaturni autopilot sa mikroprocesorom, kompasom, vertikalni žiroskop, pretvarač ugaone brzine, električni pogon elerona, kormila visine, kormila pravca i ručice gasa. Korišćenje letelice van vojske uključuje patroliranje ledenih površina i lavina, inspekciju naftovoda i radioaktivno izviđanje.

Sovjetski tenk »T-80M1989«¹⁵

U okviru vojne parade povodom Dana pobeđe održane 9. maja 1990. godine u Moskvi je prikazan i tenk T-80 sa izvesnim izmenama. Ovu poboljšanu varijantu tenka T-80 stručnjaci na zapadu su označili sa T-80M1989.

Tenk T-80 je koncipiran u drugoj polovini 70-ih godina, a razvoj je započeo početkom 80-ih godina. Dobar deo komponenata korišćen je sa starog tenka T-64, a za ostale urađen je novi razvoj sa novim konceptom. Novim raz-



vojem obuhvaćeni su pre svega elementi hodnog dela i po prvi put u sovjetskoj industriji tenkova ugrađen je gasoturbinski pogonski agregat. Isporučka tenkova započinje 1983. godine u jedinice Varšavskog ugovora. Od tada tenk

je pretrpeo dosta modifikacija u cilju povećanja borbene sigurnosti. (Na primer, ojačana je gornja oplata i poboljšana je zaštita uvođenjem aktivnog oklopa). Sa novim modifikacijama sprovedenim na tenku T-80M1989 urađen je dalji kvalitativni skok na zaštiti.

Navešćemo najbitnije odlike koje poseduje tenk T-80M1989.

— Ovaj tenk u osnovi ne predstavlja nov razvoj, već posebna tehnološka poboljšanja postojećeg tenka T-80. Veliki deo komponenti, kao što su: korpus, hodni deo ili glavno oružje, samo su neznatno menjani.

— Znatnija poboljšanja izvršena su u oblasti balističke zaštite i to: na oklopu kupole, gornjem bočnom zidu i pridodata je zaštita gusenica zavesicama. Ovom izmenom zaštite kupola je dobila drugu konfiguraciju.

— U okviru pogonske grupe izvršena je zamena gasoturbinskog agregata dizel-motorom. Nije nikakvo iznenađenje što je došlo do ove zamene jer su od početka dobijane pritužbe na veliki broj neispravnosti i slabu pouzdanost gasoturbine, kao i veliku potrošnju goriva. Time je potenciran povratak na dizel-motor, pre svega što za povećanje snage nije bilo konkretnih zahteva.

— Konstatovana je i nova primena proverenih sklopova sa tenka T-64: poklopac preko pogonskog dela, zadnji zid, izduvni sistem, cev za vožnju ispod vode i dr.

— Povećanje balističke zaštite izrađeno je pomoću posebno ugrađenih modularnih elemenata. Ovo modularno izvođenje dodatne zaštite već je poznato i primenjeno je na izraelskom tenku MERKAVA 3. Preimущество ovakvog tipa zaštite leži u tome, što se mogu primeniti različite tehnike (aktivan oklop ili sendvič oklop) ili istovremeno kombinacija. Zamena ovih zaštita je brza i jednostavna.

— Gornja površina korpusa zaštićena je kasetnim ulošcima, koji se umeću u određene čelične pregrade. Pred-

¹⁵ Prema podacima iz: SOLDAT UND TECHNIK 1990, br. 10, str. 736—738.

nja tri modula su ploče debljine oko 30 mm. Pretpostavlja se da su ove ploče izrađene od keramike ili kombinacijom keramike i drugog sendvič materijala.

— Zaštita kupole povećana je primenom različitih metoda zaštite: povećanjem debljine oklopa u prednjem delu kupole, dodatnom zaštitom na prednjem i bočnom delu kupole, koji može biti aktivan. Dodatak su i posebne fleksibilne ploče od gume i tekstila.

— Uređaj za upravljanje vatrom dopunjen je novim uređajem za noćno gađanje. Posebno je dodat uređaj za praćenje i upravljanje protivoklopnih raketa, za šta je na strani komandanta ugrađen boks sa okretnom antenom i laserskim uređajem.

— Nosivost predstavlja i uređaj za osmatranje, kojim se može orijentisati pravac osmatranja, pa se komandovanje i borba može voditi samo sa jednim pojedinačnim ciljem. Ovu mogućnost stari T-80 nije imao.

Lako vozilo »SAKER« britanske firme WESSEX¹⁶

Britanska firma WESSEX, od ranije poznata po proizvodnji lakih oklopnih vozila za podršku, proizvela je sredinom 1990. godine dva prototipa vozila SAKER od kojih je jedno prikazano na slici. U kooperaciji sa firmom DEVONPORT MANAGEMENT LTD. proizvedeno je zatim 6 prototipa koji bi, uz izvesne izmene, bili pogodniji za eventualnu, kasniju, serijsku proizvod-

nju. Vozilo je ispitivano pod nadzorom Britanske kraljevske mornarice, a za njega je zainteresovana i Francuska armija.

Vozilo SAKER je namenjeno za nanošenje brzih i iznenadnih udara raketama HELLFIRE koje bi se lansirale sa lansera ugrađenog na vozilo.



U vozilo se ugrađuje vazduhom hlađeni, benzinski motor firme VW, radne zapremine 1950 ccm sa maksimalnom snagom 62,5 kW. Postoji alternativno rešenje da se ugrađuje turbo-prehranjivani brzohodni dizel-motor PERKINS maksimalne snage 59,5 kW. Vozilo dobija pogon na zadnje točkove. Sa opterećenjem od 400 kg mase, sa benzinskim motorom, autonomnost pogona vozila je oko 960 km. Prednji prilazni ugao je 80° a zadnji 48° dok je klirens 38 cm. Vozilom se može savladati bočni nagib od 45° i uspon (pri vožnji napred ili nazad) od 50°. Vozilo postiže maksimalnu brzinu na putu od 135 km/h.

¹⁶ Prema podacima iz: INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 1991, br. 3, str. 223. E

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, obuku, organizaciju i sva stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i obrazovanju pripadnika oružanih snaga.

Članak koji se dostavlja Redakciji mora biti kompletan, tj. treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru. U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni. U kratkom sadržaju — siže, treba izneti suštinu članka, najviše u desetak radova.

Članak treba da sadrži uvod, kratak sadržaj, razradu i zaključak. Njegov obim treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa novinskim proredom). Tekst članka mora biti jezički i stalski 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, Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane. Članak se obavezno dostavlja u dva primerka.

Spisak grafičkih priloga sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicije na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

REDAKCIJA

NARUDŽBENICA

VOJNOIZDAVAČKI I NOVINSKI CENTAR
11002 Beograd, Birčaninova 5

Pretplaćuiem(o) se na časopise za 1993. godinu, i to:

kompleta

1. VOJNO DELO (opštevojni, teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata: za pojedince 60.000 dinara, a za ustanove 180.000 dinara.
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ) izlazi dvomesečno, u koloru sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Godišnja pretplata: za pojedince 300.000 dinara, a za ustanove 900.000 dinara.
3. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata: za pojedince 60.000 dinara, a za ustanove 180.000 dinara.
4. VOJNOISTORISKI GLASNIK (časopis Vojnoistorijskog instituta) izlazi četvoromesečno. Godišnja pretplata: za pojedince 60.000 dinara, za ustanove 180.000 dinara.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Časopis slati na adresu:

Kupac
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br.

Dana 1993. godine

M. P.
Potpis naručioca

Pretplatne cene iz ove narudžbenice važe do 31. marta 1993. godine.

