

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I

NOVINSKO-IZDAVAČKA USTANOVA
„VOJSKA“

NACELNIK

Pukovnik
STANOJE JOVANOVIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major
dr JUGOSLAV KODZOPELJIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-major
dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)

General-major
dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

General-major
MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

General-major
dr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.

Pukovnik
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr JOVAN TODORVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr DRAGO TODORVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

Pukovnik
MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

Pukovnik
MILAN UZELAC, dipl. inž.

Potpukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK

Pukovnik
Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277, 23-59-133 ili 33-133)

Urednik
Potpukovnik
Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 23-59-323 ili 33-323)

Sekretar redakcije
Zora Pavličević
(tel. 23-59-258 ili 33-258)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Bircaninova 5,
Pretpлата 645-020 i 22-584, žiro-račun: NIU
„VOJSKA“ (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd. Polugodišnja
pretplata 25,00 dinara. Rukopisi se ne
vraćaju. Štampe: Vojna štamparija —
Beograd, Generala Zdanova 40 b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI
G L A S N I K

3

GODINA XLV • MAJ—JUNI 1997.

S A D R Ž A J

Dr Svetomir Minić, pukovnik, dipl. inž. Dr Živan Arsenić, profesor, dipl. inž.	269	»Trade-off« model preventivnog održavanja
Dr Milenko Živaljević, pukovnik, dipl. inž. Mr Mato Šiladić, potpukovnik, dipl. inž.	274	Neki aspekti održavanja borbenih aviona
Mr Petar Stanojević, kapetan I klase, dipl. inž. Dr Vasilije Mišković, potpukovnik, dipl. inž.	286	Neki efekti uvođenja sistema kvaliteta u sistem održavanja
Dr Dragan Lazarević, pukovnik, dipl. inž. Mr Zoran Popović, potpukovnik, dipl. inž.	300	Specifičnosti istraživanja režima opterećenja transmisija brzohodnih guseničnih vozila
Dr Slavko Pokorni, pukovnik, dipl. inž.	313	Mogućnosti i ograničenja predikcije emisivnosti materijala
Rade Bločanin, potpukovnik Mr Janko Bojanić, dipl. inž.	326	Proizvodnja i primena emulzivnih eksploziva u vojne svrhe
Mr Jovan Bratič, dipl. mat.	333	Organizacijski pristup uvođenju označavanja predmeta poslovanja u preduzeću u uslovima računarske podrške
Mr Milorad Opsenica, major, dipl. inž.	343	Analiza vremenskih gubitaka pri kretanju vojne motorizovane kolone raskrscnikom
Mr Branko Božić, major, dipl. inž.	355	Neki problemi u primeni globalnog pozicionog sistema u našim uslovima
Mr Predrag M. Vuletić, dipl. inž.	362	Određivanje stvarnih deformacija na mestima savijanja pri profilnom savijanju rotacionim alatima

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

367	Artiljerijski sistem CRUSADER — V. R.
370	ARJUN — indijski osnovni borbeni tenk — V. R.
372	Protivoklopni raketni sistem srednjeg dometa treće generacije — R. K.

- 374 Zaštita aviona od samovođenih raketa — M. S.
- 379 Nove rakete vazduh-vazduh kratkog dometa — V. R.

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 381 Modifikovana puška M16 — V. B.
- 381 Protivtenkovska raketa ERYX — V. R.
- 382 Oružani sistem TOW 2 — V. R.
- 384 Raketni sistem ADATS — V. R.
- 385 Višecevni raketni lanser 122 mm — V. R.
- 387 Hibridni reaktivni oklop — V. B.
- 387 Pripreme za lansiranje poboljšanog satelita LACROSSE — V. B.

Dr Svetomir Minić,
pukovnik, dipl. inž.
Odeljenje za naučno-
istraživačku delatnost GSVJ,
Beograd
Dr Živan Arsenić,
profesor, dipl. inž.
Mašinski fakultet,
Beograd

»TRADE - OFF« MODEL PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA

UDC: 62-7.001.575:519.86

Rezime:

U radu je prikazan načelni model za preventivno održavanje motornih vozila i drugih tehničkih sistema na osnovu »kompromisa« kriterijuma maksimalne gotovosti i minimalnih troškova. Primenom razvijenog programskog paketa i koristeći izlazne rezultate simulacije poznatih matematičkih modela za preventivno održavanje, metodom »kompromisnog izbora najpovoljnijeg rešenja« (»trade off«) može da se odredi optimalna periodičnost preventivnog održavanja posmatranih elemenata motornog vozila, na vremenskom intervalu definisanom ekstremnim vrednostima kriterijumskih funkcija gotovosti i troškova.

Ključne reči: model održavanja, simulacija, interval održavanja, kompromisno rešenje.

THE PREVENTIVE MAINTENANCE TRADE-OFF MODEL

Summary:

The paper presents a general model for preventive maintenance of motor vehicles and other systems based on a »trade-off« between maximum availability and minimum maintenance cost. This model and developed software give optimal intervals for preventive maintenance as a compromise between the extremes of the corresponding criterion functions for elements of motor vehicles and other systems.

Key words: maintenance Model, simulation, maintenance interval, trade-off.

Uvod

Dosadašnja mnogobrojna istraživanja pokazala su i dokazala da se razvijeni modeli preventivnog održavanja tehničkih sistema zasnivaju na pokazateljima pouzdanosti i kriterijumima optimizacije sa stanovišta maksimalne gotovosti ili minimalnih troškova na osnovu kojih se, rešavanjem matematičkog modela, dobija »optimalno« rešenje za odlučivanje o trenutku kada treba sprovesti postupke preventivnog održavanja [1, 2].

Za određivanje optimalnih intervala preventivnog održavanja primeњуju se dva tipa modela:

- modeli na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti,
- modeli na bazi kriterijuma minimalnih troškova.

Modeli na bazi kriterijuma maksimalne gotovosti, kakav je npr. model MAXGOT [1], predstavljaju kriterijumsku funkciju čijim se rešavanjem dobija optimalno vreme sprovođenja preventivnog održavanja koje obezbeđuje maksimalnu gotovost tehničkog siste-

ma $G(t)$, dok se sa modelima na bazi troškova, kakav je npr. model MINTRO, optimum određuje kao minimum ukupnih troškova održavanja $C(t)$, svedenih na jedinicu vremena rada, u zavisnosti od vremena rada do pojave otkaza.

Za primenu modela MAXGOT neophodno je poznavati vremena trajanja postupaka korektivnog i preventivnog održavanja i funkciju pouzdanosti posmatranog elementa, dok je za primenu modela MINTRO, pored funkcije pouzdanosti, nužno poznavati i troškove posmatranih postupaka korektivnog i preventivnog održavanja.

Kriterijum gotovosti i kriterijum troškova ne mogu se, međutim, istovremeno uzeti u obzir, jer se ne može postići maksimalna gotovost uz minimalne troškove održavanja. Umesto toga, moguće je postići maksimalnu gotovost pri zadatim troškovima održavanja ili minimizirati troškove održavanja pri zadatoj gotovosti. Drugim rečima, kada se optimizacija vrši prema kriterijumu gotovosti, najveći dozvoljeni troškovi predstavljaju ograničenja; a u obrnutom slučaju, ako su troškovi održavanja definisani kao kriterijum optimizacije, minimalni nivo gotovosti definiše se kao ograničenje [1, 5]. To znači da se može govoriti o dve vrste »optimuma«: rešenje koje pruža najveću gotovost posmatranog sistema ili rešenje koje daje najmanje troškove održavanja.

Ova činjenica predstavlja osnovu za iznalaženje modela koji će objediniti ova dva suprotna kriterijuma. Autori ovog rada su pokušali da reše ovaj veoma delikatni zadatak u prethodnim radovima [5, 7]. Nadovezujući se na u njima objašnjene postavke, u ovom radu je prikazan jedan programski paket koji omogućava »kompromisni izbor najpovoljnijeg rešenja« (»trade-off«), Programski paket je proveren na više elemenata vozila, koristeći realne podatke dobijene praćenjem vozila u eksploataciji.

Programski paket

Programski paket koji omogućava kompromis optimalnih vremena preventivnog održavanja, dobijenih modelom preventivnog održavanja na osnovu kriterijuma maksimalne gotovosti (MAXGOT) i modelom na osnovu kriterijuma minimalnih troškova (MINTRO) nazvan je »KOREPOPS«. Algoritam ovog programa prikazan je na slici 1.

Kao što se iz prikazanog algoritma vidi, za početak rada sa ovim programskim paketom neophodno je da postoji baza podataka o radu (t_r — vreme rada) i održavanju (t_o — vreme održavanja) posmatranog elementa. Zatim se za ove ulazne podatke obavlja izbor odgovarajućih raspodela posmatranih vremena, korišćenjem potprograma »RSM« [3], koji kao izlazne informacije daje funkcije pouzdanosti ($R(t_r)$) i pogodnosti održavanja ($F(t_o)$). Definisane raspodele i odnosi troškova preventivnog i korektivnog održavanja predstavljaju ulazne parametre za određivanje vremena preventivnog održavanja (T_p) posmatranog elementa pomoću modela »MINTRO« i »MAXGOT«.

Koristeći dobijene podatke za vremena preventivnog održavanja, programski paket dalje obezbeđuje izbor »optimalnog« intervala preventivnog održavanja, određivanjem funkcionalne zavisnosti troškova ($C_u(t_p)$) od vremena preventivnog održavanja (t_p). Za iznalaženje ove zavisnosti korišćena je već do sada, za ovakve i slične potrebe, proverena metoda matematičkog modeliranja, koja je delimično prikazana u algoritmu [6].

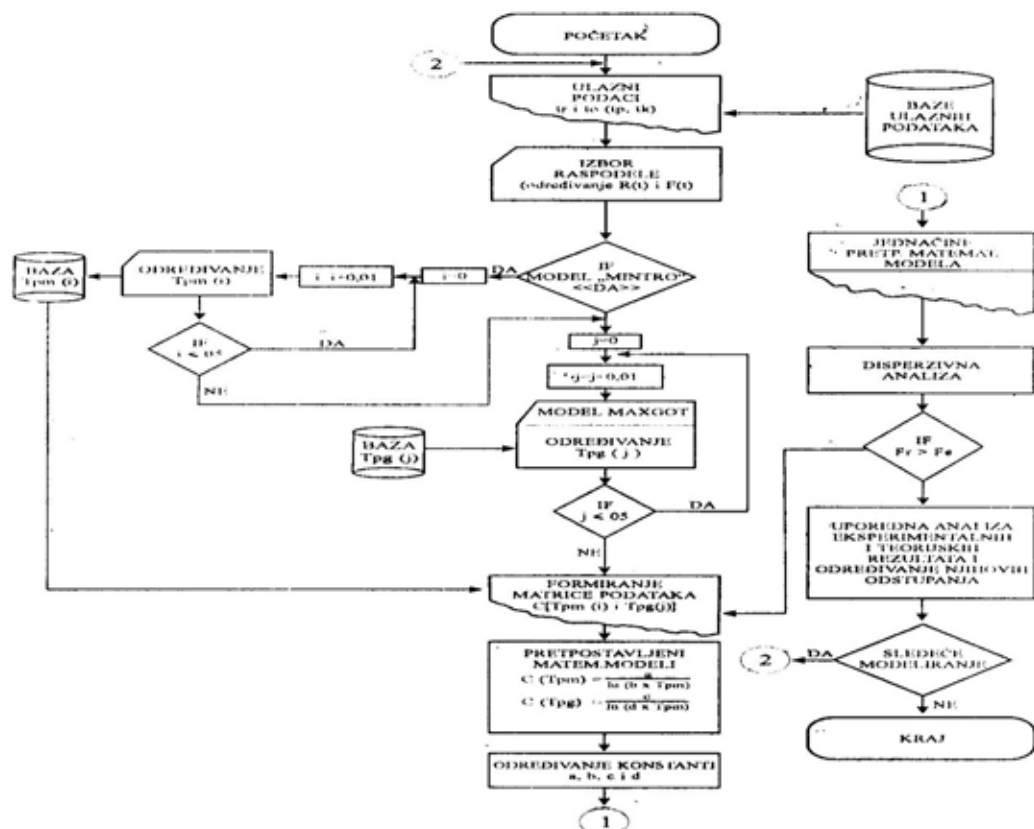
Primer primene programa

Za proveru razvijenog programa korišćeni su podaci iz realne eksploatacije izabranih vozila u jednom voznom parku, dobijeni pomoću potpro-

grama ROV 5.0, koji je razvijen u okviru posebno projektovanog informacionog sistema [3, 8]. Izabrana su četiri različita i karakteristična elemen-

— prema modelu »MAXGOT«

$$C_u(t_p) = \frac{0,038}{\ln(0,75 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (2)$$



Sl. 1.

ta vozila i pomoću paketa »KORE-POPS« pristupilo se određivanju optimuma po obe kriterijumske funkcije, a zatim i iznalaženju traženih »kompromisnih najpovoljnijih rešenja« (»TRADE-OFF«).

Za izabrane elemente tako su dobijene sledeće funkcije:

a) Element »A«

— prema modelu »MINTRO«

$$C_u(t_p) = \frac{0,046}{\ln(1,01 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (1)$$

b) Element »B«

— prema modelu »MINTRO«

$$C_u(t_p) = \frac{0,052}{\ln(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (3)$$

— prema modelu »MAXGOT«

$$C_u(t_p) = \frac{0,044}{\ln(0,77 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (4)$$

c) Element »C«

— prema modelu »MINTRO«

$$C_u(t_p) = \frac{0,0515}{\ln(1,1 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (5)$$

— prema modelu »MAXGOT«

$$C_u(t_p) = \frac{0,0436}{\ln(0,756 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (6)$$

d) Element »D«

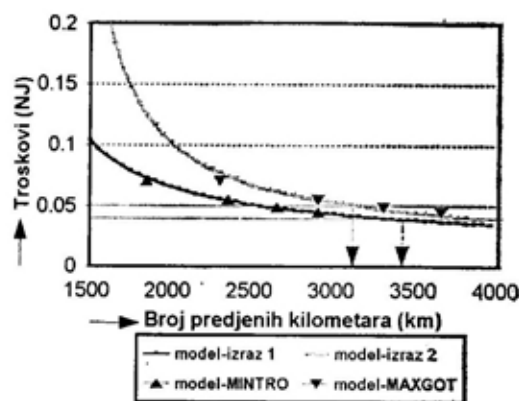
— prema modelu »MINTRO«

$$C_u(t_p) = \frac{0,028}{\ln(0,605 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (7)$$

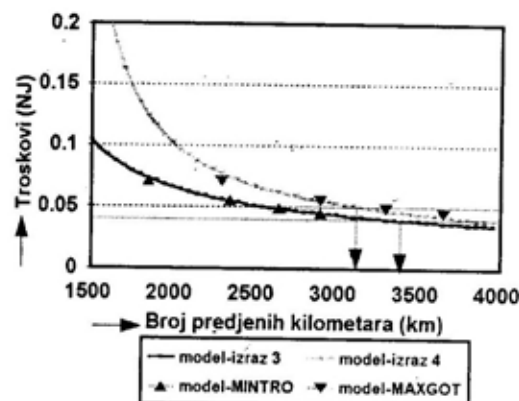
— prema modelu »MAXGOT«

$$C_u(t_p) = \frac{0,0155}{\ln(0,279 \cdot 10^{-3} \cdot t_p)} \quad (8)$$

Ilustracije radi, na slikama 2 do 5 prikazane su dijagramske interpretacije

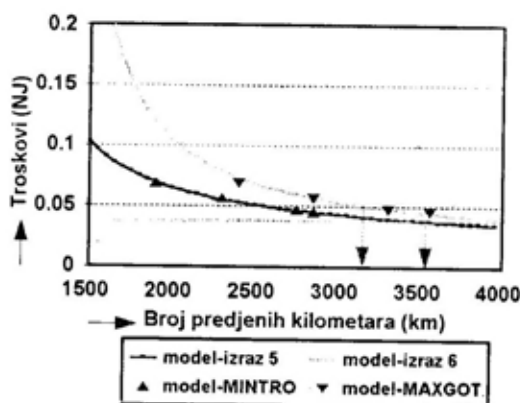


Sl. 2.

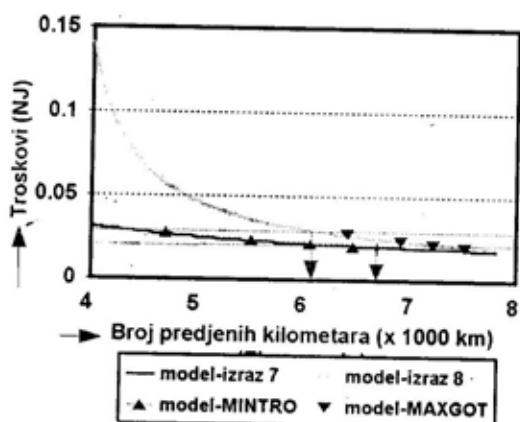


Sl. 3.

cije zavisnosti ukupnih troškova održavanja od vremena preventivne zamene za sva četiri posmatrana elementa.



Sl. 4.



Sl. 5.

Analizirajući rezultate prikazane na ovim slikama može da se konstatuje da ovaj programski paket, odnosno primenjeni postupak matematičkog modeliranja, obezbeđuje adekvatnu simulaciju zavisnosti $C_u(t_p) = f(t_p)$. Time se ostvaruje dobra osnova za usvajanje »optimalnog« intervala preventivnog održavanja. U navedenim primerima »kompromisno najbolja rešenja« za interval preventivnog održavanja su

približno $t_{opt}=3200$ km (slika 2), $t_{opt}=3300$ km (slika 3), $t_{opt}=3400$ km (slika 4) i $t_{opt}=6500$ km (slika 5).

Zaključak

U radu je pokazano da razvijeni program omogućava relativno lako iznalaženje »kompromisnog najpovoljnijeg rešenja« između optimalnih vremena preventivnog održavanja dobijenih na osnovu kriterijuma maksimalne gotovosti i minimalnih troškova. Ovakvo dobijeno »najpovoljnije rešenje« je

samo približno, pošto se zasniva na procenama najpovoljnijih vrednosti unutar odgovarajućeg intervala. Da bi dobijeni rezultati predstavljali relevantnu informaciju za donošenje odluke korisnika za pravovremeno i efikasno preduzimanje postupaka preventivnog održavanja motornih vozila potrebno je da se razvijeni programski paket usavrši i dopuni, te da se potvrdi u stvarnom procesu rada i održavanja motornih vozila ili drugih prikladnih tehničkih sistema. To je zadatak na čijem se rešavanju upravo radi.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema — Maintainability Engineering, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Gertsbakh, I. B.: Models of Preventive Maintenance, North-Holland Publishing Company, Amsterdam-New York-Oxford, 1977.
- [3] Arsenić, Z., Vasić, B.: Efektivnost tehničkih sistema — rešavanje karakterističnih problema primenom računara, Mašinski fakultet, Beograd, 1991.
- [4] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [5] Minić, S., Arsenić, Z.: Razvoj modela preventivnog održavanja tehničkih sistema na bazi kompromisa kriterijuma gotovosti i troškova, XXII jugoslovenski simpozijum o operacionim istraživanjima, Donji Milanovac, 1995.
- [6] Arsenić, Z.: Istraživanja mogućnosti predviđanja funkcionalnih karakteristika frikcionih materijala za kočnice motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1986.
- [7] Minić, S., Arsenić, Z., Todorović, J.: »Trade-off« model preventivnog održavanja tehničkih sistema, XXIII jugoslovenski simpozijum za operaciona istraživanja, Zlatibor, 1996.
- [8] Arsenić, Z. i dr.: Informacioni sistemi u održavanju vozila — Monografija, JUMV, Beograd, 1994.

Dr Milenko Živaljević,
pukovnik, dipl. inž.
Mr Mato Šiladić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vazduhoplovnotehnička uprava
GS VJ, Beograd

NEKI ASPEKTI ODRŽAVANJA BORBENIH AVIONA

UDC: 623.746.004.54

Rezime:

U radu su prikazane osnove savremenih koncepcija i organizacija održavanja borbenih aviona i motora u ratnom vazduhoplovstvu. Primaran akcenat dat je koncepciji održavanja prema stanju, sa posebnim osvrtom na definisanje kriterijuma o primeni te koncepcije održavanja. Iskustvo i praksa su pokazali da se primenom ove koncepcije povećava ekonomičnost održavanja i raspoloživost borbenih aviona, uz istovremeno zadržavanje bezbednosti letenja na zahtevanom nivou. Takođe, razmatrana je i mogućnost promene koncepcije remonta borbenih aviona i njihovih motora (kao najvišeg stepena održavanja) koja proističe iz primene koncepcije održavanja prema stanju, a u određenom obliku je primenjena ili se može primeniti u našem RV i PVO.

Ključne reči: koncepcija održavanja, održavanje prema stanju, borbeni avioni, remont.

SOME ASPECTS OF MAINTENANCE OF COMBAT AIRCRAFTS

Summary:

The fundamentals of modern conceptions and organizations of maintenance of combat aircrafts and engines in air forces are presented in the paper. The stress is on the condition maintenance conception, especially on the definition of criteria for the condition maintenance application. Experience has shown that this conception increases the maintenance economy and the availability of combat aircrafts, keeping, at the same time, the flight safety on the required level. The paper also discusses the possibility to change the conception of repair of combat aircrafts and their engines (as the highest maintenance level), which results from the condition maintenance application and which is applied, or can be applied, in a particular form, in Yugoslav Air Forces and Air Defense.

Key words: maintenance conception, condition maintenance, combat aircrafts, repair.

Uvod

U dosadašnjem periodu razvoja vazduhoplovstva dominantan oblik održavanja borbenih aviona i njihovih motora zasniva se na striktno propisanim časovima i vremenskom roku rada. Posle isteka roka rada, avioni i motori se upućuju u remontni zavod na remont prema propisanoj tehnolo-

giji radova. Ovakav preventivan postupak održavanja ne uzima u obzir stvarna naponska i termička opterećenja svakog konkretnog sredstva u toku eksploatacije. Sa određenim stepenom sigurnosti, bez obzira na to da li je to stvarno neophodno ili ne, avioni i motori istog tipa se remontuju nakon propisanog vremenskog ili časovnog roka rada.

Početak osamdesetih godina došlo je do bitnih promena u održavanju mlaznih motora na borbenim avionima kada je na savremenim zapadnim motorima uspostavljen koncept preventivnog održavanja prema stanju (on condition maintenance). Od samog početka uvođenja bilo je jasno da primena koncepta održavanja aviona i mlaznih motora prema stanju zahteva da se još u toku projektovanja letelice i motora ugrade: odgovarajuća dijagnostička oprema za praćenje i utvrđivanje stanja komponenata, i za samoproveru dijagnostičkih uređaja; registrator zamora konstrukcije, koeficijenta opterećenja i ukupnog rada motora na svim režimima; registrator rada na režimima *maksimal, forsaz i specijalni režim*; registrator proračunskih termičkih ciklusa; otvori za kontrolu toplih delova. Pored toga, konstrukcija aviona i motora morale su da budu modularne, kako bi se obezbedio brz i jednostavan pristup delovima. Modularnost konstrukcije omogućila je eliminaciju tehnologije klasičnog remonta. Naime, sada je moguća zamena modula na nivou radionice u roku od nekoliko časova, čak i bez posebnog postupka uravnoteženja. Zahvaljujući tome, nakon nastanka otkaza, isteka dozvoljenog broja termičkih ciklusa opterećenja ili broja časova rada, skidaju se pojedini moduli i zamenjuju novim. Avion, a naročito motor, sačuvani su kao celina, a skinuti delovi se oporavljaju, remontuju ili odbacuju.

Savremeni avioni izrađeni su od velikog broja materijala sa različitim fizičko-hemijskim karakteristikama, a u toku eksploatacije trpe različite karaktere i intenzitete opterećenja. Zbog toga je u praksi veoma teško organizovati optimalni koncept održavanja, pa se obavljaju određene kombinacije kroz koje se avion dekomponuje na

sisteme bitne za bezbednost leta i sisteme čije umanjene performanse ili otkazi ne utiču na bezbednost leta. Na osnovu takve podele kreiraju se odgovarajući koncepti održavanja koji će zadovoljiti postavljene zahteve pouzdanosti i bezbednosti rada vazduhoplova kao celine.

Osnovni prilazi održavanju

Održavanjem se postiže potreban stepen operativne gotovosti i pouzdanosti, neophodan za efikasnu upotrebu borbenih aviona.

Teorija pouzdanosti i teorija održavanja predstavljaju osnovu za programiranje i praktičnu realizaciju kvalitetnih postupaka održavanja. U vazduhoplovstvu koje pripada sistemima visoke bezbednosti, metodologija održavanja je zasnovana na održavanju prema pouzdanosti.

U odnosu na uspostavljeni sistem održavanja, primenjenu tehnologiju i organizaciju, postoje sledeće koncepcije održavanja (slika 1):

- preventivno,
- korektivno,
- kombinovano.

Preventivno održavanje može da se realizuje prema stanju (POPS) — moderniji koncept održavanja i prema roku rada (engleski HARD TIME) — relativno starija i skuplja varijanta održavanja.

Održavanje prema stanju (POPS) odvija se kroz dve varijante:

- POPS sa proverom parametara stanja, pri čemu se stanje posmatra i prati diskretno ili kontinualno (*on condition* ili *condition monitoring*),
- POPS sa proverom pouzdanosti (*Reliability level inspection*).



Sl. 1 — Konceptija održavanja borbenih aviona u svetu

Uslovi za izbor koncepcije održavanja

Definisanje sistema održavanja sa stanovišta koncepcije (preventivno, korektivno, kombinovano) i periodičnosti obavljanja postupaka održavanja, načelno se zasniva na optimizaciji sa stanovišta troškova [10]. U nekim slučajevima, određenim tehničkim, funkcionalnim ili, kao što je to slučaj u vazduhoplovstvu, bezbednosnim zahtevima, treba dati prednost. Pri optimizaciji održavanja pomenuta ograničenja moraju se uzeti u obzir. Dobar primer koji ilustruje ovu problematiku su propisi američke Savezne uprave za putnički vazdušni saobraćaj (FAA), poznati pod nazivom MSG [9]. Radi se o propisima koji detaljno razrađuju postupke održavanja i vreme njihovog provođenja na jednom avionu da bi mu bilo dozvoljeno učešće u javnom saobraćaju. Značajno je, međutim, da se održavanje aviona po ovim propisima zasniva na oceni njegove pouzdanosti.

U vazduhoplovstvu je, zbog potrebe zadovoljenja visoke bezbednosti le-

tenja, najvećim delom primenjeno preventivno održavanje — POPS ili po fiksnom roku rada. Koncepcija POPS sa proverom parametara stanja koja spada u savremeni koncept održavanja, našla je svoju primenu u održavanju borbenih aviona novije generacije. Za prelazak na održavanje prema stanju neophodno je obezbediti [13]:

- raspoloživost sistema aviona za proveru stanja (sa ugrađenom opremom za praćenje stanja);

- savremenu ispitno-mernu opremu;

- obučeni kadar, čija edukacija mora biti izvršena tokom školovanja;

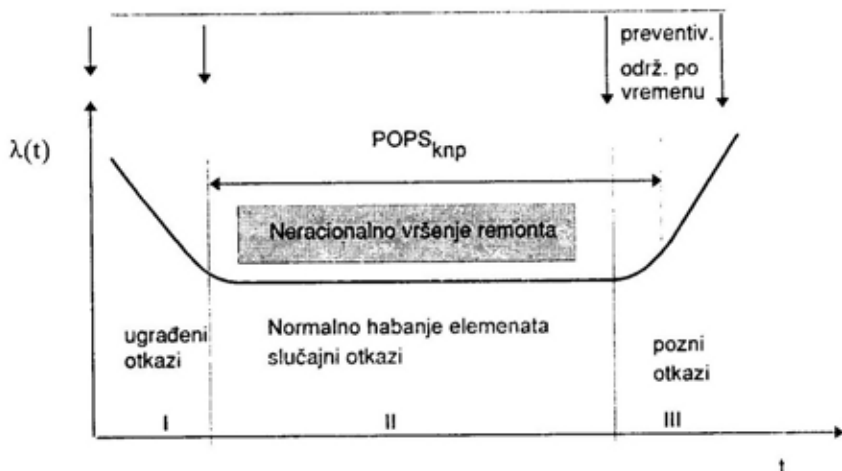
- odgovarajuću informatičku podršku sa bazom podataka o otkazima i održavanju.

Za elemente sa konstantnim intenzitetom otkaza (otkazi se pokoravaju eksponencijalnoj raspodeli) primeniće se korektivno održavanje, kada je to ekonomičnije od koncepcije POPS sa proverom parametara stanja, ukoliko nema drugih ograničenja. Obično su to elementi elektro-elektronskih siste-

ma, čije umanjene performanse ili otkazi bitno ne utiču na bezbednost leta i koji u sebi ne sadrže obrtne sklopove (žiroskope, elektromotore, itd.) [13].

Kod ovog sistema održavanja naročito je značajno izvršiti izbor dozvoljenog nivoa pouzdanosti R_d . On se može zadati ili uzeti na osnovu stečenog iskustva u procesu eksploatacije u ro-

PRIMENA KONCEPCIJE POPS I KOREKTIVNOG ODRŽAVANJA



Sl. 2 — Preporuke za održavanje borbenih aviona

Održavanje pojedinih elemenata borbenih aviona metodom preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti

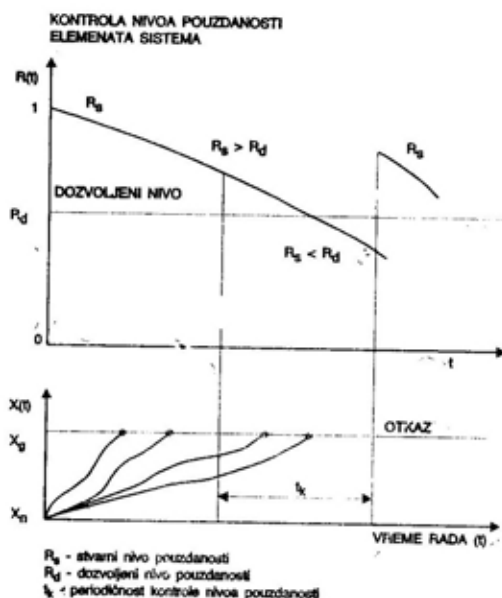
Za istotipske sastavne elemente sistema aviona sa približno konstantnim intenzitetom otkaza preporučuje se primena koncepcije POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti, period II (slika 2) [6, 8].

Koncepcija preventivnog održavanja prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti ($POPS_{knp}$) svodi se na princip da se istotipski sastavni elementi borbenog aviona koriste bez ograničenja roka rada, uz izvršenje neophodnih aktivnosti korektivnog održavanja do vremena kada je stvarni nivo pouzdanosti R_s veći od dozvoljenog nivoa pouzdanosti R_d (slika 3).

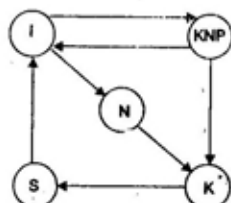
ku od 3 do 5 godina. Kada se ustanovi da je R_s ispod definisanog dozvoljenog nivoa R_d , vrši se analiza uzroka i preduzimaju mere za povećanje pouzdanosti. Kontrola nivoa pouzdanosti elemenata može se obavljati kvartalno, polugodišnje ili godišnje, što zavisi od značaja grupe elemenata za bezbednost letenja. Za elemente čiji je značaj za bezbednost letenja veći, vršiće se češća kontrola nivoa pouzdanosti, tj. vremenski intervali kontrole biće manji i češći.

Teoretska postavka modela POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti zasniva se na Poasonovoj raspodeli slučajno promenljive veličine [6, 8]. Nivo pouzdanosti skupa istotipskih elemenata kontroliše se na taj način što se vrši upoređivanje stvarnog broja otkaza ovih elemenata n sa gornjom gra-

nicom regulacije GGR, u čijim granicama praćeni broj otkaza ima slučajni karakter [6, 8]. Gornja granica re-



TRANZITIVNI DIJAGRAM STANJA SISTEMA



I - ISPRAVNO STANJE
N - NEISPRAVNO STANJE
K - KOREKTIVNO ODRŽAVANJE
S - SKLADIŠTENJE
KNP - KONTROLA NIVOA POUZDANOSTI

Sl. 3 — Model POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti $R(t)$

gulacije (GGR) zasniva se na Poasonovoj raspodeli, a definisana je usvojenom verovatnoćom od 0,975, koja predstavlja zadati nivo verovatnoće gornje granice broja otkaza [6, 8]:

$$p_z = \sum_{n=0}^{n=GGR} \frac{(\omega_s N t_{sr} a)^n}{n!} \exp(-\omega_s N t_{sr} a)$$

gde je:

- N — broj posmatranih sistema;
- t_{sr} — srednje vreme u radu elemenata;
- a — broj istotipskih elemenata u sklopu;
- n — broj otkaza elemenata za posmatrani period eksploatacije;
- ω_s — parametar toka otkaza (matematičko očekivanje broja otkaza).

Na osnovu veličina n i GGR donose se dalje odluke. Ako se utvrdi da je $n < GGR$, produžava se primena modela POPS sa kontrolom nivoa pouzdanosti, dok se u slučaju da je $n > GGR$ preduzimaju mere za povećanje pouzdanosti elemenata (ispituje se uzrok otkaza, menjaju se uslovi eksploatacije, razmatra se konstrukcijski nedostatak elemenata) ili se menja periodičnost kontrole. U slučaju da je sa ekonomskog ili bilo kog drugog aspekta nemoguće ići na povećanje pouzdanosti prelazi se na druge modele održavanja.

Praktični primeri koncepcija i organizacija održavanja borbenih aviona

Održavanje savremenih borbenih aviona u svetu

Koncepcija preventivnog održavanja uspešno je primenjena na avionu Mirage 2000 [10]. Zasniva se na principu *ispitaj i zameni ako je potrebno* i uređajima i računarima koji omogućuju autonomno testiranje ispravnosti aviona (built-in test). Navedena koncepcija ne predstavlja generalno rešenje za održavanje čitavog aviona. Održavanje pojedinih elemenata zahteva primenu drugih koncepcija održavanja, kao što su održavanje po fiksnom roku rada i korektivno održavanje. Glavni sistemi aviona se održavaju preventivno, avionika¹ korektivno, dok se

¹ avionika — zajednički termin za elektronsku i optoelektronsku opremu borbenog aviona.

struktura aviona održava na osnovu analize zamora [10]. Skoro istovetna koncepcija, sa malim nijansama u organizaciji, primenjena je kod aviona tornado.

Koncepcija i organizacija održavanja savremenih borbenih aviona u svetu postavljena je na način kao što je prikazano je na slici 4 [9].

ključivo u pet vazduhoplovnih logističkih centara (ALC). To su Warner Robins ALC u vazduhoplovnoj bazi Robins (Džordžija); Ogden ALC u vazduhoplovnoj bazi Hill (Utah); Oklahoma City ALC u vazduhoplovnoj bazi Tinker (Oklahoma); Sacramento ALC u vazduhoplovnoj bazi McClellan (Kali-

 Mirage 2000	 Tornado
a. koncepcija • održavanje prema stanju, • preventivne zamene po roku rada, • kontinualno praćenje stanja b. organizacija Tri stepena održavanja: dva u jedinicama, a treći se vrši u zavodima	a. koncepcija • održavanje prema stanju, • preventivne zamene po roku rada, • kontinualno praćenje stanja b. organizacija Tri stepena održavanja u jedinicama plus održavanje u fabrikama.

Sl. 4 — Koncepcija i organizacija održavanja aviona Mirage 2000 i Tornado

Organizacija održavanja vazduhoplova u RV SAD

Sistem održavanja vazduhoplovne tehnike u RV SAD obuhvata tri stepena. Postoje određene modifikacije prva dva stepena održavanja u zavisnosti od mesta lociranja aviona. Treći stepen održavanja ili remont vazduhoplovne tehnike RV SAD obavlja se is-

forinija) i San Antonio ALC u vazduhoplovnoj bazi Kelly (Teksas).

Bez obzira na stepen primenjenosti novih tehnologija, ispitno-merne i dijagnostičke opreme, na avionima se i dalje obavlja planski remont — isključivo prema časovnom naletu aviona. S obzirom na to da se najveći deo elektro, elektronske i optoelektronske opreme održava prema stanju, obim

remonta u logističkim centrima je manji. Naglašavaju se vezna mesta na strukturi, mehaničkim sistemima, zaštititi od korozije i zameni delova koji imaju ograničeni vek upotrebe (gumeno-zaptivni materijal). Umesto dugotrajnog, a često i nepotrebnog skidanja oplata, krila, repnih površina i rastavljanja trupa, uvodi se sistem skeniranja aviona pomoću specijalnih rentgenskih i neutronske skenera. Na primer, do sredine osamdesetih godina za pregled strukture aviona F-111 trebalo je više od mesec dana, a sada se taj proces sa neutronske skenerom završi samo za 36 sati.

Sadržaj pregleda je različit, pa tako npr. svake godine oko 28% aviona C-141 i C-130 prođe kroz određeni vid *remontnog* pregleda u logističkom centru.

Na primer, avion F-15 je projektovan na principima lakog održavanja (tzv. princip *klik-klik*), koji se kod elektro, elektronske i optoelektronske opreme realizuju kroz tri faze: skini — zameni — opravi. Ukoliko je otkaz takvog karaktera da se ne može otkloniti u radionici baze, sklop se šalje u logistički centar na opravku. Dakle, nema klasičnog remonta elektro, elektronske i optoelektronske opreme.

U Italiji su, takođe, uvođenjem u naoružanje aviona tornado i AMX, formirani logistički centri za remont i opravku ovih aviona.

Održavanje elektro-elektronske opreme u RV Francuske

Održavanje elektro, elektronske i optoelektronske opreme u RV Francuske obavlja se u tri nivoa održavanja: NT-1 (na nivou jedinice); NT-2 (na nivou aerodroma) i NT-3 (na nivou RV).

Na nivou NT-1 vrše se osnovna ispitivanja i dijagnostika stanja sistema, sa praćenjem stepena degradacije parametara. Ukoliko je test negativan

(izmereni parametar je van dozvoljenih granica ili je nastao otkaz), u proceduru se uključuje sistem VAMP. To je automatski modularni kompjuterski ispitni uređaj za lokalizaciju neispravnosti u elektro, elektronskim i optoelektronskim sistemima (koristi se za avione Mirage, Jaguar, Nord-262, Super-Etendard...). Neispravnosti blok se skida, zamenjuje sa novim i šalje na drugi nivo NT-2, gde ga preuzima sistem DIADEME. Na ovom nivou zamenjuju se komponente u bloku. Ukoliko opravka nije moguća na nivou NT-2, šalje se na nivo NT-3, gde ga preuzima sistem TERAPE. Ovaj nivo obezbeđuje automatsko ispitivanje štampanih ploča, njihovu opravku, izradu i zameni. NT-3 nivo zasniva se na podršci francuske vazduhoplovne industrije i najvećim delom se realizuje kod proizvođača elektro, elektronske i optoelektronske opreme.

Globalne promene u sistemu održavanja RV Rusije

Uvođenjem u naoružanje aviona MiG-29 i Su-27, uočene su određene promene u sistemu održavanja RV Rusije. Očigledno, suočeni sa znatno većim rokovima rada zapadne vazduhoplovne tehnike, nemilosrdnom konkurencijom na svetskom tržištu i zahtevima za smanjenjem vremena i cene održavanja, Rusi uvode određene oblike održavanja prema tehničkom stanju (npr. motora RD-33), modularnu konstrukciju pogonske grupe (AL-31F za Su-27), trostepeni sistem održavanja i prenošenje remonta elektronske i optoelektronske opreme kod proizvođača.

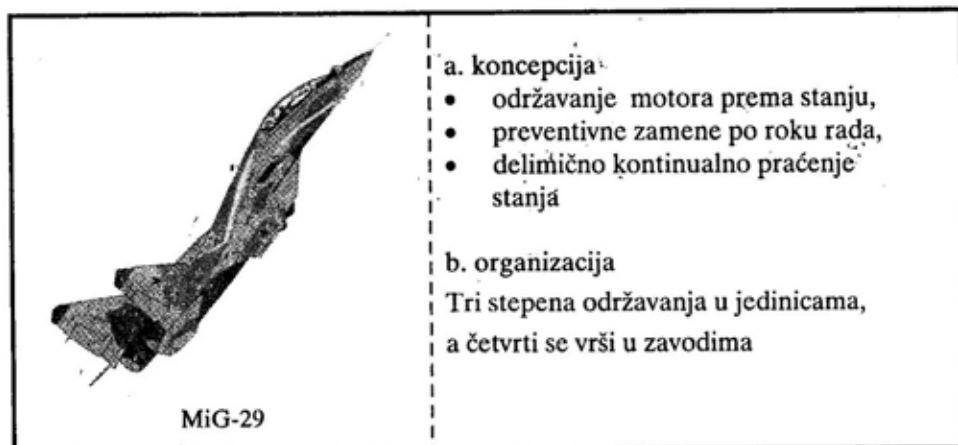
Organizacija održavanja borbenih aviona u RV i PVO Vojske Jugoslavije

Održavanje aviona u RV i PVO VJ organizuje se u četiri stepena održavanja, od čega se tri izvode u jedinicama

(slika 5). Četvrti stepen održavanja namenjen je za remont i odvija se u vazduhoplovnim zavodima. U svim stepenima vazduhoplovnotehničkog održavanja primenjeno je preventivno održavanje, uglavnom, po fiksnom resursu (*Hard time*). Postupci održavanja izvođe se u prvom, drugom i trećem stepenu održavanja, nakon određenih časova naleta. Kod održavanja nekih aviona primenjuje se održavanje po fiksnom vremenu koje ima određene

Remont strukture i elektroopreme borbenih aviona

Remont predstavlja najsloženiji vid održavanja, kojim se borbenim vazduhoplovima obnavlja rok rada i povećava pouzdanost za vreme novopropisanog roka rada. Za strukturu i mehaničke sisteme uglavnom se primenjuje klasični remont, koji je uspostavljen na sledećim osnovama: naletu, uslovima eksploatacije, uspostavljenom evidenciji o otkazima, broju avio-



Sl. 5 — Koncepcija i organizacija održavanja aviona MiG-29

organizacijske prednosti u odnosu na održavanje po fiksnom resursu.

U novije vreme otpočelo se sa primenom preventivnog održavanja prema stanju (sa kontrolom parametara stanja — na nekim savremenim mlaznim motorima) i produženjem postojećih rokova rada — kroz nove programe obnove rokova rada na pojedinim avionima.

Tom prilikom uvedeni su posebni kriterijumi pri proveru sistema aviona bitnih za bezbednost leta i za misiju aviona.

na koji služe kao uzorak za uočavanje svih kritičnih mesta i pojava (zamor, habanje, deformacije, pukotine, nedovoljna dimenzionisanost itd.); karakteristikama materijala (sastav i mehaničke osobine) i konstruktivnim karakteristikama pojedinih delova strukture aviona; uslovima ispitivanja i radnim karakteristikama većeg broja vitalnih komponenti sistema i agregata aviona.

Prilog ovom opredeljenju je i saznanje iz oblasti pouzdanosti koje potvrđuje da se otkazi mehaničkih komponenta pokoravaju, uglavnom, zakonima normalne i Vejbulove raspodele, zbog neposrednog habanja u toku rada.

Uspostavljanjem odgovarajuće baze podataka o stanju glavnih veza na avionima u funkciji opterećenja i časova leta, mogu se egzaktno primeniti nedestruktivni metodi kontrole u nerastavljenom ili delimično rastavljenom stanju.

Remont prema stanju elektroopreme, elektronske i optoelektronske opreme podrazumeva opšti pregled stanja električnih veza i spojeva, opravku štampanih ploča i zamenu komponenata koje tokom vremena smanjuju svoje radne osobine, utičući na rad celokupne opreme i njenu pouzdanost. Ovde se podrazumeva planska zamena kondenzatora, otpornika, cevi sa putujućim talasima, kao i kompletnih delova kritičnih za bezbednost leta aviona, odnosno delova koji ne podležu opravci. To opredeljenje zasniva se i na saznanju da se većina otkaza elektro, elektronske i optoelektronske opreme pokorava eksponencijalnom zakonu raspodele, kod koje otkazi ne zavise od vremena, već su slučajnog karaktera.

Održavanje mlaznih motora

Kao polazni elementi moguće primene koncepta održavanja prema stanju razmotriće se komparativno postojeća dijagnostička oprema i primenjeni postupci na motorima RB-199 (na avionu tornado), F-404 (na avionu F/A-18) i RD-33 (na avionu MiG-29).

Glavne karakteristike koncepta održavanja motora prema stanju na zapadu su:

- definisanje veka upotrebe motora prema sumarnom termičkom ciklusu opterećenja, a pojedinih modula ili agregata prema vremenskom roku rada;

- kontinualno praćenje stanja svih komponenata motora, koje utiču na bezbednost leta i misiju vazduhoplova, radi utvrđivanja njihove funkcionalnosti i tehničkog stanja;

- podešavanje i provera rada kada se utvrdi odstupanje parametara van dozvoljenih granica koje su definisane odgovarajućom tehničkom dokumentacijom za održavanje;

- periodična provera parametara rada motora;

- skidanje motora sa aviona samo kada se otkrije greška koja zahteva složeniju intervenciju u radionici, ili kada prođe propisani vek upotrebe modula;

- remont modula;

- ukidanje klasičnog remonta motora.

Iz tabele 1 vidi se da i motor RD-33, sa tehničko-tehnološkog aspekta, u velikoj meri zadovoljava neophodne uslove za uspostavljanje koncepta održavanja prema stanju [11]. Osnovni problem je nedostatak informacija o karakteru i broju dozvoljenih ciklusa termičkog opterećenja u toku veka upotrebe. Umesto njih, proizvođač je u definisanju roka rada uveo sledeća bazna ograničenja:

- dozvoljeni časovni rad u vazduhu Δ_1 ;

- dozvoljeni broj startovanja motora Δ_2 ;

- dozvoljeni časovni rad na režimima maksimal-forsaž Δ_3 ;

- dozvoljeni časovni rad na specijalnom režimu Δ_4 ;

- odobren rok rada agregata Δ_5 .

Kao nezamenjiv deo koncepta pokazala se spektralna analiza ulja, koja je dala pouzdane pokazatelje o stanju transmisije i ležajeva motora.

Mogućnosti za optimizaciju održavanja u RV i PVO

Polazeći od opštih karakteristika i kriterijuma za izbor odgovarajuće koncepcije održavanja i optimalno potrebnog održavanja borbenih aviona, i kon-

Komparativna pogodnost za održavanje prema stanju motora F-404, RB-199 i RD-33

Rbr	Pogodnost za održavanje prema stanju	F-404	RB-199	RD-33
1	Ugrađen sistem za integrisano praćenje stanja komponenta motora sa memorijskom registracijom otkaza i odstupanja parametara	+ built-in test + registrator parametara leta	+ built-in test + registrator parametara leta	+ built-in test + registrator parametara leta
2	Magnetni detektori opiljaka	+	+	+
3	Spektralna analiza motorskog ulja	+	+	+
4	Merenje vibracija kućišta motora i ležajeva	+	+	+
5	Otvori za pregled stanja protočnog trakta motora,	13 otvora	13 otvora	13 otvora
6	Registrator vremena rada i sumarnog termičkog ciklusa opterećenja	+	+	registrator ukupnog rada; rada na M+F i na specijalnom režimu; nema registrator termičkog ciklusa opterećenja, ali ima registrator pomeranja ručice gasa u funkciji vremena
7	Višestruka signalizacija i registrovanje otkaza	+	+	+
8	Modularnost konstrukcije	6 modula	16 modula	uslovno 13 modula
9	Vrsta regulacije motora	elektronska (FADEC)*	elektronska (FADEC)	elektrohidromehanička**
10	Samokontrola dijagnostičkih i regulacionih uređaja	+	+	+

LEGENDA:

- ☐ Nepodudarnost sa zapadnim motorima
☐ Uslovna podudarnost
☐ Podudarnost sa zapadnim motorima

* FADEC-full authority digital electronic system.

** Kod savremenih dvostrujnih turbomlaznih motora (DTMM) primenjuju se složeni programi za upravljanje koji uzimaju u obzir: realne karakteristike elemenata motora; stvarno potrebno povećanje potiska na zadanom režimu leta; ograničenja protoka; uslove za hlađenje elemenata konstrukcije; položaj upravljačkih površina aviona; napadni ugao aviona, itd. Sistem za upravljanje može biti: hidromehanički (npr. motor R-25-300 za avione MiG-21), elektrohidromehanički (npr. motor AL-31F za avione Su-27) i digitalni (npr. RB-199 na avionu tornado ili PW1120 na avionu lavi). Kod hidromehaničkog sistema za upravljanje komande

se, od ručice gasa do izvršnih mehanizama, prenose preko mehaničkih poluga, a regulacija se obavlja pomoću mehaničkih elemenata pumpi-regulatora za gorivo. U elektrohidromehaničkom sistemu postoji dodatni elektronski blok za upravljanje, koji po određenom zakonu na zadanim režimima formira korektivne električne signale i šalje ih na elektromagnetne ventile za izmenu upravljačkih parametara rada. Kod digitalnog upravljanja postoji elektronski blok za regulaciju, koji prima signale: o položaju ručice gasa, uvođenika vazduha, Mahovom broju, o položaju vektora sile potiska, o položaju upravljačkih površina aviona, i na osnovu njih formira optimalni zakon upravljanja. Sve komande se električnim putem prenose na izvršne mehanizme.

stacije da ni jedna organizacija nije postavljena tako dobro da ne može biti bolja, može se zaključiti da je neophodna stalna dogradnja i osavremenjivanje sistema i koncepta održavanja u RV i PVO.

Avionika savremenih vazduhoplova izgrađena na bazi poluprovodničke tehnologije, za ispravno funkcionisanje zahteva ispitivanje i eventualno podešavanje, što se i radi u sklopu radova predviđenih za II i III stepen održavanja. Ne postoje opravdani razlozi, sa stanovišta troškova održavanja, da se ona i remontuje, pogotovu što jedan veći deo avionike ima frekvenciju otkaza koja se pokorava zakonu eksponencijalne raspodele, a spada u grupu opreme koja bitno ne utiče na bezbednost letenja. Na avioniku, što se inače i radi u svetu, može se većim delom primeniti preventivno održavanje prema stanju sa kontrolom nivoa pouzdanosti ili korektivno održavanje (ukoliko znatno ne utiče na bezbednost leta).

Analizom svih faktora odlučujućih za pouzdanost i raspoloživost borbavih aviona i cenu remonta, može se zaključiti da se promenom koncepcije održavanja u I, II i III stepenu (kombinacijom POPS i korektivnog), može realizovati znatno jeftiniji remont nego što je sada. Faktički, klasični remont obavljao bi se samo na delovima strukture i integralnim-gorivnim spremnicima, a ostali elementi menjali bi se prema stanju u nižim stepenima održavanja.

Optimizaciju koncepcije i organizacije održavanja moguće je izvršiti uz primenu zakona pouzdanosti, pošto se

kompletno preventivno održavanje zasniva na njima. Da bi se to ostvarilo, neophodno je uspostavljanje kvalitetnog sistema za praćenje pouzdanosti sa ugrađenim ekspertskim algoritmima za odlučivanje o održavanju.

Zaključak

Dosadašnja iskustva u održavanju vazduhoplovne tehnike pokazuju da se obavlja kontinualno usavršavanje koncepta održavanja; da se u održavanju primenjuju kombinovani principi održavanja — za deo sistema i uređaja preventivno održavanje prema časovnom/vremenskom roku rada, a za deo sistema i uređaja (primarno motore, elektroopremu, elektronsku opremu i optoelektronsku opremu) uveden je koncept održavanja prema stanju. Dominantno mesto i ulogu u održavanju vazduhoplovne tehnike dobija nova ispitno-merna i dijagnostička oprema, koja u prvi plan stavlja nedestruktivne metode provere stanja komponenti, veza i spojeva (rentgenske i ultrazvučne metode; neutronske skeneri; penetranti; TV endoskopi; spektralna analiza motornog ulja itd.).

Međutim, za primenu navedenih metoda nužno je izgraditi i utvrditi kriterijume za toleranciju parametara, dozvoljenih oštećenja i sadržaja pojedinih metalnih i nemetalnih elemenata u ispitivanim uzorcima, kao i definisati granice kada se mora intervenisati na zamenu ili opravci dela. Takođe, neophodna je značajna informatička podrška sa bazom podataka o otkazima i postupcima održavanja.

Literatura:

- [1] Arsenić, Z.: Upravljanje održavanjem mobilnih tehničkih sistema, Naučni skup Efektivnost sistema i logistika, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [2] Barzilović, E. J. i grupa autora: Nadežnost aviacionih sistem, Visšaja škola, Moskva, 1982.
- [3] Barzilović, E. J.: Modeli tehničkog opsluživanja složenih sistem, Visšaja škola, Moskva, 1982.
- [4] Dragović, T., Rašuo, B.: Savremeni koncept vazduhoplovne logistike u svetu, Naučni skup Efektivnost sistema i logistika, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [5] Grupa starešina VTSl RV i PVO: Predlog nove organizacije i koncepta održavanja lovačke avijacije RV i PVO, 1992.
- [6] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [7] Minić, S., Todorović, J.: Sistemski prilaz izboru koncepcije i modela preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Vojnotehnički glasnik br. 3, 1993.
- [8] Smirnov, N. N.: Obsluživanje i remont aviacionoj tehnici po sotojaniju, Transport, Moskva, 1980.
- [9] Todorović, J.: Održavanje tehničkih sredstava u RV i PVO, Informativno predavanje za komandni sastav, Beograd, 13. april 1995.
- [10] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, Jugoslovensko društvo za motore i vozila, Novi Beograd, 1993.
- [11] Siladić, M., Komljenović, Đ., Milosavljević, D.: Jedan primer uvođenja koncepta održavanja prema stanju turboventilatorskog motora na borbenom avionu, Međunarodni naučno-stručni skup Vazduhoplovstvo '95, Beograd 1995.
- [12] Živaljević, M., Milosavljević, D., Duboka, Č.: Održavanje borbenih aviona u funkciji obezbeđenja potrebne pouzdanosti i operativne gotovosti, Međunarodni naučno-stručni skup Vazduhoplovstvo '95, Beograd 1995.
- [13] Živaljević, M.: Prilog istraživanju sistema za praćenje pouzdanosti lovačko-bombarderske avijacije i njegova optimizacija, Doktorska disertacija, Beograd 1996.

Mr Petar Stanojević,
kapetan I klase, dipl. inž.
Dr Vasilije Mišković,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

NEKI EFEKTI UVOĐENJA SISTEMA KVALITETA U SISTEM ODRŽAVANJA

UDC: 62-7.002:65.012.7

Rezime:

Problem oblikovanja i uvođenja sistema kvaliteta na osnovama serije standarda ISO 9000 i mogući efekti koje donosi, u odnosu na efektivnost funkcionisanja konkretnog sistema održavanja, obrađeni su u ovom radu. Analiziran je uticaj uvođenja sistema kvaliteta na organizaciju, upravljanje i resurse vojnog sistema održavanja. Na osnovu toga, razmotreni su neki pravci akcije i rešenja u organizacionoj strukturi, kadrovima, opremi, pravilima, procedurama i informacionom sistemu koji ih prate. Mogući pozitivni efekti prikazani su kroz rezultate istraživanja koje u osnovi ima metode modelovanja i simulacije.

Ključne reči: sistem održavanja, sistem kvaliteta, ISO 9000, modelovanje, simulacija, efekti.

SOME EFFECTS OF THE QUALITY SYSTEM INTRODUCTION INTO THE MAINTENANCE SYSTEM

Summary:

The problem of forming and introducing a quality system based on the ISO 9000 standard series was treated in the paper as well as the system possible accompanying effects in relation to the operational efficiency of a maintenance system in question. The effects of the quality system introduction on organization, control and resources of a military maintenance system were analyzed. The further step was to consider possible directions of accompanying actions and solutions in the organizational structure, personnel, equipment, regulations, procedures and information system. Possible positive effects were given through the results of the investigation based on modelling and simulation.

Key words: maintenance system, quality system, ISO 9000, modelling, simulation, effects.

Uvod

Održavanje predstavlja kompleks aktivnosti administrativno-organizacionog i tehničko-tehnološkog karaktera, čiji je cilj očuvanje radne sposobnosti ili vraćanje održavanog sredstva u stanje koje mu obezbeđuje obavljanje namenske (projektovane) funkcije (tj. popravka) [1]. Te aktivnosti obuhvataju održavanje pogona, mašina, zgrada,

konstrukcija, instaliranje, puštanje u rad, modifikovanje, zamenjivanje, ali i administraciju i projektovanje procesa i tehničkih sredstava (TS). Po svojoj suštini, održavanje predstavlja uslužnu delatnost, koja se preko obezbeđenja kvaliteta TS u eksploataciji direktno nadovezuje na proizvođača u očima korisnika.

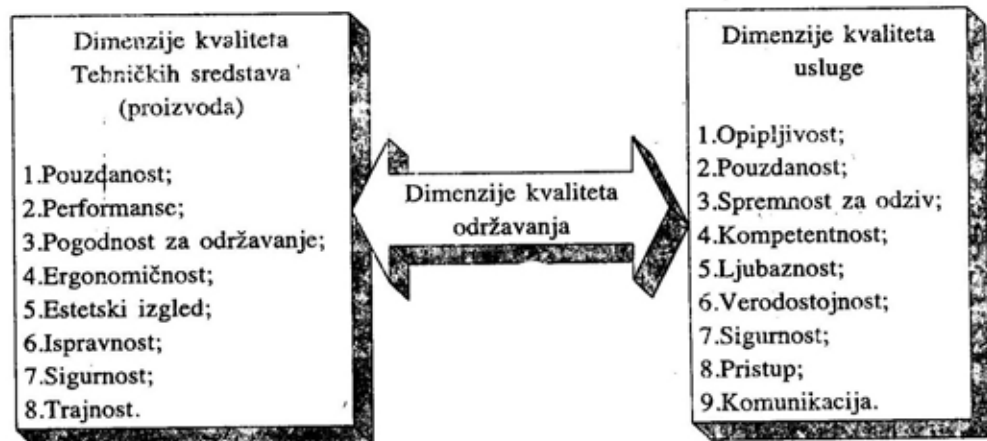
Sistem održavanja može se odrediti kao kompleks elemenata, funkcija,

organizacionih postupaka i pravila u interakciji u procesu održavanja. To je podsistem logističkog sistema koji je deo sistema svake moderne vojske. Elementi sistema održavanja su kadrovi, oprema, rezervni delovi, prostor, obuka, dokumentacija, softver (elementi Inegral logistic support-a — ILS ili ITOb-a), a funkcije su neposredne realizacije održavanja, razvoja, finansija i računovodstva. Organizacioni postupci sistema održavanja su sve one aktivnosti koje se preduzimaju radi sprečavanja i otklanjanja stanja u toku od trenutka pojave potrebe za održavanjem do njenog završetka i početka eksploatacije, a pravila predsta-

specifičnosti obavljanja poslova [3]. Zbog toga se sistem kvaliteta, u nekim elementima, razlikuje od organizacije do organizacije. Od ispravnosti TS NVO zavisi život onih koji će ih upotrebljavati u ratnoj situaciji, ali i uspeh vojnog sistema u celini.

Osnovni princip koji nalažu standardi ISO 9000 i japanska proizvodna filozofija je [4]: »Ne kontroliši da bi pronašao grešku, nego da grešku ispraviš i sprečiš njeno ponavljanje.«

Zbog toga sistem kvaliteta mora obuhvatiti dva komplementarna radna procesa: traženje grešaka i sprečavanje pojave grešaka.



Sl. 1 — Elementi obezbeđenja svrsishodnosti i ostvarenja cilja sistema održavanja

vljaju odrednice i ograničenja u izvođenju svake pojedine aktivnosti održavanja. *Svrsishodnost i cilj sistema održavanja* najbolje se mogu protumačiti potrebom za obezbeđenjem dimenzija kvaliteta, kako tehničkih sredstava (proizvoda), tako i usluga (delatnosti održavanja) (slika 1) [2].

Problem uticaja sistema kvaliteta na sistem održavanja

Na konkretne karakteristike sistema kvaliteta u organizaciji utiču ciljevi organizacije, proizvod ili usluga i

Sprečavanje pojave neispravnosti — grešaka, otkrivanje nedostataka u poznatim dimenzijama kvaliteta¹ [2] i otkrivanje njihovih uzroka na sredstvima NVO je proces u kojem moraju zajednički učestvovati proizvođači, tehnička služba VJ i korisnici. Pouzdanost, trajnost, pogodnost održavanja, ispravnost, sigurnost i ergonomičnost nekog sredstva NVO najbolje se mogu pratiti u eksploataciji. Tehnička služba VJ, koja je direktno zadužena za održavanje, osnovni je no-

¹ Dimenzije kvaliteta proizvoda prikazane su na slici 1.

silac praćenja i izvor podataka o održavanju sredstava NVO, dok se od korisnika — jedinica mogu prikupiti sveobuhvatne informacije o eksploataciji.

Prema tački 16.2 SNO-JUS-ISO 9004, proizvođač se može obavezati da izradi sva uputstva za upotrebu i servisiranje proizvoda, montažu, ugradnju, spiskove delova i rezervnih delova, kao i da obezbedi snabdevanje rezervnim delovima i servisiranje. Takođe, prema tački 16.3 istog standarda, može se ustanoviti sistem za izveštavanje u slučaju otkaza proizvoda, odnosno sistem povratnog informisanja iz eksploatacije.

Ovi stavovi standarda potpuno se uklapaju u koncepciju ITOb-a (ILS), koja je doživela široku afirmaciju u domaćoj i svetskoj vojnoj i civilnoj praksi i predstavlja osnovu za koncipiranje sistema održavanja svakog pojedinog sredstva NVO, jer u potpunosti povezuje, u odgovornosti za stanje TS, proizvođača, sistem održavanja i korisnika.

Sistem održavanja, odnosno tehnička služba VJ, po svojoj suštini predstavlja uslužnu organizaciju.² Njegov proizvod-usluga su, u stvari, pojedine kategorije radova³ na održavanju koji se izvode na sredstvima NVO.

U okviru koncepcije sistema kvaliteta (ISO 9000), *sistem kvaliteta*, čiju okosnicu čini organizaciona struktura, *predstavlja mehanizam za postizanje ciljeva kvaliteta, odnosno sprovođenje politike kvaliteta*. Sistem kvaliteta čine [3]: organizaciona struktura, odgovornosti, postupci, procesi i resursi za ostvarenje upravljanja kvalitetom. To je upravo sve ono što čini jednu organizaciju ili organizacio-

nu strukturu, u širem smislu, odnosno mehanizam upravljanja. Svaki od standarda iz serije JUS ISO 9000 [2] usredsređuje pažnju na dokumentovanje operativnih tehnika i upravljačkih (menadžerskih) aktivnosti koje se koriste radi ispunjenja očekivanja i zahteva kupca — korisnika. U potpunosti se afirmiše upravljački pristup u rešavanju problema efikasnosti i disciplini izvršavanja (tehnički se podrazumeva na osnovu do sada važećih standarda) koji ide, u nekim elementima, i do stvaranja takve organizacije koja ima, po količini propisa i dokumenata koje zahteva, odlike »birokratske organizacije«, čiji je tvorac nemački sociolog Max Weber. Opravdanje za to treba tražiti u stavu da, ako nešto nije propisano i dokumentovano, nemamo se čega ni pridržavati niti postoji način da se to drugima predstavi i objasni.

Opšte je prihvaćen stav da bi uvođenje sistema kvaliteta iz serije standarda ISO 9000 garantovalo efikasnosti i bolje održavanje TS, potpunije prikupljanje potrebnih informacija i viši stepen njihove tačnosti, jer bi se eliminisao uticaj nekvalitetnog poslovanja. Međutim, uvođenje ovog sistema kvaliteta iziskuje prilične izdatke i izaziva nužne, ne uvek lako sagledive i prihvatljive promene u načinu funkcionisanja sistema održavanja, a do ukupnih efekata koji se time mogu postići tek treba doći putem kompleksnih analiza i istraživanja, od kojih su neka već započeta.

Uticaj uvođenja sistema kvaliteta na organizaciju i upravljanje sistemom održavanja

Da bi se odlučilo za određeni oblik sistema kvaliteta, prema zahtevima standarda ISO 9000, kao mehanizma upravljanja, moraju se imati u vidu sledeći zahtevi i ograničenja:

² Standardi ISO 9000 polistovećuju proizvod i uslugu.

³ Pod kategorijom radova podrazumeva se organizaciono i tehnološki tačno definisana celina koju čini skup operacija na održavanju (na primer, tehnički pregled, preventivni srednji ili generalni remont) [5].

— serija standarda JUS ISO 9000 nameće povećanje količine poslova koji se u organizaciji moraju obaviti radi obezbeđenja kvaliteta. Ti poslovi se, sadržajno, mogu podeliti na dve grupe: poslove projektovanja, uvođenja, dokumentovanja i operativnog upravljanja sistemom kvaliteta — upravljački deo, i poslove neposredne kontrole kvaliteta izvršenja radova održavanja — izvršni deo;

— dve osnovne grupe upravljačkih poslova, koje treba obaviti za uvođenje i održavanje određenog modela za obezbeđenje kvaliteta, su: priprema i projektovanje postupaka dokumentovanog sistema kvaliteta i uputstva, i njihova efikasna primena. Po svom karakteru poslovi su preventivni — sprečavanje grešaka, kontrolni i korektivni — otklanjanje grešaka;

— svi zaposleni moraju se, u većoj ili manjoj meri, uključiti u posao obezbeđenja kvaliteta;⁴

— u standardima se nigde eksplicitno ne zahteva formiranje izdvojenog organizacionog podsistema za obezbeđenje kvaliteta, ali se zahteva stvaranje njegove čvrste organizacione strukture, što znači da ljudi uključeni u sistem obezbeđenja kvaliteta mogu obavljati i druge poslove. Poslovna je potreba da se postigne i održi željeni kvalitet pri optimalnom trošku, uz plansko i efikasno korišćenje svih raspoloživih potencijala organizacije [9];

— ne zahteva se formiranje izdvojenog organizacionog podsistema, ali se, istovremeno, zahteva da sve kontrole obavljaju lica koja su nezavisna od izvršioca poslova. To se odnosi i na kontrolu i verifikaciju doku-

mentacije koju moraju odobriti lica ovlašćena za kontrolu;

— za sprovođenje politike kvaliteta odgovoran je najviši nivo rukovođenja [9]. U tom kontekstu mora se odrediti predstavnik najvišeg rukovodstva koji će imati definisano ovlašćenje i odgovornost za osiguranje da se zahtevi standarda primenjuju i održavaju [3];

— ukoliko se ne zadire u preraspodelu nadležnosti i ovlašćenja, prema važećoj regulativi, dolazi se do zaključka da se u organizacionim celinama, koje su namenjene za tehničko održavanje i srednji remont, najviše može primeniti model obezbeđenja kvaliteta koji zahteva standard ISO 9002 [10]. Na nivou celine sistema održavanja i nivou generalnog remonta mora i može da se primeni model iz standarda ISO 9001⁵ [11], posebno ako se određenje pojmova — delatnosti, kao što su razvoj, projekat i servisiranje,⁶ uzme prema literaturi [2]. Ovakvim pristupom celokupna TSI VJ bi, u stvari, usvojila model obezbeđenja kvaliteta iz standarda ISO 9001, što predstavlja najviši domet. Usvajanje ovog modela obezbeđenja kvaliteta nameće i potrebu za ocenom i kontrolom kvaliteta isporučilaca — u ovom slučaju proizvođača NVO i rezervnih delova;

— sistem kvaliteta mora se prilagoditi delatnosti organizacije [1]. U slučaju organizacije održavanja to znači da se moraju obezbediti dimenzije kvaliteta usluge [2]: opipljivost, pouzdanost, spremnost na odziv, kompetentnost, ljubaznost, verodostojnost, sigurnost, pristup i komunikacija. To zahteva dodatne napore koji se u re-

⁴ U novoj japanskoj proizvodnoj filozofiji insistira se i na tzv. samokontroli. Izvršilac mora biti odgovoran za svoj rad i kontrolisati njegov kvalitet. U vojnom sistemu održavanja veoma je poželjno da svaki izvršilac radova može sam prekontrolisati kvalitet svog rada, jer borbene situacije ne omogućavaju preveliko povećanje obima posla i ljudstva koje bi se angažovalo na kontroli kvaliteta. Međutim, tzv. samokontrola ima i nedostatke koji se ogledaju u subjektivizmu i mogućnosti da se greška javi i u samoj kontroli.

⁵ Standard ISO 9001, za razliku od ISO 9002, predviđa da postoje (moraju se obaviti) i poslovi vezani za projektovanje, razvoj i podršku, čime se obezbeđuje odgovarajuće upravljanje kvalitetom. ISO 9002 usmeren je na proces obavljanja osnovne delatnosti — proizvodnje i ugradnje.

⁶ Projekat — koncepcija i plan usluge koju treba pružiti, kao i njenih karakteristika, radi zadovoljenja kupca. Razvoj — poboljšanje prvobitnog koncepta i planiranja na način koji je moguće realizovati. Servisiranje — podrška, saveti i pomoć kupcu posle prodaje.

alnom sistemu moraju usmeriti prema adekvatnom dimenzionisanju sistema održavanja i njegovih funkcionalnih celina, obezbeđenju potreba za elementima ITOb-a, potpunosti i adekvatnoj primeni postojećih svetskih i domaćih tehničkih standarda, uvođenju moderne opreme za održavanje, obuci kadra, itd., što će sigurno dovesti do povećanja troškova;

— namena i način upotrebe sredstava NVO diktira da je 100%-tna kontrola jedini mogući metod kontrole koji se mora primeniti⁷ [4];

— potrebno je odlučiti koji obim i sadržaj kontrolnih radova treba obaviti u toku i posle neke radnje održavanja, radi kontrole kvaliteta radova koje su izvršili posebni stručnjaci (npr. da li posle srednjeg remonta treba obavljati I ili II tehnički pregled kao radnje kontrole ili neke posebne radnje). Prema postojećim saznanjima ovaj organizaciono-tehnički aspekt nije dovoljno razrađen u dokumentaciji realnog sistema održavanja, niti u postojećim tehničkim standardima;

— mada treba maksimalno insistirati na samokontroli, zbog njenih evidentnih nedostataka [4], i nemogućnosti sprovođenja koncepta neposredne kontrole, kao ni POKA-YOKE metoda⁸ [3] radi obezbeđenja kvaliteta, u konkretnom slučaju, bar delimično se treba osloniti i na posebno ljudstvo;

— mora se obezbediti 100%-tna informativna kontrola⁹ [4], kako za analizu grešaka u održavanju, tako i za poboljšanje kvaliteta NVO.

⁷ To je metoda kontrole kojom se apsolutno sprečava nastajanje greške. Statističke metode kontrole ne pružaju, u potpunosti, ovu mogućnost.

⁸ Neposredna kontrola podrazumeva da kontrolu rada jednog izvršioca obavi izvršilac u sledećoj operaciji. POKA-YOKE (nenamerno izbeći) jeste metod kojim se, uz pomoć nekog instrumenta, naprave ili uređaja, sprečava pojava greške. Neposredna kontrola je, u uslovima realnog sistema, teško izvodiva, jer izvršioци različitih specijalnosti izvršavaju bitno različite operacije jednu za drugom (npr. problem je da elektroničar kontroliše mehaničara za vozila guseničare), pa je POKA-YOKE metod primereniji proizvodnim tehnološkim procesima.

Pravci akcije i njihovi efekti

Prethodno izneti zahtevi i ograničenja, koje nameće uvođenje i primena sistema kvaliteta prema seriji standarda ISO 9000, predstavljaju osnovni okvir za moguće pravce akcija u realnom sistemu održavanja, čije efekte treba, po mogućnosti, što detaljnije i preciznije sagledati.

Cinjenica je da se poslovi u okviru obezbeđenja kvaliteta moraju definisati i normirati kako bi se mogao sagledati njihov obim. Problem se usložava kada se zna da, u konkretnom sistemu održavanja, treba sprovesti 100%-tnu kontrolu radova. Povećanje količine poslova, način kontrole, zahtevi da se razradi i dokumentuje karakteristični sistem kvaliteta i da kontrolu obavljaju lica koja nisu direktno zadužena za izvršenje poslova održavanja, moraju dovesti do izvesnog povećanja broja uže specijalizovanih ljudi zaposlenih u podsystemu *upravljanja kvalitetom sistema održavanja*. Kako i koliko će to biti zavisice od daljih proučavanja, odgovarajućih racionalizacija, kao i od organizacione strukture sistema kvaliteta koja bude prihvaćena. Gruba računica pokazuje da bi se znatno povećao broj novih radnih mesta, samo ukoliko bi se prihvatilo stvaranje organizaciono izdvojenog sistema *kvaliteta održavanja*. Znatno povećanje broja zaposlenih, svakako, ne ide u prilog naporima za racionalizaciju. Međutim, neminovno bi se deo zaposlenih, od vrha sistema održavanja kao najodgovornijeg za sistem kvaliteta, morao izdvojiti, uzevši u obzir obim poslova na dokumentovanju, uvođenju i primeni sistema kvaliteta.

Poveravanje poslova kontrole poslovođama odeljenja i postojećim upravnim organima TSI, *pri realnom*

⁹ Informativna kontrola podrazumeva metode za što skorije generisanje i prenošenje informacija o problemima i greškama u kvalitetu.

stanju informacionog sistema i metodologije za operativno planiranje ne mora biti najbolji put, jer istraživanja koja su sprovedena u Švedskoj govore da oni, za poslove kontrole kvaliteta, mogu izdvojiti 4 do 16,2% radnog vremena (4% radnog vremena direktno za nadzor nad kvalitetom rada) [12].

Problem se ne može jednostavno rešiti, jer na njegovo rešenje utiče više faktora. Izlaz se, za sada, može potražiti u četiri pravca, kroz: a) iskorišćenje pozitivnih poslovnih efekata koje pruža uvođenje sistema kvaliteta, b) traženje i angažovanje unutrašnjih rezervi, c) uvođenje informacionog sistema za upravljanje sistemom održavanja, d) i osloncem na princip samo-kontrole.

U slučaju sistema održavanja moraju se obezbediti sve dimenzije kvaliteta usluge (slika 1), što se postiže: optimizacijom potrebnih resursa i njihovih kapaciteta, optimizacijom rasporeda i nadležnosti jedinica za održavanje u hijerarhiji i prostoru, iskorišćenjem prednosti primene moderne tehnološke opreme i postupaka, obukom kadra, razradom i striktnom primenom dokumentacije kojom se definiše proces održavanja, itd. To je nerazdvojni deo postupka dokumentovanja i uvođenja sistema kvaliteta koji povlači izvesne troškove, ali ima i pozitivne efekte.

Po mišljenju autora, konkretni sistem održavanja rešio je pitanja opipljivosti, pristupa i načina komuniciranja, samim uspostavljanjem sistema održavanja, konkretne vojne organizacione strukture i preko propisane dokumentacije koja se vodi.

Spremnost na odziv, odnosno nužnost da se pomogne korisniku sredstva NVO, u suštini je namene konkretnog sistema održavanja. Sa dimenzijom *spremnost na odziv* najuže je povezan pojam *pouzdanost*, u smislu sigurnosti funkcionisanja sistema o-

državanja (misli se na dimenziju kvaliteta usluge). Spremnost na odziv i pouzdanost funkcionisanja imaju svoj kvantitativni iskaz u pokazateljima uspešnosti sistema održavanja, kao što su: vreme zastoja zbog održavanja i operativna raspoloživost TS. Na ove pokazatelje uspešnosti sistema održavanja prvenstveno utiče zadovoljenje potreba za svim elementima ITOb-a (po kvantitetu i kvalitetu) na svim nivoima sistema održavanja, a s tim su neraskidivo povezani određeni troškovi. Problem zadovoljavanja potreba za elementima ITOb-a rešava se metoda- ma za projektovanje i optimizaciju potrebnih potencijala sistema održavanja namenjenih za izvršenje osnovne svrhe — održavanje NVO. Pošto je taj aspekt konkretnog sistema održavanja predmet dugogodišnjih istraživanja u kojima su postignuti značajni rezultati na optimizaciji i u povećanju efikasnosti, a na kojima se još radi, neće se, u ovom slučaju, dublje zalaziti u postojeće metode i rešenja, već će se samo ukazati na rezultate najnovijih istraživanja [6] koji potvrđuju značaj ovih i drugih dimenzija kvaliteta usluge.

Istraživanje [6], čiji će neki rezultati biti prikazani, zasnovano je na metodama modelovanja i simulacije što je uključilo snimanje konkretnih podataka na terenu i korišćenje rezultata iz prethodnih istraživanja. Za osnovnu jedinicu koja se posmatra uzeta je brigada koja, hipotetički, ima 160 tenkova i transportera (po 80 svake vrste) i izvodi borbena dejstva u izrazito nepovoljnim uslovima. Brigada se posmatra u slučajevima kada samostalno izvodi dejstva i kada dajstva izvodi u sklopu više jedinice — korpusa. Za nju je vezan nivo tehničkog održavanja (TOd), a za korpus, hipotetički, nivo srednjeg remonta (SR). Podaci o vrsti, obimu i karakteru oštećenja-neispravnosti snimani su u realnom sistemu u toku borbenih dejstava. Dinamika pojave neispravnosti i broj oštećenih TS, po fazama izvo-

đenja borbenih dejstava, uzeti su na osnovu podataka iz sličnih inostranih sistema i nekih domaćih istraživanja. Simulacionim modelom opisuju se procesi u sistemu održavanja, kako na nivou brigade, tako i na nivou korpusa, kao celine koja obuhvata više brigada. Pored osnovne namene originalno kreiranog simulacionog modela, a to je dimenzionisanje potrebnih resursa za održavanje i njihovih kapaciteta, obavljeno je i istraživanje-analiza osetljivosti izlaznih rezultata projektovanja sistema održavanja na promenu veličina relevantnih faktora, među kojima su i faktori-pokazatelji kvaliteta usluge. Sistem održavanja je, praktično, sa dva nivoa (TOd i SR, mada postoje ugrađeni i elementi ostalih nivoa održavanja), modelovan za hipotetičku ratnu situaciju, pa se dobijeni rezultati odnose samo na konkretan slučaj, ali se mogu iskoristiti i za prikazivanje trendova koji će nastati u sistemu održavanja po uvođenju sistema kvaliteta.

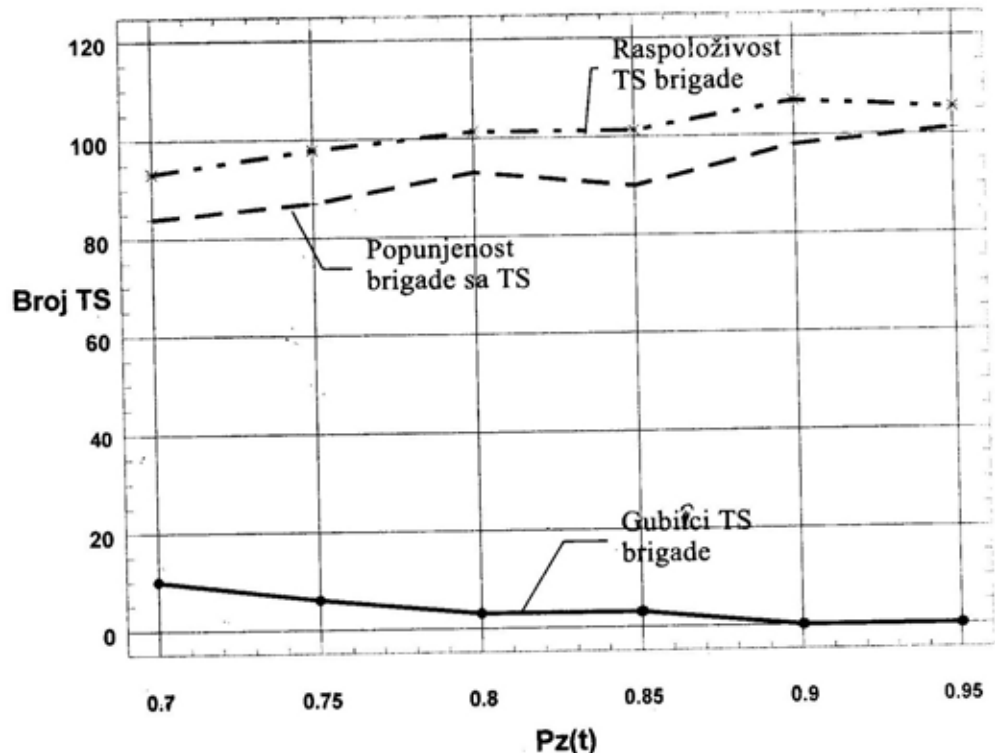
Pokazatelji efektivnosti sistema održavanja, koji su ovde iskorišćeni, imaju, zbog posmatranja ratne situacije, sledeća specifična značenja: *raspoloživost* — srednji broj ispravnih TS u toku posmatranog perioda — perioda simulacije (vrednost operativne raspoloživosti u njenom klasičnom obliku verovatnoće dobija se kada se taj broj podeli sa 160); *popunjenost* — broj ispravnih TS na kraju posmatranog perioda — odnosno koliko se TS može uključiti u sledeću akciju; *gubici TS* — broj izgubljenih TS zbog toga što sistem održavanja nije obavio svoju funkciju; *verovatnoća održavanja* — verovatnoća da će TS biti opravljeno i vraćeno u stroj na nekom od nivoa održavanja; *iskorišćenje radnih mesta* — odnos vremena zauzetosti radnog mesta i ukupnog raspoloživog vremena za rad; *broj radnih mesta* na SR — broj radnih mesta koja se moraju formirati na nivou SR da bi se zadovoljili zahtevi za održavanjem sa verovatnoćom od 0,95. Dakle, pos-

matrajući uopšteno, parametri raspoloživosti su ovde sadržajno određeni — *raspoloživost* i *popunjenost*.

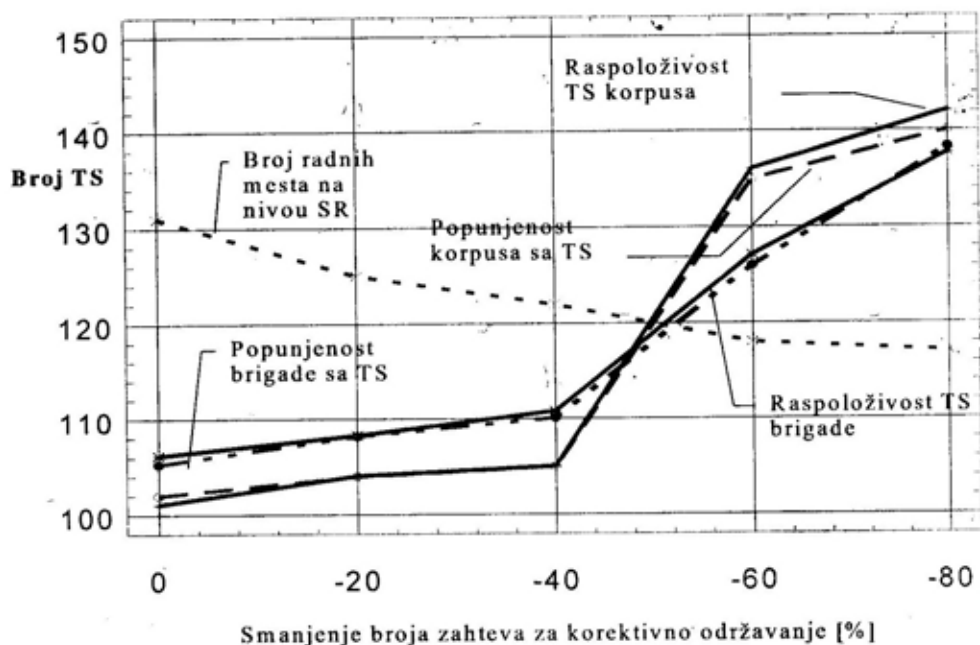
Na slici 2 prikazana je zavisnost između verovatnoće zadovoljenja potražnje za r/d bez čekanja $P_z(t)$, na nivou tehničkog održavanja (kao jednog od pokazatelja dimenzije spremnost na odziv i pokazatelja raspoloživosti i gubitka TS u brigadi, kao kvantitativnog iskaza kvaliteta održavanja.

Može se uočiti da sa porastom $P_z(t)$ rastu i vrednosti pokazatelja raspoloživosti (*raspoloživost* i *popunjenost* brigade), a opada veličina mogućih gubitaka TS zbog nepravovremenog ili nepotpunog održavanja, što se moglo i pretpostaviti. Ono što je interesantno jeste da se vrednost pokazatelja raspoloživosti i gubitaka stabilizuje oko verovatnoće zadovoljenja potražnje od 0,9 i do 1 ostaje gotovo nepromenjena. Dostizanjem ove vrednosti $P_z(t)$ eliminiše se mogućnost gubitaka TS zbog toga što sistem održavanja nije na najbolji način obavio svoju funkciju. Ovi rezultati pokazuju da bi pri projektovanju sistema snabdevanja r/d trebalo voditi računa o tome da se obezbedi nivo zadovoljenja potražnje od najmanje 0,9, što je odgovor na pitanje zašto je zahtev iz MIL-STD-1390A [7], američke vojske, ovu veličinu odredio na 0,95. Time se kvantitativno određuje jedno od ključnih ograničenja i kriterijuma za optimizaciju i uštede u projektovanju sistema snabdevanja r/d.

Uticaj pouzdanosti funkcionisanja sistema održavanja istražen je i kroz eksperiment sa posmatranjem uticaja smanjenja broja zahteva za korektivno održavanje na pokazatelje raspoloživosti i potrebne resurse za održavanje. Smanjenje broja zahteva za korektivno održavanje trebalo bi, pored ostalog, da bude posledica primene adekvatne politike preventivnog održavanja, a u sklopu nje posebno radnji osnovnog održavanja čiji su osnovni nosioci korisnici TS, i održava-



Sl. 2 — Zavisnost pokazatelja raspoloživosti i gubitaka tehničkih sredstava od verovatnoće zadovoljenja zahteva za rezervnim delovima bez čekanja — $P_z(t)$



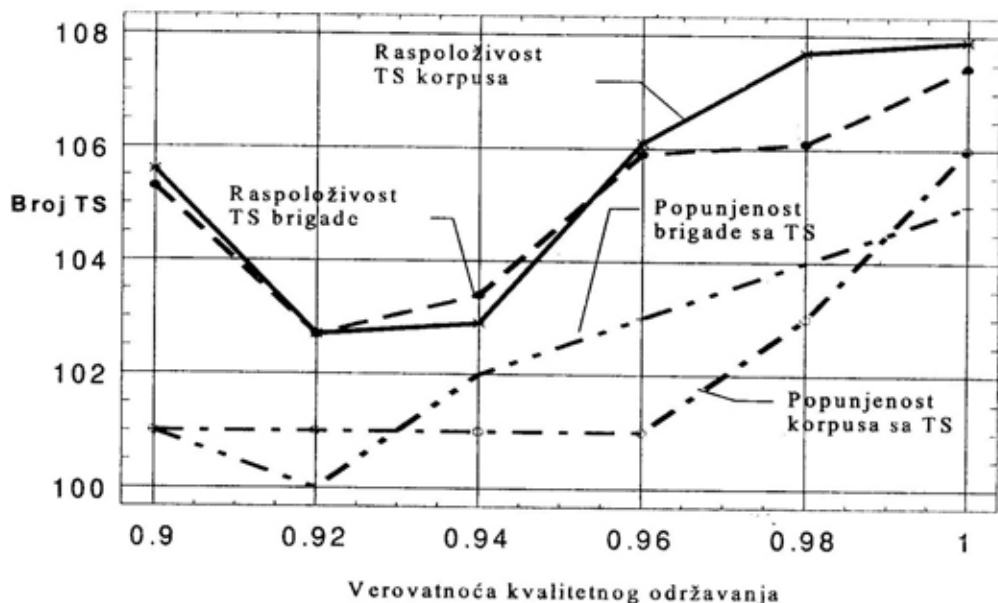
Sl. 3 — Promena pokazatelja raspoloživosti i broja potrebnih radnih mesta na nivou srednjeg remonta u zavisnosti od smanjenja broja zahteva za korektivnim održavanjem

nja prema stanju, uz korišćenje moderne dijagnostičke opreme. Rezultati ovog eksperimenta prikazani su na slici 3.

Sa smanjenjem broja zahteva za korektivnim održavanjem drastično se povećavaju vrednosti pokazatelja raspoloživosti — u ovom slučaju za operativnu raspoloživost sa 60% na 90%. Pokazatelji raspoloživosti rastu, kako na nivou tehničkog održavanja-brigade, kada se taj deo posmatra izdvojeno, tako i na nivou korpusa, kada se brigada posmatra u sklopu korpusa, odnosno kada se uključi u razmatranje delovanje jedinice sistema održavanja koja će se baviti srednjim remontom (SR). Smanjenje broja zahteva za korektivnim održavanjem utiče pozitivno i na troškove održavanja, jer se vidno (oko 10%) smanjuje potreban broj radnih mesta u jedinici koja se bavi srednjim remontom. Posebno je značajno uočiti, za konkretni slučaj, skokovitu promenu vrednosti pokazatelja raspoloživosti u trenutku kada broj korektivnih radova na odr-

žavanju opadne za oko 40% od prvobitne vrednosti. Ovaj podatak daje za pravo jednom od najvećih praktičara i teoretičara sa područja organizacije proizvodnje H. B. Maynardu [8], koji kaže da se preventivnom politikom održavanja broj korektivnih radova mora svesti na 10% od ukupnog broja radova na održavanju, jer se tek tada postižu pravi pozitivni efekti, ali i zagovornicima održavanja prema stanju, kao što je prikazano, ne nužno skupljeg načina održavanja TS.

Pitanja uticaja dimenzija verodostojnosti — poverenja u davaoca usluge i sigurnosti — nepostojanja opasnosti, rizika i sumnje, obrađena su kroz dva simulaciona eksperimenta. Prvim je razmatran uticaj smanjenja broja radova po reklamacijama, odnosno povećanja verovatnoće kvalitetnog izvršenja radova održavanja. Drugim eksperimentom je razmatran uticaj povećanja preciznosti dijagnostikovanja stanja TS koja dolaze na održavanje. Rezultati prvog eksperimenta prikazani su na slici 4.

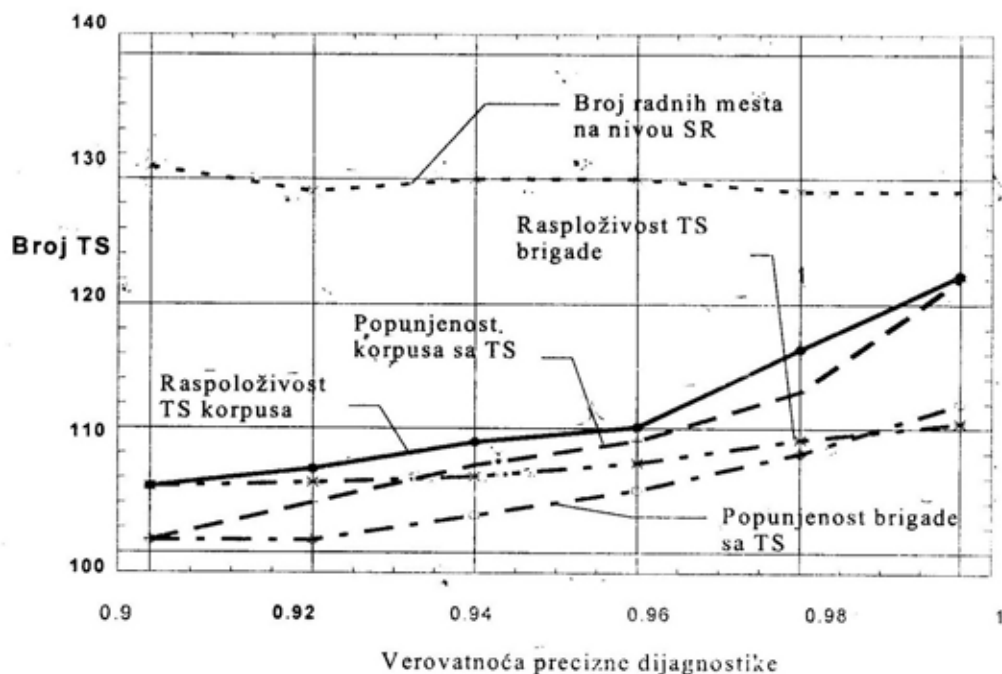


Sl. 4 — Promena vrednosti pokazatelja raspoloživosti u zavisnosti od povećanja verovatnoće kvalitetnog izvršenja radova održavanja

Smanjenje broja radova po reklamacijama ima efekte na ukupno povećanje pokazatelja raspoloživosti (2—5%). Aktivno vreme zastoja zbog održavanja na nivou tehničkog održavanja, u konkretnom slučaju, skraćuje se i do 15%. Pokazatelji raspoloživosti na nivou tehničkog održavanja-brigade rastu za oko 2—3% kada se ona posmatra izdvojeno, kao i na nivou korpusa za oko 4—5%. Važno je obratiti pažnju na ove rezultate, jer je početna-zadata verovatnoća kvalitetskog održavanja bila 0,9, što znači da će se 90% radova na održavanju realizovati bez reklamacija. To znači da je povećanje kvaliteta izvršenja radova na održavanju jedan od dobrih puteva za povećanje raspoloživosti bez nekih dodatnih troškova, posebno što se na taj način smanjuje utrošak materijala i rada potrebnog za održavanje.

Na slikama 5 i 6 prikazani su rezultati eksperimenta sa povećanjem preciznosti dijagnostike.

Sa slike 5 se vidi da povećanje preciznosti dijagnostike ima najveći efekat na ukupno ponašanje projektovanog sistema održavanja za najmanji korak promene vrednosti verovatnoće precizne dijagnostike. Pokazatelji raspoloživosti na nivou tehničkog održavanja brigade rastu za 5—9%, kada se ona posmatra izdvojeno, a na nivou korpusa (kada se brigada posmatra u sklopu korpusa) za 15%. To je posebno važno kada se ima u vidu činjenica da je početna-zadata vrednost verovatnoće moguće greške dijagnostike svega 10%, odnosno 90% dijagnostikovanih stanja TS će biti tačno, što se uklapa u dostupne podatke iz svetske prakse [6]. Pokazatelji raspoloživosti brže rastu za celinu sistema održavanja zbog smanjenja nepotrebne cirkulacije TS među nivoima. Takođe, može se zapaziti da postoji i blag trend opadanja potrebnog broja radnih me-

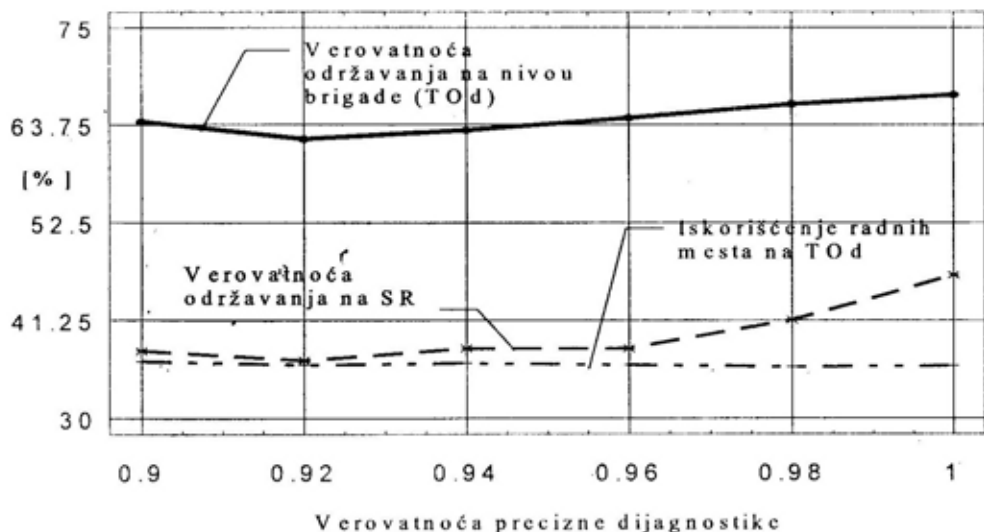


Sl. 5 — Efekti povećanja preciznosti dijagnostike na pokazatelje raspoloživosti i potreban broj radnih mesta na nivou srednjeg remonta

sta u jedinicama koje se bave srednjim remontom, što dovodi do smanjenja troškova.

Slika 6 prikazuje da sa povećanjem verovatnoće preciznosti dijagnostike, verovatnoća održavanja po nivoima raste između 5 i 10%, zavisno od nivoa, s tim što je nešto veći prirast na višem nivou održavanja. Za to vreme, vrednost iskorišćenja pojedinih

Prikazani rezultati ukazuju na neke puteve kojima se mora poći pri projektovanju i uvođenju sistema kvaliteta i svih sadržaja koje on obuhvata radi poboljšanja funkcionisanja sistema održavanja, traženja i sprečavanja grešaka koje se mogu javiti u delovanju konkretnog sistema održavanja i smanjenju troškova. Kao najvažniji pravci akcije svakako se izdvajaju



Sl. 6 — Efekti povećanja preciznosti dijagnostike na verovatnoću održavanja po nivoima sistema održavanja i iskorišćenje radnih mesta na nivou tehničkog održavanja

resursa (radnih mesta) na nivou tehničkog održavanja ostaje praktično nepromenjena.

Verodostojnost i sigurnost, kao dimenzije kvaliteta usluge, kod korisnika svakako je najteže steći i održati, jer su posledica, u očima korisnika, svih ostalih dimenzija kvaliteta usluge. Uvođenjem sistema kvaliteta na osnovama serije standarda ISO 9000 taj zadatak bi sigurno bio olakšan i postiglo bi se, kao što se i iz prikazanih rezultata vidi, veće zadovoljenje potreba korisnika po kvantitetu i kvalitetu, a ostvarile bi se i izvesne uštede.

smanjenje broja zahteva za korektivnim održavanjem i povećanje tačnosti dijagnostike, što ukazuje na potrebu za primenom održavanja prema stanju gde god je to moguće. Ovakav pristup, međutim, podrazumeva i dodatnu obuku, kako rukovodećih organa u TSI, o načinu izvršenja konkretnih radova na održavanju, tako i mehaničara, što uslovljava njihovu užu specijalizaciju za pojedine vrste i delove sredstava NVO, kao i primenu modernih sredstava za rad. Taj pristup, kao što se iz prikazanih rezultata vidi, ne mora obavezno doneti povećanje troškova, ali će se sigurno pozitivno odraziti

na povećanje raspoloživosti TS, pa time i na ukupnu efektivnost održavanja tehničkih sredstava.

Umesto formiranja neke posebne organizacione strukture sistema kvaliteta, prvo je potrebno potražiti neke od unutrašnjih rezervi u konkretnom sistemu održavanja. Korisna bi bila reafirmacija i redefinicija zadataka i uloge pomoćnika za organizaciju i tehnologiju u jedinicama za održavanje. Takođe, vredelo bi razmotriti mogućnosti angažovanja starijih i iskusnijih mehaničara u ulozi kontrolora i dijagnostičara-defektatora, bar u toku polovine radnog vremena. Pomoćniku za tehnologiju u jedinicama, posebno za TOD, i mehaničarima-kontrolorima poverio bi se, pored ostalog, deo stručne obuke zaposlenih, kontrola procesa izvođenja osnovnog održavanja i njegovih rezultata, kao i popunjavanje posebno definisanih zapisa po tom pitanju. Evidentičari radova vodili bi ostale potrebne zapise o kvalitetu, uz saradnju ostalih učesnika u procesu održavanja. Pored zapisa o kvalitetu na nivou jedinica za održavanje morali bi se izrađivati i planovi kvaliteta, čiji bi nosioci bili pomoćnici za organizaciju i tehnologiju.

To praktično znači da se, sem eventualno u samom vrhu organizacije, ne bi morala stvarati posebna radna mesta u sistemu kvaliteta već bi se iskoristile postojeće mogućnosti i prednosti matične organizacione strukture koja podrazumeva da zaposleni mogu izvršavati slične poslove pod kontrolom dva rukovodioca (u ovom slučaju onog koji već postoji u organizaciji i rukovodioca po pitanju kvaliteta).

Za praćenje toka TMS na održavanju, kao i overu kvaliteta izvršenja svake od etapa u procesu održavanja trebalo bi reafirmisati ulogu radioničke liste, ili u tehničkim knjižicama TS uvesti posebne obrasce. Ove obrasce overavali bi mehaničari-kontrolori po etapama, a overa bi predstavljala, pra-

ktično, kontrolni list i dozvolu za nastavak rada u sledećoj etapi, ali i informaciju rukovodstvu u kojoj se fazi posla nalazi konkretno sredstvo (slično rešenje je već opravdala praksa u nekim našim preduzećima).

Kontrola nabavljenog materijala i rezervnih delova zahteva poboljšanje njihove centralizovane kontrole kod proizvođača, a zatim, distribuciju prema onima kojima su potrebni, ili uvođenje kontrole kod svakog izvršnog organa TS, zbog čega je potrebno svima distribuirati odgovarajuću konstrukcionu dokumentaciju.

Za potrebe upravljanja sistemom održavanja već se vode podaci o uzrocima neispravnosti TMS, karakteristikama neispravnosti, uslovima eksploatacije i smeštaja-čuvanja, pri kojima je došlo do neispravnosti, radnji pri kojoj je otkrivena neispravnost, vrstama intervencija održavanja i vremenu utrošenom za radnje na održavanju. Stvaranje informacionog sistema (koje je u toku) za prikupljanje i obradu ovih informacija od ključnog je značaja, kako za poboljšanje efikasnosti sistema održavanja, tako i kao izvor informacija za proizvođače sredstava NVO i njihov sistem obezbeđenja kvaliteta. Po obimu i kvalitetu ove informacije su dovoljne za proučavanje pouzdanosti, trajnosti, ispravnosti, sigurnosti i pogodnosti održavanja, kao dimenzija kvaliteta proizvoda, što je sasvim dovoljno, jer u slučaju sredstava NVO estetski izgled nije od presudne važnosti, a performanse i ergonometričnost se mogu direktno meriti i ne zahtevaju posebno praćenje. *Informacioni sistem bi morao pružiti i mogućnost potpune informacione kontrole za upravljanje sistemom kvaliteta, posebno putem obezbeđenja informacija o pojavama neispravnosti koje su posledica nekvalitetnog izvršenja zahvata održavanja i, u tom sklopu, greška u dijagnostici.*

Postojeću dokumentaciju u sistemu održavanja trebalo bi poboljšati u

smislu vođenja zabeleški o tome šta se sa svakim konkretnim delom-elementom sredstva NVO dogodilo u procesu održavanja kod složenijih kategorija radova, kao što je, na primer, SR, a posebno treba obezbediti takve informacije iz TRZ (za sada se vode zajednički dokumenti o ukupnim karakteristikama radova).

Ovaj informacioni sistem morao bi da omogućiti i uspešno planiranje i raspoređivanje rada (u konkretnim jedinicama za održavanje), kao i vođenje potrebne dokumentacije. Prema već navedenom istraživanju iz Švedske, ukoliko bi se poslovođe rasteretile poslova planiranja i raspoređivanja rada oslobodilo bi se 54,4% njihovog radnog vremena za druge aktivnosti, a uz bolju organizaciju moglo bi da se oslobodi i do 57—58% radnog vremena poslovođa [12].

Upravni organi TSl, prema Pravilu TSl, već imaju zadatak da prate tehničko stanje TMS koja se opravljaju u radionicama i jedinicama, kontrolišu kvalitet izvršenih radova i kako se popravljena TMS ponašaju pri upotrebi i preduzimaju mere za poboljšanje njihovog stanja. Treba im, rasterećenjem od drugih poslova i potrebnom organizacionom strukturom i doobukom, omogućiti neprekidno i potpuno izvršenje tog zadatka, a najbolji način za to je uvođenje informacionog sistema održavanja, uz obezbeđenje adekvatne popune jedinica i ustanova TSl. Komandiri odeljenja bi, delimično ili u potpunosti, mogli preuzeti i ulogu mehaničara-kontrolora iz domena svoje specijalnosti.

Praćenjem informacija o pojavama neispravnosti koje su posledica nekvalitetnog izvršenja zahvata održavanja, analizom i otklanjanjem njihovih uzroka mogla bi se, u doglednoj budućnosti, stvoriti mogućnost za davanje garancija za izvedene zahvate održavanja na svim nivoima, slične onima koje danas daju proizvođači ili TRZ, a i smanjiti ukupan broj potrebnih ra-

dova koje treba izvršiti na održavanju, kako preventivnih, tako i korektivnih.

Primena principa samokontrole veoma je pogodna za vojne sisteme održavanja u ratu, jer ne zahteva povećanje broja radnih mesta. Međutim, taj princip zahteva izuzetno visok stepen obučenosti i odgovornosti izvršilaca radova na održavanju, što uključuje i korisnike, kao i primenu modernih tehničkih sredstava za održavanje, što, ipak, dovodi do izvesnog povećanja troškova. Pri primeni ovog principa, posebnu pažnju trebalo bi posvetiti obuci izvršilaca održavanja za izvođenje precizne dijagnostike i korisnika sredstava NVO za osnovno održavanje, jer bi se, na taj način, povećao kvalitet usluga održavanja i smanjio ukupan broj potrebnih radova na održavanju, što bi dovelo do smanjenja ukupno potrebnih resursa za održavanje i povećalo raspoloživost TS. Međutim, i pored svega, radnje završne kontrole morale bi biti poverene, bar u miru, posebnim licima.

Zaključak

Stvaranje sistema kvaliteta, na osnovama zahteva ISO 9000, uključuje potrebu da se za svakog nosioca poslova u organizacionoj strukturi propišu posebne odgovornosti za sprovođenje postupaka kvaliteta i ovlašćenja u skladu sa podelom rada, ali i da se sa njima izvrši odgovarajuća doobuka.

Odustajanje od mogućnosti razmatranja modela obezbeđenja kvaliteta iz standarda ISO 9003 [14], u ovom radu, posledica je njegove relativne deklasiranosti [2] i težnje za sprečavanjem, a ne prostim pronalaženjem nedostataka-grešaka po pitanju kvaliteta.

U konkretnom sistemu postoji detaljno razrađena dokumentacija kojom se utvrđuje način obavljanja poslova održavanja, rukovanje, skladištenje i čuvanje sredstava NVO, vode se poda-

ci o neispravnostima, a postojeća oprema za merenje i ispitivanje se etalonira. Postoji i sistem kontrole kvaliteta kod isporučioaca. Veliki deo onoga što zahteva sistem kvaliteta, prema standardima ISO 9000, dakle, već postoji i funkcioniše, ali i mnogo toga treba uraditi ako se želi unapređenje konkretnog sistema kvaliteta, posebno na koncipiranju, dimenzionisanju, opremanju, dokumentovanju i sprovođenju, kao i na povezivanju sa korisnicima

ma radi obezbeđenja potrebnog nivoa dimenzija kvaliteta usluge održavanja.

Efekat primene sistema kvaliteta, iskorišćenja unutrašnjih rezervi, uvođenja potrebnog informacionog sistema i maksimalno moguće primene principa samokontrole, sigurno bi se ogledao u smanjenju broja potrebnih korektivnih, ali i preventivnih radova održavanja, kao i povećanju vrednosti pokazatelja raspoloživosti i, načelno, smanjenju troškova održavanja.

Literatura:

- [1] Jovanović, D.: Organizacija održavanja mašina, Mašinski fakultet, Beograd, 1989.
- [2] Vujanović, N.: Postavljanje sistema kvaliteta prema zahtevima serije standarda JUS ISO 9000, FIRASO, Beograd, 1994.
- [3] Standard: JUS — Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta (identičan sa ISO 9000: 1987), Službeni list SFRJ br. 36/91.
- [4] Shigeo Shingo: Nova japanska proizvodna filozofija, Jugoslovenski zavod za produktivnost rada, Beograd, 1985.
- [5] Klarin, M., Ivanović, G., Stanojević, P., Raičević, R.: Principi terotehnoških postupaka, Mašinski fakultet, Beograd, 1994.
- [6] Stanojević, P.: Materijal za doktorsku disertaciju, Beograd, 1996.
- [7] MIL-STD-1390A: Level of Repair, Department of Defense USA, 1974.
- [8] Maynard, H. B.: Handbook of Modern Manufacturing Management, New York-Toronto-London, McGraw-Hill, 1979.
- [9] Standard: JUS — Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta — Uputstva (identičan sa ISO 9004 : 1987), Službeni list SFRJ br. 36/91.
- [10] Standard: JUS — Sistemi kvaliteta — Model obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji i ugradnji (identičan sa ISO 9002 : 1987), Službeni list SFRJ br. 36/91.
- [11] Standard: JUS — Sistemi kvaliteta — Model obezbeđenja kvaliteta u projektovanju/razvoju, proizvodnji, ugradnji i servisiranju (identičan sa ISO 9001 : 1987), Službeni list SFRJ br. 36/91.
- [12] Vila, A., Lajher, Z.: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1972.
- [13] Pravilo Tehničke službe, SSNO, 1979.
- [14] Standard: JUS — Sistemi kvaliteta — Model obezbeđenja kvaliteta u završnoj kontroli i ispitivanju (identičan sa ISO 9003 : 1987), Službeni list SFRJ br. 36/91.

Dr Dragan Lazarević,
pukovnik, dipl. inž.
Uprava za snabdevanje SMO,
Beograd
Mr Zoran Popović,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

SPECIFIČNOSTI ISTRAŽIVANJA REŽIMA OPTEREĆENJA TRANSMISIJA BRZOHODNIH GUSENIČNIH VOZILA

UDC: 629.113.032:621.8.001.5

Rezime:

Poznavanje režima opterećenja sredstva preduslov je za adekvatnu, racionalnu i pouzdanu konstrukciju i povezano je sa brojnim problemima. Kompaktna konstrukcija transmisija brzohodnih guseničnih vozila (BGV), gde se više uređaja i sklopova smešta u zajedničko kućište, sa mogućnošću pojave cirkulacije i rekuperacije snage, još više usložava te probleme.

Glavne reči: režimi opterećenja, transmisija, brzohodno gusenično vozilo.

SPECIFICITIES IN RESEARCH OF THE LOAD REGIMES OF FAST TRACKED VEHICLES

Summary:

Knowledge of the vehicle load regimes is a prerequisite for an adequate, rational and reliable construction. Research of the vehicle load regimes and vehicle transmission in general, and especially in the field of the FTV, is associated with a lot of problems that should be solved before every approach to the research. The compact construction of the FTV transmissions, with many devices and assemblies placed in a single shell, with the possibility that a circulation and a recuperation of the power within the transmission occur, make that problem even more complex.

Key words: load regimes, transmission, fast tracked vehicles.

Uvod

Bilo koja konstrukcija, izvedena bez prethodno istraženih uslova u kojima će raditi, odnosno režima opterećenja (kolektiv opterećenja) kojima će biti izložena, neće biti adekvatna i teško da će moći da zadovolji svoju namenu.

U suštini, režim opterećenja predstavlja karakteristiku realnih opterećenja elemenata, sklopova i podsklopova vozila u procesu njegove eksploatacije. Režimi opterećenja najčešće se predstavljaju u obliku krivih raspodela (gustine ili funkcije raspodele),

koji se dobijaju statističkom obradom rezultata merenja nivoa i frekvencije opterećenja i drugih parametara (napona i sl.) elemenata koji se snimaju u odgovarajućim eksploatacionim uslovima.

Istraživanje režima opterećenja kod motornih vozila je vrlo složen postupak. Ipak, istraživanje opterećenja transmisija vozila na točkovima, predstavlja daleko manji problem, nego kod brzohodnih guseničnih vozila (BGV) kao što su tenkovi, borbena vozila pešadije, oklopni transporter i samohodna oruđa.

Specifičnost izvođenja transmisija

Specifičnost konstrukcije i izvođenja konkretnog rešenja transmisije, na određenoj vrsti vozila, u najužoj je vezi sa budućim istraživanjima režima opterećenja konkretne transmisije ugrađene u to vozilo.

Transmisija vozila na točkovima, u principu, ima posebno izvedene sklopove koji izvršavaju određene radnje u procesu prenosa snage i upravljanja vozilom i, najčešće, izvode se kao odgovarajuće samostalne konstrukcione celine. Na najpogodniji način razmeštaju se u okviru vozila, kako bi svoju funkciju što kvalitetnije izvršili. Tako konstruisani i izvedeni pojedini sklopovi i uređaji transmisije, koji imaju svoj ulaz i izlaz, neuporedivo su pristupačniji za priključenje pojedinih mernih uređaja i instrumenata, kojima se mogu snimiti pojedini parametri na osnovi kojih se mogu donositi zaključci o režimima opterećenja tog sklopa — uređaja. Principijelna šema vozila

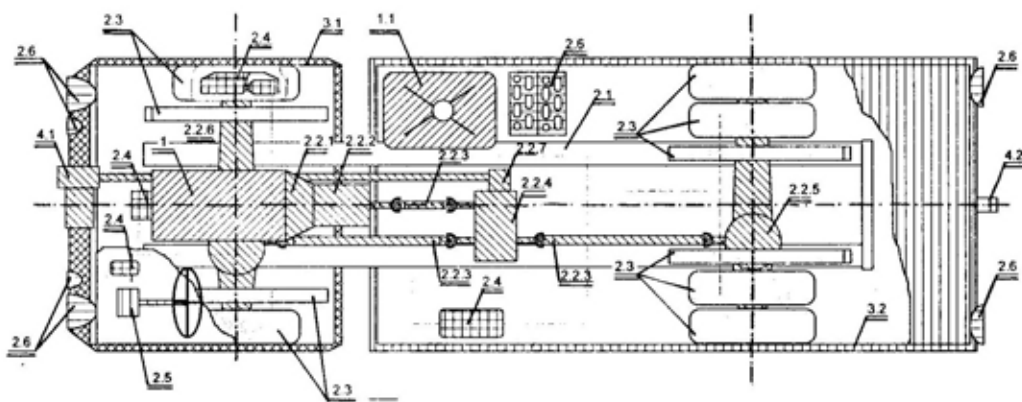
na točkovima, sa svim elementima transmisije i pomoćnim uređajima, prikazana je na slici 1.

Brzohodna gusenična vozila namenjena su za upotrebu u ratu, po bespuću i u najrazličitijim uslovima eksploatacije, pa zato i njihova konstrukcija ima dosta specifičnosti. Kod transmisija BGV, za razliku od vozila točkaša, više uređaja i sklopova se, radi kompaktnosti konstrukcije (manje mase i zapremine), smešta u jedno kućište, što predstavlja poseban problem za istraživanje režima opterećenja.

Da bi transmisiju BGV, za zadate uslove, optimalno konstruisali i izveli neophodno je poznavati sve funkcije koje izvršava i parametre kojima treba da udovolji.

ULOGA TRANSMISIJE BGV

Da bi transmisiju BGV, kao vrlo bitan element u prenosu snage, optimalno rešili, neophodno je poznavati



Sl. 1 — Vozilo na točkovima sa sklopovima-uređajima transmisije:

- | | | | |
|-----------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. Motor sa uređajima | 2.2.2. menjač | 2.2.7. pogon vitla | 3. Karoserija |
| 1.1. rezervoar | 2.2.3. zglobni pren. | 2.3. točkovi sa el. osl. | 3.1. kabina |
| 2. Šasija | 2.2.4. razvodnik pogona | 2.4. kočioni uređaj | 3.2. tovarni sanduk |
| 2.1. okvir vozila | 2.2.5. zadnji pogonski most | 2.5. uređaj za upravljanje | 4. Specijalni uređaji |
| 2.2. transmisija | 2.2.6. prednji pogonski most | 2.6. elektro oprema | 4.1. vitlo |
| 2.2.1. spojnica | | | 4.2. kuka za vuču |

režime opterećenja kojima je izložena, mada rešenja nisu univerzalno primenljiva. Univerzalno primenljiva mogu biti samo ako su vozila slična (po konstrukciji i nameni). Režimi opterećenja transmisija BGV su specifični, zbog namene i uslova eksploatacije. Specifičnost transmisije BGV posebno se ogleda u načinu upravljanja, odnosno izvođenja zaokreta vozila. Prenos snage od motora preko menjača stepena prenosa u principu je klasičan (mehanički, sa nepokretnim ili pokretnim osama, hidraulični u obe varijante ili kombinacija ove dve varijante). Na BGV su retke transmisije sa električnim prenosom snage.

Transmisija BGV je vrlo složen podsistem koji mora da omogući vuču, upravljanje, pogon pomoćnih uređaja (svih ili dela njih), zaokret i kočenje.

Funkciju vuče vozila transmisija obezbeđuje prilagođavanjem režima rada motora uslovima kretanja vozila, a za BGV treba da omogući:

- pokretanje na usponu od (najčešće) 30°;
- savlađivanje bočnog nagiba do 25°;
- promenu smera kretanja;
- stabilno kretanje minimalnom brzinom 3—6 km/h i maksimalnom brzinom preko 70 km/h;
- raspored brzina sa što boljim iskorišćenjem snage u celom dijapazonu brzina (da se ne ugroze performanse kretanja pri promeni stepena prenosa);
- mogućnost prekida toka snage od motora na pogonski točak.

Upravljanje vozilom je vrlo složena, bitna i teška funkcija, koju treba da ostvari transmisija. Sistem upravljanja mora biti rešen tako da ne zamara vozača i da obezbedi efikasno i sigurno upravljanje vozilom. Zbog toga se u svetu, a i kod nas (2), mnogo

radi na automatizaciji upravljanja vozilima uopšte, pa i BGV.

Automatizacijom sistema ili komponente sistema upravljanja treba sprečiti mogućnost greške, koju može da napravi vozač. Automatizacija se svodi na to da se, na osnovu podataka o stepenu prenosa u kojem se nalazi menjač, brzine kretanja vozila, broja obrtaja motora i položaja papuče gasa, automatski, bez uticaja vozača, izvrši promena stepena prenosa (sigurno i efikasno).

Neposredno upravljanje izvodi se pomoću poluga i papuče ili pomoću upravljača (ili poluupravljača) i papuče. Željeni način upravljanja realizuje se konstrukcionim rešenjem transmisije. Istovremeno, sistem upravljanja mora da omogući sigurno i pouzdano funkcionisanje pogona i prenosa snage BGV.

Transmisija mora da obezbedi pogon pomoćnih uređaja, kao što su ventilator, generator, pumpe i kompresori. Pored toga, ona održava temperaturu svih fluida, koji služe za hlađenje i podmazivanje elemenata pogona i prenosa snage, u optimalnim granicama. Ventilator sa sistemom hladnjaka mora da obezbedi pouzdan rad motora i transmisije u temperaturnom dijapazonu od -30 °C do +50 °C, i da za svoj rad troši što manje raspoložive snage motora.

Funkcija zaokreta kod guseničnih vozila podrazumeva:

- pouzdano i bezbedno kretanje po određenoj trajektoriji različite konfiguracije i vrste terena;
- racionalno iskorišćenje snage motora (sa što većim stepenom korisnog delovanja).

Kočenje je, takođe, značajna funkcija transmisije. Imajući u vidu da je masa ovih vozila 20—65 t, te da maksimalne brzine kod novoprodukovanih

BGV prelaze 70 km/h, ova funkcija znatno utiče na opterećenje transmisije BGV.

Savremena rešenja pogona i prenosa snage izvode se sa mogućnošću automatskog snižavanja nivoa opterećenja (bez volje vozača). Takođe, transmisija BGV mora da omogući i rad u određenom stepenu degradiranog stanja. Sve to ima za cilj zaštitu BGV kao borbenog sistema i njegovo »preživljavanje«.

STRUKTURA TRANSMISIJE BGV

Strukturu većine transmisija čine primarni pogon — kojim se prenosi veći deo snage i pomoćni pogon, kojim se prenosi snaga do bočnih reduktora (sl. 2).

Transmisiju čini više elementarnih prenosnika, koji su sadašnjim rešenjima integrisani u jednu konstrukcionu celinu:

- menjač (prenosnik za promenu stepena prenosa);
- pomoćni pogon;
- uređaj za zaokret (mehanizam za zaokret), i
- bočni reduktori (bočni prenosnici ili bočni planetari).

U zavisnosti od konstrukcionog rešenja moguće je da postoje i drugi elementi (hidraulični kao hidrodinamički pretvarač — HDP ili hidrodinamička spojnica — HDS). Menjač stepena prenosa sa glavnom spojnicom, i eventualno hidrodinamičkim prenosnikom, ima ulogu da omogući prilagođavanje izlaznih parametara motora uslovima puta, odnosno da vozač pomoću njega realizuje adekvatnu vučnu silu na pogonskom točku, a preko njega se realizuje i promena brzine i smera kretanja BGV.

Uređaj za zaokret (mehanizam za zaokret) omogućava različite brzine premotavanja gusenica preko pogonskih točkova. Bočni reduktori (danas su to, najčešće, jednoređni planetarni prenosnici, pa se nazivaju bočni planetari) kod transmisija sa pomoćnim pogonom služe da se na njima sumira kretanje pomoćnog i primarnog pogona, a da se kao rezultat toga na pogonskom točku dobije odgovarajući obrtni moment i broj obrtaja. Kod transmisija bez pomoćnog pogona vrši se samo povećanje prenosnog odnosa.

VRSTE TRANSMISIJA BGV

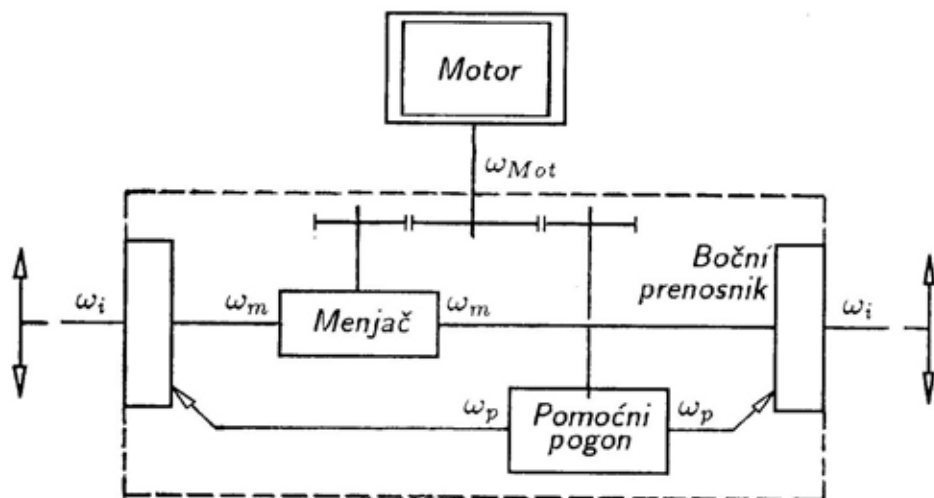
Na osnovu uređaja za upravljanje BGV (u najvećoj meri) određuje se vrsta transmisije. U zavisnosti od odnosa brzina premotavanja gusenica preko pogonskih točkova dobija se pravolinijsko kretanje ili zaokret. Ako brzina centra vozila pri zaokretu ostaje ista (smanjuje se brzina premotavanja unutrašnje, a za istu vrednost, povećava se brzina premotavanja spoljne gusenice), takav uređaj za zaokret je simetričan, a kada se brzina centra vozila u zaokretu menja (smanjuje se) pogon je nesimetričan.

Transmisija može imati jedan ili dva toka snage. Transmisija sa dva toka snage često se naziva transmisija sa paralelnim tokom snage.

Posebnu vrstu predstavlja transmisija sa dva bočna prenosnika (menjača). Ako su vratila pomoćnog pogona blokirana ili transmisija nema pomoćni pogon, brzine pogonskih točkova su srazmerne brzinama vratila primarnog kola, odnosno izlaznim brzinama menjača. Takav pogon ima jedan tok snage. Ako su brzine pogonskih točkova rezultat brzina pomoćnog i primarnog toka snage (pri pravolinijskom kretanju), smatra se da ta transmisija ima dva toka snage ili da je sa paralelnim tokom snage.

Sa slike 2 se vidi da je transmisija složeni sistem prenosnika, koji ima više zatvorenih kola unutar kojih cirkulišu faktori snage, koji, zavisno od kinematskog stanja transmisije, mogu biti različiti. Najštetnija pojava je po-

va rekuperacija snage. Normalno je da će se kočenjem jedne gusenice (unutrašnje) pojaviti energija koju treba korisno usmeriti ili će se transformisati u toplotu, koju treba odvesti. Ako bi bila prekinuta kinematska veza unut-



Sl. 2 — Principijelna šema transmisije

java kružne cirkulacije parazitske snage unutar sistema koja može da izazove mnoge probleme, kao što su preopterećenje sklopova i povećani gubici unutar transmisije. Zbog toga se pri razradi kinematske šeme transmisije mora izučiti mogućnost pojave kružne cirkulacije snage, videti njen nivo i preduzeti mere da se sklopovi gde se ona pojavljuje dimenzionišu u skladu sa tom pojavom. Ova snaga se ne može izmeriti, pa se za utvrđivanje njenog nivoa analiziraju kinematske šeme i rade odgovarajući proračuni. Pored kružne cirkulacije snage (kao negativne pojave) moguć je i njen drugi kružni tok, koji je vrlo poželjan, a javlja se pri zaokretu vozila. To je slučaj kada se na unutrašnjoj gusenici pojavljuje suprotan tok snage, kao reakcija podloge koja se usmerava prema spoljnoj gusenici, da bi se na njoj mogla korisno upotrebiti. Ta pojava se nazi-

rašnje i spoljne gusenice preko transmisije, ta bi snaga bila potpuno nekorisna (čak vrlo štetna). Njenom rekuperacijom na spoljnu gusenicu postiže se željeni pozitivni efekat.

Nivo snage rekuperacije sa jedne na drugu guseniku moguće je utvrditi merenjem na pogonskom točku, a na osnovu toga određuje se opterećenje tog dela transmisije.

Pouzdanost, bezbednost i racionalno kretanje po pravcu omogućava odgovarajuća vrsta spojnice i menjač određenog tipa. Spojnice su mehaničke (lamelaste) ili hidrodinamičke, dok su menjači mehanički, najčešće sa pokretnim osama — planetarni. Na BGV se najčešće ugrađuju kombinovani menjači od hidrodinamičkih pretvarača obrtnog momenta i planetarnih menjača (na tenkovima zapadnog porekla) ili samo planetarni menjači (na ten-

kovima istočnog porekla i naše proizvodnje). U pomoćnom pogonu često se sreću hidrostatički elementi (pumpe i motori — kod tenkova zapadnog porekla). Kod savremenih BGV gotovo da i nema električnog prenosa snage, kao ni mehaničkih menjača sa nepokretnim osama.

Ako se posmatra zaokret BGV, može se izdvojiti nekoliko karakterističnih rešenja uređaja za izvođenje zaokreta. Danas se na transmisijama u svetu najčešće sreću pomoćni pogoni, a transmisije koje ih imaju nazivaju se transmisije u bloku [5]. One mogu biti sa simetričnim i nesimetričnim pogonom.

Pošto zaokret ima znatan uticaj na režim opterećenja transmisija, jer u uslovima zaokreta BGV provodi oko 1/3 svoje eksploatacije, a u tim uslovima i transmisija i hodni deo trpe najveća opterećenja, prikazaćemo karakteristična rešenja transmisija u bloku (TUB) koje imaju simetričan pogon.

Transmisije sa simetričnim pogonom

Transmisije mogu imati:

— jednostepeni prenosnik u pomoćnom pogonu;

— višestepeni prenosnik u pomoćnom pogonu;

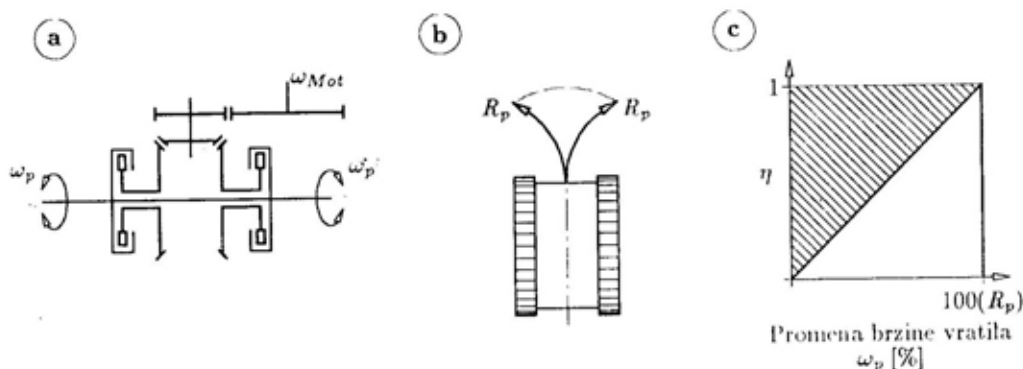
— kontinuirani prenosnik u pomoćnom pogonu.

Što je konstrukcija prenosnika snage kompaktnija i složenija, to je merenje parametara, pomoću kojih se istražuje režim opterećenja, komplikovanije.

Transmisija sa jednostepenim prenosnikom u pomoćnom pogonu

U toku pravolinijskog kretanja vratilo pomoćnog pogona je blokirano a prenosnik se okreće kao celina. U zaokretu se uključuje pomoćni pogon preko frikcionih sklopova. Smanjuje se brzina jednog izlaznog vratila, a povećava brzina drugog, čime se ostvaruju različite brzine premotavanja gusenica i realizuje zaokret određenim poluprečnikom zaokreta. Na slici 3 prikazana je principijelna šema takvog prenosnika.

Ovaj mehanizam za zaokret ostvaruje po jedan proračunski radijus zaokreta, kao minimalni u svakom stepenu prenosa, a zavisno od stepena proklizavanja u uređaju za izvođenje zaokreta u svakom stepenu prenosa može ostvariti različite radijuse zaokreta. Step en korisnog delovanja zavisi od intenziteta proklizavanja (sl. 3c). Kod ove vrste pogona kroz pomoćni



Sl. 3 — Simetrični jednostepeni prenosnik

pogon protiče (uslovno) velika snaga, pa su stoga i gubici snage veliki (ako se želi zaokret po poluprečniku koji odgovara 50% brzine pomoćnog pogona stepen iskorišćenja je 0,5).

Ovaj princip je primenjen na većem broju transmisija BGV ranijih godina proizvodnje (Allison, CD 850 za tenk M 47/48, Meritt-Brawn za tenkove CHIEFTAIN, VICKERS i dr.).

Transmisija sa višestepenim prenosnikom u pomoćnom pogonu

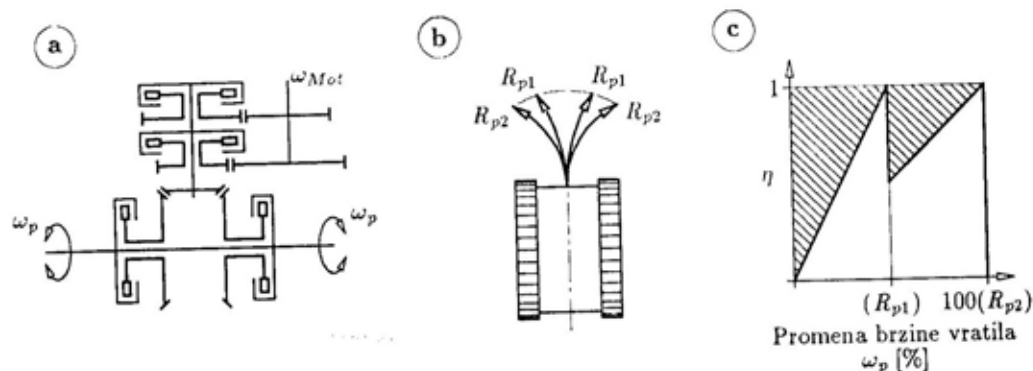
Na slici 4 prikazani prenosnik ima dvostepeni prenosnik u pomoćnom pogonu. Frikcionim sklopovima uključuje se željeni stepen prenosa, a pri pravolinijskom kretanju vratilo pomoćnog

ove vrste uređaja, ako se zaokret izvođi po poluprečniku malo manjem od R_{p1} , stepen korisnog delovanja i ceo sistem bi se ponašao kao da se radi o jednostepenom prenosniku.

Ovaj uređaj ugrađivali su Nemci u svoje tenkove (firma RENK, transmisija RK 304 za modernizaciju starijih tenkova M48/60, T 55 i sl. i firma ZF 4HP250 za tenk LEOPARD 1). Nedostatak im je velika opterećenost frikcionih elemenata.

Transmisije sa kontinuiranim prenosnikom u pomoćnom pogonu

Radi obezbeđenja kontinuiranog zaokreta u pomoćnom pogonu ugrađuju se hidrostatički, često u kombina-



Sl. 4 — Simetrični dvostepeni prenosnik

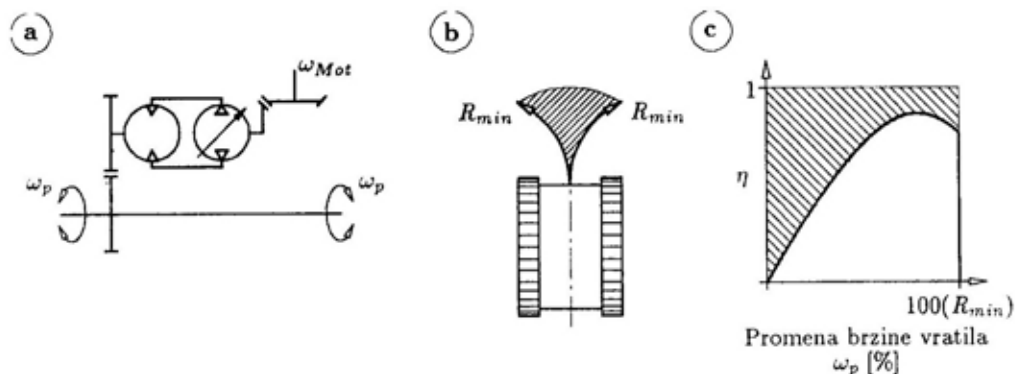
pogona je blokirano. Dva stepena prenosa znače mogućnost dva proračunska radijusa zaokreta. Promena stepena prenosa u zaokretu, mora se izvesti bez prekida toka snage, inače bi se gubio kontinuitet zaokreta i nastale bi posledice koje iz toga proizilaze. Stepenn korisnog delovanja zavisi od proklizavanja u frikcionim elementima, ali kako se iz slike 4c vidi, povoljniji je nego kod prethodnog sistema. Kod

ciji sa hidrodinamičkim, a uvek u kombinaciji sa mehaničkim elementima prenosa snage (slika 5).

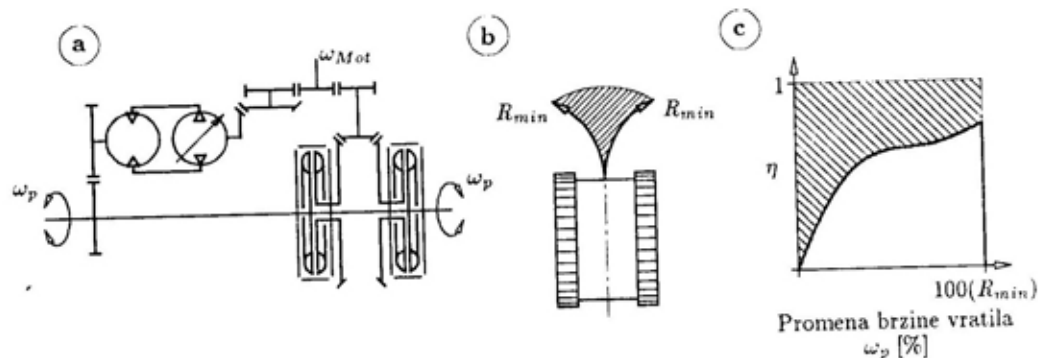
Hidrostatički elementi u pomoćnom pogonu omogućavaju kontinuiranu promenu poluprečnika zaokreta. Relativno im je nizak stepen korisnog delovanja (sl. 5c), ali je, ipak, povoljniji od prethodnih. Ovaj princip je primenjen na tenkovima.

Da bi se ublažili nedostaci, posebno smanjenje uticaja obrtnog momenta i broja obrta koji se prenose, u ove transmisije ugrađuju se hidrodinamič-

- sa jednostepenim prenosom,
- sa višestepenim prenosom,
- sa kontinuiranim prenosom.



Sl. 5 — Simetrični kontinualni prenosnik



Sl. 6 — Simetrični kontinualni prenosnik sa HDP u sprezi

ke spojnice (slika 6). To je izvela nemačka firma Renk na transmisiji HSWL 194, za borbeno vozilo MARDER i transmisiji HWSL 354, za tenk LEOPARD 2.

Transmisije sa nesimetričnim pogonom

Transmisije sa nesimetričnim pogonom mogu biti:

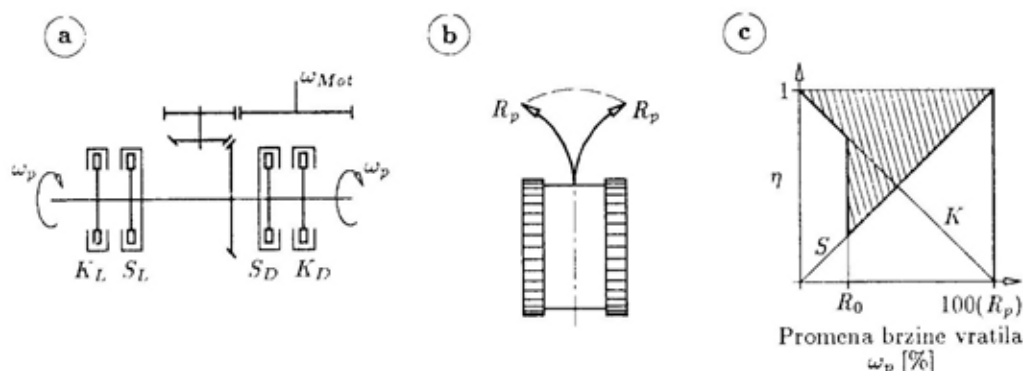
Transmisije sa nesimetričnim jednostepenim prenosom

Kao i u prethodnom slučaju i ovde su moguće različite kombinacije rešenja. Principijelna šema jednog takvog bloka prikazana je na slici 7, a na šemi se vidi jednostepeni prenosnik.

Ova transmisija sastoji se od jednostepenog prenosnika, a na izlaznom vratilu, sa svake strane se nalaze po dve kočnice i dve spojnice. Pri pravo-

linijskom kretanju kočnice i spojnice su blokirane. Ako se želi zaokret u jednu stranu, prvo se oslobađa kočnica na toj strani, a zatim se na istoj strani uključuje spojnica. Zavisno od stepena proklizavanja dobija se odgovarajući radijus zaokreta, a pri potpuno isklju-

Pored toga, neophodno je ugraditi dva HSP, što poskupljuje i usložava konstrukciju. Međutim, velika mu je prednost što obezbeđuje sigurnost upravljanja pri velikim brzinama kretanja. Transmisije koje imaju ugrađeno ovakvo rešenje nazivaju se transmisije sa



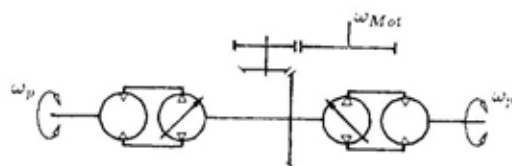
Sl. 7 — Nesimetrični jednostepeni prenosnik

čenoj spojnici realizuje se proračunski radijus zaokreta. Na taj način, u svakom stepenu prenosa, realizuje se po jedan proračunski radijus zaokreta.

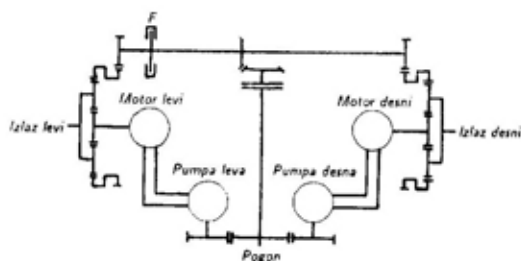
Iz dijagrama stepena korisnog delovanja (sl. 7c) vidi se da postoji i neki poluprečnik zaokreta R_0 , kao granični za određenu fazu. To je slobodni poluprečnik zaokreta, koji se dobije kada se isključi odgovarajuća kočnica. Na ovom principu je izvedena transmisija na domaćem borbenom vozilu pešadije M80 i M80A.

Transmisije sa nesimetričnim kontinuiranim prenosnikom

Kod TUB sa nesimetričnim pogonom sreće se, umesto jednostepenog prenosnika u pomoćnom pogonu, kontinuirani (hidrostatički) prenosnik (slika 8). Stepenn korisnog delovanja ovakvog prenosnika je nepovoljniji od mehaničkog, jer su veliki tokovi snage pri malim stepenima korisnog delovanja.



Sl. 8 — Nesimetrični kontinualni prenosnik



Sl. 9 — Nesimetrični kontinualni prenosnik sa mehaničkim prenosom

paralelnim tokom snage. Preko ovog prenosnika, pored toga što se koristi u zaokretu, ide i snaga pri pravolinijskom kretanju. Tako on služi i za pro-

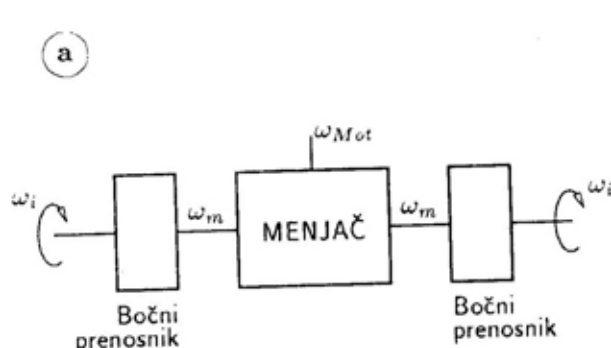
menu brzine kretanja vozila. Takve transmisije se nazivaju i transmisije sa podelom snage.

Kombinacija te transmisije sa mehaničkim prenosnikom pokazana je na slici 9. Veći deo snage se prenosi preko mehaničkog dela gde je veći stepen korisnog delovanja, pa se tako povećava ukupni stepen korisnog delovanja.

Ovakvom kombinacijom koriste se prednosti hidrostatičke po pitanju kontinuiranog zaokreta, a pogodnom raspodelom snage na mehanički prenos, stepen korisnog delovanja se čini prihvatljivim. Američka firma GENERAL-ELEKTRIC na ovom principu realizovala je više transmisija za razna vozila, a među njima i za BGV (transmisije oznake HMP 100, HMPT 500 i HMPT 1000).

Transmisija sa dva bočna prenosnika

Kao posebna vrsta pojavila se transmisija sa dva bočna prenosnika. Ona nema pomoćni pogon i njeno principijelno rešenje prikazano je na slici 10.



Sl. 10 — Principijelna šema transmisije sa dva bočna prenosnika

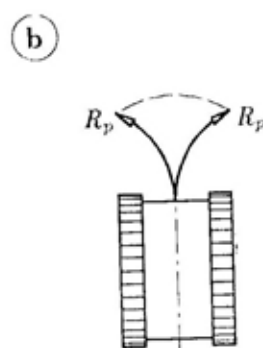
Pri pravolinijskom kretanju bočni prenosnici su u istom, višem stepenu prenosa, a pri zaokretu se prenos-

nik na unutrašnjoj strani ubacuje u niži stepen prenosa. Ovakav princip primenjen je na sovjetskim tenkovima serije »T«, sve do pojave tenka T 72.

Na ruskom tenku T-72 i kasnije proizvedenim, primenjen je isti princip, samo bočni prenosnici imaju više stepeni prenosa i služe i kao menjači stepena prenosa. Na principu tako izvedene transmisije, poslednjih godina pojavili su se i drugi tenkovi (jugoslovenski tenkovi M 84; M 84A i tenk vihor, te ukrajinski tenk T 84). Sa tim rešenjima transmisije celi pogon i prenos snage može se smestiti u zapremini od oko 3,5 m³, čime se smanjuje masa, a povećava specifična snaga. Samim tim, uz druge jednake uslove, utiče se na smanjenje opterećenja transmisija i pokretljivost tenka.

SPECIFIČNOSTI ISTRAŽIVANJA REŽIMA OPTEREĆENJA TRANSMISIJE BGV

Iz ovog prikaza se vidi specifičnost konstrukcije i izvedbe transmisija, što direktno utiče na istraživanje režima opterećenja transmisija BGV. Istraži-



vanje režima opterećenja je specifično zbog nemogućnosti da se pristupi svakom uređaju u transmisiji i izmere pa-

rametri na ulazu i izlazu iz njega, kako bi se moglo meritorno zaključiti o nivou opterećenja tog uređaja. Zbog toga se pri istraživanju režima opterećenja transmisija BGV mora kombinovati merenje sa proračunom, na osnovu poznatih parametara kako bi se došlo do podataka neophodnih za konstrukciju.

Specifičnost konstrukcije i izvođenja transmisije BGV ogleda se u sledećem:

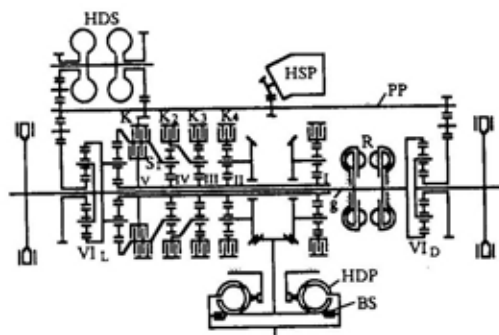
— služi ne samo za prenos i promenu parametara snage (M i ω), nego i kao sistem za upravljanje, zaokret i kočenje;

— u transmisijama BGV (koje imaju planetarni menjač), u određenim uslovima pojavljuje se cirkulacija snage (čiji nivo zavisi od konstrukcionog rešenja planetarnih redova);

— kada se vozilo nalazi u zaokretu, a zavisno od konstrukcionog rešenja transmisije, može se pojaviti i rekuperacija snage sa unutrašnje na spoljnu gusenicu;

— sa transmisije se, uglavnom, uzimaju izvodi za pogon pomoćnih uređaja pogonske grupe, pa i BGV kao celine.

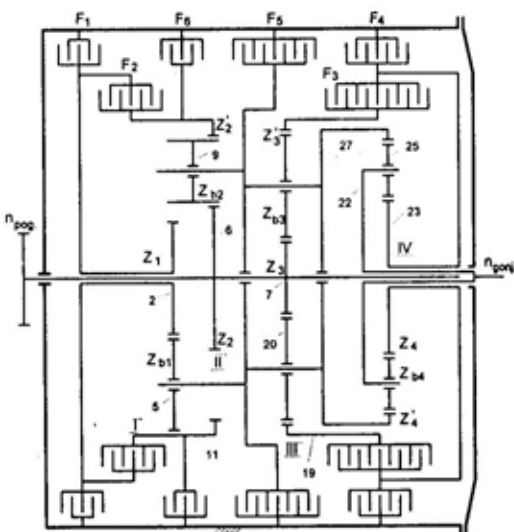
Sve to bitno usložava utvrđivanje nivoa opterećenja pojedinih elemenata i uređaja transmisije BGV.



Sl. 11 — Kinematska šema transmisije HSWL-354

Kinematska šema transmisije primenjene na trenutno jednom od najaktuelnijih tenkova u svetu (leopard 2), prikazana je na slici 11 i predstavlja hidromehaničku transmisiju, koje su, najčešće, u primeni na BGV na Zapadu. Kod BGV u istočnim zemljama u primeni su transmisije sa planetarnim menjačima čija je kinematska šema prikazana na slici 12.

Sa slika se vidi da transmisija BGV, zbog specifičnosti svoje namene, mora da bude smeštena u jedno kućiš-



Sl. 12 — Kinematska šema bočnog menjača

te i kinematski rešena tako da udovolji svim funkcijama, te da zauzima što manje prostora. To zahteva specifičnost namene sredstva u koje se ugrađuje.

Svako BGV mora imati što manju masu i siluetu, a istovremeno što veću vatrenu moć, pokretljivost i oklopnu zaštitu. Sve to predstavlja vrlo suprotstavljene zahteve, a savremeni zahtev je da se u prostor manji od 4 m^3 mora smestiti pogon i prenos snage veći od 1000 kW .

Istraživanje režima opterećenja transmisija BGV vrlo je složen i težak posao, jer se više uređaja (radi racionalnog iskorišćenja prostora), ugrađuje u jedno kućište. To onemogućava pristup svakom uređaju ili sklopu radi izvršenja potrebnih merenja (snimanja). Da bi se obezbedilo snimanje potrebnog broja parametara, neophodno je pre svakog merenja pažljivo analizirati kinematsku šemu i konstrukciono rešenje konkretne transmisije. Na osnovu te analize i mogućnosti raspoložive merne opreme, zaključuje se koji parametar i na kom mestu može da se meri, te sa kojim se procentom pouzdanosti može osloniti na podatak koji je izmeren-očitao. Ta analiza kod transmisija BGV, zbog kompaktnosti konstrukcionog rešenja, uvek ukazuje na to da je vrlo teško izmeriti (snimiti) sve parametre koji utiču na režime opterećenja. Zbog toga se moraju, radi kompletnosti postupka istraživanja režima opterećenja transmisija BGV, kombinovati eksperimentalni podaci dobijeni merenjima u laboratorijskim i realnim eksploatacionim uslovima, sa odgovarajućim proračunima opterećenja i, na taj način, doći do opterećenja pojedinog dela, sklopa ili transmisije kao celine. To se posebno odnosi na mogućnost pojave kružne cirkulacije parazitske snage koja se ne može izmeriti, a njena pojava u menjaču izaziva dodatna opterećenja, koja mogu dovesti do havarijskih oštećenja. Proračun pouzdanosti nekog dela, sklopa ili sistema, nakon istraženog opterećenja u raznim eksploatacionim uslovima, vrši se korišćenjem posebno postavljenih i relativno visoko automatizovanih metodologija za taj proračun, uz pomoć računara.

Vrednost deformacija, kao i naponi koji se javljaju u elementima, bilo da su opterećeni statičkim ili dinamičkim opterećenjem, zavise od nivoa opterećenja koji je različit u različitim eksploatacionim uslovima.

Želja je da se istraživanje režima opterećenja izvede tako da se snime pojave svih naprezanja (napona) i da se kasnije u obradi adekvatno vrednuju.

Parametri koji definišu režime opterećenja i preduslov za njihovo istraživanje

Parametri na osnovi kojih se mogu istražiti režimi opterećenja transmisija BGV su:

- parametri snage (obrti moment i broj obrta) na ulazu u transmisiju;
- tok snage kroz transmisiju;
- snaga potrebna za pogon pojedinih pomoćnih uređaja i mesto njenog »odvođenja«;
- parametri snage (obrti moment i broj obrta) na izlazu iz transmisije (na pogonskom točku);
- učestanost korišćenja odgovarajućeg stepena prenosa u menjaču i vreme koje vozilo provede u tom stepenu prenosa i sa određenim nivoom opterećenja;
- učestanost aktiviranja uređaja za zaokret, kao i vreme koje vozilo provede u uslovima zaokreta;
- temperature medija za podmazivanje i hlađenje na konkretnom mestu — delu ili sklopu.

Radi detaljnije analize opterećenja konkretnog dela ili sklopa u transmisiji, poželjno je poznavati i sledeće parametre:

- pritiske medija na konkretnim (karakterističnim) mestima;
- protoke fluida u različitim uslovima rada transmisije, pa i pogonske grupe kao celine u vozilu;
- padove pritisaka na određenim mestima.

Konstrukcionim rešenjem i izvedbom ovih vozila mora se obezbediti velika rezerva snage i adekvatna trans-

misija, kako bi u situaciji koja to zahteva mogla naglo krenuti napred, brzo izvršiti potreban manevar ili vratiti se nazad. Kod savremenih BGV ta rezerva snage je vrlo velika.

Zbog toga se izboru terena (pored izbora merne opreme, vremenskih uslova, adekvatne ekipe za rad) na kojem će se snimati potrebni parametri, radi istraživanja režima opterećenja, mora posvetiti posebna pažnja.

Zaključak

Istraživanje režima opterećenja transmisija BGV zahteva kombinovanje metoda merenja odgovarajućih parametara u realnim eksploatacionim uslovima i u laboratoriji, uz primenu potrebnih proračuna. Tome mora prethoditi detaljna analiza namene vozila i uslova u kojima će biti eksploatisano, kao i konstrukcijskog rešenja transmisije i njene kinematike.

Literatura:

- [1] Lazarević, D.: Istraživanje režima opterećenja transmisija brzohodnih guseničnih vozila, disertacija, VTA VJ, 1996.
- [2] Janićijević, N.: Automatsko upravljanje u motornim vozilima, MF Beograd, 1993.
- [3] Ilijevski, Z.: O modelu transmisije sa dva bočna prenosnika kao osnovnom faktoru realizacije savremene koncepcije guseničnog borbenog vozila, disertacija, VVTA, 1990.
- [4] Janićijević, N., Borak, Đ.: Istraživanje režima opterećenja motornih vozila, Zbornik radova NSS, Mašinstvo 1873—1973, Beograd, 1973.
- [5] Dragojević, M.: Tenkovi i borbeno vozila pešadije, VINC, 1986.

Dr Slavko Pokorní,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija VJ,
Beograd

MOGUĆNOSTI I OGRANIČENJA PREDIKCIJE EMISIVNOSTI MATERIJALA

UDC: 534.521.001.575:537.867.001.57

Rezime:

Merenje temperature ili detekcija temperaturnih anomalija na osnovu IC zračenja zahteva podatke o emisivnosti materijala, koji se mogu naći u odgovarajućim priručnicima, dobiti merenjem ili proračunom na osnovu određene matematičke relacije, što je do sada retko razmatrano. U ovom radu prikazane su mogućnosti i ograničenja predikcije (prognostiranja-predviđanja) emisivnosti materijala na osnovu zakona teorijske elektromagnetike. Dat je pregled relacija za proračun emisivnosti metala i dielektrika i prikazane su zavisnosti emisivnosti od optičkih i električnih parametara koje ukazuju na tendencije ovih zavisnosti. Upotrebna vrednost prognostičkih modela je u tome što daju opšte trendove zavisnosti emisivnosti pojedinih materijala od talasne dužine temperature, i ugla zračenja u odnosu na normalu na površ materijala, i pružaju mogućnost ekstrapolacije u drugi opseg u slučajevima kada se raspolaze ograničenim brojem eksperimentalnih podataka u jednom opsegu vrednosti parametara.

Ključne reči: emisivnost materijala, IC zračenje, analitičko određivanje, merenje temperature, metali, dielektrici.

POSSIBILITIES AND LIMITS OF MATERIAL EMISSIVITY PREDICTION

Summary:

The temperature measurement and the detection of temperature anomalies based in IR radiation demand material emissivity data which can be found in manuals or obtained by measurements or calculations on the basis of a particular mathematical relation — the case rarely considered up to now. This paper presents possibilities and limits of material emissivity prediction based on the laws of theoretical electromagnetics. The review of relations for the calculation of metals and dielectrics emissivity is given as well as the dependence of emissivity on optical and electrical parameters. The usability of prognostic models is in their general trends of dependence of particular materials on wave length, temperature and radiation angle in relation to the vertical to the material surface; they can be also extrapolated into another range in cases of the reduced number of experimental data in one range of parameter values.

Key words: material emissivity, IR radiation, analytical determination, temperature measurement, metals, dielectrics.

Uvod

Fluks zračenja materijala u infracrvenom (IC) opsegu zavisi od temperature površi i emisivnosti materijala

(koeficijent emisije, emisiona moć). Zbog toga je, pri merenju temperature ili detekciji temperaturnih anomalija na osnovu IC zračenja, odnosno pomoću IC senzora ili termovizije, bilo

značajno poznavati vrednosti emisivnosti materijala [1, 2, 4, 5, 6, 7].

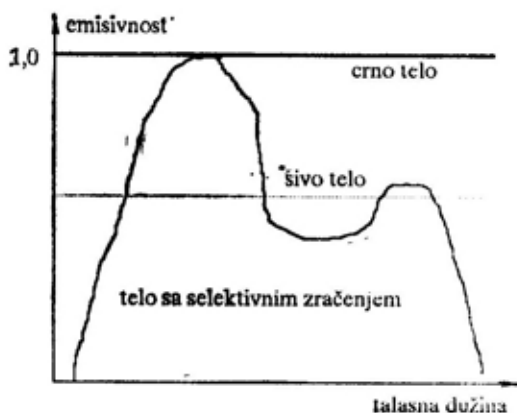
Poznavanje emisivnosti je značajno kako sa stanovišta merenja temperature, tako i sa stanovišta osmatranja i otkrivanja objekata. Naime, zbog različite emisivnosti materijala objekta koji se otkriva ili čija se temperatura meri, moguće je da dva različita objekta na različitim temperaturama termovizija prikaže kao objekte sa istim temperaturama (neće se razlikovati na termičkoj slici — termogramu) ili da dva različita objekta na istim temperaturama termovizija prikaže kao objekte sa različitim temperaturama. Pri osmatranju bojišta termovizijom ili otkrivanju objekata to može da dovede do zabune i pogrešnih interpretacija snimaka (termograma) dobijenih termovizijom.

Podatke o emisivnosti materijala moguće je naći u stručnim priručnicima [8, 9] ili putem merenja. Podaci o emisivnosti materijala koji se nalaze u priručnicima, iako se do njih najlakše dolazi, nisu uvek pouzdani, zbog toga što nisu potpuno specificirani uslovi pod kojima su dobijeni, odnosno uslovi za koje ti podaci važe (temperatura, talasna dužina, a posebno stanje površi materijala). Za specijalne materijale, kakvi se koriste u vojnoj tehnici, podaci o emisivnosti se i ne mogu naći. S druge strane, precizno merenje emisivnosti materijala nije jednostavno, a zahteva i skupu opremu. Međutim, postoji još jedna mogućnost dobijanja podataka o emisivnosti materijala, koja se ređe razmatra, a to je proračun na osnovu analitičkih relacija.

Poznato je da emisivnost materijala zavisi od temperature, talasne dužine, ugla zračenja i stanja površi (hrapavost, kontaminacija npr. slojem ulja, oksidacija, premazi). Veličina emisivnosti teoretski se kreće između vrednosti nula i jedan. Tela sa emisivnošću jedan predstavljaju idealizaciju i nazivaju se crnim telima. Praktično

se mogu realizovati veštačka crna tela čija je emisivnost vrlo bliska vrednosti jedan. Sva realna tela imaju emisivnost manju od jedan.

Realna tela, kod kojih emisivnost zavisi od talasne dužine IC zračenja, nazivaju se telima sa selektivnim zračenjem. Realna tela kod kojih emisivnost ne zavisi od talasne dužine zračenja nazivaju se sivim telima. Grafička predstava emisivnosti za crno telo, sivo telo i telo sa selektivnim zračenjem, prikazana je na slici 1.



Sl. 1 — Emisivnost crnog i sivog tela i tela sa selektivnim zračenjem

S obzirom na to da instrumenti koji se koriste za određivanje temperature na osnovu IC zračenja, zavisno od vrste senzora, rade u širem ili užem spektralnom opsegu, i primaju energiju IC zračenja iz uskog prostornog ugla, to su od interesa i različito definisane emisivnosti materijala. U teoriji se definiše više vrsta emisivnosti materijala, a najčešće su: spektralna emisivnost po pravcu (emisivnost na talasnoj dužini primanog zračenja posmatrano pod uglom α u odnosu na normalu na površ materijala), ukupna emisivnost po pravcu (predstavlja emisivnost po pravcu integriranu po celokupnom spektru talasnih dužina zračenja), polusferna spektralna emisivnost (predstavlja spektralnu emisiv-

nost integriranu po svim pravcima polusfere) i polusferna ukupna emisivnost (integrirana po svim pravcima polusfere i po svim talasnim dužinama spektra zračenja materijala). Pored toga, za praksu je interesantna emisivnost u pravcu normale (normalna emisivnost), bilo spektralna, bilo ukupna, kao i srednja emisivnost u opsegu talasnih dužina, jer većina IC instrumenta prima zračenje u određenom IC opsegu, na primer 2—5 ili 8—14 μm .

Izvori podataka o emisivnosti materijala i teorijske osnove predikcije

Podaci o emisivnosti materijala dobijeni merenjem se, za razne materijale, mogu naći u literaturi o IC instrumentima, najčešće su dati kao brojevana vrednost ili opseg vrednosti na određenoj temperaturi ili za određeni opseg temperatura, kao što je prikazano u tabeli 1, a uzeti su iz [8, 9, 10]. U literaturi [2, 8, 9, 10] mogu se naći podaci o emisivnosti ostalih materijala. Takođe se, iako ređe, mogu naći grafičke zavisnosti emisivnosti od temperature i talasne dužine.

Za predikciju emisivnosti materijala najčešće se koriste zakloni teorijske elektromagnetike, zasnovani na uopštenim Maksvelovim jednačinama [6]. Međutim, takve relacije imaju niz ograničenja koja utiču na njihovu primenjivost u praktičnim proračunima. Pored niza pretpostavki koje se uvode pri izvođenju, ova teorija ne važi kada su razmatrane učestanosti reda učestanosti vibracija molekula. To ograničava primenjivost ovih relacija na talasne dužine veće od vidljivog, pa i bliskog IC opsega, odnosno primenjive su na srednji i daleki IC spektralni opseg ($\lambda > 3 \mu\text{m}$).

Mogućnosti i ograničenja predikcije emisivnosti

Do relacija između karakteristika zračenja i optičkih i električnih osobina materijala dolazi se analizom inci-

dentnog zračenja iz jedne sredine na graničnu površ sa drugom sredinom. Pri ovoj analizi pretpostavlja se optički ravna (glatka), čista površ, kada se vrši refleksija i prelamanje po zakonima geometrijske optike. Površ se smatra optički glatkom, ako je srednja vrednost neravnina površi znatno manja od talasne dužine incidentnog zračenja.

Analiza pokazuje da rezultati koji se, za idealne uslove na graničnoj površi, dobijaju primenom složenijih relacija nisu adekvatni uloženom trudu, u odnosu na rezultate dobijene uprošćenim relacijama, pogodnijim za inženjerske proračune, iz jednostavnog razloga što ni složenije relacije ne mogu uzeti u obzir stanje i osobine razdvojne površi. Odstupanja osobina realnih materijala i stanja površi od idealnih, kakve se pretpostavljaju u teoriji, razlog su velikih razlika u vrednostima emisivnosti materijala dobijenih teorijskim modelima i na osnovu merenja. Ova odstupanja uslovljena su, pre svega, faktorima kao što su nečistoća, hrapavost površi, premazi i slično. Pokazuje se da emisivnost više zavisi od osobina površi materijala nego od materijala osnove. U predikciji emisivnosti na osnovu zakona teorijske elektromagnetike potpuno se zanemaruju uticaji uslova na površi materijala na karakteristike zračenja. To je i najveće ograničenje primene ove teorije, jer se veoma čiste, optički glatke granične površi retko sreću u praksi.

Najveća upotrebnost vrednost primene teorije elektromagnetskog zračenja za predikciju emisivnosti je u tome što objašnjava postojanje bitnih razlika u karakteristikama provodnih i izolacionih materijala (dielektrika), daje opšte trendove zavisnosti i pruža mogućnost ekstrapolacije u drugi opseg kada se raspolaze ograničenim brojem eksperimentalnih podataka u jednom opsegu.

Tabela 1

Materijal i obrada površi	T [°C]	Emisivnost
Metali		
ALUMINIJUM		
sjajna folija	20	0,04
izložen atmosferilijama	20	0,83—0,94
BAKAR		
poliran	100	0,05
jako korodiran	20	0,78
ČELIK		
poliran	100	0,07
oksidiran na 800°C	200	0,79
GVOŽĐE		
odlivak, oksidirano	100	0,64
liveno	38	0,44
lim, jako oksidiran	20	0,69—0,96
MAGNEZIJUM		
poliran	38—260	0,07—0,13
NIKL		
poliran	20	0,05
galvanski nanet na gvožđe (nepoliran)	20	0,11
PLATINA		
elektrolitička	260—538	0,06—0,10
ploča polirana	227—627	0,054—0,104
SREBRO		
polirano	38—538	0,01—0,03
TANTAL	1371—2760	0,2—0,3
ZLATO		
jako polirano	93—593	0,018—0,035
polirano	130	0,018
VOLFRAM		
grejno vlakno	27	0,032
grejno vlakno	3315	0,39
Ostali materijali		
OPEKA, obična crvena	20	0,93
ČAD, sveće	20	0,95
BETON, suv	35	0,95
ULJE		
za podmazivanje	17	0,87
sloj debljine 0,03 mm	20	0,27
sloj debljine 0,13 mm	20	0,72
debeo sloj	20	0,82
HARTIJA, bela	20	0,70—0,90
TLO		
suvo	20	0,92
zasićeno vodom	20	0,95
KOŽA, ljudska	32	0,98
VODA, destilovana	20	0,96
DRVO, blanjana hrastovina	20	0,90

Teorijski modeli emisivnosti materijala

Ovde se neće izvoditi relacije za emisivnost materijala već se u tabeli 2 daje pregled relacija koje se nalaze u literaturi (za emisivnost u opsegu talasnih dužina relaciju je izveo autor ovog rada u [5]). Relacije u tabeli 2 važe za emisivnost materijala u vazduh, za materijale sa optički glatkim površima, tj. površima za koje važi da je talasna dužina zračenja mnogo manja od srednje kvadratne vrednosti visine neravnina površi. Za relacije iz tabele 2 urađen je program na računaru za proračun emisivnosti, u zavisnosti od optičkih i električnih parametara, čije su mogućnosti prikazane na slici 2. Program omogućava proračun naznačenih emisivnosti dielektrika i metala ili tabeliranje zavisnosti emisivnosti od ugla pod kojim se prima zračenje, indeksa prelamanja, talasne dužine i temperature za različite optičke i električne parametre materijala, kao što su konstanta slabljenja, indeks prelamanja, specifična električna otpor-

nost, specifična toplotna provodnost, koji se mogu naći u odgovarajućim priručnicima o specifikacijama materijala.

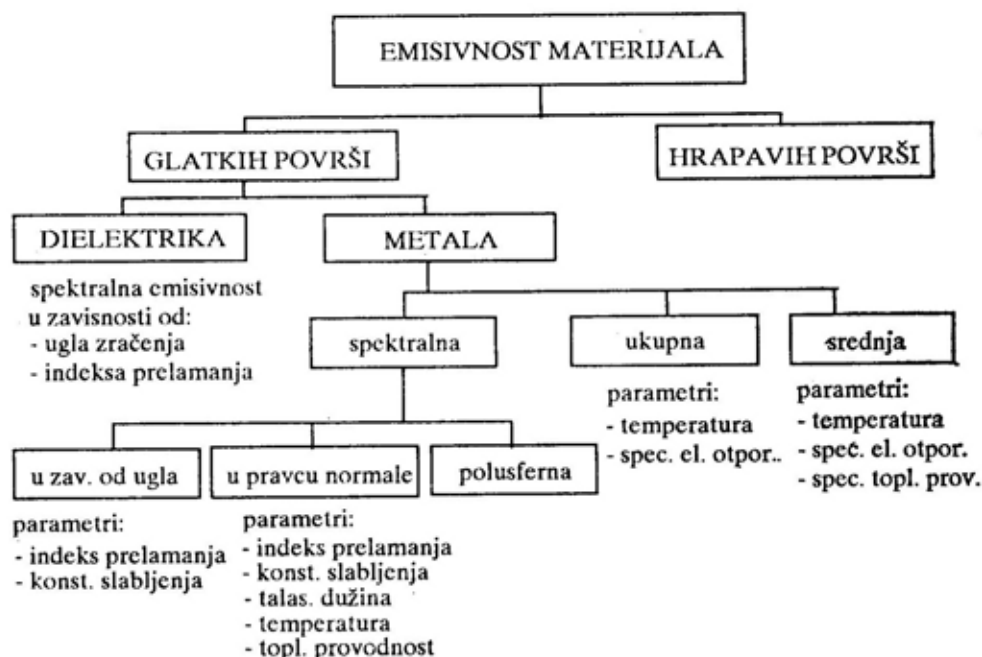
U tabeli 2, date su zavisnosti i od optičkih i od električnih parametara. Električni parametri materijala su, pogotovo inženjerima elektrotehnike, češće poznati nego optički parametri materijala.

Primeri rezultata za spektralnu emisivnost, u zavisnosti od parametara indeksa prelamanja n i konstante slabljenja k , kao i od specifične otpornosti materijala ρ za karakteristične materijale za koje su n , k i ρ nađeni u [6] dati su u tabeli 3.

Treba imati u vidu da indeks prelamanja sredine n , u opštem slučaju, zavisi od talasne dužine λ , pa su, prema tome, i sve emisivnosti proračunate na osnovu njega spektralno zavisne.

Kod dielektrika, za relacije u tabeli 2, važi sledeća veza uglova χ i β :

$$\chi = \arcsin\left(\frac{1}{n} \sin\beta\right)$$



Sl. 2 — Mogućnosti prognostičkog proračuna emisivnosti

R. br.	Emisivnost	Relacija
Dielektrici		
1	Spektralna po pravcu, horizontalna polarizacija	$\varepsilon_{II}(\beta) = 1 - \left[\frac{\operatorname{tg}(\beta - \alpha)}{\operatorname{tg}(\beta + \alpha)} \right]^2$
2	Spektralna po pravcu, vertikalna polarizacija	$\varepsilon_I(\beta) = 1 - \left[\frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin(\beta + \alpha)} \right]^2$
3	Spektralna po pravcu, nepolarizovana	$\varepsilon(\beta) = 1 - \frac{\sin^2(\beta - \alpha)}{2 \sin^2(\beta + \alpha)} \left[1 + \frac{\cos^2(\beta + \alpha)}{\cos^2(\beta - \alpha)} \right]$
4	Spektralna normalna	$\varepsilon_n = 1 - \left(\frac{n-1}{n+1} \right)^2$
Metali		
5	Spektralna po pravcu, horizontalna polarizacija	$\varepsilon_{II}(\beta) = \frac{4n \cos \beta}{(n^2 + k^2) \cos^2 \beta + 2n \cos \beta + 1}$
6	Spektralna po pravcu, vertikalna polarizacija	$\varepsilon_I(\beta) = \frac{4n \cos \beta}{\cos^2 \beta + 2n \cos \beta + n^2 + k^2}$
7	Spektralna po pravcu, nepolarizovana	$\varepsilon(\beta) = \frac{\varepsilon_{II}(\beta) + \varepsilon_I(\beta)}{2}$
8	Spektralna normalna	$\varepsilon_n = 1 - \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}$
9	Polusferna nepolarizovana	$\begin{aligned} \varepsilon = & 4n - 4n^2 \ln \left(\frac{1 + 2n + n^2 + k^2}{n^2 + k^2} \right) + \\ & + \frac{4n(n^2 - k^2)}{k} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{k}{n + n^2 + k^2} \right) + \\ & + \frac{4n^2}{n^2 + k^2} - \frac{4n}{(n^2 + k^2)^2} \ln(1 + 2n + n^2 + k^2) - \\ & - \frac{4n(k^2 - n^2)}{k(n^2 + k^2)^2} \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{k}{1 + n} \right) \end{aligned}$

R. br.	Emisivnost	Relacija
10	Spektralna normalna, polariz. ili nepolarizovana	$\epsilon_{\lambda n}(\lambda) = 1 - \frac{2n^2 - 2n + 1}{2n^2 + 2n + 1}$
11	Spektralna normalna ($\lambda > 5 \mu\text{m}$)	$\epsilon_n(\lambda) = 0,365 \sqrt{\frac{\rho 20^\circ\text{C}}{\lambda}}$
12	Spektralna	$\begin{aligned} \epsilon(\lambda) = & 0,365 \sqrt{\frac{\rho [1 + \alpha(T - 293)]}{\lambda}} \frac{1}{\lambda} - \\ & - 0,0667 \rho [1 + \alpha(T - 293)] \frac{1}{\lambda} \\ & + 0,006 \sqrt{\left\{ \rho [1 + \alpha(T - 293)] \frac{1}{\lambda} \right\}^3} \end{aligned}$
13	Spektralna	$\epsilon(\lambda, T) = 5445,9 \cdot 10^{-4} \sqrt{\frac{3T}{\omega \cdot \lambda}}$
14	Ukupna, normalna ($T < 1000 \text{ K}$)	$\epsilon_n(T) \approx 0,574 \sqrt{\rho 0^\circ\text{C} \cdot T}$
15	Ukupna, normalna	$\epsilon_n(T) \approx 0,576 \sqrt{\rho \cdot T} - 0,124 \cdot \rho \cdot T$
16	Srednja normalna (2—5) μm	$\bar{\epsilon}_n(\rho) \approx 19,988 \sqrt{\rho(T)}$
17	Ukupna	$\begin{aligned} \epsilon(\lambda) = & 0,5737 \sqrt{\rho [1 + \alpha(T - 293)]} T - \\ & - 0,1769 \rho [1 + \alpha(T - 293)] T \end{aligned}$
18	Srednja (2—5) μm	$\bar{\epsilon}(T) = 2983,827 \cdot 10^{-6} \sqrt{\frac{T}{\omega}}$

U tabeli 2 oznake imaju sledeće značenje:

β — ugao između incidentnog talasa i normale na razdvojnu površ vazduha i materijala,

α — ugao između prelomljenog talasa i normale na razdvojenu površ vazduha i materijala,

n — indeks prelamanja materijala,

k — koeficijent slabljenja materijala,

ρ — specifična električna otpornost materijala, [$\Omega \text{ cm}$],

λ — talasna dužina zračenja, [μm],

ω — toplotna provodnost materijala, [W/cmK],

α — temperaturski koeficijent promene otpornosti, [$1/^\circ\text{C}$],

T — temperatura površi materijala, [K].

Podaci u tabeli 3 pokazuju da se neki proračunski rezultati, prema rel. 8 u tabeli 2, za niki i volfram, u dobroj meri slažu sa eksperimentalno izmere-

grupe materijala biti komparativno analizirane. U tu svrhu će se, koristeći relacije u tabeli 2 i program za računar, sa mogućnostima prema slici 2,

Tabela 3

Materijal	$\lambda [\mu\text{m}]$	n	k	$\rho [\Omega\text{m}] \times 10^4$	Izme- reno	Rel. 8	Rel. 11
Bakar	2,25	1,03	11,7		0,041	0,029	
	4,25	1,92	22,8	1,72	0,027	0,014	0,023
Gvožđe	0,589	1,51	1,63		0,43	0,674	
Magnezijum	0,589	0,37	4,42		0,27	0,070	
Niki	2,25	3,95	9,20		0,152	0,145	
Platina	5,00	11,5	15,7	10	0,050	0,11	0,051
Srebro	2,25	0,77	15,4		0,021	0,013	
	4,50	4,49	33,3	1,63	0,015	0,014	0,022
Zlato	5,00	1,81	32,8	2,44	0,031	0,007	0,026
Volfram	0,589	3,46	3,25		0,49	0,455	

nim vrednostima. Međutim, kod nekih dolazi do značajnih odstupanja. Na primer, za zlato, platinu i magnezij rezultati merenja i proračuna razlikuju se i do četiri puta. Takođe, uočava se da i u rezultatima koji se dobijaju različitim relacijama (rel. 8 gde su ulazni parametri optičke konstante i rel. 11 gde su ulazni podaci električni parametri) ima značajnih razlika. Za slučajeve gde nema dobrog slaganja teško je reći da li je uzrok u netačnosti optičkih konstanti, netačnosti eksperimentalnih podataka ili u samoj teoriji. Najverovatnije je da je uzrok u podacima o optičkim konstantama (n i k koje se koriste kao ulazni podaci u relaciju 8) i da uzorci korišćeni za eksperiment nisu zadovoljavali standarde u pogledu pripreme površi materijala prema zahtevima teorije [6], odnosno da nije adekvatno specificirana obrada površi materijala na kome je vršeno merenje.

Primena teorijske elektromagnetike za predikciju emisivnosti pokazuje da postoje očigledne razlike u emisivnosti metala i dielektrika, pa će te dve

prikazati grafičke zavisnosti emisivnosti nekih metala i dielektrika od ugla pod kojim se prima zračenje u odnosu na normalu na površ materijala, talasne dužine zračenja i temperature površi materijala.

Analizom rezultata dobijenih prikazanim relacijama može se zaključiti da emisivnost dielektrika i metala zavisi od pravca (ugla) pod kojim se prima zračenje (u odnosu na normalu na površ materijala), talasne dužine zračenja i temperature površi materijala. Naravno, moguće je da kod nekih materijala ove opšte tendencije mogu biti veće, a kod nekih manje, a kod nekih čak i da ne važe. Treba napomenuti da emisivnost u svim slučajevima zavisi od stanja površi, ali to u relaciji u tabeli 2 nije uključeno.

Zavisnost emisivnosti dielektrika i metala od optičkih i električnih parametara

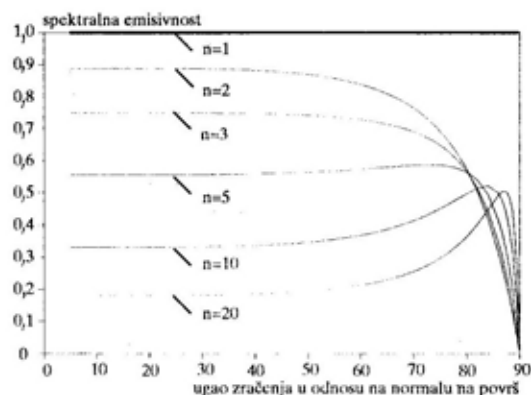
Čisti, glatki metali se često karakterišu malom vrednošću emisivnosti (često manjom od 0,1) i, prema tome,

u skladu sa Kirhofovim zakonom, velikom vrednošću koeficijenta refleksije. To je veoma značajno pri merenju temperature na osnovu infracrvenog zračenja, jer se smanjivanjem emisivnosti povećava greška merenja temperature na osnovu IC zračenja, a kod vrlo malih emisivnosti merenje temperature postaje praktično nemoguće [4]. Međutim, mala vrednost emisivnosti nije apsolutno pravilo za metale. Za oksidirane metale emisivnost je, uglavnom, veća od 0,5.

Uticao ugla zračenja

Emisivnost zavisi od ugla pod kojim se prima zračenje sa površi materijala i od polarizacije zračenja. Zbog zavisnosti od ugla, emisivnost je različita u različitim tačkama materijala kod kojeg je ona, u pravcu normale, ista u svim tačkama.

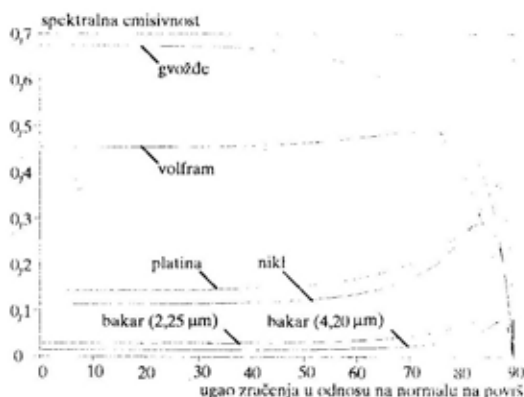
Kod dielektrika se emisivnost po pravcu neprekidno smanjuje sa povećanjem ugla u odnosu na normalu za male vrednosti indeksa prelamanja



Sl. 3 — Zavisnost spektralne emisivnosti dielektrika od pravca zračenja (rel. 3)

(slika 3). Međutim, za veće indekse prelamanja emisivnost je, za manje uglove, relativno konstantna, a kod većih uglova prvo raste, a zatim naglo opada kod uglova bliskih 90° .

Kod metala (slika 4) emisivnost je relativno konstantna za uglove 40° — 70° , a kod većih uglova, prvo dolazi



Sl. 4 — Zavisnost spektralne emisivnosti metala od pravca zračenja (rel. 7)

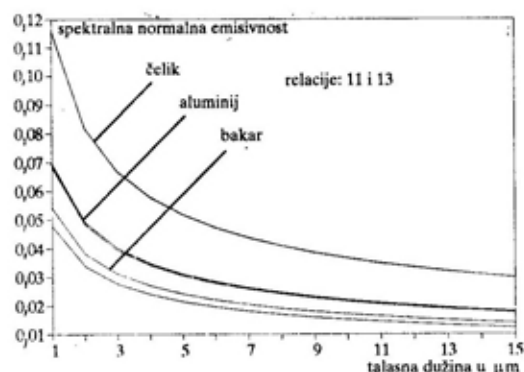
do porasta, a zatim do naglog opadanja emisivnosti, što je tipično za polirane metale. Eksperimentalno je utvrđeno da, kod nekih metala, za male talasne dužine ($\lambda < 1 \mu\text{m}$) emisivnost po pravcu opada u celom opsegu uglova, na primer, kod titana. Teoretski rezultati dobijeni primenom teorijske elektromagnetike veoma dobro su potvrđeni eksperimentalno, na primer, za platinu. Ovakva zavisnost emisivnosti od ugla pod kojim se prima zračenje u odnosu na normalu na površi materijala upućuje na zaključak da je najpogodnije merenje temperature kada je optička osa instrumenta normalna na površi materijala.

Uticao talasne dužine zračenja

Sa porastom talasne dužine, emisivnost metala (u pravcu normale) relativno slabo opada u celom spektralnom opsegu (slika 5), a dielektrika raste, mada je zavisnost emisivnosti dielektrika od talasne dužine manja, jer ona ulazi u relacije preko indeksa prelamanja koji se malo menja sa promenom talasne dužine za većinu nemetala. Zavisnost spektralne normalne emi-

sivnosti metala od indeksa prelamanja prikazana je na slici 6. Za razliku od analitičkih, eksperimentalni rezultati pokazuju da je kod metala izuzetak bakar, kod kojeg je emisivnost relativno konstantna u većem spektralnom opsegu, što znači da je dobar primer sivog tela. Kod talasnih dužina koje su na donjoj granici infracrvenog opsega ne važe pretpostavke na kojima se zasnivaju uprošćene relacije dobijene primenom teorijske elektromagnetike. Praktično se potvrđuje da većina metala ima maksimum emisivnosti na granici sa vidljivim spektrom, a zatim emisivnost brzo opada sa smanjivanjem talasne dužine.

Za razliku od čvrstih materijala, emisivnost gasova i tečnosti se znatno više menja po spektru zračenja. Među-

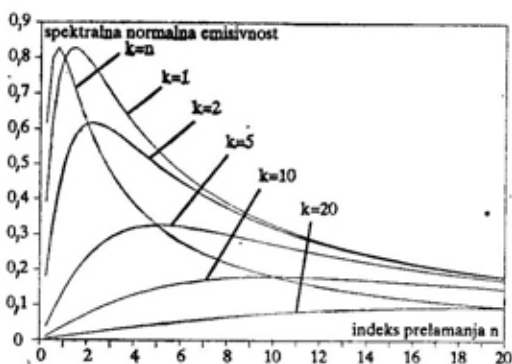


Sl. 5 — Spektralna zavisnost normalne emisivnosti metala (rel. 11 i 13)

tim, sneg se praktično ponaša kao crno telo u infracrvenoj spektralnoj oblasti.

Očigledno je da podaci o emisivnosti, koji su dati u obliku neke brojne vrednosti, predstavljaju ili spektralnu emisivnost (emisivnost na određenoj talasnoj dužini zračenja) ili srednju emisivnost u određenom spektralnom opsegu zračenja. Za merenje temperature IC instrumentom neophodni su ili jedni ili drugi podaci o emisivnosti, zavisno od toga da li rade na

jednoj talasnoj dužini ili u određenom spektralnom opsegu.



Sl. 6 — Zavisnost normalne emisivnosti metala od indeksa prelamanja (rel. 8)

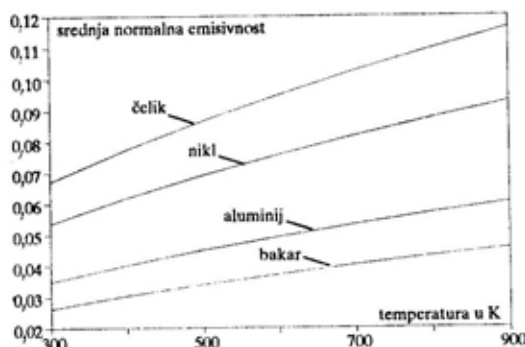
Uticaj temperature

Sa porastom temperature emisivnost metala raste (slika 7), dok je kod dielektrika obrnuto. Relacije za emisivnost metala pokazuju da je spektralna emisivnost metala proporcionalna kvadratnom korenu iz specifične električne otpornosti (rel. 11), a kako ona raste sa porastom temperature, to, u većini slučajeva, i emisivnost raste. Međutim, kod malih talasnih dužina (na primer za volfram za $\lambda < 1,27 \mu\text{m}$) uticaj temperature je suprotan i spektralna emisivnost opada sa porastom temperature. Neki metali imaju veliku ukupnu emisivnost koja opada sa porastom temperature, kao, na primer, magnezijumoksid.

Zavisnost emisivnosti dielektrika od temperature je mala, jer se temperatura javlja u relacijama preko indeksa prelamanja, koji obično malo zavisi od temperature. Generalno, dielektrici se za razliku od metala, karakterišu većom vrednošću emisivnosti, uglavnom većom od 0,5, a najčešće od 0,8 do 0,95.

Relacije za emisivnost metala, u zavisnosti od temperature, važe za određeni spektralni opseg. Na primer, za

volfram za $\lambda > 2 \mu\text{m}$, za zlato i srebro za $\lambda > 1,5 \mu\text{m}$, za nikal i gvožđe za $\lambda > 5 \mu\text{m}$



Sl. 7 — Zavisnost srednje emisivnosti metala od temperature u opsegu 2–5 μm (rel. 18)

μm . Podaci za ove uslove često se razlikuju u literaturi, što treba imati u vidu pri korišćenju ovih relacija.

Uticao hrapavosti površi

Može se desiti da navedeni zaključci i pravila o zavisnosti emisivnosti ne važe, zbog znatnih odstupanja karakteristika površi materijala do kojih dolazi zbog premaza i naslaga na površima, hrapavosti površi, oksidiranja površi ili odstupanja strukture materijala. Do sada još nema pogodnih analitičkih postupaka koji mogu uzeti u obzir sve ove faktore, tako da nije moguće analitički odrediti emisivnost, osim za materijale čiji su sastav i obrada površi bliski idealnom (teoretskom).

Empirijska relacija, koja daje vezu emisivnosti hrapave površi u zavisnosti od emisivnosti glatke površi, često se susreće u literaturi, a važi ako je visina neravnina nekoliko puta veća od talasne dužine zračenja:

$$\epsilon_h = \epsilon \cdot [1 + 2,8 \cdot (1 - \epsilon)^2]$$

gde su:

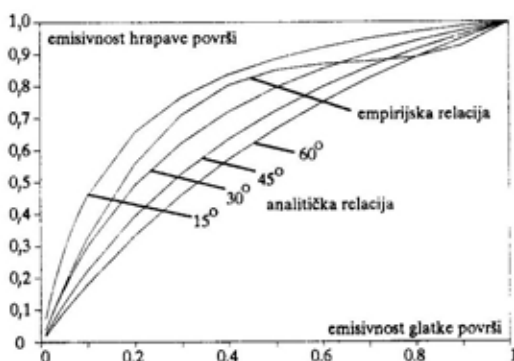
ϵ_h — emisivnost hrapave površi,
 ϵ — emisivnost glatke površi.

Postoje pokušaji da se, pored empirijskih, dođe i do analitičkih relacija koje uzimaju u obzir hrapavost, polazeći od odgovarajućeg geometrijskog oblika neravnina. I ove relacije, kao i empirijske, približno daju vezu emisivnosti hrapave u odnosu na glatku površ.

Ako se neravnine posmatraju kao neograničeno dug trouglasti žleb, sa uglom između stranica žleba Θ , i pod pretpostavkom da su stranice žleba sirovo telo sa uniformnom emisivnošću ϵ i uniformnom temperaturom, koristeći koncept geometrijske optike, za emisivnost takve površi ϵ_h dobija se analitička relacija

$$\epsilon_h = \left[1 + \left(\frac{1}{\epsilon} - 1 \right) \sin \frac{\Theta}{2} \right]^{-1}$$

Zavisnost emisivnosti hrapave površi, data sa prethodne dve relacije, grafički je prikazana na slici 8.

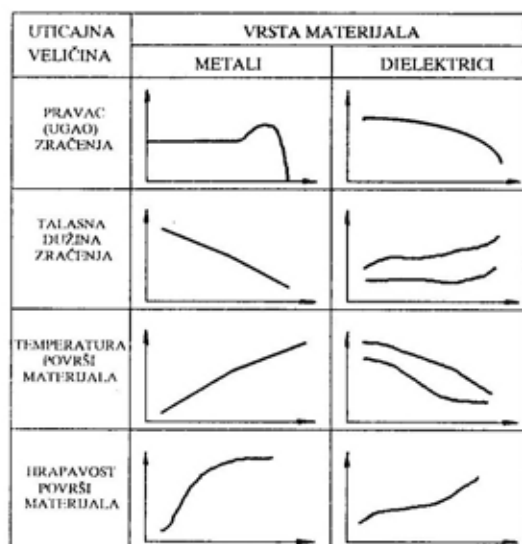


Sl. 8 — Emisivnost hrapave površi

Pokazuje se da je emisivnost hrapave površi u odnosu na glatku površ to veća što je emisivnost glatke površi manja.

Koristeći prognostičke relacije i eksperimentalne rezultate, dolazi se do opštih tendencija zavisnosti emisivnosti dielektrika i metala. Takve tendencije zavisnosti emisivnosti metala i dielektrika od ugla pod kojim se prima

zračenje u odnosu na normalu na površ materijala koji zrači, talasne dužine zračenja, temperature površi mate-



Sl. 9 — Tendencija zavisnosti emisivnosti dielektrika i metala

rijala i hrapavosti površi materijala, ilustrativno su prikazane na slici 9 i mogu poslužiti za grubu komparaciju.

Zaključak

Pri merenju temperature ili detekciji temperaturnih anomalija na osnovu IC zračenja, neophodno je znati podatke o emisivnosti materijala, do kojih se može doći i proračunom na osnovu odgovarajućih matematičkih relacija.

Zakoni teorijske elektromagnetike, zasnovani na uopštenim Maksvelovim jednačinama, na osnovu kojih su izvedene relacije koje su ovde korišćene za predikciju emisivnosti materijala, imaju niz ograničenja koja utiču na primenjivost ovih relacija u praktičnim proračunima. Pri izvođenju se uvode određene pretpostavke i a-

proksimacije, a teorija prestaje da važi kada su razmatrane učestanosti reda učestanosti vibracija molekula. To ograničava primenjivost ovih modela na talasne dužine veće od onih u vidljivom, pa i bliskom IC spektralnom opsegu. Pri izvođenju se pretpostavlja interakcija na granici između površi dva materijala pod idealnim uslovima (optički ravna, čista granična površ), što je u praksi retko.

Odstupanja osobina realnih materijala od idealnih, kakve se pretpostavljaju u teoriji, razlog su velikih razlika u vrednostima emisivnosti dobijenih na osnovu predikcionih modela i na osnovu merenja. Ova odstupanja uslovljena su nečistoćom i hrapavošću površi, promenama u strukturi kristalne rešetke nastalom pri obradi površi, itd. Relacije koje uzimaju u obzir hrapavost površi uglavnom su empirijske, iako ima pokušaja dobijanja analitičkih relacija. Zbog poteškoća oko specifikiranja uslova na površi i kontrole pripreme površi, teoretski i eksperimentalni rezultati često se ne slažu, čak i za veoma korektno izvedenu teoriju. U stvari, poređenje eksperimentalnih rezultata sa rezultatima dobijenim putem manje egzaktnih, ali jednostavnijih relacija, kakve su date u tabeli 2, pokazuje da, čak i za najčistije materijale sa vrlo pedantnom pripremom površi, jednostavnije relacije često daju tačnije rezultate, zbog toga što aproksimacije učinjene pri izvođenju kompenzuju uticaj površi.

Ako je potrebno doći do tačnijeg podatka o emisivnosti konkretnog materijala na nekom objektu, ipak je preporučljivo da se do tog podatka dođe merenjem odgovarajućom metodom, čija se greška može proceniti.

Upotrebnost vrednosti ovih prognostičkih modela je u tome što daju opšte trendove zavisnosti emisivnosti pojedinih materijala od parametara, kao što su talasna dužina i temperatura, kao i od ugla zračenja u odnosu na

normalu na površ materijala, i pruža mogućnost eksploatacije u drugi opseg u slučajevima kada raspolažemo ograničenim brojem eksperimentalnih podataka u jednom opsegu.

Očigledno je da postoji znatna razlika u ponašanju dielektrika i metala u pogledu emisivnosti. Dielektrici, po pravilu, imaju veću emisivnost od metala, što olakšava otkrivanje objekata i merenje temperature na osnovu IC

zračenja, za razliku od materijala sa niskom vrednošću emisivnosti, kao što su metali (emisivnost uglavnom manja od 0,5, osim ako se ne radi o korodiranim površima ili površima na koje je naneta boja ili neki drugi dielektrik), jer je količina zračenja veća pri istoj temperaturi. Mala emisivnost metala otežava, a vrlo mala i onemogućava precizno merenje temperature na osnovu IC zračenja.

Literatura:

- [1] Snopko, N. V.: Spektralne metode optičeskoj pirometriji nagretoj poverhnosti, Nauka i tehnika, Minsk, 1988.
- [2] AGEMA Infrared Systems: Thermovision 870, Operating Manual, 1991.
- [3] Madding, R.: Thermographic Instruments and Systems, University of Wisconsin — Extension, Department of Engineering and Applied Science, 1979.
- [4] Pokorní, S.: Analiza greške određivanja temperature površi materijala primenom IC senzora, ETRAN '96, Zbornik radova, sveska IV, p. 103—106, Budva, 4—7. juni 1996.
- [5] Pokorní, S.: Određivanje temperaturskog stanja toplih delova turbomlaznog motora metodom infracrvenog zračenja, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1995.
- [6] Siegel, R., Howell, J.: Thermal Radiation Heat Transfer, McGraw-Hill, Kogakusha, Ltd., 1972.
- [7] Gossorg, Z.: Infrakrasnaja termografija, osnovi, tehnika primenenie, Mir, Moskva, 1988. (prevod sa francuskog na ruski).
- [8] OMEGA Engineering Inc., An OMEGA Technologies Company: The Temperature Handbook, 1991.
- [9] OMEGA Engineering Inc., An OMEGA Technologies Company: Temperature Measurement Handbook, 1982.
- [10] Pokorní, S., Pljevaljčić, U.: Analiza temperaturskih stanja vanjskih toplih delova TMM »VIPER« u realnim uslovima ispitivanja na probnoj stanici (Eksperimentalno određivanje emisivnih moći vanjskih toplih delova TMM »VIPER«), izveštaj o projektu, VZ »ORAO«, mart, 1992.

Rade Bločanin,
potpukovnik
SC ABHO, Kruševac
Mr Janko Bojanić,
dipl. inž.
Industrija Miloje Zakić,
Kruševac

PROIZVODNJA I PRIMENA EMULZIVNIH EKSPLOZIVA U VOJNE SVRHE

UDC: 662.2-3.002/.004:623

Rezime:

Najnovija generacija privrednih eksploziva odnosi se na emulzivne eksplozive SLURRY i ANFO po sistemu NALIM, što je od izuzetnog značaja za industriju i vojne potrebe. Proizvodnja emulzivnih eksploziva tipa »voda u ulju« moguća je uz primenu domaćeg vozila sa nadgradnjom tipa »SLURRY VOZILO« u svim vremenskim i zemljišnim uslovima i za kratko vreme. Osloncem na domaće sirovine i opremu moguća je selektivna i brza upotreba emulzivnih eksploziva u oblasti rušenja, zaprečavanja, utvrđivanja i kretanja, na težištu izvođenja borbenih dejstava, uz angažovanje inženjerskih jedinica Vojske Jugoslavije. Upumpavanje u duboke minske bušotine i vlažna udubljenja izvodi se uz visoku bezbednost.

Ključne reči: konzistencija, ekspanzovani perliti, hemijska gasifikacija, vođeni gelovi, krtični prečnik, senzibilator, eksploziv SLURRY, emulgator.

MANUFACTURE AND APPLICATION OF SLURRIES FOR MILITARY PURPOSES

Summary:

The most up-to-date generation of commercial explosives includes slurries and ANFO explosives according to the NALIM system, which is of an extreme importance for industry and military purposes. The manufacture of 'water in oil' slurry explosives is possible with a domestic vehicle with a SLURRY mounted superstructure in all weather and ground conditions and for a short period of time. Raw materials and equipment of domestic origin enable selective and fast application of slurry explosives in the field of destruction, making obstacles, fortifications and movement, as well as in the zone of combat actions by engineer troops of Yugoslav Army. Pumping into deep bore holes and damp holes is conducted with a high safety level.

Key words: consistency, expanded perlite, chemical gasification, water gels, critical diameter, sensitizer, slurry explosive, emulgator.

Uvod

Razvoj savremenih eksploziva datira od polovine 20. veka, kada eksploziv ANFO počinje da zamenjuje dinamit i druge klasične eksplozive na bazi brzantne komponente kao senzibili-

zatora. Nešto kasnije dodavala se voda kao sastavna komponenta eksploziva, koja je predstavljala branu za prodor atmosfere vode u eksploziv SLURRY. Time je obezbeđena dobra vodootpornost i nadoknađena osnovana slabost tada dominantnog eksploziva

ANFO, a njegova kašasta struktura omogućavala je upumpavanje u minske bušotine.

Sve podvarijante eksploziva SLURRY koje su se javljale (sa ili bez senzibilizatora) doprinele su povećanju bezbednosti proizvodnje i primene, ekonomičnosti i odgovarajućim minsko-tehničkim karakteristikama.

Povećano interesovanje u oblasti emulzivnih eksploziva SLURRY započeto je 1960. godine, sa težnjom da se dođe do optimalne kombinacije oksidansa i goriva.

S obzirom na to da su oksidansi nitratne soli, a goriva ugljenična jedinjenja mineralnog ili organskog porekla, dolazi do drastičnih promena u pogledu fizičkog oblika ovih hemijskih sastojaka i do progresivnog smanjenja veličine njihovih čestica, da bi se krajnjim ispitivanjima dobile mikrokapljičice emulzivnih eksploziva, zbog čega se povećava brzina i efikasnost detonacione reakcije.

Emulzivni eksplozivi su nova vrsta eksploziva koji se u svetu masovno primenjuju, a zbog svoje fleksibilnosti u pogledu sastava, konzistencije, bezbedne proizvodnje i primene kritičnog prečnika i načina iniciranja, adekvatno zamenjuju klasične eksplozive.

Struktura i karakteristike emulzivnih eksploziva

U tehničkom smislu, emulzije predstavljaju disperzni dvofazni sistem u kome je jedna faza dispergovana u drugoj. Suštinski, emulzije predstavljaju smešu dve tečnosti koje se ne mešaju. Pošto su u većini slučajeva pomenute tečnosti vodeni rastvori neorganskih soli i različiti tipovi ulja, dizel goriva i rastopljenih voskova, emulzije se mogu podeliti u dve grupe:

— emulzije »voda u ulju«, gde je dispergovana ili diskontinualna faza —

vodeni rastvor neorganskih soli distribuirana u okviru kontinualne uljne faze;

— emulzije »ulje u vodi«, gde se radi o potpuno obrnutom slučaju.

Eksplozivni SLURRY (vodeni gelovi), koji su sada u proizvodnji, pripadaju drugom tipu emulzije. Emulzivni eksplozivi koje razmatra ovaj rad predstavljaju emulzione sisteme tipa »voda u ulju« u kojima kontinualnu fazu čine različiti tipovi ulja (dizel gorivo, mineralno ulje), parafini i voskovi.

Tipične emulzivne formulacije sadrže približno oko 70—80% izmešanih nitratnih soli, 10—15% vode, 5—10% uljne faze, 1—3% emulgatora i 3—5% sredstava za smanjenje gustine (povećanje osetljivosti). Masa dodatnog metalnog goriva (atomiziranog aluminijumskog praha), odnosno sredstvo za povećanje razorne moći eksploziva ne sme preći 10%.

Za razliku od dinamita i vodenih gelova SLURRY, ova vrsta eksploziva ne sadrži organske nitrate.

Može se zaključiti da približno deset zapreminskih jedinica rastvora mora biti dispergovano u jednu zapreminsku jedinicu uljne faze. Pri ovako zgusnutoj zapremini dispergovane faze, maksimalnoj površini »pakovanja« odgovara poliedarska struktura emulzije koja je slična pčelinjem saću.

U toj strukturi vodeni rastvor oksidacionih soli odgovarao bi medu, a zidovi saća kontinualnoj uljnoj fazi emulzije. Stabilizovanje emulzije u pogledu separacije vodene od uljne faze ostvaruje se dodavanjem emulgatora, površinski aktivne materije, kod koje je odnos liofolnog i liofobnog dela definisan HLB vrednošću koja, u krajnjoj konsekvenci, određuje tip emulzije. Pored HLB vrednosti, i struktura emulgatora bitno utiče na sprečavanje kontakta između jedinica dispergovane

faze i stvaranja većih kapljica koje bi dovele do raslojavanja pomenutih faza.

Za dobijanje emulzija tipa »voda u ulju« koriste se pogodni emulgatori sa većim afinitetom prema nepolarnoj uljnoj fazi. Napolarni deo molekula ovih emulgatora grade ugljovodonični lanci sa 16 do 22 ugljenikova atoma, a poželjno je da hidrofilne glave ovih emulgatora budu što manje.

Da bi jedna ovako dobijena emulzija posedovala eksplozivna svojstva određenih detonacionih karakteristika dodaju se aditivi različitih osobina (za smanjenje gustine metalna goriva).

Sredstva za smanjenje gustine

U sredstva za smanjenje gustine spadaju gasirajući agensi (hemijski regulatori gustine) i fizički regulatori gustine (stakleni ili plastični mikrobalo- ni, ekspanzovani obesprašeni perlit, filiti, granulirani porozni amonijum-nitrat, ANFO eksplozivi, i dr.).

Osnovna emulzija (matrica) koja u svom sastavu ima najfiniji aluminijumski prah predstavlja sastav neosetljiv na najrazličitije impulse. Osetljivost se obezbeđuje dodavanjem praznih sferičnih šupljina, bilo hemijskim (gasifikacija), bilo mehaničkim putem (stakleni ili plastični mikrobalo- ni). Ova vrsta eksploziva poseduje vrlo veliku fleksibilnost u pogledu osetljivosti i može se napraviti tako da bude osetljiva na kapislu br. 8 ili da zahteva upotrebu pojačivača.

Usled pritiska detonacionog talasa, koji je dobijen kapislom br. 8. ili pojačivačem, dolazi do adijabatske promene zapremine vazдушnih mehurica koji se zagrevaju na vrlo visokoj temperaturi (»vruće tačke«), a oslobođena toplota predstavlja početnu energiju aktivacije za otpočinjanje hemij-

ske reakcije razlaganja u susednom sloju eksplozivnog materijala.

Osetljivost emulzija se zanemarljivo menja, čak i u uslovima visokih vodenih pritisaka koji se susreću u ekstremno vlažnim bušotinama.

Metalna goriva

Metalna goriva koja povećavaju »strenght« emulzivnih eksploziva (atomizirani aluminijum, ferosilicijum) predstavljaju najnoviju generaciju N-C-N eksploziva kod kojih su oksidansi i gorivo tako povezani da se kapljice oksidansa, koje se približavaju molekularnim veličinama (10^{-3} mm), nalaze u mrežastoj strukturi goriva (uljne faze), koje oko ovih kapljica obrazuju vrlo tanak film, debljine 10^{-7} mm.

Zbog ovako ostvarenog kontakta faza, emulzivni eksplozivi pokazuju idealne detonacione karakteristike, čak i pri vrlo malim prečnicima upotrebe.

Zahvaljujući konstantnom sagorevanju, emulzivni eksplozivi poseduju vrlo visoku detonacionu brzinu, koja se smanjuje smanjenjem prečnika punjenja i dodatkom metalnih goriva.

Konzistencija emulzivnih eksploziva primarno zavisi od svojstva upotrebljenog goriva i može se proizvoditi u različitim oblicima. Čvršća konzistencija se preporučuje za patronirane, a fluidnija za pumpane i repumpane emulzivne eksplozive. Ova vrsta eksploziva zadržava postignutu konzistenciju u širokom temperaturnom intervalu.

Ako odnos stvarno oslobođene i proračunate energije označimo kao meru efikasnosti eksploziva, onda za emulzivne eksplozive možemo tvrditi da su vrlo efikasni, zahvaljujući mikroskopskoj veličini njihovih čestica, koja omogućava uniformnu i konstantnu brzinu sagorevanja. Mnoge studije, koje su razmatrale ovu problematiku, po-

kazale su da emulzivi oslobađaju preko 90% proračunate termohemijske energije.

Vodootpornost eksploziva podrazumeva sposobnost da pod vodom ili u vodi zadržava eksplozivna svojstva i stabilnu detonaciju.

Emulzivni eksplozivi su vrlo stabilni, ako se u procesu proizvodnje upotrebe čiste sirovine, ako se izabere pravi emulgator ili smeša više emulgatora, optimalna brzina i vreme mešanja.

Osnovna — stabilna struktura emulzionih eksploziva, naročito eksploziva malog prečnika, može biti narušena: suviše niskom temperaturom, dugim transportovanjem i skladištenjem dužim od predviđenog roka.

Da bi emulzija zadržala svoju stabilnu strukturu, rastvor oksidacionih soli mora ostati u obliku kapi propisane veličine. Međutim, ukoliko kapljice postanu kristali emulzivna struktura se narušava, pa dolazi do njene dekompozicije i progresivnog smanjenja eksplozivnih performansi.

Fenomen kristalizacije se u konačnoj instanci ne može izbeći, ali se može odložiti na duži period ako rastvor sadrži najmanje dve od navedenih oksidacionih soli, ako je opna stabilna i čvrsta i ako su eksplozivi proizvedeni od vrlo čistih i kvalitetnih sirovina.

Tipovi emulzivnih eksploziva

Emulzivni eksplozivi se, po kriterijumu osetljivosti, mogu podeliti na dva tipa: eksplozive osetljive na kapislu br. 8 i eksplozive koji za svoje iniciranje zahtevaju znatno jači impuls (detonatorski pojačivač BOOSTER).

Gustina prvog tipa eksploziva reguliše se staklenim mikrobalonima. Ovaj eksploziv upotrebljava se isklju-

čivo u malim prečnicima, pri čemu pokazuje idealne detonacione karakteristike. Kritična gustina ispitivanog eksploziva iznosi 1,25 g/cm³.

Regulacija gustine drugog tipa eksploziva obavlja se pomoću ekspandovanog perlita ili hemijske gasifikacije koji smanjuju osetljivost eksplozivne smeše. Upotrebljavaju se u srednjim (50—100 mm) i velikim prečnicima (iznad 100 mm), s tim što je u prvom slučaju, kao regulator gustine, upotrebljen ekspandovani perlit, a u drugom hemijska gasifikacija. Karakteristike pojačivača u praktičnim uslovima primene određene su vrstom i fizičko-hemijskim karakteristikama, a kao vrlo pouzdan može se koristiti pojačivač od pentolita.

Što se konzistencije, tj. fluidnosti eksplozivne smeše tiče, emulzivni eksplozivi mogu se pojaviti kao:

— *pumpani emulzivni eksplozivi*, kod kojih se gustina osnovne emulzivne matrice reguliše hemijskom gasifikacijom, granuliranim poroznim amonijumnitratom ili već formiranim ANFO-om. Ovi eksplozivi su neosetljivi na kapislu br. 8, iniciraju se pojačnicima i upotrebljavaju u velikim prečnicima iznad 100 mm;

— *repumpani emulzivni eksplozivi*, koji poseduju veliku fluidnost, ali se od pumpanih razlikuju po tome što im se gustina ne može regulisati hemijskom gasifikacijom. Nalaze primenu u podzemnoj eksploataciji, u uslovima vlažnih bušotina sa vodom gde se ne može primeniti ANFO eksploziv.

Patronirani emulzivni eksplozivi predstavljaju visoko konzistentne eksplozive.

Upotrebljavaju se u malim i srednjim prečnicima kao eksplozivi osetljivi na kapislu br. 8 (regulacija gustine izvršena je staklenim mikrobalonima) i kao eksplozivi koji za inicijaciju zahtevaju pojačivač (regulacija gustine izvršena je ekspandovanim perlitom).

Tehnologija proizvodnje emulzivnih eksploziva

Danas se emulzivni eksplozivi dobijaju na dva načina:

— postupkom »ON SITU«, pri čemu se koristi prethodno sintetizovan emulgator sa određenom HLB vrednošću. Ovaj postupak omogućava:

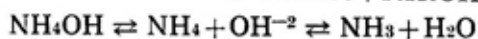
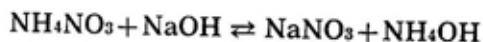
— rad na različitim temperatura-
ma, pa čak i vrlo visokim (oko 90°C);

— vodeni rastvor oksidacionih soli, pored amonijumnitrata i natrijumnitrata, može da sadrži i kalcijum-nitrat;

— emulgovanje se može vršiti pri vrlo različitim PH vrednostima vodenog rastvora (PH=2—10);

— po NALIM sistemu (pumpanih emulzija) na mobilnom postrojenju (SLURRY vozilu), kao i patroniranih na stacionarnom postrojenju.

Postupak dobijanja emulzivnih matrica zahteva da rastvor oksidacionih soli bude bazan, pa se mora vršiti neutralizacija kiselog rastvora amonijumnitrata:



Uljna faza kod ovih tipova emulzivnih sastava u principu sadrži mineralno ulje, parafin, neku od viših masnih kiselina (najčešće oleinsku), a može i smešu viših masnih kiselina gde je procenat oleinske kiseline maksimalno 76%.

Neutralizacijom amonijaka oleinskom kiselinom dobija se amonijumoleat koji ima svoj liofilni i hidrofilni deo, pa ima emulgujuća svojstva.

Pošto na povišenim temperatura-
ma dolazi do isparavanja amonijaka, kao i do dekompozicije amonijumoleata, ovaj se postupak ne može odvijati na povišenim temperaturama, pa rastvori koji se emulguju moraju imati nižu tačku kristalizacije. Emulgovanje

se mora vršiti sa manjom količinom uljne — gorive faze da bi bilans kiseonika bio uravnotežen. Ovi emulzivni eksplozivi imaju znatno slabije energetske karakteristike.

Tvrđnja da se emulgator ovim postupkom dobija u procesu samog emulgovanja samo je delimično tačna, jer je praksa pokazala da se mora dodavati gotov emulgator, kako bi se postigla zadovoljavajuća konzistencija i stabilnost.

Za razliku od proizvodnje po »ON SITU« postupku, gde se koriste »brzi mikseri« sa brojem obrtaja od 3000 do 5000 min⁻¹, za ovaj postupak zadovoljavajuća brzina mešanja je 200—500 min⁻¹, što pogoduje boljoj stabilnosti emulzije.

Može se reći da je »ON SITU« postupak fleksibilniji i da se njime dobijaju emulzivni eksplozivi boljih minersko-tehničkih karakteristika, što je naročito izraženo kod vrednosti oslobođene energije.

Asortiman emulzivnih eksploziva u proizvodnom programu

Oslanjajući se na domaće sirovine i opremu, naše fabrike su osvojile proizvodnju sledećih emulzivnih eksploziva:

— DETOLIT PE — pumpani, gasificirani emulzivni eksploziv proizveden po sistemu NALIM, bez dodatka metalnog praha, neosetljiv na kapislu br. 8;

— DETOLIT PEM — pumpani, gasificirani emulzivni eksploziv proizveden po sistemu NALIM sa određenim sadržajem metalnog praha (atomizirani aluminijum), neosetljiv na kapislu br. 8;

— DEMULEX 3M — patronirani i repumpani emulzivni eksploziv, proizveden na stacionarnom postrojenju, osetljiv na kapislu br. 8. sa staklenim

mikrobalonima kao regulatorom gustine i osetljivosti;

— DEMULEX SBM — patronirani i repumpani emulzivni eksploziv, proizveden na stacionarnom postrojenju, osetljiv na kapislu br. 8 sa staklenim mikrobalonima kao regulatorom gustine i osetljivosti i određenim procentom atomiziranog aluminijumskog praha;

— DEMULEX EP — patronirani repumpani emulzivni eksploziv, proizveden na stacionarnom postrojenju, neosetljiv na kapislu br. 8. sa ekspan-dovanim perlitom kao regulatorom gustine.

Oslanjajući se isključivo na domaće sirovine i opremu, razrešen je problem oksidacione soli, a kroz sopstvena ispitivanja dokazano je da su emulzivni eksplozivi znatno stabilniji i fleksibilniji, kako u proizvodnji, tako i u minersko-tehničkim karakteristikama, ako u njima egzistiraju bar dve oksidacione soli.

Miniranja DETOLITOM PE i DETOLITOM PEM izvršena su na kopovima više rudnika, a DEMULEXOM EP na više kamenoloma. DEMULEX 3M i DEMULEX SMB ispitani su u podzemnoj eksploataciji jama rudnika. Rezultati miniranja navedenim vrstama eksploziva u potpunosti su zadovoljili, pa su verifikovane njihove detonacione karakteristike.

Proizvodnja emulzivnih eksploziva po sistemu NALIM

Sistem NALIM podrazumeva proizvodnju eksploziva na mestu primene, neposrednim upumpavanjem u minske bušotine, korišćenjem specijalnih, proizvodno-pumpnih jedinica montiranih na vozila. Osnovna dva ti-

pa eksploziva koji se proizvode po sistemu NALIM su SLURRY i ANFO, a po njima su nazvana i vozila koja predstavljaju male pokretne fabrike eksploziva na točkovima.

Vozilo SLURRY

Mešačko-pumpna jedinica montirana je na šasijsku teretnog vozila. Njen pogon je hidraulički, a za rad se koristi izvodna snaga iz menjačke kutije vozila. Osnovne tehnološke operacije objedinjene u konstrukciji vozila SLURRY su mešanje i pumpanje tečnih i čvrstih sastojaka uz kontrolisano doziranje. Do momenta umešavanja, osnovne komponente se čuvaju u odvojenim bunkerima i rezervoarima. Ras-tvor oksidacionih soli je topao i čuva se u izolovanom rezervoaru vozila.

Ceo sistem radi kontinualno. Vrstu i količinu eksploziva operator zadaje preko komandne table, a pritiskom na startno dugme otpočinje programirano doziranje komponentata u protoč-ni mešač. Iz mešača se kroz gumeno crevo, dugačko 30 m, eksploziv SLURRY pumpa u minske bušotine. Brzina pumpanja je sinhronizovana sa dotokom sirovina u mešač i iznosi 150 kg/min. Nakon ispumpavanja zadate količine eksploziva, proizvodno pumpna jedinica se automatski isključuje. Sistem je tako konstruisan da se bez prekida rada u jednu te istu bušotinu mogu pumpati dva različita eksploziva. Po pravilu, energetski jači SLURRY se pumpa na dno, a energetski slabiji ide kao stubno punjenje. Vozilo SLURRY u svoje bunke prima sirovine dovoljne da se proizvede 10 t eksploziva. To je standardna izvedba, a može se konstruisati i manje vozilo nosivosti 3—5 t.

Domaća vozila SLURRY vrlo uspešno se eksploatišu u više naših rudnika bakra.

Vozilo SLURRY predstavlja standardnu mobilnu jedinicu za proizvodnju i upumpavanje prethodne generacije eksploziva SLURRY, poznate pod nazivom SLURRY vodeni gelovi koji predstavljaju inverznu emulziju tipa »ulje u vodi« (komercijalni naziv za ove eksplozive je majdanit 10, 15 i 20).

Dodatna prednost vozila SLURRY je što ono može proizvoditi i vodene gelove SLURRY i emulzivne eksplozive SLURRY, zavisno od potrebe i trenutne sirovinske baze.

Proizvodnja emulzivnih eksploziva po sistemu NALIM ima sledeće prednosti:

- u rezervoarima vozila nalaze se neeksplozivne komponente koje tek nakon umešavanja i upumpavanja u minsku bušotinu, kada se zadovolji kritičan prečnik i gustina, postaju eksplozivne, što garantuje apsolutnu sigurnost u primeni, a dodatna sigurnost se podstiče upotrebom antistatik creva, čiji je prečnik manji od kritičnog prečnika pumpanog eksploziva;

- izvanredna mobilnost proizvodnje ogleda se u tome što se vozilo sa komponentama može prevesti na daljinu od 500 km i tek tamo upumpati eksploziv u minske bušotine;

- ovaj način proizvodnje omogućava veliku rentabilnost;

- pumpanjem eksploziva po sistemu NALIM mogu se u potpunosti ispuniti minske bušotine ispunjene vodom i muljem.

Zaključak

Primena emulzivnih eksploziva SLURRY i ANFO, po sistemu NALIM vrlo je aktuelna za industrijske i vojne potrebe. U zoni izvođenja borbenih dejstava, primenom emulzivnih eksploziva mogu se, za kratko vreme, porušiti ili zaprečiti objekti u obimu koji bi znatno otežao, usporio ili sprečio neprijatelja u izvođenju planiranih borbenih dejstava. Priprema tih objekata za rušenje planira se u miru.

Osnovne karakteristike i prednosti emulzivnih eksploziva SLURRY po sistemu NALIM najnovije generacije su:

- optimalne detonacione karakteristike, izvanredna vodootpornost, visoka stabilnost i sigurnost u samom procesu proizvodnje i primene;

- velika fleksibilnost u pogledu konzistencije, detonacionih karakteristika i primene;

- velika brzina detonacije i detonacioni pritisak;

- podesni su za skladištenje, jer spoljni faktori imaju gotovo zanemarljiv uticaj na njih;

- pošto ne sadrže brizantnu komponentu, TNT ili nitroglicerina, njihova se proizvodnja i primena može smatrati bezbednom sa aspekta zdravlja radnika.

Emulzivni eksplozivi predstavljaju najnoviju generaciju eksploziva koji bi u vrlo bliskoj budućnosti trebalo da nađu široku primenu.

Literatura:

- [1] Melvin A. Cook: The science of industrial explosives
- [2] Mičić, R., Bojanić, J.: Novi eksplozivni sastavi usvojeni i pušteni u promet, *Casopis »Eksplozivi, bušenje i miniranje«*, 1988.

- [3] Uputstvo za rušenje, SSNO, 1972.

- [4] Pravilo upotrebe inženjerije, SSNO, 1988.

Mr Jovan Bratić,
dipl. mat.
Tehnički remontni zavod,
Čačak

ORGANIZACIJSKI PRISTUP UVOĐENJU OZNAČAVANJA PREDMETA POSLOVANJA U PREDUZEĆU U USLOVIMA RAČUNARSKE PODRŠKE

UDC: 658.5:681.324.06

Rezime:

Savremeni tehničko-tehnološki, ekonomski i drugi razvoj praćen je povećanjem složenosti, koja se ogleda, pored ostalog, i u povećanju broja predmeta poslovanja u preduzeću. Zbog toga je potreba za označavanjem predmeta poslovanja, uz primenu paralelnog sistema i na bazi standarda, vrlo važna za ostvarivanje efikasne komunikacije između učesnika u procesima poslovanja unutar preduzeća i preduzeća sa okruženjem. U radu su obrađeni značaj funkcije označavanja predmeta poslovanja, značaj i uloga standarda (nacionalnih i internih), kao osnove za označavanje i zahtevi koji se moraju ispoštovati pri projektovanju sistema klasifikacije u preduzeću. Prikazana je tehnologija organizacije na: pripremi, snimanju i analizi postojećeg stanja, projektovanju, identifikaciji, uvođenju i održavanju označavanja predmeta poslovanja, koja je uspešno primenjena u više preduzeća, kao i izgled ulaznih dokumenata i izlaznih informacija koje pruža informacioni podsistem Označavanje predmeta poslovanja.

Ključne reči: označavanje, identifikacija, klasifikacija, karakteristika.

ORGANIZATIONAL APPROACH TO INTRODUCING COMPUTER-AIDED MARKING OF BUSINESS ITEMS IN AN ENTERPRISE

Summary:

A modern technical, technological, economical or any other development is followed by increasing complexity, which can be also recognized, in an increasing number of business items in an enterprise. That's why the need for business items marking process, based on standards, and parallel system application is very important for making efficient communication between business process participants inside the enterprise and the enterprise with its environment. The paper discuss the importance of business item marking as well as the importance and the role of standards (national and internal) as a basis for business items marking. The methodology of parallel system marking application, its characteristics and importance are described separately. The paper also give a short discussion about methodology and some basic demands which must be respected in the classification system building process in an enterprise. The following organizational technology steps are presented: preparation, current state analysis, projecting, identification, introducing and maintenance of business item marking process which is successfully applied in many enterprises. The review of entering documents and output information which can be obtained through the Business item marking information subsystem is given as well.

Key words: marking, identification, classification, characteristic.

Uvod

U poslednje vreme, u proizvodnim preduzećima, sprovode se intenzivne

aktivnosti na uvođenju sistema kvaliteta na bazi standarda JUS ISO 9000, a povećana je i aktivnost na uvođenju integrisanih informacionih sistema,

podržanih računarsko-komunikacionim sistemima. Sistem kvaliteta i integrisani informacioni sistem predstavlja ju osnovu za upravljanje preduzećem, deluju na celo preduzeće, a primena jednog pozitivno utiče na primenu drugog. Takođe, postoji niz prednosti ako se razvoj i uvođenje sistema kvaliteta i integrisanog informacionog sistema odvija paralelno.

Uspešno upravljanje preduzećem i donošenje poslovnih odluka teško se može ostvariti bez povezivanja poslovnih procesa u preduzeću putem informacionih i komunikacionih tehnologija. Integrisani informacioni sistem predstavlja koncept informaciono-tehničke integracije svih poslovno-proizvodnih funkcija preduzeća i najveću garanciju za uspešnu primenu JUS ISO 9000 [1]. Da bi informacioni sistem bio stvarna podrška savremenom menadžmentu, mora da obezbedi efikasnu upravljaljivost resursima poslovnog sistema u svim fazama ciklusa. Uvođenje označavanja predmeta poslovanja prvi je korak u tom pravcu. Označavanje predmeta poslovanja nužno je i u uslovima tradicionalne (ručne) obrade podataka, dok u uslovima računarske obrade podataka postoje uslov i prvi zadatak koji se mora rešiti. Da bi se taj zadatak rešio, u preduzeću treba formirati poseban projekat za označavanje predmeta poslovanja, sa matričnom organizacijom. Osnovni cilj projekta je *uređivanje skupova predmeta poslovanja* (materijali, proizvodi, poluproizvodi, alati, osnovna sredstva, rezervni delovi, komintenti, organizacione celine i kadrovi) i njihovo označavanje. Označavanje treba da bude zasnovano na savremenoj metodologiji (paralelni sistem označavanja predmeta poslovanja), primeni standarda (nacionalnih, internih), a klasifikacija treba da bude razvijena u skladu sa zajedničkim potrebama funkcija preduzeća.

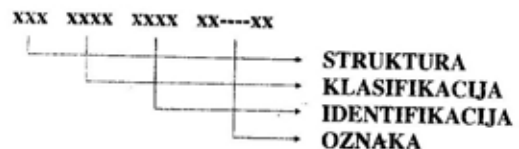
Paralelno sa ovim projektom treba realizovati programski podsistem za

označavanje predmeta poslovanja, radi održavanja podataka, generisanja i prikazivanja informacija o predmetima poslovanja za sve funkcije preduzeća.

Sistemi označavanja

Razvoj sistema označavanja može se podeliti u tri faze u kojima su se razvile tri vrste sistema označavanja [2].

Prva faza obuhvata razvoj konvencionalnog sistema označavanja (slika 1) u periodu od početka industrijskog razvoja do početka obrade podataka na mehaničkim i elektronskim računarskim mašinama, a vremenski do početka Drugog svetskog rata.



Sl. 1 — Konvencionalni sistem označavanja

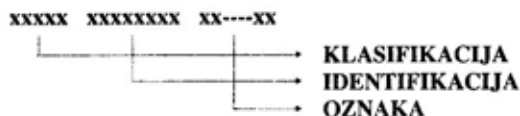
Ovaj sistem sadrži kôd sa promenljivim brojem mesta koji može biti numerički ili alfanumerički, i oznaku od jedne ili više reči (najčešće nestandardnu). Osnovne karakteristike konvencionalnog sistema označavanja su:

— kôd je sa leve strane ograničen, a može da se proširuje, dodavanjem mesta, u desnu stranu;

— promenljivost dužine, različiti broj mesta, nestandardna struktura (brojke, slova, znaci interpunkcije) jesu elementi koji ga čine nepogodnim za primenu, uvođenje i naročito, za održavanje;

— nepogodan je za računarsku obradu podataka, zbog promenljivosti, strukture i veličine kôda.

Druga faza obuhvata razvoj vezanog kompaktnog sistema označavanja u periodu od pojave prvih elektronskih mašina do puštanja u rad računara treće generacije, a vremenski od završetka Drugog svetskog rata do 1960. godine. Njegova struktura prikazana je na slici 2.



Sl. 2 — Kompaktni sistem označavanja

Ovaj sistem ima kôd sa stalnim brojem mesta koji je čisto numerički broj i standardnu oznaku od jedne ili više reči. Kôd je sastavljen od dva dela (klasifikacionog i identifikacionog) koji čine jednu celinu.

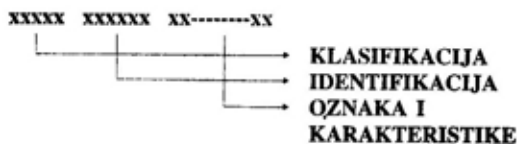
Osnovne karakteristike vezanog sistema označavanja su:

- kôd je sa obe strane zatvoren, zbog čega često dolazi do »pucanja«;

- zbog veličine kôda (za veća preduzeća) nije pogodan za računarsku obradu podataka;

- zbog svoje krutosti oznaka često se pretvara u redni broj i služi samo za identifikaciju.

Treća faza obuhvata razvoj paralelnog sistema označavanja u periodu od 1960. godine do danas. Paralelni sistem označavanja može se predstaviti modelom kao na slici 3, a čine ga klasifikacija, identifikacija, oznaka i skup karakteristika.



Sl. 3 — Paralelni sistem označavanja

Kôd se sastoji od klasifikacije i identifikacije, koji su međusobno nezavisni i koji su čisto numerički brojevi. Oznaka je sastavljena od više reči i standardizovana je. Skup karakteristika definiše se za sve krajnje nivoe podele klasifikacije, i to tako da se predmeti poslovanja označe i urede (sortiranjem po prirodnim vrednostima karakteristika) u onoj meri u kojoj je to neophodno. U nastavku je dat detaljniji opis navedenih koncepata paralelnog sistema označavanja.

Klasifikacija

Klasifikacija se definiše kao sistematsko uređenje elemenata u grupe ili kategorije na osnovu sličnosti unapred određenih karakteristika [3].

Jedno preduzeće može izabrati da primeni različite klasifikacione sisteme za istu vrstu predmeta poslovanja, zavisno od potreba. Na primer, može se primeniti jedna klasifikacija za proizvode, za potrebe logistike i administracije, a druga klasifikacija, isto za proizvode, za potrebe funkcija razvoja i proizvodnje.

U paralelnom sistemu primenjuje se hijerarhijski kôd koji se zasniva na razbijanju skupa elemenata kodiranjem u prepoznatljivije manje grupe. Svaka grupa na višem nivou hijerarhije uključuje sve grupe njegovih ni-



Sl. 4 — Klasifikacija

žih nivoe i samo ove grupe. Ova vrsta kôda zasniva se na razlikama karakteristika elemenata na svakom nivou koje moraju biti uzajamno isključive.

Dakle, klasifikacija ima za funkciju razvrstavanje predmeta poslovanja prema njihovim karakteristikama, relevantnim za konkretno preduzeće, na: klase, potklase, grupe, podgrupe, vrste, itd. (slika 4).

Klasifikacija vrši razvrstavanje tako što prvim brojem obavlja najopštije razvrstavanje predmeta poslovanja na klase (moguće podele na jednom nivou su 1, 2, ..., 9), a svakim daljim brojem (mestom) u desnu stranu klase se detaljnije razvrstavaju na potklase, potklase na grupe itd. Razvrstavanje se nastavlja do nivoa na kome se predmeti iz poslednje podele mogu opisati zajedničkim karakteristikama i zajedničkim formatom oznake predmeta poslovanja. Klasifikacija se razvija sa leve u desnu stranu, što znači da sa desne strane ostaje otvorena i, u zavisnosti od potreba, može se dograđivati. To daje posebnu fleksibilnost paralelnom sistemu, jer ne može doći do »pucanja« sistema.

Identifikacija

Identifikacioni broj treba da identifikuje predmet poslovanja, i to po onim karakteristikama po kojima se razlikuje od bilo kog drugog predmeta poslovanja u preduzeću, do zahtevanog nivoa tačnosti koji je unapred definisan registrom karakteristika. Identifikacija je isključivo redni broj, dimenzioniše se prema potrebi preduzeća, imajući u vidu i njegov razvoj, a deljuje se u kontinuitetu onako kako se identifikuje predmet poslovanja. Pošto se radi o rednom broju, on je ograničen sa desne strane, a slobodan sa leve strane i uvek se može, u slučaju potrebe, izvršiti njegovo povećanje.

Oznaka

Oznaka predstavlja podatak koji kratko, jezgrovito i nedvosmisleno identifikuje određeni predmet poslova-

nja, prema unapred definisanom sadržaju, koji je dat u registru karakteristika, na osnovu regulative (nacionalni i interni standardi, katalogi proizvođača, i sl.) i predstavlja osnovni elemenat za razmenu informacija između izvršilaca u preduzeću i preduzeća sa okruženjem.

Karakteristike

Pored klasifikacije, identifikacije i oznake, kod paralelnog sistema označavanja postoji i opisivanje predmeta poslovanja zajedničkim karakteristikama koje se unapred definišu u registru karakteristika. Karakteristike su naročito važne za uređivanje predmeta poslovanja, sortiranjem po prirodnim vrednostima karakteristika, redosledom koji je unapred zadat u registru karakteristika.

Karakteristike paralelnog sistema označavanja predmeta poslovanja su:

- jednoznačna identifikacija, koja ima najmanji broj znakova i jednaku dužinu za sve predmete poslovanja u preduzeću;

- mogućnost razvoja klasifikacije prema specifičnim zahtevima preduzeća;

- sistem »ne puca«, jer su identifikacija i klasifikacija otvoreni;

- lako se primenjuje i održava;

- jedinstven je za sve predmete poslovanja u preduzeću;

- racionalan je i efikasan pri održavanju, generisanju i prezentaciji informacija o predmetima poslovanja u uslovima računarske podrške.

Stanje označavanja u zemlji

Potreba za označavanjem predmeta poslovanja nije značajna samo za proizvodna preduzeća već i za potrošače, trgovinu, i sve koji se bave logistikom u velikim sistemima. Mali je broj preduzeća koja imaju uveden paralel-

ni sistem označavanja i da je njihovo održavanje konzistentno. Jedan broj preduzeća primenjuje konvencionalni sistem označavanja, ali samo za neke grupe predmeta poslovanja i za crteže proizvoda, dok mnogi primenjuju neki od sistema ali ne u svim funkcijama i njihovo održavanje nije konzistentno. Inače, mali je broj preduzeća koja imaju uvedenu funkciju označavanja predmeta poslovanja. Međutim, nema informatike koja može dati pregledne i tačne informacije, podržati upravljanje proizvodnjom i sl. ako nema uveden sistem označavanja. U nastavnim programima škola malo je zastupljena ova oblast s obzirom na njen značaj.

Imajući sve to u vidu, jedno od rešenja je da svako preduzeće ovaj problem stavi što pre na dnevni red i pristupi njegovom rešavanju. Metodološka osnova za rešenje problema svakako je paralelni sistem označavanja predmeta poslovanja, kojim se obezbeđuje jedinstvenost, jednoznačnost, mogućnost proširenja, sažetost, univerzalnost, pogodnost, stabilnost i tačnost. Time bi se dobila osnova, kako za uvođenje informacionog sistema, tako i za uvođenje sistema kvaliteta na bazi standarda JUS ISO 9000, što je danas uslov izlaska na tržište. Primenom paralelnog sistema zasnovanog na standardu, uvodi se više reda i sistematičnosti u procese rada u preduzeću, čime se postiže značajan doprinos efikasnosti i racionalizaciji poslovanja.

Uvođenje označavanja predmeta poslovanja u preduzeću

Uvođenje označavanja predmeta poslovanja ima karakter organizaciono-tehničke prirode, jer obuhvata organizaciju funkcije označavanja, uređivanje predmeta poslovanja na osnovu klasifikacije i standardizuje označavanje kroz definisanje registra karakte-

ristika u kojem se, za svaki poslednji nivo podele, definiše format oznake, karakteristike i redosled sortiranja. Druga važna karakteristika primene paralelnog sistema označavanja ogleda se u njegovoj zasnovanosti na obaveznoj primeni aktuelne regulative (nacionalni standardi, interni standardi, katalogi proizvođača ako su prihvaćeni u preduzeću, i sl.), što sistem čini otvorenim, jer omogućuje razmenu informacija preduzeća sa okruženjem. Pri definisanju formata oznake predmeta u registru karakteristika, za predmete koji su definisani JUS standardom koriste se pravila data u standardu JUS A.A0.006. Za predmete na koje se odnosi neka druga regulativa, format oznake u registru karakteristika definiše se prema toj regulativi. Pri definisanju karakteristika predmeta u registru karakteristika treba uzeti u obzir zahteve koji su postavljeni kao ciljevi pri izradi standarda serije DIN 4000, i koji glase [5]:

- sistem mora biti fleksibilan, tj. mora omogućiti integraciju u postojeći IS;

- sistem mora omogućiti prikupljanje podataka za materijalne i nematerijalne predmete;

- opisane predmete treba prikazati u svim varijantama koje su potrebne brojnim proizvođačima;

- u dokumentaciji se mora osigurati brzo vizuelno pronalaženje podataka, tj. podaci moraju biti pregledni i, po mogućnosti, nešifrirani.

Osnovna svrha karakteristika jeste da u kombinaciji sa klasifikacijom omogućiti dalje uređivanje predmeta do neophodnog nivoa, a u kombinaciji sa oznakom dalje opisivanje predmeta do neophodnog nivoa, na osnovu prirodnih vrednosti karakteristika.

Osnovna pravila za definisanje za glavljaja karakteristika predmeta data u JUS A.A4.001 uvažavaju se pri definisanju karakteristika u registru karakteristika, a zbog potreba preduzeća mo-

že doći do proširenja. To su neka pojašnjenja metodologije paralelnog sistema označavanja predmeta poslovanja, koje je potvrdila praksa.

Poslovi uvođenja označavanja predmeta poslovanja u preduzeću imaju fazni karakter i realizuju se putem:

- organizacije projekta;
- snimanja i analize postojećeg načina označavanja;
- projektovanja klasifikacije i registra karakteristika;
- identifikacije, popisa i primene sistema označavanja;
- održavanja i unapređenja sistema označavanja.

— Pošto se radi o poslovima organizaciono-tehničke prirode koji zavise od zatečenog stanja u preduzeću, a ono određuje način izvođenja pomenutih faza, to govori da će njihova realizacija, u nekim detaljima, biti drugačija.

Organizacija projekta

Činjenica da se radi o svim predmetima poslovanja jednog preduzeća, kojih može biti preko 100000, sastavljenih od više hiljada različitih vrsta, dovoljno govori o obimu i složenosti posla i značaju njegove organizacije. Za uvođenje paralelnog sistema označavanja u jednom ovakvom preduzeću, prema iskustvu koje dosta zavisi od zatečenog stanja, jednom čoveku potrebno je preko 25 godina rada. Zbog toga treba uraditi plan realizacije projekta koji bi, pored ostalog, trebalo da obuhvati:

- definisanje ciljeva;
- organizaciju resursa projekta za svaku fazu i organizovanje funkcije označavanja u preduzeću (tima za projektovanje, timova za popis, rukovodioca projekta, potrebnu opremu, softver i prostor;
- definisanje aktivnosti za svaku fazu projekta, obima rada i utvrđiva-

nje potrebne tehnološke kompetencije izvršilaca;

- definisanje metodologije i standarda projekta;
- plan obuke za sve faze projekta;
- definisanje rečnika pojmova;
- određivanje načina verifikacije izlaznih rezultata za svaku fazu projekta;
- definisanje upravljanja projektom.

Odluku o usvajanju projekta donosi najviši nivo menadžmenta firme, a ona obavezno sadrži razloge i opredeljenje za izvođenje projekta i izbor sistema označavanja. Neophodno je da sa odlukom budu upoznati svi nivoi upravljanja i izvršni nivoi u funkcijama koje su direktno vezane za realizaciju projekta. Odluka sadrži identifikaciju elemenata organizacione strukture koji će biti nosioci poslovne funkcije označavanja predmeta poslovanja. U slučaju odluke da se ova poslovna funkcija poveri nekoj od postojećih organizacionih celina, potrebno je da odluka sadrži i taj element, a u protivnom treba da se naloži formiranje nove organizacione celine zadužene za ovu poslovnu funkciju.

Snimanje i analiza postojećeg načina označavanja

Snimanje i analizu postojećeg načina označavanja, najčešće treba uraditi za sledeće klase predmeta poslovanja: materijale, proizvode, poluproizvode, alate, osnovna sredstva, rezervne delove, komintente, organizacione celine i kadrove.

Za svaku od navedenih klasa potrebno je utvrditi koja se dokumentacija može koristiti kao izvor informacija u fazi snimanja stanja. Kroz snimak stanja posebno treba sagledati i analizirati:

— asortiman u okviru pojedinih klasa (pokušati, u fazi snimanja, doći do inicijalne podele na potklase, grupe, podgrupe i vrste);

— obim predmeta poslovanja po pojedinim vrstama, podgrupama, grupama, potklasama i klasama;

— postojeći sistem označavanja i njegovu ažurnost;

— stanje primene i raspoloživost aktuelne regulative;

— uputstva koja se odnose na postojeće sisteme označavanja;

— zahteve pojedinih poslovnih funkcija za definisanje karakteristika i prioritet sortiranja za pojedine korisnike.

Pri snimanju i analizi postojećeg načina označavanja treba polaziti od krajnjeg cilja, a to je da uvođenje paralelnog sistema označavanja omogući uspešno upravljanje predmetima u svim fazama njihovog životnog ciklusa (planiranje, nastajanje, održavanje i prestanak). U svim organizacionim celinama preduzeća, kroz raspravu treba prikupiti informacije o prednostima i nedostacima postojećeg načina označavanja, kao i njihove zahteve koje bi trebalo ispuniti uvođenjem paralelnog sistema označavanja. Za sve činioce poslovanja treba utvrditi važeću »aktuelnu regulativu«, kao i njenu raspoloživost, a u kontaktu sa korisnicima prikupiti informacije o mogućnosti obezbeđenja potrebnih kataloga dobavljača.

Projektovanje klasifikacije i registra karakteristika

Nakon završenog snimanja i analize postojećeg označavanja pristupa se projektovanju klasifikacije predmeta poslovanja. Svako preduzeće razvija klasifikaciju isključivo prema svojim potrebama, i to potpuno nezavisno od identifikacije, oznake, karakteristika i »aktuelne regulative«. Projektant treba, pre svega, da vodi računa o stečenim navikama, usvojenoj terminologiji i

uobičajenim podelama predmeta poslovanja u preduzeću. Pri projektovanju klasifikacije, za svaki konkretan nivo, potrebno je utvrditi kriterijum razvrstavanja (funkcija, sastav, oblik, name, na, poreklo i sl.). Klasifikacioni broj razvrstava predmete poslovanja, tako što se prvim brojem obavlja najopštije razvrstavanje (podela na klase), dok se daljim nizom brojeva u desnu stranu obavlja detaljnije razvrstavanje na potklase, potklase na grupe, grupe na podgrupe, a podgrupe na vrste. Da li će se podela završiti sa grupom ili će se nastaviti sa podelom i na podgrupe, odnosno vrste, zavisi od zahteva korisnika, a pre svega od mogućnosti definisanja jedinstvenog registra karakteristika za sve činioce poslovanja konkretnog nivoa. Na svakom nivou može biti do 9 podela, označenih brojevima od jedan do 9, a do kog nivoa razvrstavanja se ide, i koliko se podela primenjuje u okviru tog nivoa, zavisi od svakog konkretnog slučaja. Pri projektovanju klasifikacije koristi se obrazac PLAN KLASIFIKACIJE.

To je najsloženiji deo posla, a postoji dva pristupa. Prvi se zasniva na vrednovanju kriterijuma klasifikovanja, anketiranja funkcija i, po određenoj metodologiji koja zasluhuje poseban rad, određivanju klasifikacije. Drugi pristup realizuje se tako da se, na osnovu iskustva i rezultata snimljenog stanja, uradi prototip koji se posle proverava sa korisnicima. U oba slučaja iskustvo je mnogo važno, greške mnogo koštaju, pa se preporučuje angažovanje konsultantske pomoći.

Registar karakteristika predstavlja standardizaciju označavanja predmeta u preduzeću, a projektuje se za svaki konačan klasifikacioni broj. U registru karakteristika definiše se oznaka i karakteristike. Osnova za projektovanje registra karakteristika jeste »aktuelna regulativa«, koja je utvrđena pri snimanju stanja označavanja, kao osnova za označavanje određene vrste predmeta. Time se postiže da oz-

naka predmeta poslovanja bude razumljiva svima kojima je poznata »aktuelna regulativa«. Pri projektovanju registra karakteristika predmeta poslovanja koristi se obrazac REGISTAR KARAKTERISTIKA.

Primena paralelnog sistema označavanja predmeta poslovanja obuhvata sledeće aktivnosti:

— izlistavanje PLANA KLASIFIKACIJE;

— izlistavanje REGISTRA KARAKTERISTIKA;

— izlistavanje LISTE IDENTIFIKACIONIH BROJEVA;

— obezbeđenje potrebne regulative (standarda, katalog i sl.);

— pripremu skladišta i označavanje lokacija;

— identifikaciju predmeta poslovanja prema definicijama datim u registru karakteristika i unos podataka u popisnu listu;

— ažuriranje viseće kartice;

— ažuriranje skladišne kartice;

— unos podataka u računar i kontrola unosa;

— primenu sistema označavanja.

Treba podsetiti na činjenicu da se identifikacija mora obaviti neposredno na lokaciji predmeta, u skladištu, i u skladu sa utvrđenim stanjem popuniti popisna lista. Primenu sistema treba realizovati po sistemu »rušenja mosta«, uz obavezno donošenje naredbe o prelasku na novi sistem označavanja, sa određenim kritičnim datumom, u celom preduzeću.

Održavanje i unapređenje sistema označavanja

Održavanje paralelnog sistema označavanja treba da obezbedi konzistentnost skupa podataka i u fazi eksploatacije, nakon prvobitnog preuzimanja podataka. Posebno se mora obezbediti nastavak početne koncepcije

projektovanog plana klasifikacije u slučaju dopune skupa klasifikatora novim. U slučaju pojave novih predmeta poslovanja, u toku održavanja potrebno je obezbediti stalnu proveru da li u bazi podataka već postoji činilac poslovanja sa identičnim karakteristikama, i u tim slučajevima treba onemogućiti dodelu novog identifikacionog broja. Održavanje sistema je u nadležnosti organizacione celine zadužene za sistem označavanja. Zahteve za ozna-

Pregled ulaznih dokumenata

PLAN KLASIFIKACIJE									
Klasa									
Podklasa									
Grupa									
Podgrupa									
Vrsta									
Klasifikacija		NAZIV KLASIFIKACIJE							

Sl. 5 — Plan klasifikacije

REGISTAR KARAKTERISTIKA													
Klasif. broj		Naziv :											
Format naziva:													
KARAKTERISTIKE													
Ozn	Naziv	Je d. me re	Pri or me s	br. me s	Tip	Ozn	Naziv	Je d. me re	Pri or me s	br. me s	Tip	Ozn	Naziv
A						F							
B						G							

Sl. 6 — Registar karakteristika

POPISNA LISTA									
IDENTIFIKACIJA	KLASIFIKACIJA	PARALELNI KOD						JED. MERE	
NAZIV									
A	B	C	D	E	F				
G	H	I							

Sl. 7 — Popisna lista

čavanje predmeta poslovanja sve ostale organizacione celine prosleđuju ovoj celini putem popisne liste. Nakon

kontrole ova služba unosi podatke za novi predmet poslovanja u bazu podataka.

Izlazni pregledi programskog podsistema označavanja predmeta

Uređaj	Naziv klasifikacije	Format naziva
52111	VIJCI SA CILINDRIČNOM GLAVOM	VIJAK*AKB*S-H
52112	VIJCI SA SOCIJASTOM GLAVOM	VIJAK*AKB*S-H
52113	VIJCI SA UPUSTENOM GLAVOM	VIJAK*AKB*S-H
52114	VIJCI SA UPUSTENOM SOCIJASTOM GLAVOM	VIJAK*AKB*S-H
55	ČRNA METALURGIJA	
551	KONSTRUKCIONI CELICI	
5511	SIPKE	
55111	SIPKE OKRUGLE	OKRUGLI CELIK*AKB*S-E
55112	SIPKE KVADRATNE	KVADRATNI CELIK*AKB*S-E
55113	SIPKE PLOSMATE	PLJOSNATI CELIK*AKB*S-E
55114	SIPKE SESTOUGRAONE	SESTOUGRAONI CELIK*AKB*S-E
55118	CELIK ZA KLIMOVE	CELIK ZA KLIMU*AKB*CB*S-D
5514	CEVI	
55141	CEVI BEZ SAUA	CEV*AKB*S-E
55143	CEVI PRECIZNE BEZ SAUA	CEV*AKB*S-E/CMD
55144	CEVI SA I BEZ SAUA ZA CEVNI NAUOJ	CEV*BS*Q/B*CB*MD
55145	CEVI ZA NAMESTAJ KVADRATNE	KVADRATNA CEV ZA NAMESTAJ*AKB*S
55147	CEVI KVADRATNE ZA KONSTRUKCIJE	KVADRATNE CEVI ZA KONSTRUKCIJE

Sl. 8 — Plan klasifikacije

IMTEH		Lista registra karakteristika		Datum: 82/12/95	
Uređaj	Naziv klasifikacije	Format naziva			
55111	SIPKE OKRUGLE	OKRUGLI CELIK*AKB*S-E			
		ozn	opis	J.n.	u
		E	OZNAMA KVALITETA		
		F	REZULTAT IZRADE		9
		G	NAČIN IZRADE		9
		H	IZGLEDE POVRŠINE		9
		I	MAŠA PODUZNA	KG/M	9
55112	SIPKE KVADRATNE	KVADRATNI CELIK*AKB*S-E			
		ozn	opis	J.n.	u
		A	NAČIN DEELJINA	MM	
		E	OZNAMA KVALITETA		
		F	REZULTAT IZRADE		9
		G	NAČIN IZRADE		9

Sl. 9 — Registar karakteristika

55	ČRNA METALURGIJA	5				MATERIJALI	
551	KONSTRUKCIONI CELICI					A-NAČIN PRECIZNOSTI	MM
5511	SIPKE					G-NAČIN IZRADE	
55111	SIPKE OKRUGLE						
IDENT	N.	A	Z	I	U	J. MERET	
PROJ.	PRODUKCIJA			NAČIN			
1400176	OKRUGLI CELIK-18	JUS C.B3.411				18.0	C.0361.5
						KG	
1437649	OKRUGLI CELIK-18	JUS C.B3.021				18.0	C.0370
						KG	
14003097	OKRUGLI CELIK-18	JUS C.B3.411				18.0	C.0461.5
						KG	
1435015	OKRUGLI CELIK-18	JUS C.B3.021				18.0	C.0545
						KG	

Sl. 10 — Katalog predmeta poslovanja

Zaključak

U ovom radu izneta su iskustva na uvođenju paralelnog sistema označavanja predmeta poslovanja u nekoliko većih preduzeća. Namera je bila da se istaknu neki bitni metodološki i organizacioni aspekti koji su se potvrdili u praksi. Pored toga, želja je bila da se ukaže na neke prioritete u aktivnostima na unapređenju procesa u preduzeću uvođenjem IIS i sistema

kvaliteta (označavanje mora da prethodi izgradnji IS i CAD). Uvođenje paralelnog sistema označavanja u preduzeću ima smisla, jer se time stvara mogućnost za brzo uključivanje u nacionalni i međunarodni sistem označavanja, koji ne mogu zameniti sistem označavanja u preduzeću, kako iz operativnih razloga, tako i s obzirom na organizacijsku zasnovanost klasifikacije koja se zasniva na zahtevima i potrebama preduzeća.

Literatura:

- [1] Bratić, J., Petrović, R.: Informacioni podsistem kvaliteta integrisan u IS preduzeća, naučno-stručni skup Kvalitet u namjenskoj industriji i Vojsci Jugoslavije, zbornik radova 1, 1995. Divčibare.
- [2] Zelenović, D. M.: Tehnologija organizacije industrijskih sistema — preduzeća, IP Naučna knjiga, Beograd 1995.
- [3] ISO/IEC/CDTR 9789: 1992, Guideline for the organization and representation of data elements for data interchange — CODING METHODS AND PRINCIPLES.
- [4] JUS A.A0.006: 1984, Označavanje proizvoda, radova i usluga — Opšta pravila.
- [5] Stojanović, G.: Identifikacija i klasifikacija proizvoda — stanje nacionalne i međunarodne standardizacije, Časopis za unapređenje kvaliteta KVALITET, broj 7—8, 1993.
- [6] JUS A.A4.001: 1988, Zaglavlje karakteristika predmeta — Osnovna pravila.

Mr Milorad Opsenica,
major, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

ANALIZA VREMENSKIH GUBITAKA PRI KRETANJU VOJNE MOTORIZOVANE KOLONE RASKRSNICOM

UDC: 656.11.052.001.573:623.437/438

Rezime:

Pri kretanju vojne motorizovane kolone po putnoj mreži vremenski gubici nastali na raskrsnicama čine znatan deo ukupnog vremena kretanja. U radu je analizirano kretanje vojne motorizovane kolone raskrsnicom sa aspekta vremenskih gubitaka. Opis problema zasnovan je na determinističkom modelu, uz adekvatan stohastički pristup.

Ključne reči: vojna motorizovana kolona, raskrsnica, vremenski gubitak.

ANALYSIS OF DELAY DUE TO MILITARY MOTORIZED COLUMN CIRCULATION AT INTERSECTIONS

Summary:

During the circulation of a military motorized column on the roads the delay at intersections makes significant share of the total travel time. The paper presents the analysis of military motorized column circulation at intersections from delay aspect. The problem description is based on the determination model and the corresponding approach probability is also presented.

Key words: military motorized column. intersection. delay.

Uvod

Vojni putni saobraćaj često se organizuje u vidu kolone, što ima značajne prednosti nad pojedinačnim vojnim saobraćajem (grupisana jedinica, olakšana organizacija i kontrola kretanja, potrebno manje pratećeg ljudstva, itd.), ali u određenim situacijama se javljaju i izvesne poteškoće.

Naime, zbog ustrojstva vojne motorizovane kolone, kao kompaktne grupe vozila određene dubine i brzine kretanja, ona u saobraćaju na javnom putu izaziva određene probleme, naročito kada je pretiču ostala vozila, zatim pri kretanju na usponu, odnosno nizbrdici, kretanju auto-putem, savla-

đivanju uskih grla na putu, kao i pri prolasku raskrsnica.

U navedenim situacijama ostali učesnici u saobraćaju »trpe« kolonu, odnosno dolazi do vremenskih i materijalnih gubitaka, što umanjuje efikasnost izvršavanja namenskih zadataka vojne motorizovane kolone.

Na raskrsnici, kao neuralgičnoj tački putne mreže na kojoj se najizraženije sučeljavaju učesnici u saobraćaju, kretanje vojne motorizovane kolone mora biti detaljno regulisano. Pravilnim sagledavanjem osnovnih relacija vezanih za savlađivanje raskrsnica, nedvosmisleno će ukazati na potrebu preduzimanja adekvatnih regulacionih mera primenjenih na kretanje kolone,

kao i same tehnike organizovanja i kretanja (izbor maršrute, vremena kretanja, načina ešeloniranja kolonske formacije, itd.).

Analiza kretanja vojne motorizovane kolone u zoni raskrsnice

Na mreži javnih puteva postoje tri tipa raskrsnica:

- nesignalisana raskrsnica puteva istog značaja,
- nesignalisana raskrsnica puteva različitog značaja, i
- signalisana raskrsnica.

Na slici 1 prikazane su situacije u kojima se može naći kolona na raskrsnici, te pripadni tokovi sa ostalih prilaza raskrsnici kojima vozila iz kolone dolaze u interaktivan odnos. Radi jednostavnosti analize razmatraju se situacije na najčešćem obliku raskrsnice — pravilnoj četverokrakoj raskrsnici.

Sa samog prikaza uočava se različitost pojedinih situacija na osnovu stanja prioriteta pri kretanju na raskrsnici. Uvažavajući pravila kretanja tokova na raskrsnicama, odnosno prioritete u konkretnim situacijama (pravilo desne strane, glavni i sporedni pravac, te signali na raskrsnici), situacije sa slike 1 treba grupisati po kriterijumu po kojem prioritetni tokovi ometaju vozila iz sastava kolone. Tako se, kao najblaži slučajevi, izdvajaju one situacije pri kojima vozila iz kolone imaju prioritet pri kretanju raskrsnicom. Prema slici, to su situacije 2, 4, 5, 10 i 11, odnosno:

- skretanje kolone desno na raskrsnici puteva istog značaja;
- prolazak kolone pravo na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa glavnog pravca;
- skretanje kolone desno na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa glavnog pravca;

— prolazak kolone pravo na signalisanoj raskrsnici (zeleno svetlo);

— skretanje kolone desno na signalisanoj raskrsnici (zeleno svetlo).

Ovim situacijama treba pridružiti i slučaj levog skretanja kolone na signalisanim raskrsnicama, kada su određeni signali za levo skretanje, odnosno definisane površine na raskrsnici (nije prikazano na slici).

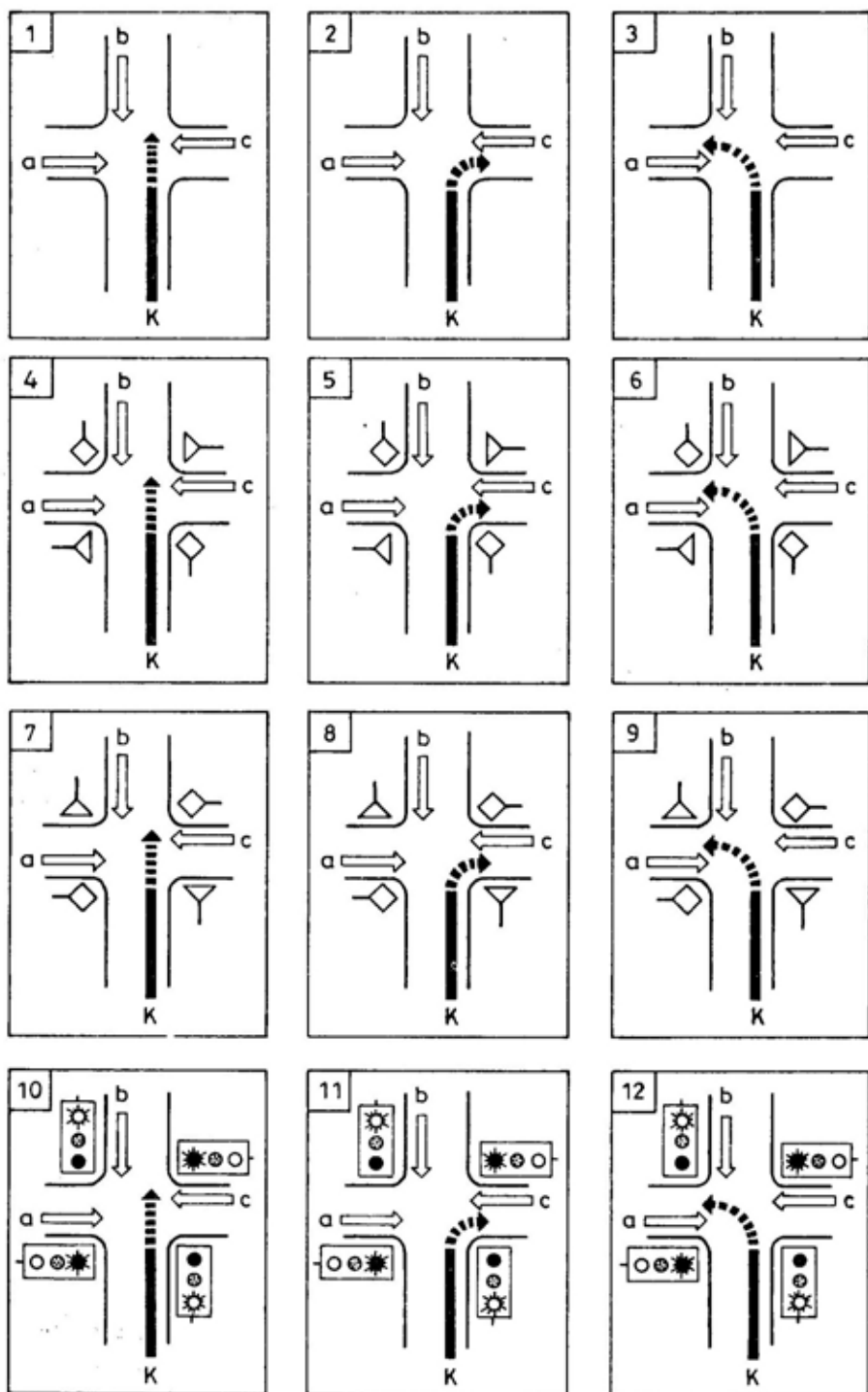
Za navedene situacije, posmatrano sa aspekta potrebe preduzimanja mera regulacije, može se reći da nije potrebno posebno angažovanje regulativnih organa (saobraćajna milicija, odnosno pripadnici jedinica SbVP). Naravno, ovaj stav je zasnovan na teoretskoj pretpostavci pravilnog pridržavanja pravila i propisa koja važe u saobraćaju, te se u delikatnijim situacijama u praksi (npr. kolona od posebnog značaja) i u navedenim situacijama primenjuju mere regulacije koje sprovode ovlašćena lica.

Sledeća, složenija situacija javlja se na raskrsnicama kada jedan od pripadnih tokova ima prioritet nad vozilima u koloni, a prema slici to su situacije 1, 6, 8 i 12, odnosno:

- prolazak kolone pravo na raskrsnici puteva istog značaja;
- skretanje kolone levo na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa glavnog pravca;
- skretanje kolone desno na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa sporednog pravca;
- skretanje kolone levo na signalisanoj raskrsnici (opšti semafor).

Još složenija situacija javlja se pri postojanju dva prioritetna toka nad vozilima iz kolone, a to su, prema slici, situacije 3 i 7, odnosno:

- skretanje kolone levo na raskrsnici puteva istog značaja,
- prolazak kolone pravo na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa sporednog pravca.



Sl. 1 — Mogoče situacije kolone na raskrsnici

Najsloženiji slučaj javlja se pri postojanju prioriteta svih ostalih tokova nad vozilima iz kolone, a to je slučaj 9 sa slike, odnosno pri skretanju kolone levo na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa sporednog pravca.

Analiza vremena savlađivanja raskrsnice

Za početak je potrebno analizirati vreme za koje vozila iz kolone savlađuju raskrsnicu kada nema prioriteta tokova nad kolonom. Pod pretpostavkom da se radi o kontinuelnoj kolonskoj formaciji od N_k vozila, dubine kolone D_k , vreme savlađivanja raskrsnice je:

$$T_r = D_k / V_r(s), \text{ gde je:} \quad (1)$$

V_r — brzina savlađivanja (kretanja) raskrsnice (m/s).

Brzina kretanja vozila u zoni raskrsnice (V_r) može biti zakonski regulisana (što se, pre svega, odnosi na kretanje u pravcu) odnosno zavisi od uslova skretanja baziranim na projektno-konstruktivnim parametrima raskrsnice i karakteristikama vozila iz sastava kolone.

Pod dubinom kolone podrazumeva se njena dužina, primerena datim uslovima kretanja (odstojanja među vozilima su u funkciji brzine kretanja kolone).

Pošto je brzina savlađivanja raskrsnice manja od brzine kretanja kolone na otvorenom putu, teoretski je moguće očekivati prikupljanje ostalih vozila iza kolone za vreme njenog savlađivanja raskrsnice. Broj tih vozila iz sustižućeg toka (N_s) biće:

$$N_s = (q_s - q_k) T_r = (q_s - q_k) (D_k / V_r) \quad (2)$$

gde je:

q_s — veličina protoka sustižućeg toka (voz./s),

q_k — protok vozila iz kolone u zoni raskrsnice (voz./s).

Dakle, prikupljanje vozila iza kolone može se očekivati pri većim vrednostima protoka sustižućeg toka u odnosu na protok vozila kolone. Vrednosti protoka mogu se izraziti preko intervala sleđenja među vozilima, relacijama $q_s = 1/t_{th}$, odnosno $q_k = 1/t_p$, gde je:

t_{th} — interval sleđenja među vozilima sustižućeg toka (s),

t_p — interval sleđenja među vozilima iz kolone pri prolasku raskrsnicom (s).

Za preostale slučajeve, pri postojanju tokova koji su prioritetniji od tokova vozila iz kolone, teoretski posmatrano, vreme potrebno za savlađivanje raskrsnice povećava se zbog toga što vozila iz prioriteta tokova ometaju vozila iz kolone. Dakle, prolazak vozila iz kolone raskrsnicom biće moguć u tzv. »slobodnim vremenskim razmacima« (intervalima, prazninama) koji se javljaju u prioritetnim tokovima. Što je intenzitet saobraćaja u prioritetnom toku veći, manji su slobodni vremenski intervali, a time i veće ometanje prolaska vozila iz kolone, čime se povećava ukupno vreme potrebno za savlađivanje raskrsnice.

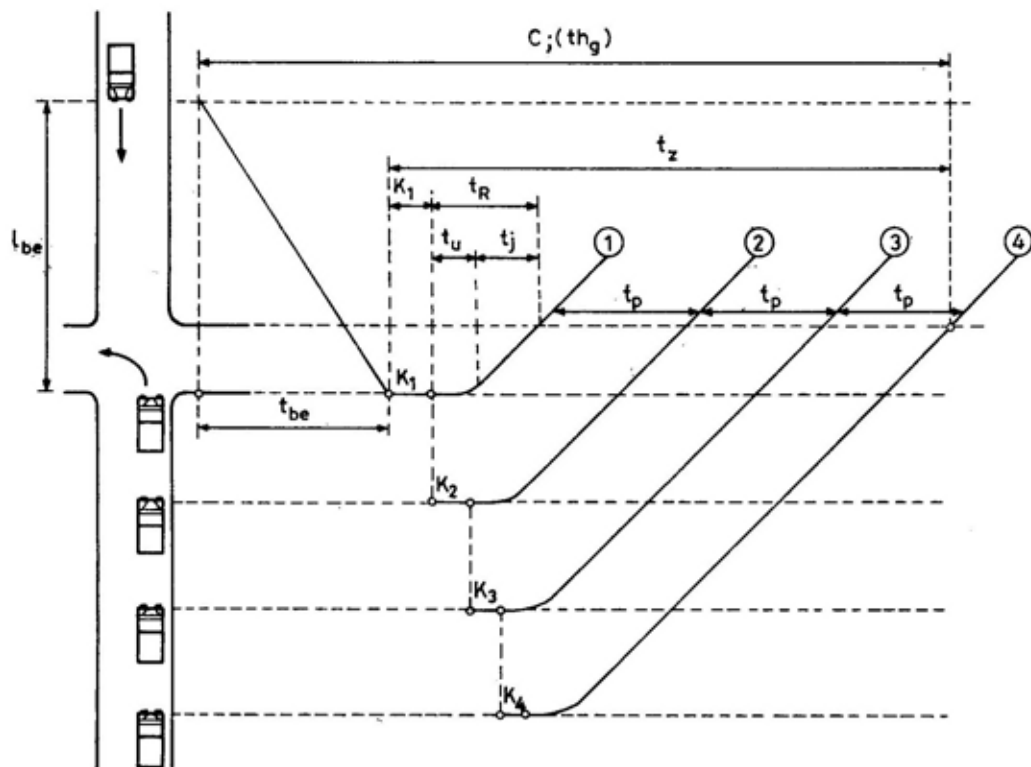
Na slici 2 prikazan je prolazak vozila iz kolone raskrsnicom u slučaju kada ih ometaju vozila prioriteta toka (prikaz je dat u formi dijagrama put-vreme).

Sa prikaza je očigledno da se od slobodnog vremenskog intervala, koji se javlja u prioritetnom toku, mora oduzeti deo vremena potrebnog da nailazeće vozilo iz prioriteta toka bezbedno prođe raskrsnicu (t_{be}), a tek preostali deo intervala može se iskoristiti za prolazak vozila iz sastava kolone.

To preostalo vreme (t_r) čine parcijalna vremena prema sledećem:

K_1 (do K_n) — vreme kašnjenja pri prolasku vozila iz niza koji čekaju na prolaz (s);

- t_R — vreme potrebno da prvo vozilo iz niza savlada raskrsnicu (prođe pravo ili skrene (s),
- t_p — interval sleđenja među vozilima iz niza ko-
- u zoni raskrsnice (određena znakom ili na drugi način);
- za skretanje je to bezbedna brzina skretanja (ona se određuje u odnosu na uslove zanošenja, odnosno prevrtanja pri kretanju po kružnici)



Sl. 2 — Prolazak vozila iz kolone raskrsnicom

ja savlađuju raskrsnicu (s).

Analitičke relacije koje opisuju kretanje vozila iz sastava kolone raskrsnicom date su u narednom prikazu.

S obzirom na to da se dopušta mogućnost kretanja pravo na raskrsnici ili skretanje, brzina kretanja definiše se prema sledećem:

— za pravolinijsko kretanje dozvoljena je (propisana) brzina kretanja

luku za date parametre sastava vozila iz kolone, tj. karakteristika površine raskrsnice).

Za dalji proračun, za pomenute brzine uvodi se oznaka V_R .

Radi određivanja vremena potrebnog za bezbedan prolazak raskrsnicom vozila iz prioritetnog toka, definiše se bezbednosno rastojanje l_{be} (tj. udaljenost vozila iz prioritetnog toka, pri kome vozač vozila iz sastava kolone odstaje od savlađivanja raskrsnice):

$$l_{be} = V_G t_r + (V_G^2 / 2a_k), \text{ (m)}, \quad (3)$$

gde je:

V_G — brzina kretanja vozila iz prioritetskog toka, (m/s),

t_r — vreme reakcije sistema vozač-vozilo, (s),

a_k — usporenje pri kočenju, (m/s²).

To bezbednosno vreme sada je:

$$t_{be} = \frac{l_{be}}{V_{Ge}} = t_r + \frac{V_G}{2a_k} \text{ (s)} \quad (4)$$

Dakle, to je vreme koje je potrebno oduzeti od slobodnog vremenskog intervala u prioritetskom toku.

Radi određivanja vremenskog intervala (intervala sleđenja) među vozilima iz kolone koja prolaze raskrsnicu, polazi se od pretpostavke da vozila slede jedno drugo na bezbednosnom odstojanju (l_{bk}) za date uslove brzine prolaska i stanja površine raskrsnice. Prema tome:

$l_{bk} = V_R t_r + (a_v t_r^2 / 2)$, (m), pa uz zamenu $t_k = V_R / a_k$ dobija se:

$$l_{bk} = V_R t_r + V_R / 2a_k, \text{ (m)} \quad (5)$$

gde su:

V_R — brzina prolaska raskrsnicom vozila iz kolone, (m/s),

t_r — vreme reakcije sistema vozač-vozilo, (s),

a_k — vrednost usporenja pri kočenju, (m/s²).

Interval sleđenja među vozilima u koloni je:

$$t_p = l_{bk} / V_R = t_r + V_R / 2a_k, \text{ (s)} \quad (6)$$

Pored toga, potrebno je odrediti i vreme za koje prvo vozilo u nizu savlađuje raskrsnicu. To vreme sastoji se od vremena ubrzavanja (t_u) do postizanja brzine V_R , te vremena kretanja vozila jednakom (t_j) brzinom V_R dok se ne savlada raskrsnica.

Prema tome, $t_R = t_u + t_j$, gde je:

$t_u = V_R / a_u$, gde je a_u — ubrzanje vozila pri polasku, te uz

$t_j = (L_R - S_u) / V_R$, (s), gde je:

L_R — dužina puta koji pređe vozilo savlađujući raskrsnicu (ako se radi o pravolinijskom kretanju tada je to širina raskrsnice, a radi li se o skretanju, to je dužina kružnog luka po kome vozila skreću dok ne napuste zonu raskrsnice), (m);

S_u — deo puta na kojem vozilo ubrzava dok ne postigne brzinu V_R , (m).

Pošto je taj deo puta definisan kao: $S_u = V_R^2 / 2a_u$ to je vreme t_j jednako:

$$t_j = [L_R - (V_R^2 / 2a_u)] / V_R = (L_R / V_R) - (V_R / 2a_u), \text{ (s)}$$

Konačno, vreme t_R je:

$t_R = t_u + t_j = (V_R / a_u) + (L_R / V_R)$, (s) (7)
a prema prikazu sa slike 2 proizilazi:

$$t_z = K_1 + t_R + (N - 1)t_p, \text{ (s)} \quad (8)$$

gde je:

N — broj vozila iz niza koja mogu u intervalu t_z da napuste raskrsnicu.

Transformacijom obrasca (8) dobija se:

$$N = 1 + \{[t_z - K_1 - (V_R / a_u) - (L_R / V_R)] / [t_r + (V_R / 2a_k)]\} \quad (9)$$

Prethodni obrazac primenjiv je za slučajeve savlađivanja signalisane raskrsnice (gde vreme t_z predstavlja trajanje zelenog svetla na semaforu) i to pri prolasku raskrsnice pravo, odnosno pri desnom skretanju.

Naime, pri levom skretanju na signalisanoj raskrsnici (opšti semafor — nije posebno regulisano levo skretanje), kao i pri savlađivanju nesignalisane raskrsnice, potrebno je u prethodnom obrascu vreme t_z zameniti pripadajućim slobodnim vremenskim razmakom (umanjenim za bezbednos-

no vreme) u prioritetnom toku. Dakle, za nesignalisane raskrsnice vrši se sledeća zamena: $t_z = t_{th} - t_{be}$, gde je:

t_{th} — interval sleđenja među vozilima prioritetnog toka,

t_{be} — bezbednosno vreme pri nailasku vozila prioritetnog toka.

Interval t_{th} se definiše kao:

$t_{th} = 1/q_g = 1/(V_g g_g)$, gde je:

q_g — vrednost protoka u prioritetnom toku, (voz./s),

V_g — brzina kretanja vozila u prioritetnom toku, (m/s),

g_g — gustina vozila u prioritetnom toku, (voz./m).

Uz vrednost bezbednosnog vremena prema obrascu (4) dobija se vreme t_z prema sledećem:

$$t_z = [1/(V_g g_g)] - (V_g/2a_k) - t_r, \quad (s) \quad (10)$$

Zamenom t_z u obrascu (10) dobija se mogući broj vozila iz niza koji može savladati raskrsnicu u datom intervalu prema sledećem:

$$N = 1 + \{ [1/(V_g g_g)] - (V_g/2a_k) - t_r - K_1 - (V_r/a_u) - (L_r/V_r) \} / [t_r + (V_r/2a_k)], \quad \text{vozila/intervalu.} \quad (11)$$

Obrazac je primenjiv za sve slučajeve savlađivanja nesignalisane raskrsnice (bez obzira na to koliko tokova na njoj ima prioritet u odnosu na vozila iz kolone), kao i za levo skretanje kolone na signalisanoj raskrsnici. Naime, kada je na datoj raskrsnici prioritetno više tokova u odnosu na vozila u koloni, ta raskrsnica se savlađuje kao da je prioritetan samo jedan tok, ali sa kraćim slobodnim vremenskim razmacima. Prema tome, najteži slučaj je već pomenuto skretanje kolone levo na raskrsnici puteva različitog značaja, kada kolona dolazi sa sporednog pravca, jer su tada prioritetna sva tri ostala toka a time je teoretski najmanji slobodni vremenski razmak namenjen za skretanje vozila iz kolone (naravno, pretpostavlja se da pri upoređivanju težine slučajeva u svim va-

rijantama pripadajući tokovi imaju konkretne protoke).

Kako su za datu situaciju na raskrsnici vrednosti moguće (odnosno definisane) brzine prolaska raskrsnice (V_R), ubrzanja u zoni raskrsnice (a_u), puta koje vozilo iz kolone pređe pri prolasku raskrsnice (L_R), vremena reagovanja sistema vozač-vozilo (t_r), te maksimalnog usporenja pri kočenju (a_k) — određene, odnosno konstantne, očito je da će mogući broj vozila (N), koja mogu u datom intervalu savladati raskrsnicu zavisiti od veličine protoka prioritetnog toka (odnosno od veličine zbira protoka ako je u pitanju više prioritetnih tokova) za nesignalisane raskrsnice, odnosno od dužine trajanja zelenog svetla u okviru ciklusa za signalisane raskrsnice.

Zato je u obrascima (9) i (11) potrebno objediniti pomenute veličine i zameniti ih opštim konstantama. Uvedu li se sledeća pojednostavljenja

$$1) R = -[K_1 + (V_r/a_u) + (L_r/V_r) + t_r] \quad \text{i}$$

$$2) B = t_r + (V_r/2a_k)$$

obraci (9) i (11) postaju pogodniji za korišćenje i poprimaju izgled:

$$N = 1 + [(t_z + R)/B], \quad \text{vozila/interval zelenog signala} \quad (12)$$

odnosno

$$N = 1 + \{ [1/(V_g g_g)] - (V_g/2a_k) + R \} / B, \quad \text{vozila/interval} \quad (13)$$

Pri korišćenju prethodnih obrazaca primećuje se da za određene granične vrednosti slobodnog vremenskog razmaka (odnosno dužine trajanja zelenog), nijedno vozilo iz niza neće moći da savlada raskrsnicu, pa je potrebno analitički odrediti te granične vrednosti. One se dobijaju izjednačavanjem sa nulom obrazaca za N , a značajne su pri donošenju odluka o primeni mera regulacije na određenim raskrsnicama, odnosno pri organizaciji i planiranju kretanja kolone.

Tako se, u slučaju signalisane raskrsnice, za $N=0$, dobija praktično mi-

nimalna vrednost zelenog svetla, pri kojoj je moguće savlađivanje raskrsnice, i ono je:

$$t_z > K_1 + (V_R/a_u) + (L_R/V_R) - t_r - (V_R/2a_k), (s).$$

Za nesignalisanu raskrsnicu pogodno je taj granični interval izraziti preko veličine protoka u prioritetnom toku, koji mora biti:

$$q_G < 1/[K_1 + (V_R/a_u) + (L_R/V_R) - t_r - (V_R/2a_k) + (V_G/2a_k)], \text{ voz./s}$$

Radi proračuna vremena koje je potrebno svim vozilima u koloni za savlađivanje raskrsnice, polazi se od sledećih uslova: za vreme slobodnog vremenskog razmaka (odnosno faze zelenog signala), raskrsnicu savlada N vozila, što čini deo vozila od ukupnog broja vozila u koloni. Označi li se sa N_k ukupan broj vozila u koloni, tada je vreme potrebno za savlađivanje nesignalisane raskrsnice (T_R^N):

$$T_R^N = (N_k/N) t_{th} (s), \quad (14)$$

gde je:

t_{th} — interval sleđenja vozila u prioritetnom toku (s),

N — broj vozila iz niza koji savlada raskrsnicu u intervalu t_{th} .

Za signalisane raskrsnice u ukupno vreme savlađivanja (T_R^S) mora se uračunati i vreme čekanja vozila iz niza dok su pred crvenim signalom, pa je:

$$T_R^S = (N_k/N) (t_z + t_c) = C(N_k/N) (s), \quad (15)$$

gde je:

C — dužina trajanja ciklusa na datoj raskrsnici (s).

Definiše li se odnos trajanja zelenog i crvenog signala kao $\beta = t_z/t_c$, tada je prethodni obrazac:

$$T_R^S = (N_k/N) [1 + (1/\beta)] (s) \quad (16)$$

Pri tome, treba istaći da za levo skretanje kolone na signalisanoj raskrsnici, uz proračunat broj vozila (N),

koja mogu da savladaju raskrsnicu za vreme zelenog signala (a rečeno je da taj broj zavisi i od veličine protoka u prioritetnom toku, odnosno od veličine slobodnih vremenskih razmaka u njemu) treba uzeti u obzir i vreme čekanja vozila na crvenom signalu.

Ukupno vreme savlađivanja raskrsnice u tom slučaju biće:

$$T_R^S = (N_k/N) t_{th} [1 + (t_c/C)] (s) \quad (17)$$

gde je:

t_{th} — interval sleđenja među vozilima prioritetnog toka, tj. toka iz suprotnog smera,

t_c — trajanje crvenog svetla,

C — trajanje ciklusa za datu raskrsnicu.

Pri analizi vremenskih, odnosno materijalnih gubitaka ostalih učesnika pri savlađivanju raskrsnice prvenstveno se misli na vozila iz toka iza kolone koja su prinuđena da čekaju dok sva vozila iz sastava kolone ne savladaju raskrsnicu. Međutim, gubici se javljaju i kod vozila ostalih tokova na raskrsnici (npr. u tokovima vozila na sporednim pravcima raskrsnice puteva različitog značaja).

Broj »nakupljenih« vozila iza kolone koja savlađuje raskrsnicu određuje se prema sledećim uslovima:

protok vozila iz kolone (q_k), pri savlađivanju raskrsnice, definisan je kao:

$$q_k = N_k/T_R, \text{ voz./s, gde je:}$$

N_k — ukupan broj vozila u koloni,

T_R — vreme savlađivanja raskrsnice (za celu kolonu).

Prema tome, broj nakupljenih vozila iza kolone (N_s), za vreme savlađivanja raskrsnice, biće:

$$N_s = (q_s - q_k) T_R = q_s T_R - N_k, \quad (18)$$

gde je q_s , veličina protoka sustižućeg toka, voz./s.

Iz prethodnog obrasca proizilazi da će se nakupljanje javljati pri vrednostima protoka q_s većim od ostvarenog protoka kolone (q_k) na raskrsnici.

U slučaju savlađivanja nesignalisane raskrsnice taj broj nakupljenih vozila, prema obrascu (13), obrascu (18), te već navedenim zamenama (R i B) biće:

$$N_s^N = N_k \{ [(th_G q_s B) / (1 + (1/V_G q_G) - (V_G/2a_k) + R)] - 1 \},$$

vozila.

Za signalisanu raskrsnicu, analogno pripadnim obrascima:

$$N_s^S = N_k \{ [(q_s C B) / (t_s + R + B)] - 1 \},$$

vozila.

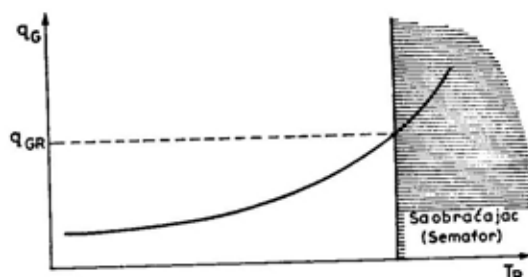
Analogno prethodnom, za slučaj levog skretanja kolone na signalisanoj raskrsnici:

$$N_s^{SL} = N_k \{ \{ [B q_s th_G (C + t_c)] / [C \{ (1 + (1/V_G g_G) - (V_G/2a_k) + R) \}] - 1 \} \}$$

vozila.

Prethodni obrasci pogodni su za simuliranje procesa nakupljanja vozila iza kolone pri različitim uslovima kretanja raskrsnicom i različitim tipovima raskrsnica.

Uz ostale pretpostavljene parametre, vrednost vremena savlađivanja raskrsnice, odnosno broj nakupljenih vozila iza kolone, zavisi od veličine prioritarnih tokova na raskrsnici, ima sledeći principijelni dijagramski izgled (slika 3).



Sl. 3 — Zavisnost vremena T_R od intenziteta prioritarnog toka

Na dijagramu je naznačeno područje vremena prolaska raskrsnicom koje je poraslo do te mere da je po-

trebno da saobraćaj na raskrsnici reguliše ovlašćeno lice (saobraćajni milicioner ili pripadnik jedinica SbVP).

S obzirom na to da to vreme nastupa pri nekoj graničnoj vrednosti protoka u prioritarnom toku, za ostale date uslove raskrsnice i dinamike kretanja vozila u njenoj zoni to može biti jedan od dominantnih kriterijuma pri odlučivanju kada i gde na putnoj mreži treba postaviti organe za regulisanje saobraćaja. Ali, treba imati u vidu da u tu graničnu vrednost protoka ulaze svi tokovi na raskrsnici koji su za datu situaciju prioritarni u odnosu na vozila iz sastava kolone.

Stohastičnost procesa kretanja kolone raskrsnicom

Prethodna analitička razmatranja mogućnosti prolaska vojne motorizovane kolone raskrsnicom zasnivala su se na determinističkom pristupu radi sagledavanja odnosa među relevantnim parametrima datog procesa. Međutim, u stvarnosti, pristizanje vozila iz sastava ostalih tokova na raskrsnicu ima karakter slučajnog procesa, pa je potrebno isti problem razmotriti i sa aspekta stohastičnosti pojave vozila iz tih tokova na raskrsnici. Polazi se od pretpostavke da se ostala vozila, osim vozila iz sastava kolone na raskrsnici, pojavljuju u proizvoljnim slučajnim trenucima, te da je njihovo kretanje međusobno nezavisno. Takvo pristizanje vozila (slobodan saobraćajni tok) može se opisivati Poasonovom raspodelom, odnosno verovatnoća pristizanja određenog broja vozila na raskrsnicu za vreme datog vremenskog intervala pokorava se Poasonovoj raspodeli.

Verovatnoća da se na raskrsnici (tj. u konfliktu sa vozilima iz kolone) pojavi n vozila iz prioritarnog toka u vremenu t je:

$$P(X=n) = e^{-q_G t} (q_G t)^n / n!, \quad (19)$$

gde je:

q_G — veličina izmerene srednje vrednosti protoka prioriternog toka, voz./s;

t — veličina vremenskog intervala u kojem se posmatra pristizanje, s.

Uoči li se kritični granični interval vremena (t_{GR}), pri kojem jedno vozilo iz kolone (prvo u nizu) može da savlada raskrnicu, tada se na osnovu poznavanja veličine srednjeg časovnog (odnosno sekundnog) protoka u prioriternom toku mogu izračunati pripadne verovatnoće da će za to vreme na raskrnicu pristići n vozila iz tog toka.

Već je pomenuto da je taj granični interval (t_{GR}) jednak zbiru vremena za koje jedno vozilo (t_R) savlađuje raskrnicu i bezbednosnog vremena (t_{be}). Dakle, verovatnoća da u tom intervalu pristigne n vozila iz prioriternog toka je:

$$P(n=0) = e^{-q_G t_{GR}},$$

$$P(n=1) = (q_G t_{GR}) e^{-q_G t_{GR}},$$

$$P(n=2) = (1/2) (q_G t_{GR})^2 e^{-q_G t_{GR}}, \text{ itd.}$$

Verovatnoća da pristigne jedno ili više vozila je:

$$P(n>1) = 1 - (e^{-q_G t_{GR}}) \quad (20)$$

Ova verovatnoća može se nazvati verovatnoćom ometanja savlađivanja raskrsnice.

Kako je već istaknuto, pri savlađivanju raskrsnice može se desiti da više tokova bude prioriterno u odnosu na vozila iz sastava kolone. Koristeći činjenicu o nezavisnosti tokova koji se sučeljavaju na raskrsnici, tražena verovatnoća ometanja vozila iz kolone pri prolasku raskrsnicom zavisice od ukupne veličine protoka prioriternih tokova, odnosno tražena verovatnoća se dobija kao proizvod parcijalnih verovatnoća za svaki prioriterni tok.

Prema tome, uz pretpostavku da su na četverokrakoj raskrsnici sva tri

preostala toka prioriterna u odnosu na kolonu, verovatnoća da na raskrnicu u datom intervalu pristigne jedno ili više vozila je:

$$P(n>1) = 1 - [e^{-(q_{G1} + q_{G2} + q_{G3}) t_{GR}}] \quad (21)$$

U prethodnom obrascu oznake q_{G1} , q_{G2} i q_{G3} predstavljaju veličine izmerenih srednjih vrednosti protoka u prioriternim tokovima.

Za određivanje veličine vremena t_{GR} (tj. vremena za koje vozilo iz kolone može da savlada raskrnicu) polazi se od određenih analitičkih relacija (slika 4).

Prethodno je istaknuto da je vreme potrebno za savlađivanje raskrsnice (t_R):

$$t_R = (L_R/V_R) + (V_G/2a_k) + t_r \text{ (s).}$$

Put koji vozilo pređe savlađujući raskrnicu različit je i zavisi od smera kretanja kolone na raskrsnici. Tako će, pri kretanju vozila pravo kroz raskrnicu, to biti širina raskrsnice (B_r), a pri skretanju dužina kružnog luka po kojem skreću vozila. Ta dužina luka zavisi, nadalje, od geometrijskih parametara raskrsnice, kao i od smera skretanja (desno ili levo). Tako, prema slici 4, vremena potrebna za savlađivanje raskrsnice su:

$$t_R^P = (B_R/V_R^P) + (V_G/2a_k) + t_r \text{ (s),}$$

$$t_R^D = (R_D \pi / 2V_R^D) + (V_G/2a_k) + t_r \text{ (s),}$$

$$t_R^L = (R_L \pi / 2V_R^L) + (V_G/2a_k) + t_r \text{ (s).}$$

U prethodnim izrazima indeksi P , D i L označavaju pripadajuće poluprečnike skretanja, odnosno brzine kretanja (pravo, desno i levo).

Za ovako dobijena vremena, primenom obrasca za verovatnoću pojave n vozila iz prioriternog toka, lako se dobiju odgovarajuće vrednosti verovatnoća.

Dopusti li se da to vreme raste do vrednosti vremena T_R (tj. vremena potrebnog da cela kolonska formacija savlada raskrnicu), zanimljivo je proračunati verovatnoće pojave n vozila iz prioriternog toka za takav slučaj. Ti-

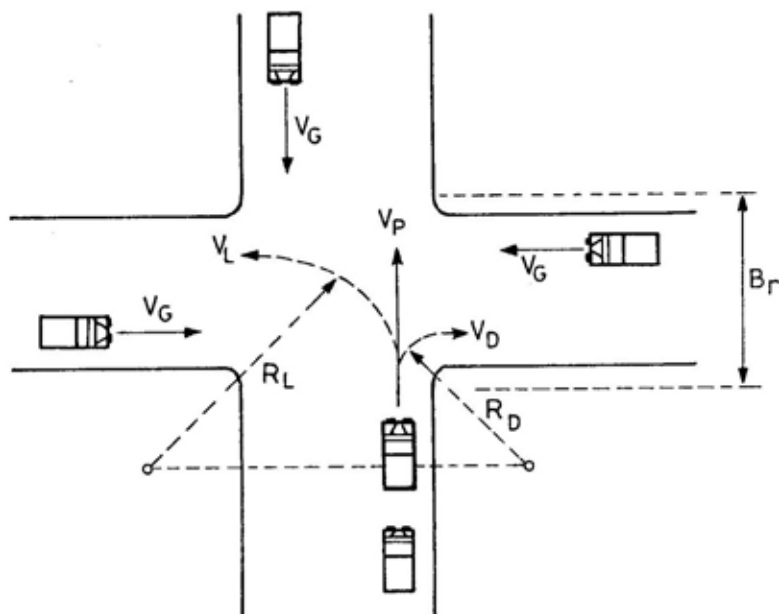
me se, u stvari, saznaje u kojoj meri prioritetni tokovi ometaju prolazak kolone raskrsnicom.

Verovatnoća da se za vreme T_R na raskrsnici pojavi n vozila iz prioritetnih tokova biće:

$$P(n > M_{sr}) = 1 - \sum P(n=i)$$

pri čemu je $i=0, 1, 2, \dots$ do M_{sr} (24)

Pokazuje se da verovatnoća prema prethodnom obrascu raste do određene vrednosti zavisno od porasta vremena T_R , tj. pri istoj veličini protoka



Sl. 4 — Moguća kretanja vozila na raskrsnici

$$P(n) = e^{-q_G T_R} (q_G T_R)^n / n! \quad (22)$$

Definiše li se proizvod $q_G T_R = M_{sr}$, tj. prosečan broj vozila iz prioritetnog toka koji se može očekivati u intervalu T_R , obrazac poprima izgled:

$$P(n) = e^{-M_{sr}} M_{sr}^n / n! \quad (23)$$

S obzirom na to da je vreme koje je potrebno da cela kolonska formacija savlada raskrsnicu upravo i dobijeno na osnovu prosečno utvrđenog broja vozila koja dolaze iz prioritetnog toka (prema broju intervala sleđenja th_G), interesantno je odrediti verovatnoću da taj broj prispelih vozila iz prioritetnog toka bude veći od tog prosečnog broja vozila u intervalu T_R .

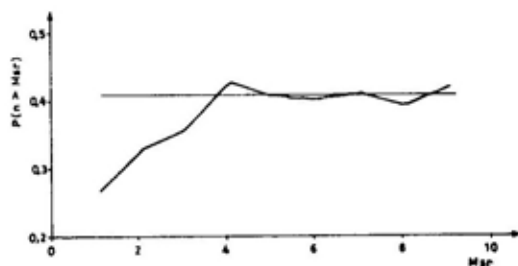
Prema tome:

u prioritetnom toku ako se povećava vreme potrebno za prolazak kolone raskrsnicom (a ono zavisi od broja vozila u koloni, odnosno od brzine savlađivanja raskrsnice), povećava se i verovatnoća da će prolazak vozila iz kolone biti ometan. Kada taj porast tražene verovatnoće dostigne određenu vrednost, na njoj se ustaljuje, nezavisno od daljeg povećanja vremena potrebnog za savlađivanje raskrsnice.

Variranje različitih vrednosti protoka prioritetnog toka, odnosno vremena koje je potrebno da vozila iz kolone savladaju raskrsnicu, daje očekivani prosečan broj vozila iz prioritetnog toka (M_{sr}), pa odgovarajuća simulacija verovatnoća da taj broj bude premašen u zadatom intervalu za M_{sr}

>3 pokazuje tendenciju grupisanja oko vrednosti 0,4 (dijagram na slici 5).

Dakle, za više od 3 prosečno očekivana vozila iz prioriternog toka po intervalu T_R (tj. u vremenu prolaska



Sl. 5 — Zavisnost verovatnoće $P(n > M_m)$ od datog broja vozila M_m

kolone dobijenom determinističkim proračunom — obrasci 12 i 13), verovatnoća da pristigne više vozila od tog prosečnog broja teži ka 0,4, odnosno u 40% posmatranih slučajeva može se očekivati da će biti potrebno duže vreme prolaska kolone raskrsnicom, nego što to kazuje deterministički proračun za date uslove broja vozila u koloni, odnosno veličine protoka prioriternog toka. To je vrlo važno, zbog potrebe preduzimanja adekvatnih regulacionih mera, kao i same organizacije kolone (ešeloniranje). Naime, uočava se da je za manje dubine kolonskih formacija manji i očekivani prosečni broj vozila iz prioriternog toka, a ako je manji od 3 manja je i verovatnoća da će ta formacija biti dodatno ometana u odnosu na već uračunato ometanje.

Ali, potrebno je istaći da je prethodna analiza, zasnovana na verovatnoći pristizanja vozila koja se pokorava Poasonovoj raspodeli, primenjiva za prioriternu tokove protoka do oko 200 vozila/čas, dok za veće intenzitete ne daje dobre rezultate.

Literatura:

- [1] Osenica, M.: Metodika regulisanja i kontrole putnog vojnog saobraćaja u ratu, magistarski rad, CVTŠ Kov Zagreb, 1990.
- [2] Kuzović, Lj.: Teorija saobraćajnog toka, IRO Građevinska knjiga, Beograd, 1987.

Zaključak

Pri realizaciji transportnih zadataka kao jedan od relevantnih kriterijuma efikasnosti nameće se ukupno vreme kretanja vojne motorizovane kolone, jer je ono najuže povezano sa dinamikom ostalih namenskih zadataka, kao i sa materijalnim troškovima.

U dosadašnjoj svakodnevnoj praksi pri vojnim prevoženjima prilično se uprošćeno proračunava vreme kretanja, kao odnos ukupne dužine planirane maršrute i neke procenjene vrednosti srednje marševske brzine. Očito je da će u slučaju loše procene srednje marševske brzine (pri čemu se ne razmatraju posebno karakteristike putnih čvorova i saobraćaja na njima) doći do značajnog odstupanja u pravilnoj proceni vremena kretanja. Imajući u vidu da vreme provedeno u savlađivanju raskrsnica u urbanim sredinama, u ukupnom vremenu kretanja čini čak i do 30%, posebno je važno poznavati proces prolaska kolone raskrsnicom sa aspekta vremenskih gubitaka.

Poznavajući karakteristike kolone, te saobraćajnu sliku na delu putne mreže izabranom za potencijalnu maršrutu, organ koji planira kretanje kolone može, na osnovu kriterijuma vremena kretanja, uticati na:

- izbor maršrute,
- primenu regulacionih mera na pojedinim raskrsnicama,
- struktuiranje (ešeloniranje) kolonske formacije.

Osim toga, pri proračunu vremenskih gubitaka u zonama raskrsnica, na osnovu determinističkog pristupa, pokazano je da dobijene vrednosti treba uvećati za 40% (i to pri relativno malom saobraćajnom opterećenju mreže) da bi se realno procenilo potrebno vreme kretanja.

- [3] Jovanović, G.: Analiza izgubljenog vremena kod zastoja vozila u saobraćajnom toku, Tehnika-Saobraćaj, br. 9, Beograd, 1977.

Mr Branko Božić,
major, dipl. inž.
Vojnogeografski institut,
Beograd

NEKI PROBLEMI U PRIMENI GLOBALNOG POZICIONOG SISTEMA U NAŠIM USLOVIMA

UDC: 528.01:528.006.27 :528;355.528.8

Rezime:

U članku su istaknuti određeni problemi u primeni globalnog pozicionog sistema (GPS) u praksi. Posebno se ukazuje na potrebu posedovanja savremene i tačne državne geodetske mreže i njeno povezivanje u Evropsku referentnu mrežu (EUREF). To je nužan preduslov za određivanje pouzdanih parametara za transformaciju GPS (WGS84) koordinata u državni koordinatni sistem.

Ključne reči: geodetski datum, transformacije.

SOME PROBLEMS IN USING GLOBAL POSITIONING SYSTEM IN OUR CONDITIONS

Summary:

The paper points out some problems in using GPS in true field conditions. In particular, the paper describes importance of having a very good state network and its connection with the European reference frame (EUREF). It should be noted that in order to have good transformation parameters, we must define the relationship between the local geodetic system (local datum) and the satellite global datum (World Geodetic System 1984), in a proper way.

Key words: GPS, geodetic datum, transformations.

Uvod

Primena GPS tehnologije donela je revolucionarne promene u načinu određivanja položaja željenih tačaka ili objekata u prostoru, uključujući pri tome i navigaciju. U svetu je primena GPS postala nužnost. Bez GPS-a se ne može ni zamisliti savremena navigacija, na moru, kopnu ili u vazдушnom prostoru. GPS je danas jedno od najefikasnijih sredstava za masovno prikupljanje podataka za potrebe izgradnje geografskog informacionog sistema (GIS). Ovaj rad, pored prikaza osnovnih pojmova o GPS-u, analizira koordinatne sisteme; globalni — u kome se daju GPS rezultati i lokalni — u kome

su sračunate koordinate tačaka kojima se u praksi služi (državni sistem).

Cilj rada je da ukaže na važnost uspostavljanja neophodnih preduslova za potpunu primenu GPS-a u našim uslovima, kao i da posluži budućim korisnicima u sagledavanju svih relevantnih faktora koji utiču na stepen iskorišćenosti ovog nesumnjivo veoma efikasnog tehničko-tehnološkog sistema.

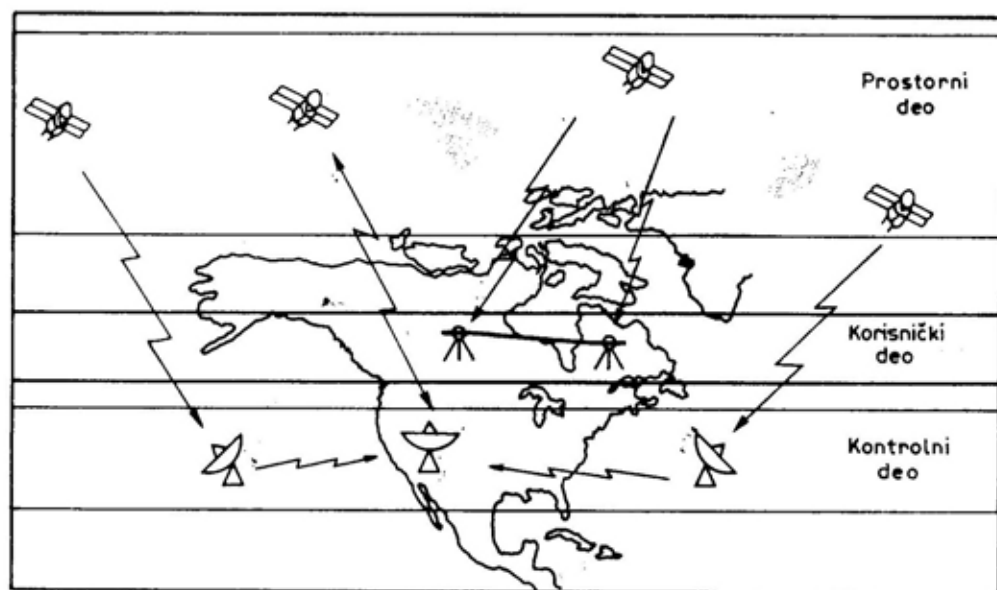
Komponente globalnog pozicionog sistema

Globalni pozicioni sistem čini skup od 21+3 rezervna satelita, raspoređena u 6 orbitalnih ravni, na visini od oko 20 000 km iznad Zemlje, koji emi-

tuju podatke o svom položaju (koordinate — efemeride) u svetskom prostornom trodimenzionalnom koordinatnom sistemu (WGS84) sa ciljem da se na svakoj tački Zemlje, u bilo koje doba dana ili godine može odrediti tačan položaj i brzina kretanja GPS antene (sredstva na kojem je montirana) (slika 1).

GPS je projektovao i održava ga Ministarstvo odbrane SAD. Od svog nastanka (1971) do danas, u orbitu su

ličitih vrsta. U zavisnosti od karakteristika i namene prijemnici mogu biti kodni i beskodni, jednofrekventni i dvofrekventni, navigacioni i geodetski, vojni i civilni i sl. Svi oni imaju istu namenu, a to je prijem signala sa satelita i njegova dalja obrada, čiji nivo zavisi od namene uređaja. Za vojne potrebe posebno je interesantno: određivanje pozicija u što kraćem vremenu i u koordinatnom sistemu koji je razumljiv korisniku (saglasan sa kartom).



Sl. 1 — Komponente globalnog pozicionog sistema

sukcesivno izbacivane tri generacije satelita (Blok 1, Blok 2 i Blok 2R), različitih karakteristika i mogućnosti.

Svaki satelit (prostorna komponenta sistema) emituje na dve noseće frekvencije ($L_1=1,5$ GHz i $L_2=1,2$ GHz): kodove (C/A na L_1 nosaču i P kod na oba noseća talasa), efemeride, podatke o jonosferi i druge pomoćne informacije značajne za dalju obradu podataka u GPS prijemniku ili računaru.

Korisnički deo GPS-a čine satelitski prijemnici, kojih ima preko 100 raz-

ličitih vrsta. Treću komponentu GPS-a čini skup kontrolnih stanica, čija je osnovna namena praćenje satelita, izračunavanje njihovih putanja kretanja i slanje tih podataka do svakog satelita.

Određivanje koordinata položaja stajnih tačaka

Da bi se došlo do koordinata položaja stajne tačke u koordinatnom sistemu države na čijoj teritoriji se izvođe merenja, potrebno je znati: koordinate satelita u trenutku opažanja,

najmanje tri dužine između prijemnika i satelita (jedan prijemnik i tri satelita), kao i vezu (odnos) između koordinatnog sistema u kome su date koordinate satelita (WGS84) i državnog koordinatnog sistema (kod nas je to na određeni način orijentisan i lociran Beselov elipsoid na koji je projektovana državna trigonometrijska mreža, tj. na kome je preslikana državna teritorija, da bi se dalje lakše projektovala na poprečni cilindar, formirajući, radi smanjenja deformacija, tri koordinatna sistema u ravni (na karti poznatiji kao 5. 6. i 7. zona).

Koordinate položaja satelita su predmet tzv. dinamičke satelitske geodezije i ne tiču se direktnog korisnika. Tačnost emitovanih efemerida definisana je određenim standardima. Običnim korisnicima pristupačan je tzv. SPS standard (tačnost oko 100 m po položaju i 150 m po visini), dok je tzv. PPS standard (tačnost oko 10 m) privilegija SAD i njenih saveznika, što je postignuto uvođenjem tzv. AS (Antispoofing), tj. ograničenjem u pristupu P kodu. Na nivo tačnosti od 100 m došlo se tzv. politikom propustljivosti (SA — Selektive Availability) koja podrazumeva degradaciju tačnosti efemerida i neadekvatno modelovanje parametara časovnika u satelitu.

Merenje dužina od prijemnika do satelita zadatak je operativnog dela satelitske geodezije i jeste nešto što budući korisnik treba da zna. Poznate su tri vrste GPS merenja: *kodno merenje*, *fazno merenje* i *merenje pomaka Doplerove frekvencije*. Cilj sve tri vrste merenja je da se dođe do dužine između prijemnika i satelita.

Kodna merenja se, uglavnom, koriste za potrebe određivanja pozicija u realnom vremenu. Princip merenja zasniva se na određivanju vremena (upoređenjem istih sekvenci kodova koji se generišu u satelitu i prijemniku) koje je potrebno signalu da pređe put od satelita do prijemnika. Tačnost položaja dobijenih ovom vrstom opaža-

nja kreće se od 10 m (P kod) do 100 m (C/A kod).

Fazna merenja se, uglavnom koriste kada treba ispuniti zahteve najviše tačnosti (nekoliko santimetara). Do vrednosti dužina između satelita i prijemnika se dolazi merenjem fazne razlike između signala (noseće frekvencije) pristiglog sa satelita i istog signala generisanog u prijemniku. Određujući ukupnu vrednost celog broja talasnih dužina između satelita i prijemnika i mereći preostali deo talasne dužine (poznata vrednost talasne dužine signala $\lambda_{L1}=19$ cm i $\lambda_{L2}=24$ cm), dolazi se do rastojanja satelit-prijemnik.

Treća vrsta merenja je jedna od prvo primenjenih metoda merenja. Pošto je satelit pokretan, frekvencija koju emituje, usled relativističkog efekta, biće pomerena (saglasno radijalnoj komponenti brzine satelita — poznata vrednost) u odnosu na fiksnu vrednost. To omogućuje da se izvesnim metodama dođe do brzine kretanja antene, kao i razlike rastojanja između dva različita položaja satelita. Poznavajući rastojanje do satelita u početnoj epohi merenja, mogu se dobiti rastojanja do satelita u nekoj od narednih vremenskih epoha (trenutaka).

Na osnovu rastojanja merenih do najmanje tri satelita, dobijaju se tri dužine, na osnovu kojih se, metodom presecanja, mogu izračunati prostorne koordinate položaja antene (X, Y i Z). Često se, kod zahteva najviše tačnosti, traži i četvrto rastojanje (satelit) koje se upotrebljava radi ocene vrednosti popravke prijemnikovog časovnika, koja se pri daljem računanju uzima u obzir. Opšti je princip — što se veći broj satelita opaža, to je veća pouzdanost rezultata merenja, a ocena tačnosti položaja objektivnija. Zahtev za što većim brojem kanala (vezano sa brojem satelita koji se prati) posebno se postavlja pri radu instrumenta u pokretu (kinematička metoda GPS merenja).

Zahtev, koji se odnosi na brzinu i tačnost određivanja položaja, traži da se ovi pojmovi odvoje i posebno objasne. To proističe iz ličnog iskustva autora koji je u praksi primetio izvesne nejasnoće u razmatranju ovih veličina.

Vreme koje je potrebno za određivanje koordinata položaja antene zavisi (uglavnom) od tražene tačnosti. Ukoliko se traži tačnost od 100 m, dovoljno je opažati samo nekoliko sekundi, a ukoliko je zahtevana veća tačnost, veće (duže) je i vreme opažanja. Kod zahteva najviše tačnosti (u geodeziji gde se traži milimetarska tačnost), nužna je naknadna obrada podataka merenja (u računaru), koja može trajati i po nekoliko sati. Kod zahteva tog nivoa, koriste se tzv. relativne metode GPS-a (simultano opažanje sa više prijemnika). Sigurno je da pri zahtevu za što bržim određenjem položaja dolaze u obzir samo dve grupe prijemnika: obični navigacioni sa što većim brojem kanala i GPS prijemnici u sistemu tzv. DGPS-a (diferencijalni GPS).

Što se tiče tačnosti, treba razlikovati unutrašnju tačnost (preciznost) od spoljašnje tačnosti. Unutrašnja tačnost podrazumeva odstupanje pojedinog rezultata merenja od srednje vrednosti, dok se pod spoljašnjom tačnošću podrazumeva odnos između srednje vrednosti (najverovatnije vrednosti mere ne veličine) i uslovno tačne vrednosti. Pomenuti podaci o tačnosti GPS-a (od 10—100 m) odnose se na unutrašnju tačnost pojedinog rezultata merenja. Spoljašnja tačnost srednje vrednosti koordinata zavisi od vremena opažanja (npr. neki rezultati ispitivanja prijemnika SCOUT — Trimble pokazali su da je u vremenskom intervalu od 10 do 15 min moguće postići tačnost od oko 40 m). U literaturi se može naći podatak da se jednim prijemnikom nakon opažanja u vremenu od jednog dana može postići spoljašnja tačnost ispod 3 do 4 metra.

Veza globalnog (WGS84) i lokalnog (državnog) koordinatnog sistema

Običnog korisnika ne zanima odnos između lokalnog i globalnog sistema (datuma). Važno je da pozicije budu prepoznatljive, tj. date u ravni projekcije karte (ili neki drugi medij) koju poseduje. Ostvarivanje veze između koordinatnih sistema zadatak je geodeta prema prirodi nauke i sadržaju njenog predmeta. Drugi način da se prikaz položaja GPS prijemnika učini uporedivim sa topografskom kartom je da se na određenom broju topografskih karata postojeća pravougla mreža zameni mrežom paralela i meridijana, u sistemu WGS84. I jedna i druga mogućnost imaju prednosti i nedostatke i zahtevaju određivanje tzv. transformacionih parametara. Vojno-geografski institut je za šire područje Beograda odredio transformacione parametre, ali se oni zbog nehomogenosti državne mreže (na celom njenom prostoru; osim toga nije definisan globalni datum — povezivanje u EUREF), ne mogu zvanično koristiti bez detaljnije analize tačnosti transformacije, na celoj teritoriji SRJ.

U poslednje vreme često se postavlja zahtev za proširivanjem zone naše državne projekcije sa 3 na 6 stepeni. Osnovni razlog za uvođenje trostepenih zona bio je da se postigne da deformacije dužina na krajevima zone ne pređu iznos od 1:10 000 (1 dm po kilometru dužine). Uvođenje šestostepene zone, za vojne potrebe, može se realizovati bez većih problema, uz istovremeno korišćenje i neke druge kartografske projekcije (npr. UTM i sl.), uz prikaz meridijana i paralela u sistemu WGS84. Da bi se to realizovalo, pored toga što bi postojeću državnu trigonometrijsku mrežu trebalo homogenizovati (nova merenja unutar mreže i njeno povezivanje u EUREF — European reference frame), potrebno bi bilo, radi određivanja globalnih transformacionih parametara za čitavu teri-

toriju SRJ, izvršiti GPS merenja na određenom broju trigonometrijskih tačaka. Time se stiču neophodni uslovi koji, uz poznavanje oblika geoida, omogućuju definisanje datuma mreže.

Pitanje geodetskog datuma često je predmet nedoumice pri prvom susretu sa Uputstvom za rad bilo kog GSP prijemnika.

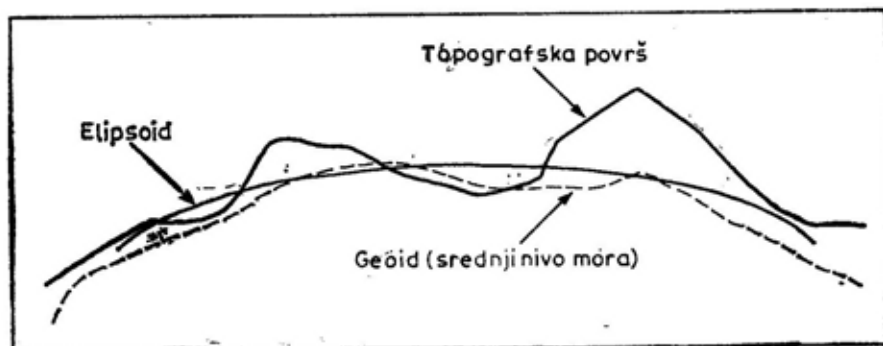
Geodetski datum

Da bi se pomoglo u rešavanju izvesne konfuzije u vezi sa pozicijama dobijenih GSP-om u sistemu WGS84, bitno je objasniti pojam horizontalnog datuma. Naime, postoji nekoliko formi oblika površi koje se koriste za prikaz Zemlje. *Istiniti* oblik čvrste Zemlje je njena *topografska površ* koja obuhvata, kako planinske visove, tako i morska udubljenja. Ona na prvi pogled ima izvesne sličnosti sa sferoidom (elipsoidom), ali, zbog neregularnosti, od njega odstupa i do 9000 m na kopnu, odnosno oko 11 000 m na okeanu. Kako je topografsku površ nemoguće tačno matematički definisati, ona se ne može koristiti kao referentna površ za pozicioniranje. Druga figura je *geoid* koji je nešto jednostavnijeg oblika, a, takođe, odstupa od sferoida i do 100 m. On se definiše kao ekvipotencijalna gravitaciona površ »jednaka« srednjem nivou mora. Može se zamisliti kao za-

krivljena (undulaciona) površ koja se prostire kroz kontinente (slika 2).

Undulaciona priroda geoida je rezultat nejednakog rasporeda nehomogenih masa unutar Zemlje. Važnost ove figure je uglavnom u tome, što je pravac gravitacione sile uvek upravan na geoid. To ima za posledicu da su svi geodetski instrumenti prirodno vezani za njega (pravac viska). *Sferoid* (elipsoid) je treća figura (površ) koja ima veliki značaj u geodeziji. Sferoid je matematičko-fizički definisana površ koja predstavlja praktičan model Zemlje na koji se svode sva položajna računanja. On se formira rotacijom elipse oko male ose i definisanjem fizičkih konstanti koje određuju njegova fizička svojstva (brzina rotacije, gravitaciona konstanta, normalno polje sile teže).

Radi što boljeg definisanja (aproksimacije) geoida, u praksi je uveden veliki broj sferoida (različitih dimenzija). Neki od njih su lokalni (ishodište pomereno u odnosu na centar Zemlje), a neki su globalni (ishodište u centru mase Zemlje). Da bi se neki elipsoid koristio kao osnova za računanje položaja tačaka, mora se definisati njegov položaj u odnosu na geoid. Definisanje jedne takve veze naziva se DATUM. Tako, npr. ED50 (evropski datum 1950), sa određenom tačnošću, povezuje internacionalni sferoid sa geoidom. Veoma je važno istaći da datum,



Sl. 2 — Odnos između različitih površi

koji nije dobro definisan u celini ili u nekom delu teritorije koju pokriva, ne može biti dobra osnova za povezivanje sa drugim datumima, koji, takođe, imaju neke svoje slabosti.

Sezdesetih godina satelitska tehnologija je omogućila definisanje globalnog datuma čije je ishodište u centru mase Zemlje. To je dovelo do pojave WGS84 datuma, koji povezuje satelitski određen sferoid sa geoidom.

Da bi se prešlo iz jednog datuma u drugi, potrebno je, na osnovu najmanje tri zajedničke tačke (poznate koordinate položaja u oba datuma), uspostaviti odnos između datuma. Kvalitet transformacije zavisiće (između ostalog) od broja i kvaliteta zajedničkih tačaka. Može se desiti da transformacioni parametri, sračunati za celu državnu teritoriju, nisu pouzdani za pojedine njene delove, ili da transformacioni parametri za jedan deo teritorije ne odgovaraju drugom delu teritorije (nehomogenost mreže izaziva pogrešno definisan datum).

GPS pozicije su definisane u WGS-84 sistemu (WGS84 koristi Geodetic Reference System 1980 — GRS80 elipsoid sa ishodištem u geocentru), ali većina prijemnika ima mogućnost transformacije koordinata u veliki broj drugih datuma. Treba skrenuti pažnju da su ponuđeni datumi (parametri) aproksimativni, tako da neki od njih, na krajevima zone koju obuhvataju, mogu izazvati greške položaja i do 100 m, pa se preporučuje upotreba WGS84 sistema, kad god je to moguće.

Kod nas, za sada, nema ni jedne karte definisane u WGS84 sistemu. Međutim, zbog brzog razvoja GPS-a i sve masovnije primene u navigaciji i pozicioniranju, postoji potreba da se odredi veza između lokalnog (državnog) datuma i WGS84 datuma, tako da se, pored ostalog, GPS koordinate mogu direktno kartirati, a za to je potrebna dobro definisana kontrolna horizontalna mreža. Tako, na primer, ukoliko se

veza između lokalnog horizontalnog datuma i WGS84 odredi sa tačnošću manjom od 10 m, a znajući da je tačnost plotiranja 0,2 mm, ova bi greška bila značajna za sve karte razmere veće od 1:50 000.

Problemi sa našim datumom

Radovi na našoj položajnoj mreži započeli su 1899. godine i trajali su do 1949. godine, što je nedopustivo dug period u uspostavljanju jedne trigonometrijske mreže, jer se, zbog pomerenja Zemljine kore, međusobni položaji tačaka u prostoru menjaju. Takođe, u toku merenja, korišćeni su različiti instrumenti i metode rada, a mreža je razvijana nadovezivanjem, onako kako se državna teritorija menjala, a hitni zadaci i potrebe zahtevali. Čak ni tako urađena mreža nije celovito obrađena (izravnata), već po delovima, što je dodatno uticalo na njenu nehomogenost. Međutim, najveća greška je napravljena oslanjanjem mreže na mrežu bečkog Vojnogeografskog instituta, 1904. godine. Ustanovilo se, da je austrougarska mreža bila pogrešno orijentisana, jer je fundamentalna tačka *Hermanskogel* kod Beča pogrešno određena po položaju, a orijentacija početnog pravca pogrešna za nekoliko sekundi. Posledica toga (pored nepoznavanja geoida na ovim prostorima) jeste nemogućnost definisanja preciznijeg lokalnog datuma, koji bi poslužio kao osnov za određivanje transformacionih parametara za prelazak iz WGS84 sistema u naš lokalni, državni sistem. Zbog činjenice da ovakva mreža ne zadovoljava naučne, privredne i vojne ciljeve, najviši organi geodetske službe su 1953. godine doneli odluku da se preduzmu radovi na stvaranju nove astronomsko-geodetske mreže (AGM). Sva merenja u AGM urađena su u skladu sa tadašnjim normama i standardima. Međutim, pošto se radi o obimnim i skupim radovima, a posebno nakon ukidanja Savezne geodetske upra-

ve (SGU) sredinom sedamdesetih godina prekinut je rad na potpunoj obradi i analizi projektovanih referentnih mreža. Posledica tog stanja je da se i danas koristi mreža za koju je još pre 44 godine konstatovano da ne zadovoljava savremene potrebe, što umanjuje efikasnost primene GPS-a u našim uslovima i ukazuje na potrebu planskog i sistematskog pristupa u realizaciji jedne savremene geodetske osnove kao podloge za potpunu primenu svih sadašnjih i budućih sredstava koja se koriste u definisanju položaja i kretanja u prostoru.

Zaključak

Globalni pozicioni sistem je nužno i nezaobilazno sredstvo, koje u današnjem vremenu predstavlja svojev-

sni standard tehnološkog stepena razvoja i ozbiljnosti pristupa rešavanju određenih problema u domenu navigacije i pozicioniranja. Svetska iskustva u primeni ovog sistema pokazuju punu opravdanost njegovog uključivanja u najrazličitije sfere primene. Kod nas još uvek nema jedinstvenog sveobuhvatnog pristupa njegovom planskom uvođenju u upotrebu, što može izazvati bespotrebnu potrošnju sredstava i dupliranje kapaciteta. Zato je neophodno, bar u Vojsci Jugoslavije, centralizovati nabavku ovih uređaja i izraditi jedinstveni multikorisnički sistem diferencijalnog GPS-a, koji bi zadovoljio interese različitih profila korisnika. Na čelu jednog takvog tima morao bi biti Vojnotehnički institut koji jedini raspolaže potpunim podacima o prostoru i ima neophodan stručni potencijal potreban za potpunu primenu GPS-a u Vojsci Jugoslavije.

Literatura:

- [1] Eckels, R.: Surveying with GPS in Australia, Report School of Surveying, The University of New South Wales Kensington, N. S. W. 2033, Australia, 1987.
- [2] Wild: PoPS Manual, WM Satellite Survey Company, Heerbrugg (Switzerland), 1990.
- [3] Leick, A.: GPS Satellite Surveying, John Wiley & Sons Inc., New York, 1990.
- [4] Božić, B.: Globalni pozicioni sistem, Vojnotehnički glasnik br. 6, Beograd, 1991.
- [5] Božić, B.: Globalni pozicioni sistem i selektivnost — vojni aspekt, Vojnotehnički glasnik br. 1, Beograd, 1992.
- [6] Božić, B.: Diferencijalni globalni pozicioni sistem, Geodetska služba, Geokarta Beograd, str. 65—69, 1994, br. 68.

Mr Predrag M. Vuletić,
dipl. inž.
Krušik-Akumulatori,
Valjevo

ODREĐIVANJE STVARNIH DEFORMACIJA NA MESTIMA SAVIJANJA PRI PROFILNOM SAVIJANJU ROTACIONIM ALATIMA

UDC: 620.178.6:621.981

Rezime:

U ovom radu prikazana je metoda ispitivanja stvarne deformacije uzoraka na mestu savijanja, pri oblikovanju profila rotacionim alatima u jednom prolazu. Za ovu namenu konstruisan je specijalni uređaj, pomoću kojeg je moguće, variranjem geometrijskih parametara procesa, doći do podataka o stvarnim deformacijama na mestima savijanja, u slučaju razaranja moguće je konstruisati i dijagram granične-deformabilnosti.

Ključne reči: profilisanje, stvarne deformacije, uglovi savijanja, merna mreža, granične deformacije.

DETERMINATION OF ACTUAL DEFORMATIONS AT BENDING POINTS DURING FORM BENDING BY ROTATING TOOLS

Summary:

This work presents a method for testing actual deformations of samples at bending points during form bending by rotating tools in a single pass. For that purpose, a special attachment has been made which helps to find the data of actual deformations at bending points by varying the process geometrical parameters.

Key words: form bending, actual deformations, bending angles, measurement grid, limit deformations.

Uvod

Profilno savijanje rotacionim alatima nalazi širu primenu tek od 1975. godine, jer ovaj postupak obrade zahteva specijalistička znanja, što je jedan od razloga da najveći broj naših fabrika koristi licencnu tehnologiju.

Osnovni cilj primene ove vrste tehnologije je da se do konačnog oblika profila dođe u što manjem broju prolaza bez razaranja i sa minimalnim troškovima.

Nagli razvoj računarskih tehnika u svetu doprineo je da se one primene

i u oblasti obrade deformisanjem, a u okviru nje i u oblasti obrade profilnim savijanjem rotacionim alatima. To se, pre svega, odnosi na primenu CAD-CAPP-CAM sistema. CAD (Computer Aided Design), CAPP (Computer Aided Process Planning) i CAM (Computer Aided Manufacturing) je projektovanje uz pomoć računara, planiranje tehnološkog procesa i izrada uz pomoć računara. Uvođenje tzv. CIM koncepta (Computer Integrated Manufacturing) u obradi deformisanjem podrazumeva integrisanje svih aktivnosti od projektovanja do izrade.

Zajednički istraživački projekat firme Graditelj-SECCO iz Gornjeg Milanovca i Mašinskog fakulteta iz Niša, usmeren je upravo u tom pravcu, jer je rezultat tog projekta programski sistem PROFIL pomoću kojeg je moguće izvršiti automatsko projektovanje tehnologije i alata za profilisanje.

U ovom radu data je metoda i izvršena su ispitivanja stvarne deformacije uzorka na mestu savijanja, prilikom oblikovanja u jednom prolazu, radi utvrđivanja rezervi plastičnosti u ispitivanju materijala. Za te namene konstruisan je specijalni uređaj, čija je skica prikazana na slici 1, a koji može da posluži kao osnova za konstrukciju i izradu univerzalnog uređaja za profilisanje traka u jednom prolazu.

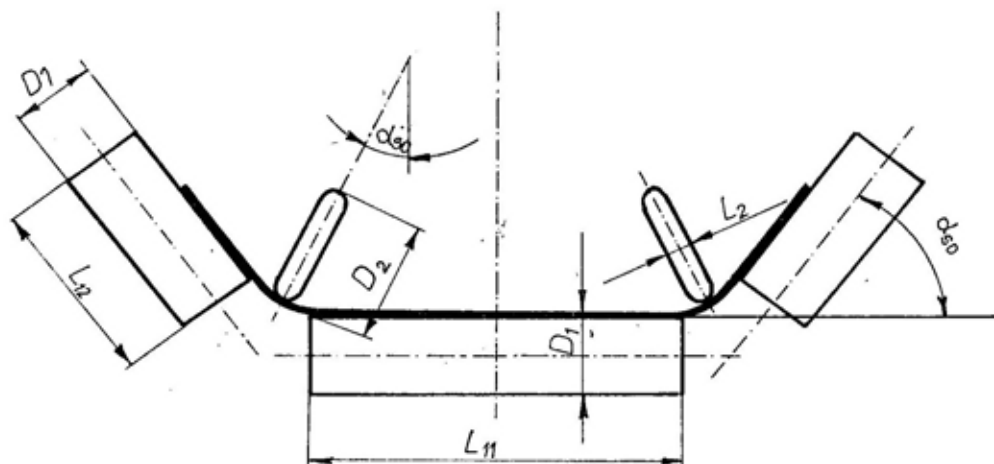
na postepenom savijanju uzoraka rotacionim alatima i merenju odgovarajućih parametara za izračunavanje deformacije na mestima savijanja profila. Za ispitivanje su korišćeni uzorci od hladno valjane čelične trake Č.0147 HT-30, dimenzija 170 x 200 x 1 mm. Na površinu pet uzoraka prethodno su elektrohemijskim putem nanete, sa obe strane, koordinatne merne mreže sa krugovima (okcima), prečnika 2,05 mm. Uzorci su profilisani sa uglovima od 30°, 35°, 40° i 45°, a konstantni radijus savijanja iznosi 5 mm. Deformacija uzoraka na mestima savijanja određivana je na osnovu merenja prečnika elipsi, koje su nastale deformacijom krugova (okaca) koordinatne mreže pri profilisanju. Oznake mernih veličina okaca date su na slici 2.

Metodologija ispitivanja i način merenja

Za ispitivanje deformacije uzorka na mestu savijanja korišćena je metoda etapnog savijanja uzoraka sa koor-

Rezultati merenja i određivanje stvarne deformacije

Rezultati merenja prečnika elipsi, na osnovu kojih se određuju deformacije na mestima savijanja, prikazani su



Sl. 1 — Skica uređaja za ispitivanje

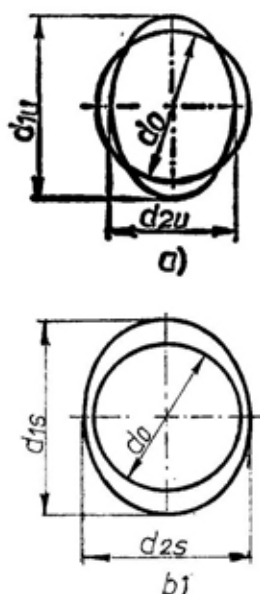
dinatnim mernim mrežama, koje su nanete na uzorke elektrohemijским putem sa obe strane, pre profilisanja.

Metoda etapnog savijanja uzoraka sa koordinatnim mrežama zasniva se

u tabeli 1, tako da se na osnovu njih može konstruisati kriva stvarnih deformacija.

Ogroman napredak u obradi lima postignut je pronalaskom metode za

određivanje krive granične deformabilnosti, koju su 1975. razradili Amerikanci Keeler i Goodwin (slika 3). Na



Sl. 2 — Deformacija okaca merne mreže sa unutrašnje i spoljne strane

za svaki od njih na kritičnom mestu stvori drugačije naponsko stanje. To se može postići promenom geometrije alata, podešavanjem oblika i dimenzija uzoraka, podmazivanjem, i dr.

U toku ispitivanja uzorci se naprežu dok ne dođe do razaranja, jer se samo na taj način može konstruisati dijagram granične deformabilnosti. Ista metodologija, koja se koristi za DGD (dijagram granične deformabilnosti), korišćena je i za konstrukciju dijagrama stvarne deformabilnosti, jer pri profilisanju nije došlo do razaranja. Upoređenjem ta dva dijagrama lako se može utvrditi postojanje rezerve plastičnosti za dati materijal i uslove profilisanja.

Logaritamske deformacije uzoraka proračunate su po formulama:

$$\varphi_{1u/s} = \ln(d_{max}/d_0) = \ln(d_{1u/s}/d_0)$$

$$\varphi_{2u/s} = \ln(d_{min}/d_0) = \ln(d_{2u/s}/d_0)$$

Na osnovu proračunatih vrednosti, prikazanih u tabeli 2, nacrtan je di-

Tabela 1

Ugao $\alpha_0 [^\circ]$	Unutrašnja strana		Spoljašnja strana	
	$d_{1u(mm)}$	$d_{2u(mm)}$	$d_{1s(mm)}$	$d_{2s(mm)}$
30	2,09	1,97	2,34	2,07
35	2,12	1,95	2,37	2,10
40	2,15	1,94	2,47	2,11
40	2,17	1,91	2,50	2,14
45	2,21	1,85	2,55	2,22

ordinatu se nanosi glavna (veća) deformacija φ_1 , a na apscisu manja φ_2 . Te dve deformacije određuju se merenjem osa elipsi na mestu razaranja ili najveće deformacije. Ispitivanje se obavlja na više različitih uzoraka od istog materijala, ali se pri tome podešava, da se

jagram stvarnih deformacija (sl. 3). S obzirom na mali broj podataka, isprekidanom linijom je data pretpostavljena trajektorija krive dijagrama deformacija, koja pokriva mnogo šire područje deformacije nego što je to prikazano u tabeli 1.

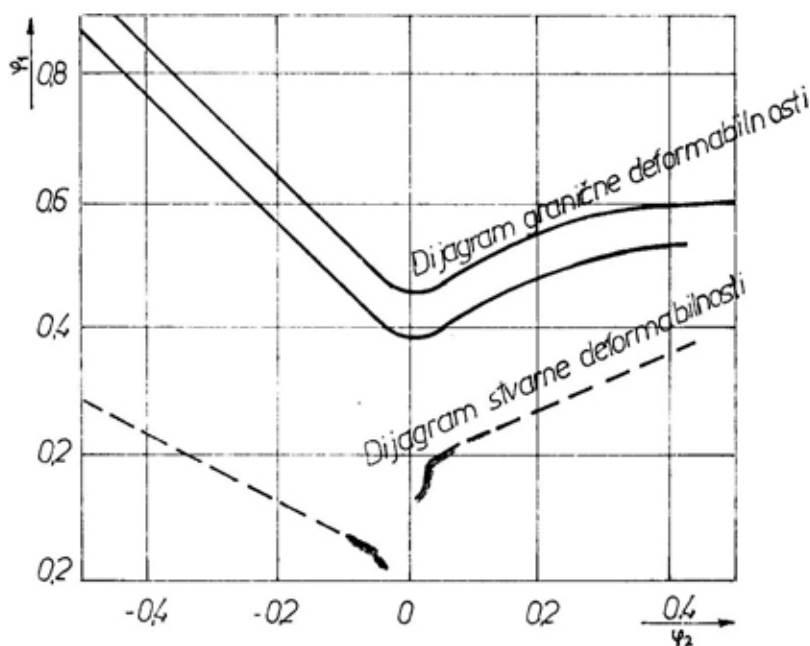
Analiza rezultata

Zavisnost između veličine deformacije mesta savijanja u dva ortogonalna pravca moguće je odrediti, uz

te uslove na mestima savijanja trake. Međutim, na tim mestima nije došlo do vidljivih pukotina na materijalu ni pri uglovima savijanja u jednom prolazu od 45° , što je onemogućilo kon-

Tabela 2

Ugao $\alpha_{\text{rot}(0)}$	Unutrašnja strana		Spoljašna strana	
	φ_{1u}	φ_{2u}	φ_{1s}	φ_{2s}
30	0,0193	-0,0398	0,1323	0,0097
35	0,00336	-0,0500	0,1451	0,0241
40	0,0476	-0,0552	0,1864	0,0288
40	0,0569	-0,0707	0,1985	0,0430
45	0,0752	-0,1027	0,2163	0,0797



Sl. 3 — Dijagram deformabilnosti

prethodno utvrđivanje veličina logaritamskih deformacija na različitim uzorcima.

Veličine logaritamskih deformacija dostižu maksimalne vrednosti za da-

strukciju dijagrama granične deformabilnosti tzv. Keeler-Goodwinovog dijagrama.

Činjenica da prilikom profilisanja sa različitim uglovima nagiba profila

(30°, 35°, 40° i 45°) nije došlo do vidljivih pukotina u materijalu govori da vrednosti deformacija navedenih u tabeli 2 nisu maksimalne vrednosti za materijal, što znači da u materijalu postoji rezerva plastičnosti i da se on može profilisati i sa uglovima većim od 45° u jednom prolazu bez razaranja.

Položaj krive granične deformabilnosti na sl. 3 mogao bi da se utvrdi samo eksperimentalnim putem sa uglovima profilisanja većim od 45° ili sa radijusom savijanja manjim od 5 mm.

Dijagram stvarne deformabilnosti pokazuje da sve tačke njegove krive i sve tačke ispod krive pripadaju području u kome sigurno neće doći do razaranja u materijalu pri ovom režimu profilisanja.

Konstrukcija uređaja (sl. 1) omogućava brzo utvrđivanje parametara

dijagrama, po uzoru na dijagram sa slike 3, a samim tim i sigurno profilisanje različitih profila bez rizika od razaranja materijala.

Zaključak

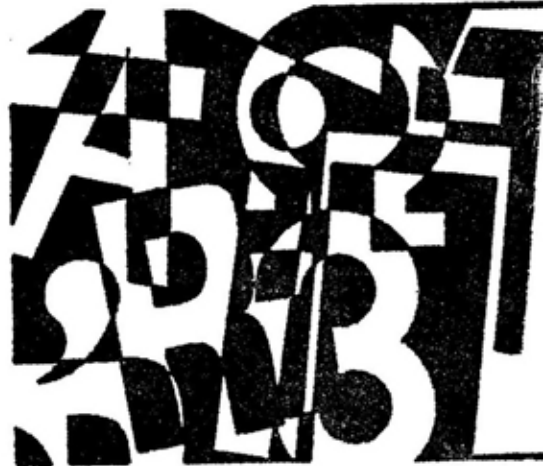
Hladno profilisanje rotacionim alatima predstavlja nov, ekonomičan metod oblikovanja metala. Razlozi što ono još nije našlo širu primenu su višestruki. Jedan od njih su visoki troškovi tehničke pripreme, tj. konstrukcije i izrade valjaka, zbog zahteva za visokospecijalizovanim i stručnim kadrom.

Cilj rada je da upozna naše stručnjake sa ovom metodom proizvodnje, kroz određivanje stvarnih deformacija.

Literatura:

[1] Triševskij, I. S., Doktorov, M. E.: Teoretičke osnove procesa profiliranja, Metalurgija, Moskva, 1980.
[2] Plančak, M., Vilotić, D., Vujović, V.: Tehnologija plastičnosti u mašinstvu II, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1992.

[3] Vuletić, M. P.: Hladno deformisanje rotacionim alatima i proračun profila, ODM 12/1987, Novi Sad.
[4] Vuletić, M. P.: Prilog istraživanju parametara procesa kod profilnog savijanja rotacionim alatima, Magistrski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.



prikazi iz inostranih časopisa

ARTILJERIJSKI SISTEM CRUSADER*

Haubica 155 mm M109 ne može da održi korak sa ostalim delom oklopnih snaga kopnene vojske SAD, potencijalno nije u mogućnosti da neutrališe protivničku artiljeriju, neekonomična je po pitanju resursa ljudstva koje njome rukuje i vrlo je ranjiva na reakciju protivnika. Čak i sadašnje uvođenje haubice M109A6 PALADIN u naoružanje ne može prikriti navedene negativne konotacije. Zbog toga je početkom 1994. godine kopnena vojska SAD sakupila tim ugovarača radi određivanja načina na koji će se sa minimalnim rizikom i troškovima proizvesti poboljšani artiljerijski sistem (AFAS — Advanced Field Artillery System). U međuvremenu, AFAS je prerašao u artiljerijski sistem CRUSADER.

Od samog početka CRUSADER je trebalo da bude sistem za 21. vek, jer uključuje tehnološka poboljšanja kao što je uvođenje tečnih pogonskih punjenja. Teoretski, tečna goriva pružaju mnoge prednosti, zahvaljujući kojima su logistika i rukovanje na vozilu mnogo jednostavniji. Ranih devedesetih godina razvoj tečnih goriva, kojim se bavila kompanija Lockheed Martin,

izgledao je izvestan, pa se očekivalo da će biti uveden u sistem CRUSADER. Međutim, pojavili su se brojni tehnički problemi a cena je stalno povećavana. Izveštaji sa ispitivanja oruđa bili su poražavajući zbog prisutnih efekata korozije i drugih problema. Stanje je doseglo kritičnu tačku početkom 1996. godine kada je doneta odluka o prestanku uvođenja tečnih goriva u sistem CRUSADER, a paralelno je izvršena tranzicija ka izradi haubi-ce sa čvrstim gorivima.

Artiljerijski sistem će imati top kalibra 155 mm XM297E2 sa dužinom cevi 54 kalibra. Duže cevi, za potencijalne domete od 50 km i veće, uvešće se kasnije. Ispitivanja su pokazala da, kada se gađa kasetnom municijom XM982 i upotrebom gasogeneratorskog dometa od 47,5 km može da se ostvari i sadašnjim topom.

Top XM297E2 predstavlja poboljšani artiljerijski sistem koji je smešten u balistički zaštićenoj platformi u obrtnoj kupoli. Njegova najneobičnija karakteristika je hlađenje zida cevi tečnošću za hlađenje, kako bi se smanjila visoka temperatura pri maksimalnoj brzini gađanja od 10 do 12 metaka u minuti.

CRUSADER će koristiti modularni sistem punjenja MACS (Modular Artillery Charge System). Pored čvrstog goriva biće razvijene još dve vrste mo-

* Prema podacima iz časopisa ARMADA International 6/1996.



Sl. 1 — Samohodna haubica CRUSADER sa vozilom za popunu

dularnih punjenja za gađanje na najkraćim (3,4 do 7,9 km) i na najvećim dometima (19 do 40 km i više). Modularna punjenja treba da zamene sadašnja zastarela punjenja u vrećicama uz smanjenje cene. Pored toga, osnovna prednost modularnih punjenja je i mogućnost mehaničke manipulacije.

Svako modularno punjenje smešteno je unutar čvrstog cilindričnog kontejnera, dugačkog 152,4 mm, koje sagori prilikom opaljenja. U MACS su sadržani moduli 1 ili 2 XM231, za dve donje zone daljina gađanja, i 3—6 XM232 za četiri najdalje zone gađanja. U međuvremenu, MACS će zameniti punjenja u vrećicama u svim sistemima kopnene vojske SAD kalibra 155 mm, uključujući i vučna artiljerijska oruđa, kao što je M198. Uvođenje MACS ukazuje na to da je rukovanje municijom potpuno automatizovano. Operatori nisu direktno uključeni ni u jednu sekvencu selekcije municije, rukovanja ili punjenja, a njihov zadatak sastoji se samo od operacija upravljanja i kontrole.

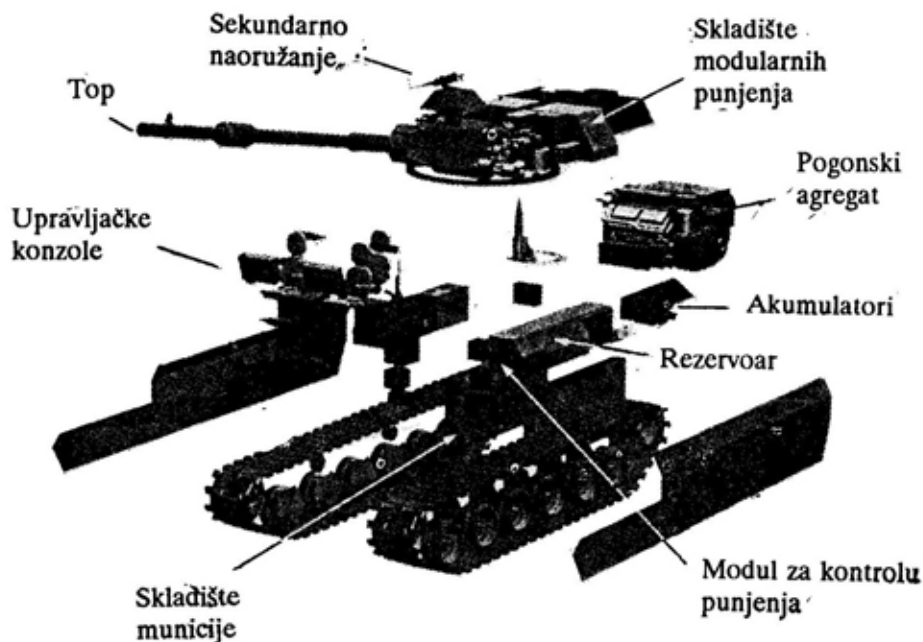
Artiljerijski sistem CRUSADER nije autonomna jedinica na bojištu. Jednako važan deo sistema je i prilagođeno oklopno vozilo za popunu. Mnoga rešenja vozila za popunu, kao što je upravljanje, hidropneumatsko

oslanjanje i sl., identična su onima na platformi haubice. Osnovna uloga vozila za popunu jeste da izvrši popunu novim projektilima, punjenjima i gorivom u borbenim uslovima. Sve operacije popune municijom i gorivom izvršavaju se automatski. Haubica ima dva skladišta za municiju sa po 30 projektila i četiri skladišta za modularna punjenja (dva za 63 i dva za 60 punjenja). Svako vozilo za popunu ima posadu od tri člana i može da nosi 130 projektila i 480 modularnih pogonskih punjenja. Jedan ciklus popune traje oko 10 minuta. Tokom operacije popune svaki projektil se premerava i proverava njegova identifikacija ispitivanjem bar-koda.

CRUSADER ima sve procedure koje postoje u artiljeriji i prihvata električne upaljače. Trenutno se u SAD razvija vrlo širok asortiman mehaničkih i električnih upaljača. Sa sistemom CRUSADER izbor će biti redukovan na četiri vrste upaljača (jedan od njih je i vežbovni). Osnovni upaljač biće višenamenski XM733 ili MOFA, koji je još u fazi razvoja. Elektronika upaljača kombinuje blizinske, vremenske, eksplozivne funkcije i funkcije kašnjenja, a svaka od njih može da se izabere daljinski, tako da intervencija posade nije potrebna.

Osnovnu pogonsku grupu sačinjavaju Perkins Crusader CV12 dizel motor i transmisija HMPT-1250CE. Motor je razvijen za ugradnju i u druga

komunikacijskom opremom i sistemima za odlučivanje i navigacionu pomoć, posada će djelovati timski. Očekuje se da sistem CRUSADER ostva-



Sl. 2 — Osnovne komponente samohodne haubice CRUSADER

vozila, (npr. CHALLENGER WARRIOR), a ima snagu oko 1100 kW (1500 KS). Poznate su i znatno veće mogućnosti ovog motora kod amfibijskih vozila obalske straže SAD, gde razvija oko 2000 kW (2600 KS). CRUSADER se može kretati maksimalnom brzinom od 70 km/h po ravnim putevima i 48 km/h u terenskim uslovima, što omogućava da održi korak sa tenkovima M1 ABRAMS ili transporterom M2 BRADLEY. Da bi se upotpunile karakteristike mobilnosti, CRUSADER će biti podešen za prebacivanje avionima C-5 ili C-17.

Svaka haubica ima po tri člana posade, kao i vozilo za popunu. Posada je smeštena u oklopljenom odeljku u telu haubice i odvojena je od sistema za manipulaciju municijom. Okružena

ri veću efikasnost u odnosu na haubicu M109A5 PALADIN, kao i druga značajna poboljšanja u oblastima kao što je žilavost (otpornost) i ekonomičnost.

Artiljerijski sistem CRUSADER prošao je kroz faze I i II proizvodnog ciklusa, i nalazi se u fazi proizvodnje i ispitivanja prototipa. Tokom te faze izvršice se mnoge izmene. Očekuje se da će probna serija biti završena do 2000. godine. Sličan period razvoja očekuje se i za dva ključna podsistema. Modularno punjenje MACS biće u proizvodnji do 2002. godine, dok će upaljač XM733 biti uveden u upotrebu nakon toga.

Artiljerijski sistemi CRUSADER biće organizovani u baterije i divizion. Pošto je program finansijski potpuno zaokružen, očekuje se da prve je-

dinice kopnene vojske SAD budu opremljene ovim sistemima 2005. godine, a ukupna proizvodnja od 824 komada haubica i vozila za popunu okončala bi se do kraja 2006. godine.

V. Radić

ARJUN — INDIJSKI OSNOVNI BORBENI TENK*

Posle razvoja dugog jednu deceniju i prototipskih ispitivanja treba da otpočne serijska proizvodnja indijskog osnovnog borbenog tenka ARJUN. Konstrukcija tenka, kao i osnovni sistemi i podsistemi su domaće proizvodnje ali su u njega ugrađene i neke uvozne komponente, uključujući nemački motor i transmisiju.

Na osnovu odluke indijske vlade, fabrika teških vozila u Avadiju, nedaleko od Madrasa, planirala je da proizvede prvu seriju od 100 do 200 tenkova u periodu od pet godina, sa godišnjom proizvodnjom od 20 do 40 tenkova, po ceni od 3,3 miliona dolara po komadu. Potpuna proizvodnja komercijalizovace se posle prvih proizvedenih tenkova i eventualnih izmena ili modifikacija. Ukupan broj tenkova koje potražuje indijska armija iznosi preko 2000 za period od 10 do 15 godina. Očekuje se da tenk ARJUN zameni tenkove VIJAYANTA (Vickers Mk1) i T-72 M.

Tenk ARJUN ima konvencionalnu konfiguraciju sa posadom od četiri člana, kupolnim naoružanjem i motorom smeštenim u zadnjem delu oklopnog tela. Projektovan je za eksploataciju u toplim i vlažnim vremenskim uslovima indijskog potkontinenta, a njegova konstrukcija zasnovana je na analizi

iskustava stečenih u ratovima sa Pakistanom 1965. i 1975. godine, tako da ima brojna nekonvencionalna rešenja.

Na primer, mada je ukupna borbeno masa tenka oko 58,5 t (14 t veća od T-72), specifični pritisak na tlo iznosi 0,84 kg/cm² tako da se može lako kretati po pesku indijske pustinjske granice sa Pakistanom. Projektnim uslovima zahtevana je niža silueta (visina kupole je 2,32 m), tako da tenk može koristiti pogodnosti terena za maskiranje i kretanje po peščanim dinama.

Elementi nemačkog pogonskog agregata (dizel motor i transmisija) znatno su modifikovani i prilagođeni indijskim zahtevima. To se posebno odnosi na motor i zahteve za sprečavanje njegovog prekomernog zagrevanja i mogućnosti havarije. Ovi zahtevi su formirani na osnovu iskustava stečenih sa britanskim i ruskim tenkovima koji se nalaze u armiji Indije, kod kojih su nastajala oštećenja motora pri spoljašnjim temperaturama iznad 50° C (primećeno u zapadnoindijskom pustinjskom regionu kada je temperatura u hladu bila veća od +52°C). Slično tome, transmisija je projektovana tako da pouzdano prenosi snagu i na nagibima većim od 35°, što je potrebno da bi se savladale brojne peščane dine.

Takođe, analizirane su antropometrijske karakteristike vojnika indijske armije i na osnovu toga optimizirana je konstrukcija borbenog i upravnog odeljenja. Ostale osnovne dimenzije i performanse tenka zadržane su u okviru važećih svetskih standarda: dužina 10,194 m, maksimalna širina 3,847 m, klirens 450 mm, mogućnost savladavanja rova širine 2,43 m i kanala dubine 1,4 m.

Tenk ARJUN pokreće desetocilindrični dizel motor MTU 838 Ka 501 sa turbokompresorom, hlađen tečnošću, maksimalne snage oko 1000 kW (1400 KS).

* Prema podacima iz časopisa MILITARY TECHNOLOGY 4/96.

Transmisija je planetarna sa hidrodinamičkim pretvaračem obrtnog momenta i retarderom. Frikcionim kočnicama se ostvaruju četiri stepena prenosa za hod napred i dva stepena prenosa za hod unazad. Komande za upravljanje su hidropneumatske, što posadi omogućava udobnost i smanjenje zamora pri dugim vožnjama. Brzina kretanja tenka u pustinjskim uslovima iznosi oko 40 km/h, a na putevima sa tvrdom podlogom 70 km/h. Osim toga, ekonomičnost potrošnje goriva omogućava mu veliku autonomiju kretanja.

Osnovno naoružanje tenka je top kalibra 120 mm sa ožlebljenom cevi koji koristi sve vrste poznate municije, posebno APFSDS, HESH, HEAT, HE i dimnu. Asortiman municije per-

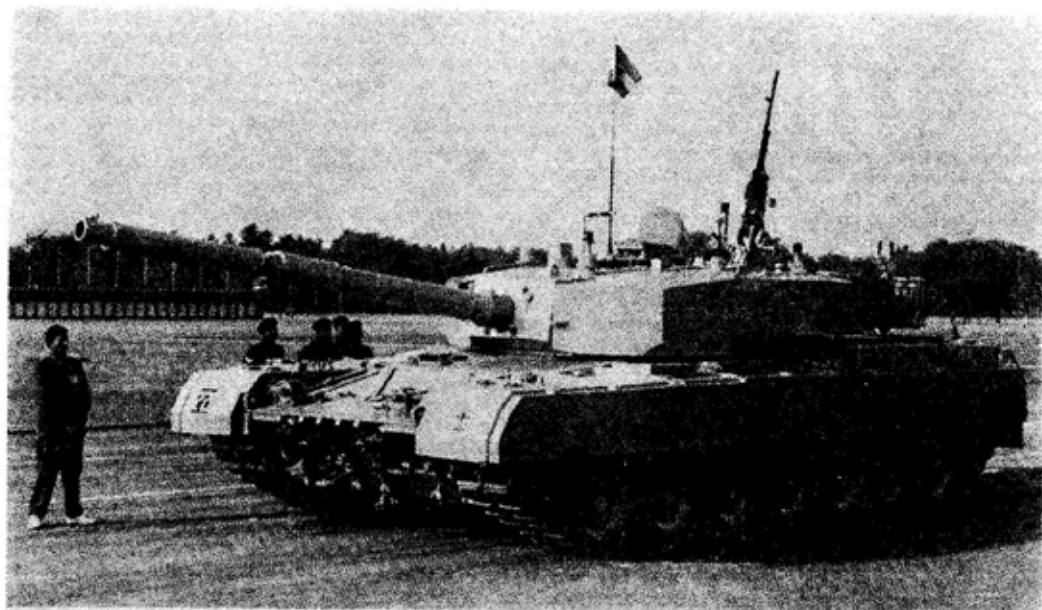
Čelična cev topa je autofretovana i opremljena ekstraktorom dima.

Interesantno je primetiti da je Indija odabrala britanski pristup izolovanim cevima topa 120 mm, iako je danas široko prihvaćena konstrukcija sa glatkim cevima.

Kompjuterski integrisani sistem za upravljanje vatrom (SUV) omogućava dnevno i noćno gađanje sa vrlo visokom verovatnoćom pogađanja prvim metkom i smanjenje vremena reakcije.

Od ostalog naoružanja tenk ima spregnuti mitraljez 7,62 mm TK715A i PA mitraljez 12,7 mm.

Nišandžiji je na raspolaganju dnevni nišan sa dvostrukim uvećanjem,



Tenk ARJUN

spektivno treba da bude dopunjen i protivhelikopterskom municijom. Brzina gađanja topa je 6 granata u minuti, a borbeni komplet iznosi 39 granata. Maksimalna elevacija topa je $+20^\circ$, a maksimalna depresija -9° .

termalni noćni nišan i laserski daljimer, a komandir ima panoramski nišan za sve uslove vidljivosti na bojištu. Kompjuter SUV koristi ulazne podatke, kao što su promena spoljašnje temperature, nagib terena, vetar —

bočni i frontalni, atmosferski pritisak, brzina kretanja tenka, elevacija topa i istrošenost cevi.

Zaštita tenka ARJUN zasnovana je na tradicionalnom konceptu frontalnog luka ($\pm 60^\circ$), a mnogo je efikasnija od zaštite ranijih generacija tenkova, zahvaljujući novorazvijenom oklopu »Kanchan«. Podrazumevala je kompjuterski dizajn i simulaciju, izradu lake kupole i kompaktnog oklopa »Kanchan«, pažljivo dimenzioniranje debljine zidova, optimalnih uglova i niske siluete.

Posle nekih ranijih kritika, indijska organizacija za odbranu, istraživanje i razvoj (DRDO) sada ima argumente za upoređenje performansi tenka ARJUN sa ostalim najsavremenijim tenkovima, kao što su M1A1, ABRAMS, LEOPARD-2, LECLERC ili MERKAWA 3.

V. Radić

PROTIVOKLOPNI RAKETNI SISTEM SREDNJEG DOMETA TREĆE GENERACIJE*

Kada je sedamdesetih godina pronađen prvi reaktivni oklop, stručnjacima je bilo jasno da će to biti opšti problem za protivoklopno oružje, posebno za protivoklopne vođene rakete. Relativno jednostavan i jeftin za ugradnju na sve tipove tenkova, u mogućnosti je da za 60 do 70% smanji probojnost svih dosadašnjih protivoklopnih raketa. Istovremeno, pronađene su i efikasne tehničke mogućnosti za ometanje vođenja raketa druge generacije. Pojava reaktivnog oklopa inicirala je preduzimanje »hitnih mera«

u konstruisanju novih protivoklopnih raketnih sistema (PORS), sa optimalnim bojnim glavama i povećanom otpornošću na ometanje uređaja za vođenje. Prvi koraci u tom pravcu bili su uspešni i protivoklopni raketni sistemi treće generacije treba da budu uvedeni u operativnu upotrebu krajem ove decenije.

Novi koncept protivoklopnog raketnog sistema, u odnosu na isti sistem druge generacije, pokazuje znatne prednosti, posebno pri noćnom gađanju, koje se ogledaju u otpornosti na ometanje, vođenje, kao i u dejstvu na cilj. Izabrani koncept sadrži sledeće karakteristike:

- raketa se vodi infracrvenim zracima,
- bojna glava ima optimalno punjenje,
- infracrveni uređaj nije integrisan sa raketom,
- uspešan domet protivoklopne rakete je do 2000 metara.

Protivoklopni raketni sistem je koncipiran tako da ga mogu nositi dva vojnika, uz mogućnost brze gotovosti za vatreno dejstvo, a može da se postavi i na lako oklopno vozilo FUKS. Sistem je vrlo jednostavan za rukovanje i opsluživanje.

Zahvaljujući infracrvenom uređaju novije tehnologije operator može da uoči i prepozna cilj pre nego što dođe u domet protivoklopne rakete i da ga, kada uđe u domet, pogodi uz visoki stepen preciznosti. Raketa se vodi pomoću infracrvenog zraka koji se poklapa sa nišanskom linijom. Sistem efikasno dejstvuje na savremene i zaštićene (reaktivni oklop) borbene tenkove i druga oklopna i neborbena vozila, helikoptere, skloništa i bunkere. Raketa ima autotest koji pokazuje operatoru da je spremna za lansiranje. Na nišanskoj spravi rakete nalazi se indikator sa oznakom »idi/ne idi«, koji daje znak o spremnosti za opaljenje.

Zahvaljujući modularnoj konstrukciji održavanja sistema je jednostav-

* Prema podacima iz časopisa SOLDAT UND TECHNIK 3/1996.

no. Glavni delovi sistema su: rakete, uređaj za pripremu raketa za lansiranje, simulatori za obuku i oprema za održavanje.

Uređaj za pripremu rakete za lansiranje nalazi se na postolju koje omogućava sigurno postavljanje uređaja za lansiranje rakete u različitim zemljišnim uslovima. Postolje nosi osnovnu ploču na koju se postavlja uređaj za pripremu i lansiranje rakete, a zatvara se bravom. Pomoću ručice uređaj se pomera po pravcu i visini, a na njoj se nalazi i taster za opaljenje rakete. Uređaj za upravljanje raketom postavljen je tako da se u nišanskoj spravi nišanska linija može pomerati napred-nazad, radi traženja ciljeva. Uređaj za nišanje služi kao nosač postolja rakete i izvora infracrvenih zraka sa optičkim nišanom, i čvrsto su vezani sa nišanskom spravom. Na postolju rakete nalazi se utikač koji uspostavlja električnu vezu između uređaja za pripremu i lansiranje i tela rakete. Pored toga, na postolje je smeštena ostala elektronika za upravljanje raketom.

Nišanska sprava — izvor infracrvenih zraka, sadrži, pored optičkog nišana, i predajnik IC zraka neophodnih za optičke i električne uređaje pomoću kojih se raketa vodi na cilj. Vezu između nišanske sprave i ose vođenja rakete obezbeđuje konstrukcija raketnog sistema.

IC uređaj proizveden je najsavremenijom tehnologijom (IR-CCD infrared charge coupled device) i pokazuje vrhunsku sigurnost u odnosu na klasične IC uređaje. Prilikom transporta se, po pravilu, odvaja od uređaja za pripremu i lansiranje rakete, a za upotrebu se postavlja na nišanski uređaj — predajnik IC zraka. Vezu između optičke i nišanske ose obezbeđuje konstrukcija sistema. IC zrak prolazi kroz kanal optičkog nišana, a operator može da izabere tri načina pokazivanja: »samo direktna slika«, »samo IC zrak« ili »kombinacija«, to jest direktna slika sa IC zrakom.

Protivoklopni raketni sistem može da koristi baterijski izvor struje ili da se priključi na električnu mrežu vozila.

Protivoklopna raketa je pre upotrebe zapakovana u zatvorenoj cevi i u stalnoj je gotovosti za lansiranje. Neposredno pre lansiranja, sa prednje i zadnje strane cevi skidaju se poklopci. Na spoljašnjoj strani cevi za lansiranje nalazi se uređaj za baterije, a na postolju rakete utičnica sa utikačem i termalna baterija za napajanje generatora IC zraka. Na raketi su dva startna uređaja, ugrađena na zadnjem delu, koji prilikom lansiranja potiskuju raketu iz cevi, ne ugrožavajući bezbednost operatora. Na zadnjem delu raketa ima krilca za stabilizaciju. Kad raketa napusti cev za lansiranje uključuje se uređaj za vođenje, koji reguliše marševsku brzinu i održavanje pravca za vreme leta. Vođenje se obezbeđuje tako što se IC signal predajnika uređaja za vođenje prima na zadnjem delu rakete i prenosi do prijemnika na čelu rakete. Upravljački računar izračunava parametre neophodne za vođenje rakete do cilja. Raketa nosi boju glavu, čija efikasnost prevazilazi sve dosadašnje. U prednjem delu rakete smešteni su eksplozivno punjenje, kapa, IC prijemnik i upaljač sa osiguračem.

Za obuku operatora, pored originalnog oružja — rakete, postoji i dodatna oprema: školska raketa, uređaj za kontrolu cilja, simulator za gađanje i dupli simulator.

Uređaj za kontrolu cilja sastoji se od okulara i »dodatnog uređaja«, koji se postavlja na okular i operatoru omogućava da, pomoću mini kamere (sa nišanom u centru) prenese sliku na monitor. Celu situaciju moguće je snimiti i na videorekorderu. Simulator za gađanje omogućava operatoru obuku blisku realnim uslovima, a na raspolaganju mu je jedan monitor sa nišanom na kojem se pokazuju različite situacije. Broj ciljeva i parametri za svaki cilj zadaju se iz jednog centra. Dupli simu-

lator predviđen je za obuku u borbenim uslovima.

Oprema za održavanje u funkciji je sistema za pripremu i lansiranje rakete, a čini je i opitni sto na kojem se ispituju funkcije rakete, te se brzo i pouzdano otklanjaju greške na sklopovima protivoklopnih raketnih sistema.

Razvoj protivoklopnih raketnih sistema započeo je 1979. godine zajedničkim projektom Nemačke, Velike Britanije i Francuske. Krajem 1989. i početkom 1990. godine razvojnom programom pristupile su Belgija i Holandija. Do sada je proizvedeno 60 raketnih sistema, a uvođenje u operativnu upotrebu planira se tokom 1998. godine.

R. Katić

Vučeni mamci

Vučeni mamci primenjuju se na mornaričkim avionima SAD, tipa F/A-18E/F, kao i za poboljšanje odbrane aviona ratnog vazduhoplovstva SAD, tipa B-1B, F-16, a verovatno i F-15 i U-2.

Očekuje se da će i evropski lovac EF 2000 biti opremljen vučenim mamcima koje će proizvoditi firma GEC — Marconi i koji će se lansirati iz krilnih kontejnera. Očekuje se, takođe, da britanska firma »Aerospace« ubrzo započne letne testove odbrambenog pomoćnog podsistema na avionu DA2. Razvoj nekih novih uređaja za zaštitu aviona pri letu na malim visinama mogao bi da redukuje opasnost od IC samovođenih raketa, koje su u 80 do 90% slučajeva uzrok gubitka aviona.

Zahtevi za efikasniju zaštitu aviona od IC samovođenih raketa podrazumevaju razvoj sledećih uređaja:

— sistema za upozoravanje na raketni napad (MWS — missile attack warning system) koji će se ugrađivati na različite letelice, od helikoptera i transportnih aviona do brzih lovaca i bombardera, i upozoravati pilota na raketu koja se približava;

— izvora IC energije čiji će snop biti usmeren na IC samovođenu raketu koju već detektuje MWS radi dovođenja u zabludu njenog senzora. Jedan od ovakvih izvora, koji je namenjen helikopterima kopnene vojske razvija firma Sanders (Lokheed Martin Co.) i nalazi se u fazi projektovanja i razvoja. Drugi sličan uređaj, namenjen transporterima i helikopterima, proizvodi firma Northrop Grumman za britansko ratno vazduhoplovstvo i američku Komandu za specijalne operacije;

— nove familije inteligentnih bleskajućih mamaca koji se izbacuju nakon signala za uzbunu koji daje MWS i koji odvlači IC vođene rakete dalje od njihovog osnovnog cilja — aviona. Jedan od ovih novih mamaca, koji je razvila firma Tracor, nakon što se izbaci,

ZAŠTITA AVIONA OD SAMOVOĐENIH RAKETA*

Tržište avionskih borbenih sistema ubrzano se širi, uprkos stalnim smanjenjima budžetskih sredstava. Razlozi ovakvom trendu su stalni razvoj tehnologije, kao i činjenica da su IC i radarski navođene rakete vrlo efikasne protiv aviona.

Veliki broj novih elektronskih borbenih sistema nalazi se u fazi projektovanja i osvajanja proizvodnje i vrlo brzo se približavaju serijskoj proizvodnji.

U ovom trenutku najzanimljiviji je inovacioni trend razvoja vučenih mamaca za zaštitu od savremenih radarski navođenih raketa, kao komplementarno rešenje, a u nekim slučajevima i kao potpuna zamena za tradicionalne ometače smeštene na avionima.

* Prema podacima iz časopisa AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, septembar 1996.

mnogo tačnije simulira trajektoriju aviona. O drugom mamcu koji je, takođe, razvila firma Tracor malo se zna, osim da je bolje prilagođen za transportne avione. Treći mamac razvila je firma Thiokol i projektovan je specijalno za helikoptere.

Ometači koji daju lažni signal, kao što je ALQ-126, razvijen sedamdesetih godina, mogu navesti elektronska kola za merenje daljine protivničkog nišanškog radara na zaključak da se cilj (avion) nalazi na udaljenosti različitoj od stvarne. Ali, »uveriti« savremeni monopulsni radar da je njegov cilj na drugom azimutu ili elevaciji (lažni uglovi) neuporedivo je teže.

Rakete koje koriste »poluaktivno« vođenje mogu da pronađu cilj, koristeći njegovu reflektovanu radarsku energiju ili da ga prate po signalu koji emituje sam ometač ugrađen na avionu.

Zbog toga se istražuju brojne različite tehnike za ometanje signala koji sadrži uglovne koordinate, uključujući i jednu koja se zove »razroko oko«, prema kojoj avion naizmenično emituje signal sa antena smeštenih na krilima aviona.

Ranih osamdesetih godina u ratnoj mornarici SAD istraživana je tehnika sa raketom kalibra 2,75 inča (70 mm) kao mamcem. Naime, nakon njenog lansiranja vršena je retransmisija radarskog signala sa neprijateljevog radara, čime je odvlačila njegovu raketu dalje od stvarnog cilja (aviona). Međutim, firma Tracor ponudila je drugačiji pristup, koristeći mamac koji se vuče iza aviona. Mamac sa ugrađenim uređajima vukao se na udaljenosti oko 100 m iza aviona uz istovremenu retransmisiju signala, kao što je signal neprijateljevog radara. Raketa je pratila mamac, jer je njegov signal jači od signala reflektovanog od aviona.

Koncept vučenog mamca je usvojen 1987. godine, a firma Ryttheon razvila je koncept usavršenog pomoćnog

avionskog mamca (AAED — Advanced Airborne Expendable Decoy) pod oznakom ALE-50, koji je bio namenjen za ugradnju na mornarički avion A-6B i na tada novi F/A-18. Ovaj mamac je jednostavan, repetitorskog tipa i kasnijim razvojem sofisticiranijih mamaca nazvan je »glupim mamcem«.

Sredinom osamdesetih godina i Britanci su započeli razvoj vučenih mamaca u firmi GEC-Marconi. Letni testovi izvedeni su 1988. godine pri brzini od 1,3 Maha. Krajem 1990. godine, nakon letnih testova u Britaniji i SAD, vučeni mamac pod imenom ARIEL uveden je prvi put u borbenu upotrebu na mornaričkim patrolnim avionima tipa NIMROD, a dve godine kasnije prikazan je na izložbi u Farnborough. Amerikanci su prototipni model testirali na bespilotnoj letelici EGLIN i zaključili da je vrlo efikasan kod različitih tipova radarski navođenih raketa. Pri ispitivanju aerodinamičke kompatibilnosti za lovce F-16 i F/A-18C/D pokazalo se da je mamac ALE-50 aerodinamički nestabilan za avione F/A-18C/D.

Firma Sanders koja je dugo bila glavni snabdevač ratne mornarice SAD sredstvima za protiv elektronska dejstva kao što su: ALQ-126 — ometač koji emituje lažne signale, ALQ-149 — telekomunikacioni ometač i sl. razvila je i krajem osamdesetih godina i tajno testirala jedan program vučenih mamaca. Ratno vazduhoplovstvo SAD je u vučenim mamcima videlo najpovoljnije rešenje za borbu protiv radarski vođenih raketa i planirala da razvije svoj usavršeni inteligentni vučeni mamac. Pod pritiskom Pentagona ratna mornarica i ratno vazduhoplovstvo SAD ujedinili su napore i početkom 1995. godine nastavili usavršavanje s ciljem da razviju fiber-optički vučeni mamac (FOTD — Fiber-Optic Towed Decoy) čiji je vučni kabl prenosio »lažne modulacije« nastale u generatoru tehnike koji se nalazio na avionu.

Osnovni zahtev je bio da novi mamac, koji će ući u sastav IDECM, od-

govara, po dimenzijama, razvijenom lanseru za mamac ALE-50, kako bi se izbegla dodatna testiranja i mamac kasnije brže zamenio novim mamcem FOTD.

Prema planu, mamcem ALE-50 opremaju se sledeći avioni:

— F/A-18E/F sa tri lansera mamaca;

— F-16 blok 40/50 sa po jednim lanserom u oba oružna pajlona;

— B-1B sa dva lansera ugrađena na zadnjem delu aviona koji nose po 4 mamca ALE-50. Za ovaj avion mamci moraju da budu lansirani u paru, kako bi, zbog velikog radarskog odraza ovog aviona, obezbedili dovoljnu snagu.

Planirano je da po dva ista mamca budu naknadno ugrađena i na model F-16s u ometački kontejner ALQ-184, firme Ryttheon, koji se već nalazi na ovim avionima. Studije koje je proveo Northrop Grumman (bivši Westinghouse) pokazuju da se ovi mamci mogu ugraditi i u ometačke kontejnere ALQ-131.

Sve činjenice ukazuju na to da će do kraja ovog veka glavni oslonac u zaštiti aviona od vođenih raketa biti upravo vučeni mamac. U sklopu daljeg razvoja vučenih mamaca nastavlja se letno testiranje »inteligentne« verzije mamca ARIEL, firme GEC-Marconi, uz pomoć bespilotne letelice EGLIN. Ipak, vučeni mamci imaju neke nedostatke u odnosu na većinu klasičnih ometača. Svi opisani lanseri vučenih mamaca nisu dizajnirani tako da mogu uvući mamac nakon što prežive zadatak na koji su upućeni, čak i uprkos tome što su neki namenjeni isključivo za transportne avione koji nisu tako često izloženi napadu vođenih raketa.

Konačna cena mamca ALE-50 zavisice od obima serijske proizvodnje, ali se očekuje da ona bude oko 10.000 dolara. Iz toga proizilazi da će u toku ciklusa vojnih aviona, kumulativna ce-

na vučenih mamaca biti veća nego u slučaju korišćenja klasičnih. Štaviše, kada avion u toku zadatka ispusti ograničeni (vrlo mali) broj svojih mamaca, on više nema nikakvu odbranu protiv radarski navođenih raketa.

Integrirani odbrambeni sistem za elektronska protivdejstva

Ratna mornarica SAD je 1992. godine završila svoj novi ometač ALQ-165 koji je pripadao klasi avionskih samozaštitnih ometača ugrađenih na avion (ASFJ — Airborne Self-Protection Jammer), ali je iste godine morala da predloži svoj ometački podsistem koji će ući u sastav integrisanog odbrambenog sistema za elektronska protivdejstva (IDECM — Integrated Defensive Electronic Countermeasures) koji će biti ugrađen na novi avion tipa F/A-18E/F.

Pri postavljanju industrijskih zahteva za proizvodnju IDECM, prednost je data rešenjima koja su imala najbolji odnos cena-efektivnost. Osnovni elementi ovog sistema su: podsistem za upozorenje na pretnju od protivničkog radara, podsistem za upozorenje na raketu koja se približava (odnosi se prvenstveno na IC vođene rakete) i sistem za izbacivanje mamaca ALE-47.

Osnovu za nadogradnju sistema čini program radio-frekventnih protivmera (RFCM — Radio-Frequency Countermeasures) koji je razvila firma ITT Avionics. Ova firma obezbeđuje većinu hardvera instalisanih na avion, uključujući i »generator tehnika« koji kreira signale koji se emituju preko vučenog mamca.

Sistem sa fiber-optičkim vučnim mamcem radi tako što se primljeni signal konvertuje u signal IC talasnih dužina i prenosi na mamac preko fiber-optičkog kabla. Signal se, zatim, konvertuje u odgovarajuću mikrotalasnu frekvenciju, pojačava i emituje.

Kada pilot, na osnovu upozorenja sa avionskog radarskog prijemnika

(RWR — radar warning receiver) ili sa sistema za upozorenje na raketu koja se približava (MWS — Missile-approach warning system), odluči da lansirira vučeni mamac, uređaj mora brzo da se aktivira. FOTD ima četiri aerodinamičke površine u obliku profilisanih stabilizatora koji se razvijaju — otvaraju nakon lansiranja. Stabilizatori su samopodešavajući, tako da se zadnjim krajem otvaraju od uzdužne ose pod uglom koji obezbeđuje aerodinamičku stabilnost pri različitim brzinama i visinama aviona. Ovakav dizajn testiran je u aerodinamičkom tunelu, a izvedeno je i ispitivanje pouzdanosti aktiviranja mehanizma za otvaranje stabilizatora u različitim uslovima, kao što je naglo kočenje ili odbacivanje mamaca. Isporuka FOTD i RFCM planirana je za april 1998. godine u količini od 100 mamaca i 15 RFCM podsistema.

Osnovna tri elementa podsistema RFCM su:

- prijemnik signala pretnje sa neprijateljevog radara i procesor koji analizira primljeni radarski signal, identifikuje vrstu rakete i bira optimalnu tehniku protivmera,

- generator tehnika koji generiše optimalni talasni oblik koji će se emitovati preko vučenog mamca protiv specifične radarske navođene rakete,

- nezavisni širokopojasni repetitor koji služi kao »standby« rezerva u slučaju otkaza generatora tehnika koji omogućava da vučeni mamac jednostavno vrati nazad primljeni radarski signal.

Ako ovakav IDECM/RFCM sistem bude izabran za primenu na avionima F-15E RV SAD, funkciju generatora tehnika preuzeće jedan od elemenata taktičkog protiv elektronskog sistema (TEWS — Tactical Electronic Warfare System) ALQ-135.

Za avion B-1B, koji ima relativno veliki radarski odraz, planira se istovremeno lansiranje para FOTD mamaca da bi se obezbedio dovoljno jak sig-

nal koji će moći da odvuče raketu dalje od osnovnog cilja. U tu svrhu ugrađivaće se dva lansera mamaca, po jedan sa svake strane izduvnog mlaznika motora. Svaki lanser treba da ima po dva spremnika u koje se smeštaju po dva mamca. Pored toga, ratna mornarica SAD bavi se i problemom ugradnje ometača koji će emitovati signale veće snage, uz korišćenje antena većih dimenzija koje će se montirati na avione za borbu protiv specifičnih oblika pretnje. U tu svrhu planira se ugradnja dve dodatne jedinice — ometača za niske i ometača za visoke frekvencije. Takođe, u toku su studije izvodljivosti za ugradnju IDECM/RFCM na druge vrste aviona, kao što su: U-2, F-16, AC/MC-130s, te E-3 AWACS, dok je od posebnog interesa opremanje flote aviona C-130 sa inteligentnim vučenim mamcima, koji pripadaju Komandi za specijalne operacije ratnog vazduhoplovstva SAD.

Ometači sa usmerenom IC energijom

Radi smanjivanja ranjivosti aviona na dejstvo IC samovođenih raketa ubrzo se očekuje proizvodnja i prvih ometača sa usmerenom IC energijom (DIRCM Directed-energy IR Countermeasures). Osnovni element DIRCM jeste podsistem koji upozorava da se raketa približava (MWS — Missileapproaching Warning Subsystem), a čiji je osnovni zadatak detekcija te rakete i usmeravanje IC energije prema njejoj glavi za samovođenje. U tu svrhu MWS će upravljati i izbacivanjem bleškajućih mamaca sa optimalnom efektivnošću.

Očekuje se da prvi ovakav sistem, koji će ući u upotrebu, bude AN/AAQ-24(V) koji razvija američko-britanski tim, predvođen firmom Northon Grumman. Planira se da se njime opreme britanski helikopteri, transportni avioni i avioni C-130s Komande za specijalne operacije.

Osnova za razvoj ovog sistema je ssitem AAR-54(V) koji razvija firma Westinghouse Baltimore. Bazu ovog sistema čine ultraljubičasti (UV) senzori koji obezbeđuju znatno povećanje osetljivosti u odnosu na raniji Dem-Val dizajn firme Sanders.

Poznato je da i firma Sanders razvija svoj model DIRCM pod nazivom usavršeni sistem za IC protivdejstva (ATIRCM — Advanced Threat IR Countermeasures) za ugradnju na helikoptere kopnene vojske, ali i u samostalnoj verziji za ugradnju na različite tipove letelica ratnog vazduhoplovstva i ratne mornarice SAD. Osnova ovog modela je ranije razvijeni sistem AAR-47, tj. prvi sistem sa UV senzorima koji je razvila firma Loral. ATIRCM dizajn obezbeđuje poboljšanu osetljivost senzora, uz istovremeno redukovanu osetljivost na lažne alarme. Jedan od načina minimizacije broja lažnih alarma jeste primena »dvobojne tehnike«, tj. primena sistema sa dva signala različitih talasnih dužina.

Vidi se da su napori članica NATO da što pre razviju dovoljno dobre inteligentne mamce izuzetno veliki, i da njihov razvoj teče u nekoliko različitih pravaca, uz pomoć velikih ulaganja budžetskih sredstava i uz učešće velikog broja vrhunskih firmi koje su se i dosad potvrdile u razvoju i proizvodnji opreme za elektronsko ometanje.

Pored SAD u razvoju MWS intenzivno učestvuju i Velika Britanija, Nemačka i Francuska.

Da bi se uvelo više reda u ovu oblast i sprečio samostalan razvoj pojedinih vidova američke vojske, Pentagon je 1995. godine doneo odluku da standardizuje avionske sisteme koji upozoravaju na približavanje rakete (MWS). Na toj osnovi je već pomenuti sistem ATIRCM, firme Sanders, izabran da bude osnovni i zajednički MWS, tj. CMWS (Common Missile-approaching Warning System). Njegova osnovna namena je zaštita niskoletelih i sporoletelih helikoptera, prven-

stveno od IC samovođenih raketa zemlja—vazduh (IR SAM). Za tu namenu MWS koristi senzore koji rade u UV frekventnom području i koji sistem čine manje osetljivim na lažne alarme izazvane zemaljskim zagrejanim objektima od MWS koji koriste IC senzore.

Za borbu u vazдушnom prostoru na većim visinama gde ozon znatno slabi UV zračenje iz raketnih motora protivničkih raketa, MWS koriste IC senzore koji nude veću daljinu detekcije, naročito za rakete vazduh—vazduh, ali su, s druge strane, nešto teži i znatno skuplji, jer IC senzori zahtevaju hlađenje sa kriogenom.

Mamci za otkrivanje radarskih položaja i njihovo preventivno uništavanje

Ratno vazduhoplovstvo SAD je 1996. godine izradilo projektne zahteve za razvoj sistema za uništavanje lansirnih mesta mobilnih raketa zemlja—vazduh (SAM) pre izvođenja vazdušnog udara avijacije pod nazivom preventivno onemogućavanje neprijateljeve PVO (SEAD — Susspression of Enemy Air Defenses). Konkretnije aktivnosti na ovom projektu očekuju se u 1998. godini. Osnovni problem koji mora da se reši ovim projektom jeste lociranje mobilnih raketa zemlja—vazduh koje bi, zatim, bile uništene anti-radarskim raketama tipa HARM. Ideja je da se upotrebe minijaturni mamci koji se lansiraju iz vazdušnog prostora (MALD — Miniature Air Launched Decoy). Oni treba da se pokreću mlaznim ili raketnim motorom i da imitiraju radarski odraz aviona koji će odmah da aktivira protivničke radare i otkrije njihovu poziciju na koju će da dejstvuju avioni raketama HARM. Isti mamci mogli bi se koristiti za preventivne i reaktivne akcije protiv protivničke PVO.

Osnovni zahtev je da mamci ne koštaju više od 30.000 dolara po koma-

du u serijskoj proizvodnji. Pri tome nije precizirana vrsta pogona, domet, ni brzina MALD, kao ni frekventno područje radara čiji odraz treba da imitiraju.

M. Savanović

NOVE RAKETE VAZDUH - VAZDUH KRATKOG DOMETA*

Šest zemalja — Nemačka, Italija, Grčka, Norveška, Švedska i Kanada — odlučile su da zajedničkim snagama razviju i eventualno proizvedu novu raketu kratkog dometa vazduh-vazduh (V-V) pod nazivom IRIS-T. Cilj odluke je da se konkuriše komercijalnoj dominaciji američke familije raketa SIDEWINDER, kao što je to tehnološki i operativno već učinjeno ruskom raketom R-73E.

Na osnovu postojećih planova, serijska proizvodnja raketa IRIS-T planirana je za 2002. godinu. Mada se podaci o tome koliki broj raketa svaka od zemalja namerava da nabavi još uvek smatraju poverljivim, pretpostavlja se da ukupna proizvodnja može biti oko 5000 komada.

Očekuje se, takođe, da raketa IRIS-T pruži bolje performanse od svih ostalih raketa kratkog dometa V-V (uključujući i R-73E), mada se zadržavaju brojne sličnosti sa raketom SIDEWINDER i kompatibilnost sa šinskim lanserima bez modifikacija. Zadržan je isti prečnik tela (127 mm) koji će omogućiti da se raketa IRIS-T proizvodi uključivanjem elemenata razvijenih za rakete SIDEWINDER (bojne glave, lancerski blizinski upaljač).

* Prema podacima iz časopisa MILITARY TECHNOLOGY 10/96.

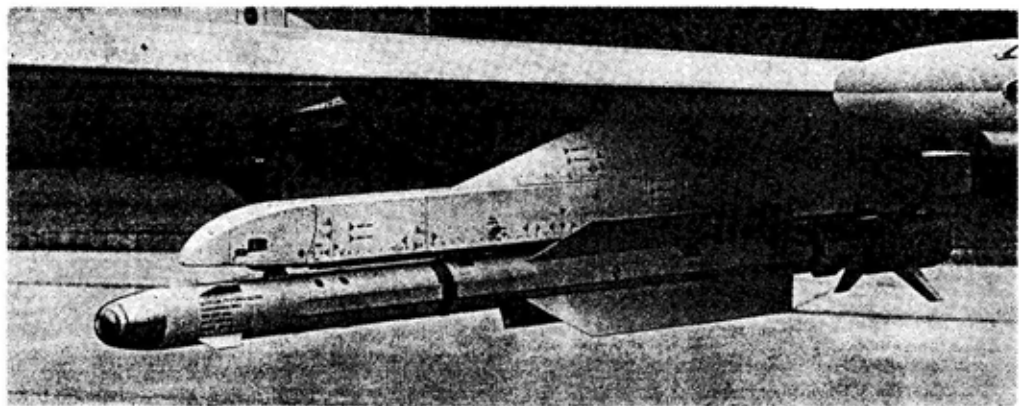
U pogledu vrlo zahtevnih manevarskih performansi, ustanovljenih taktičkim uslovima, raketu IRIS-T karakterisaće kombinovani sistem kontrole koji obuhvata četiri aerodinamičke površine sa elektromehaničkim servosistemima, od kojih svaki ima po par potisnih krilaca za samonavođenje na cilj.

Raketa će biti opremljena IC glavom za samonavođenje sa znatno poboljšanim dizajnom koji je razrađen u okviru međunarodnog programa rakete V-V kratkog dometa ASRAAM (Advanced Short Range Air-to-Air Missile), a skenirajući senzor pružaće polje osmatranja $\pm 90^\circ$ i akviziciju cilja pri ekstremnim uglovima nišanja.

Dok su Nemačka i njeni partneri uspostavili »konačan dodir« prema IRIS-T, s druge strane Atlantika počela je multimedijalna trka za poboljšanom raketom SIDEWINDER (AIX-9X) sa očekivanim zvaničnim zahtevima za ponudu od odgovarajućih agencija. Ti zahtevi odnose se na faze inženjeringa i razvoja, a uključuju i integraciju poboljšanog tela, upaljača, senzora i bojne glave. Osim toga, ponudom mora da se potvrdi mogućnost smanjenja otpora, kao i nošenja rakete spolja i unutra sa konvencionalnim i »stealth« avionima.

Na osnovu postojećih planova očekuje se da će poboljšana raketa SIDEWINDER biti uvedena u naoružanje ratnog vazduhoplovstva SAD oko 2003. godine. Posle usaglašavanja morarice i ratnog vazduhoplovstva SAD, firma koja dobije ugovor za AIM-9X moći će da očekuje plasman oko 5000 raketa.

Konkurs za AIM-9X otvoren je samo za industrijske timove u kompanijama iz SAD, kao npr. Raytheon ili Hughes Aircraft. Kompanija Raytheon nudi novu raketu, delimično zasnovanu na prethodnoj tehnologiji, i potvrđenu u šest testova letenja, koja poseduje veliki nišanski senzor, poboljšani usmereni detektor odraza u fokal-



Raketa IRIS-T

noj ravni i kontrolu vektorom potiska. Kompanija tvrdi da ta tehnologija garantuje pilotima veliku verovatnoću pogotka prvom raketom.

Kompanija Hughes Aircraft dobila je odvojene zahteve za dve potpuno različite solucije. Prva solucija je ulazanje u projekat razvijene rakete SIDEWINDER, koja koristi telo rakete sa kontrolom vektora potiska, a druga ulazak u prethodne planove proizvodnje poboljšane (P³I) verzije BAC Dynamics ASRAAM rakete kratkog dometa, koja je projektovana da udovolji zahtevima postavljenim za AIM-9X.

Kompanija Hughes zahtevala je sopstveni razvoj rakete AIM-9X i potrebu za zajedničkim programom koji uključuje akviziciju cilja u uslovima čistog neba i ometanja, otpornost na IC kontramere, manevarske sposobnosti i povećanje potencijala. IC tehnologija na AIM-9X uključuje adaptivnu kompenzacionu tehniku, poboljšanu obradu IC signala, itd. Ista tehnologija glave za samonavođenje korišćena je u osnovnoj raketi ASRAAM, P³I ASRAAM i novim projektima AIM-9X.

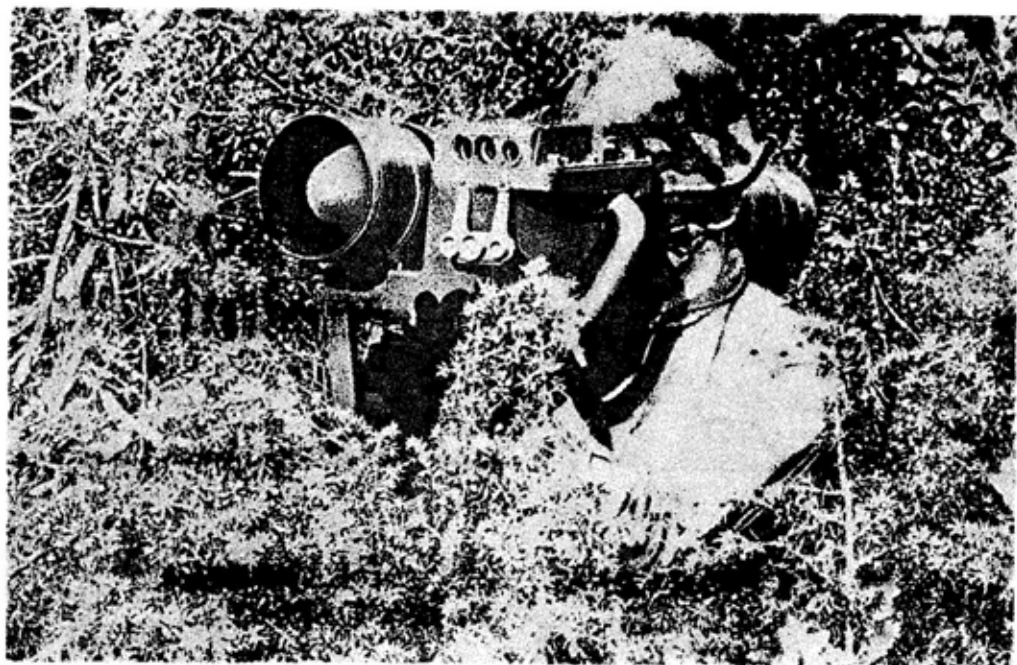
Mada osnovna raketa ASRAAM nije nuđena na konkursu za AIM-9X, pre upućivanja zahteva za ponudu, britanski Aerospace dobio je od mornaričko-vazduhoplovne komande SAD zahtev da izradi tehničku informaciju i odre-

di cenu rakete. Većina ASRAAM testova završena je u junu 1996. godine, sa preostalim delom koji je trebalo okončati do kraja 1996. godine. Sada kompanija Matra BAC Dynamics namera-va da ponudi osnovnu raketu ASRAAM kao dopunu poboljšanoj raketi SIDEWINDER.

Saznanja o tržištu raketa V-V kratkog dometa, dopunjena su podacima kompanije Rafael iz Izraela koja je o-belodanila razvoj nove familije raketa PYTHON, pa se postavilo pitanje — postoji li zaista PYTHON IV?

Smatra se da je raketa PYTHON IV široko implementirana u izraelske snage još od ranih devedesetih godina, progresivno zamenjujući rakete PYTHON III. Mada o karakteristikama ove rakete ima vrlo malo podataka, prethodne analize su zasnovane na njihovom razvoju i izraelskim tehnološkim mogućnostima u tom sektoru. Pretpostavlja se da je raketa PYTHON IV najnaprednije oružje u svojoj kategoriji, što se posebno odnosi na IC glavu za samonavođenje (mada se zna da ona neće biti hipersofisticirano dvokolorno sredstvo) i sposobnost nišanja koji govore da je ostvarena superiornost, čak i u odnosu na rusku raketu R-73E.

V. Radić



Protivtenkovska raketa ERYX

kretnih. Otporna je na ometanje i primenjuje se u svim terenskim uslovima.

Zbog male mase i kompaktnosti idealna je za snage za brze intervencije i desantno-diverzantske snage. Zahvaljujući lakšem rukovanju, zaklonjenom prostoru za opaljenje, kao i malom odrazu (buka, bljesak), nišandžija je znatno zaštićeniji.

Može dejstvovati u noćnim i dnevnim uslovima loše vidljivosti uz IC nišan (dužina talasa 8 do 12 μm , vidno polje 6x8 stepeni, masa 34 kg i autonomija rada baterija 4,5 sati).

ERYX ima dvostruku bojnu glavu sa prednjim i zadnjim eksplozivnim punjenjem i dva motora — lansirni i glavni (direktna kontrola vektora potiska). Raketa je smeštena u individualnom logističkom kontejneru, ne zahteva održavanje, a vek trajanja je 10 godina.

V. Radić

ORUŽANI SISTEM TOW 2*

Sposobnost da se unište nove generacije tenkova znatno je povećana serijom programa poboljšanja postojećih raketa TOW (Tube — launched Optically tracked, Wire — guided) i lansirnog sistema TOW.

Sistem TOW 2 uveden je u operativnu upotrebu 1983. godine, s tim što su bile poboljšane karakteristike rakete TOW, kao i dnevno-noćnog sistema vođenja i elektronike.

Dva digitalna mikroprocesora zamenila su analogni računar korišćen u osnovnoj TOW elektronici za vođenje, što pruža znatno veće mogućnosti i preciznije vođenje. Zbog toga, digitalna elektronika za vođenje rakete nije

* Prospekti materijal, Defendory '96, Grčka.

samo pouzdanija već omogućava i preciznije upravljačke komande za sve rakete TOW — osnovnu, ITOW, TOW 2, TOW 2A i TOW 2B.

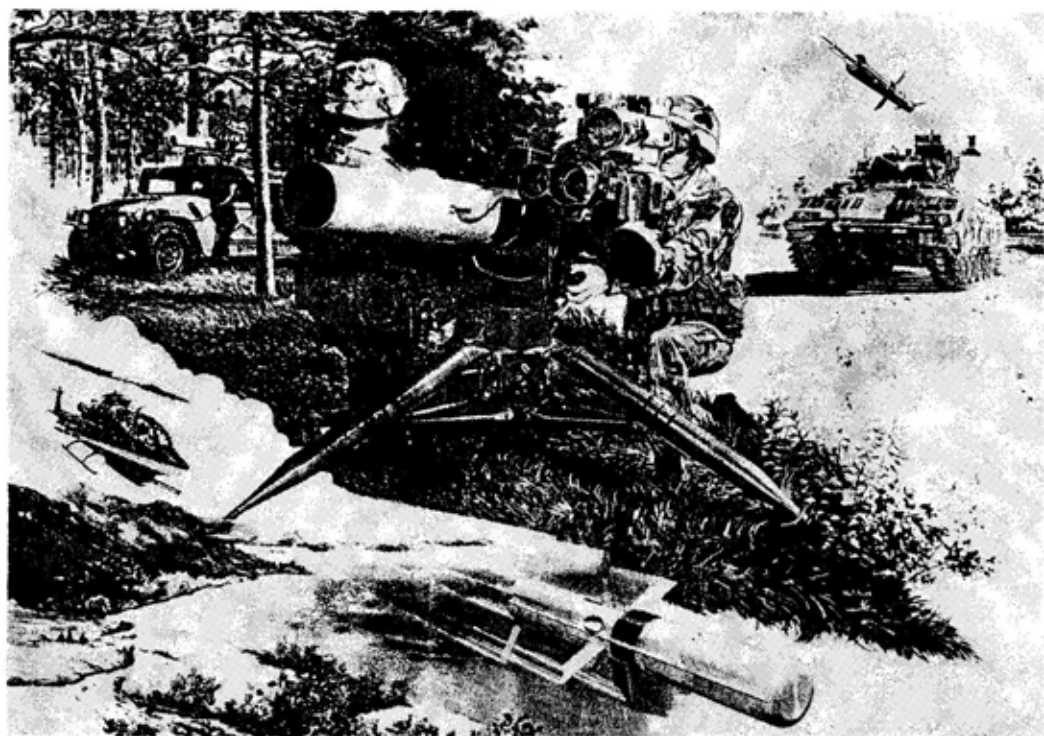
TOW na oklopnim sistemima

Prednosti ugradnje sistema TOW 2 na oklopna vozila su povećana mobilnost, žilavost i vatrena moć potrebna za uništenje tenkova. Sa sistemom TOW 2 omogućava se upotreba u svim vremenskim, noćnim i dnevnim uslovi-

tibilnosti različitim konfiguracijama kupola, fleksibilna ugradnja i lociranje lansera, kompatibilnost sa višecevnim lanserima, itd.

TOW na helikopterima

Helikopter je jedinstven vatreni sistem koji omogućava optimalnu kombinaciju niske cene izvršenja vatrene zadatka na različitim platformama, sposobnosti dejstva u dnevnim i noćnim uslovima smanjene vidljivos-



Oružani sistem TOW 2

ma. Na primer, oklopno borbeno vozilo BRADLEY M2/M3 svojom mobilnošću, brzinom kretanja, okretnošću i oružanim sistemom predstavlja vrlo efikasan vatreni elemenat na bojištu.

Preimućstva TOW-a na oklopnim sistemima su minimizirana ekspozicija nišandžije i posade, mogućnost da se ispale sve rakete TOW, lakoća prilagođenja većini oklopnih vozila, adap-

ti i jedinstvene otpornosti prema elektrooptičkom ometanju.

Karakteristike lansirnog sistema

Sposobnost uništenja: velika verovatnoća da je pogođeni cilj i uništen.

Tačnost: velika verovatnoća pogađanja i van dometa od 3750 m.

- Operativnost:** dnevno-noćne operacije u uslovima smanjene vidljivosti.
- Prenosivost:** lanser i četiri rakete prenose 4 čoveka.
- Održavanje:** procenjuje se da je vek trajanja 10 godina bez održavanja.
- Fleksibilnost:** sve verzije raketa TOW mogu se ispaljivati iz lansirnog sistema TOW 2.

Rakete TOW 2A i TOW 2B

Raketa TOW 2A razvijena je u kompaniji Hughes Missile Systems kao reakcija na poboljšanje savremenih oklopa i stvaranje reaktivnog oklopa. Raketa TOW 2A je slična raketi TOW 2, osim što ima inkorporiranu tandem-kumulativnu bojnu glavu, kako bi se ostvarilo efikasno uništenje tenkova sa reaktivnim oklopom. Prednja bojna glava u raketi postavljena je da bi pojačala eksploziju u reaktivnom oklopu, oslobađajući put za osnovnu bojnu glavu koja probija oklop. Osnovna bojna glava za raketu TOW 2A je ista kao na raketi TOW 2 i one su identičnog oblika.

Nova verzija rakete, TOW 2B, razvijena je kao raketa za dejstvo po tenkovima odozgo, gde su oni najranjiviji. Karakteristike rakete TOW 2B znatno se razlikuju od ostalih verzija rakete TOW. Prethodne rakete TOW pogadale su tenkove i ostala oklopna sredstva direktno sa bojnou glavom ugrađenom na vrhu. Raketa TOW 2B projektovana je da leti iznad gornje površine tenka i dejstvuje odozgo simultanom detonacijom eksplozivno oblikovanog penetratora bojne glave.

Raketa TOW 2B, međutim, nije planirana i projektovana da zameni raketu TOW 2A. Naime, obe rakete uvedene su u naoružanje armije SAD, a prethodne verzije TOW izdvojene su za obuku i moguća poboljšanja. Kao i sve prethodne verzije familije raketa TOW, raketa TOW 2B ne zahteva ni-

kakve promene u načinu obuke i sistemu rada.

Raketa TOW 2B ima masu 22,6 kg, dužinu 1168 mm, prečnik 147 mm, domet 3750 m, vreme leta 21 s i vek trajanja od 10 godina.

V. Radić

RAKETNI SISTEM ADATS*

ADATS predstavlja raketni sistem visokih performansi za odbranu od kompleksnih opasnosti. Ovaj sistem razvijen je za armiju SAD u saradnji sa kanadskim i tajlandskim oružanim snagama, kako bi zadovoljio nivo mobilnosti neophodan za vazduhoplovstvo.

U realnim uslovima dejstva, pri svim vremenskim uslovima i pri primeni različitih elektrooptičkih i elektromagnetskih uslova ometanja, ADATS je prevazišao verovatnoću pogađanja 94%.

Osnovne karakteristike sistema su:

- pasivno automatsko elektrooptičko praćenje cilja,
- povećana mobilnost (vazdušna, plovnost i zemaljska prenosivost),
- dokazane mogućnosti dejstva protiv helikoptera i malih ciljeva koji se kreću velikim brzinama,
- uništenje zemaljskih ciljeva i ciljeva u vazdušnom prostoru,
- velika efikasnost u različitim uslovima ometanja,
- vrlo malo vreme reagovanja,
- dejstvo u svim dnevnim, noćnim i vremenskim uslovima,

* Prospektni materijal, Defendory '96, Grčka.



Raketni sistem ADATS

- velika vatrena moć (8 raketa sprem-
nih za vatreno dejstvo),
- velika raspoloživost platformi,
- Doplerov radar, optički nišan, po-
boljšana ECCM elektronika,
- domet praćenja 25 km
- domet raketa 7000 m,
- brzina rakete 3 Maha,
- penetracija oklopa 900 mm.

Osnovne karakteristike rakete:

- masa 51 kg,
- dužina 2,05 m,
- prečnik 152 mm,
- bojna glava 12,5 kg (razorna),
- upaljač blizinski, udarni, laserski.

V. Radić

VIŠECEVNI RAKETNI LANSER 122 mm*

Višecevni raketni lanser 122 mm, tip 90, novi je tip raketnog lansera koji je razvijen, izrađen i uveden u naoružanje u Kini. Karakteriše ga izuzetna vatrena moć, velika mobilnost i po-

godnost za tehničko održavanje. Opremljen je sistemom za automatsko punjenje i predstavlja najvažnije vatreno sredstvo artiljerijskih jedinica.

Projektovan je da savlada i uništi efektivne snage protivnika, vojne objekte, tehnička sredstva, koncentraciju motorizovanih pešadijskih snaga, oklopnih vozila i samohodnih oruđa. Efikasan je i za destrukciju građevina

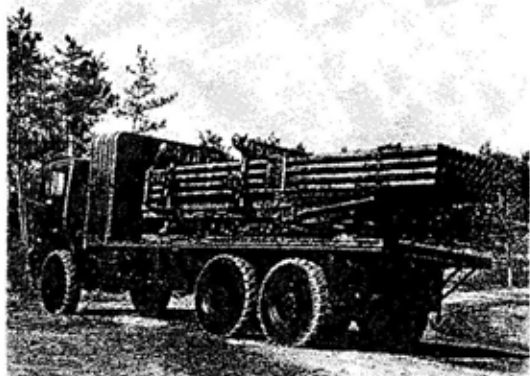
* Prospekti materijal, Defendory '96, Grčka.

i drugih ciljeva na protivničkoj teritoriji, a može se upotrebiti za obalsku odbranu protiv brodova i plovećih objekata.

Ima domet veći od 30 km i sposoban je za brzu i koncentrisanu vatrenu podršku. Zauzimanje vatrene položaja elemenata za gađanje traje 1,5 do 2 minuta. Rakete se mogu ispaljivati pojedinačno ili rafalno, od čega se 40 raketa može ispaliti u intervalu od 18 do 20 s.

Lansirni sistem sastoji se od lansirnih cevi, kolenke, mehanizma za uravnoteženje, nišanskih sprava, mehanizma za elektronsku elevaciju i okretanje, rotacionog postolja, sistema za automatsko punjenje, sistema za opaljenje, hidrauličke dizalice i sistema za automatski rad.

Lansirne cevi postavljene su u četiri reda, sa po deset u svakom, tako



Višecevni raketni lanser 122 mm

da ih je ukupno četrdeset. One su fiksirane na kolenki koja je ugrađena na rotacionom postolju sa osovinom.

Električni sistem za opaljenje ispaljuje rakete jedinačno ili rafalno u intervalu od 0,5 s između dve rakete. Sistem za opaljenje sastoji se od električnog upaljača, sredstava za daljinsko opaljenje, kontakata i kablova, a

može se opaliti iz kabine vozača i izvan vozila.

Automatski sistem punjenja sastoji se od elevatorskog držača i donosača, a punjenje sa 40 raketa može se obavljati automatski, pritiskom dugmeta u kabini vozača ili ručno izvan vozila.

Lanser se kontroliše preko kompjutera, a interfejs je opremljen vezom sa centralnim komandnim sistemom borbene jedinice. Instrukcija od centralnog komandnog sistema predstavlja ulazni parametar za opaljenje.

Performanse lansera su:

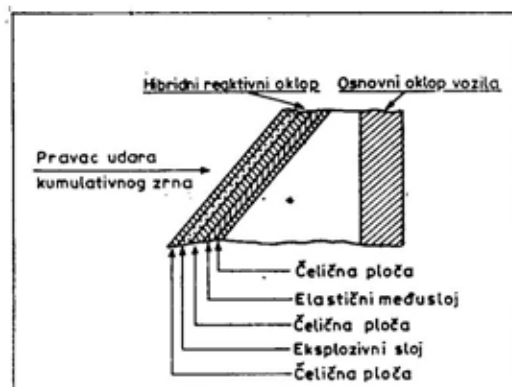
- operativna ambijentalna temperatura: -40 do $+55^{\circ}\text{C}$
- operativna ambijentalna vlažnost: $95 \pm 3\%$ (na $+40^{\circ}\text{C}$)
- period rada bez otoka: $\sim 1\,000$ h
- maksimalna potrošnja energije: ~ 35 W
- dužina cevi: $3\,000$ mm
- maksimalni domet: ≥ 30 km
- elevacija: 0° — 55°
- azimut: $+102^{\circ}$ do 180°
- brzina gađanja: 40 raketa / 18—20 s
- vreme automatskog punjenja: ≤ 3 min
- ukupna masa (sa 80 raketa): $\sim 20\,000$ kg
- maksimalna brzina kretanja po putu: 85 km/h

Raketa ER 122 mm za višecevni raketni lanser ima malu brzinu rotiranja, stabilisana je krilcima, a sadrži bojnu glavu, motor i stabilizator. Bojne glave mogu biti razorne, kasetne, razorno-osvetljavajuće i druge.

V. Radić

HIBRIDNI REAKTIVNI OKLOP*

Nedavno se pojavio novi tip oklopa koji znatno povećava zaštitu lakih oklopnih vozila od kumulativnih projektila. Hibridni reaktivni oklop se nadovezuje na eksplozivni reaktivni oklop (ERA) sa elementima kojim se nadomeštaju njegove slabosti. Jedna takva slabost jeste nemogućnost ERA da potpuno eliminiše dejstvo kumulativnog mlaza. Široko rasprostranjena raketa RPG-7 sa relativno malom glavom sa kumulativnim punjenjem, može probiti oko 300 mm čeličnog oklopa. Iako ERA može umanjiti veličinu proboja i za 90%, preostali efekti, kao posledica kumulativnog mlaza dovoljni su da izbace iz upotrebe većinu lakih oklopnih



Hibridni reaktivni oklop

vozila. S druge strane, zadnja ploča ERA i sama može izazvati znatna oštećenja na relativno tankom osnovnom oklopu vozila. Umetanjem dodatnih čeličnih ploča između ERA i osnovne konstrukcije, kao što je primenjeno na Centauro izviđačkom vozilu, koje je italijanska armija nadgradila sa ERA Romor-A oklopom za potrebe operacije u Somaliji u toku 1993. godine mogu se ublažiti oba problema, mada se

dodavanjem čeličnih ploča znatno povećava masa vozila.

Izraelska vladina agencija za razvoj naoružanja Rafael prva je počela sa primenom ERA, kao i hibridnih reaktivnih oklopa. Hibridni reaktivni oklop sastoji se od ERA na koji se naslanja čelična ploča sa unutrašnjim slojem načinjenim od elastičnog materijala. Ova dva sklopa spojena su tako da prednja ploča jednog predstavlja zadnju ploču sledećeg. Ovakav spoj dodatno smanjuje prodornost kumulativnog mlaza i smanjuje oštećenja zadnje ploče ERA.

Američka vojska ugrađuje na borbeno vozilo pešadije Bradley hibridni reaktivni oklop koji je razvila agencija Rafael u saradnji sa Lokid-Martinom (Lockheed Martin). Nedavno je ova Izraelska agencija razvila varijantu za lako oklopno vozilo M113. Izraelska vojna industrija proizvela je ekvivalent hibridnom reaktivnom oklopu poznat pod nazivom RAPI, sa sličnom namenom. Francuska kompanija SNPE takođe je razvila hibridni oklop koji se postavlja na konstrukciju vozila radi zaštite od projektila tipa RPG-7. Ovim oklopom povećava se masa vozila za 980 do 1900 kg, zavisno od ukupne površine koja se njime pokriva.

V. Bukvić

PRIPREME ZA LANSIRANJE POBOLJŠANOG SATELITA LACROSSE*

U SAD se obavljaju pripreme za lansiranje poboljšane verzije Lokidovog radarskog Martin Lacrosse satelita za potrebe CIA i vazduhoplovstva.

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 9/1996.

* Prema podacima iz časopisa AVIATION WEEK & SPACE TECHNOLOGY, sept. 30, 1996.

Početkom septembra 1996. dva ovakva satelita proveravala su novi radarski senzor sa sintetičkom blendom nad Irakom, učestvujući u prvoj proceni oštećenja protivvazdušne odbrane Iraka nakon dva napada krstarećim raketama. Radarska osmatranja bila su tako detaljna da se mogao uočiti krater koji je ostavila mornarička raketa Tomahawk. Štaviše, sateliti su registrovali ciljeve noću i kroz debele slojeve oblaka. Svaki ovaj satelit košta oko 500 miliona dolara, a ima raspon od 150 stopa (45 metara) sa raširenom antenom. Zbog mogućnosti ovog satelita da radi u svim vremenskim prilikama,

Pentagon i CIA planiraju skorašnje povećanje njegovih mogućnosti, kao i rezolucije (zavisno od veličine kristala na filmu) dobijenih slika. Raketa Titan 4 se priprema za lansiranje usavršene verzije ovog satelita ili elektrooptičkog satelita KH-11. Sadašnja rezolucija iznosi nekoliko stopa (1 metar). Radar sa sintetičkom blendom (SAR) na satelitu može da uoči krater prečnika 6 do 10 stopa (2 do 3 metra), a njegova tačnost je dovoljna da identifikuje oklopno vozilo, kao i da razlikuje tenk od oklopnog automobila.

V. Bukvić

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, organizaciju i stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a 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.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski dočitan, 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.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicija na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

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.

LEKTOR

Dobriša Miletić, prof

KORICE

Milijko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

Cena: 15,00 dinara

Tiraž: 1400 primeraka

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis »Vojnotehnički glasnik« je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.
