

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik
SLAVKO BRSTINA

UREDIVAČKI ODBOR

Pukovnik
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik
BRANISLAV OBRADOVIĆ, dipl. inž.

General-potpukovnik
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

General-potpukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

General-major
dr SLOBODAN BURSAČ, dipl. inž.

General-major
MILAN UZELAC, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr RADOVAN MAKSIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOVAN ČIROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr DRAGUTIN JOVANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Zastupa glavnog i odgovornog urednika

Potpukovnik
se Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 646-277)

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 641-795, vojni 22-431)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.
Preplata tel.-fax: 3612-506, žiro-račun: 40818-
637-9-6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štampa-
rija – Beograd, Generala Ždanova 40b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K

3

GODINA XLIX • MAJ–JUN 2001.

S A D R Ź A J

Dr Dušan Regodić, pukovnik, dipl. inž.	AUTOMATIZACIJA PRIPREME POČETNIH ELEME- NATA ZA POSREDNO GAĐANJE	253
Dr Zoran Ristić, pukovnik, dipl. inž.	UTICAJ KOEFICIJENTA OTPORA PROTICANJU TEČNOSTI NA PROMENU SILE KOČENJA U HI- DRAULIČNIM KOČNICAMA ARTILJERIJSKIH ORUĐA	267
Se Slobodan Ilić, kapetan I klase, dipl. inž.	MOGUĆI NAČIN DEFINISANJA PROCEDURA UPRAVLJANJA U SISTEMU SNABDEVANJA RE- ZERVNIM DELOVIMA	279
Profesor dr Miroslav Demić, akademik		
Profesor dr Vladimir E. Toljski, akademik	PRIOLOG ISTRAŽIVANJU UTICAJA NEUNIFOR- MNOSTI PNEUMATIKA NA VIBRACIJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE MOTORNIM VOZILA	293
Profesor dr Konstantinos Spentzas		
Slavko Muždeka, poručnik, dipl. inž.		
Profesor dr Slobodan Milidrag, dipl. inž.		
Mr Zoran Popović, pukovnik, dipl. inž.	PRIMENA FAZI LOGIKE U REGULATORIMA SI- STEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA MO- TORNIM VOZILIMA	301
Dragiša Vulović, poručnik, dipl. inž.		
Mr Zvonko Radosavljević, dipl. inž.		
Mr Mirko Jezdimirović, major, dipl. inž.	PRIMER DIGITALIZACIJE TELEVIZIJSKE I TER- MOVIZIJSKE SLIKE	315
Mr Milovan Unković, dipl. inž.	DIGITALNO POVEZIVANJE BRODSKIH NAVIGA- CIONIH UREĐAJA	324
Dr Dragan Knežević, potpukovnik, dipl. inž.	ANALITIČKO DEFINISANJE PARAMETARA IM- PULSA PRITISKA UDARNIH TALASA PODVODNE EKSPLOZIJE	333
Pavle Galić, pukovnik, dipl. inž.	BEZBEDNOST PUTNOG SAOBRAĆAJA U VOJSKI JUGOSLAVIJE - prikaz stručnog skupa -	348
	MINSKO RATOVANJE - prikaz monografije -	350

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Višecevni raketni sistemi u novom veku - M.K.	352
Prvo gađanje raketom STORM SHADOW - M.K.	354

Oružje velike preciznosti i tehnologije veštačke inteligencije – M.K.	355
Modernizacija standardne streljačke municije – M.K. . .	357
Višenamenski borbeni avion Su-30MKI – M.K.	358
Oklopna vozila za specijalne zadatke – M.K.	361
Radio-osmatrački sistem Vega 3D – M.K.	362
Elektronski poligon – univerzalna tehnologija za trenаж, simulacije i projektovanje – M.K.	363

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Georadar za otkrivanje mina – M.K.	366
Nova oprema za razminiranje – S.A.	367
Prvi GPWS za Evrofajter – M.K.	367
F-16 testira nove sisteme pri supersoničnim brzinama – M.K.	368
Lovac F-16 za italijansko vazduhoplovstvo – S.V.	369
Novi avioni za severozapadnu flotu – M.K.	369
Prvi let helikoptera EC 725 – S.V.	369
Prvi let helikoptera AH-1Z – S.V.	370
Britanska oklopna izviđačka vozila CVR(T) na dizel pogon – M.K.	370
Razvoj automatizovanog brodskog sistema za upravljanje – M.K.	371
IBM – superkompjuter za identifikaciju objekata u kosmosu – M.K.	372
Protivtenkovska raketa MOKOPA za helikopter Tigar – V.R.	372
Najnovija ruska raketa ISKANDER-E – V.R.	373
Južnoafrički artiljerijski sistemi 105 mm – V.R.	373
Nova superlaka bespilotna letelica – M.K.	374

AUTOMATIZACIJA PRIPREME POČETNIH ELEMENATA ZA POSREDNO GAĐANJE

UDC: 623.55.022:681.3.06

Rezime:

U ovom radu obrađena je automatizacija procesa pripreme početnih elemenata za posredno gađanje, koja prethodi artiljerijskim gađanjima. Pripremu savremenih artiljerijskih gađanja treba da odlikuju pouzdanost i brzina reagovanja. Racionalan utrošak municije i velika verovatnoća pogađanja posledice su dobre pripreme gađanja. U radu je prikazano programsko rešenje za postupak pripreme početnih elemenata. Program je urađen u programskom jeziku PASCAL na računskoj mašini PC 586. Program je tako koncipiran da se posle unošenja ulaznih podataka, na bazi ponuđenih opcija, određuje varijanta gađanja. Nakon toga izračunavaju se pojedinačne i sumarne greške. Takođe, izračunavaju se i težine pojedinih grešaka. Programsko rešenje je univerzalno i može se primenjivati za svako oruđe.

Ključne reči: artiljerijsko gađanje, priprema početnih elemenata, greške pripreme, središna verovaina greška, balističke popravke, meteorološke popravke, tablice gađanja.

AUTOMATION OF INITIAL ELEMENTS PREPARATION FOR INDIRECT FIRING

Summary:

The automation of initial elements preparation procedure for indirect firing has been treated in this paper. Artillery firing is preceded by initial elements preparation which should be reliable as well as fast in action. Rational ammunition consumption and high hit probability are the effects of a well-performed firing preparation. The paper presents a program solution for the procedure of initial elements preparation. The program has been realized in PASCAL on a 586 PC. The program is designed so that, after entering input data, we determine a firing variant on the basis of offered options. Individual as well as summary errors are then calculated together with the degree of seriousness of particular errors. The program solution is universal and can be applied to every type of artillery weapons.

Key words: artillery firing, initial elements preparation, errors in preparation, mean probable error, ballistic corrections, meteorological corrections, firing tables.

Uvod

Artiljerijska gađanja realizovana posle kvalitetne pripreme imaju velike taktičke prednosti. Artiljerijsko gađanje ima, u načelu, dve faze: korekturu ili kontrolno gađanje i grupno gađanje.

Korekturom se otklanjaju greške pripreme i ispravljaju početni elementi za gađanje sa nastojanjem da se srednja putanja provede kroz sredinu cilja. Kontrolno gađanje se izvodi sa istim ciljem kao i korektura, ali sa znatno manjim utroškom projektila i vremena. Grupnim

gađanjem se postiže izvršenje vatrenog zadatka. Savremena borbena dejstva sve više zahtevaju da se artiljerijsko gađanje izvršava bez korekture, a kad je to moguće i bez kontrolnog gađanja. Dužnost starešina roda artiljerije je da u konkretnoj situaciji izvrše kvalitetnu pripremu svim raspoloživim sredstvima koja će obezbediti: pouzdano izvršenje postavljenog zadatka za najkraće vreme i sa najmanjim utroškom municije.

Priprema početnih elemenata za posredno gađanje ciljeva iz artiljerijskih oruđa obuhvata niz radnji u određivanju mesta oruđa i cilja, utvrđivanju stanja cevi i municije kojom će se vršiti gađanje i određivanje pojedinih meteoroloških elemenata koji utiču na tačnost izvođenja gađanja.

Zavisno od obima obavljenih poslova i načina na koji se oni izvršavaju razlikuju se sledeće vrste pripreme počet-

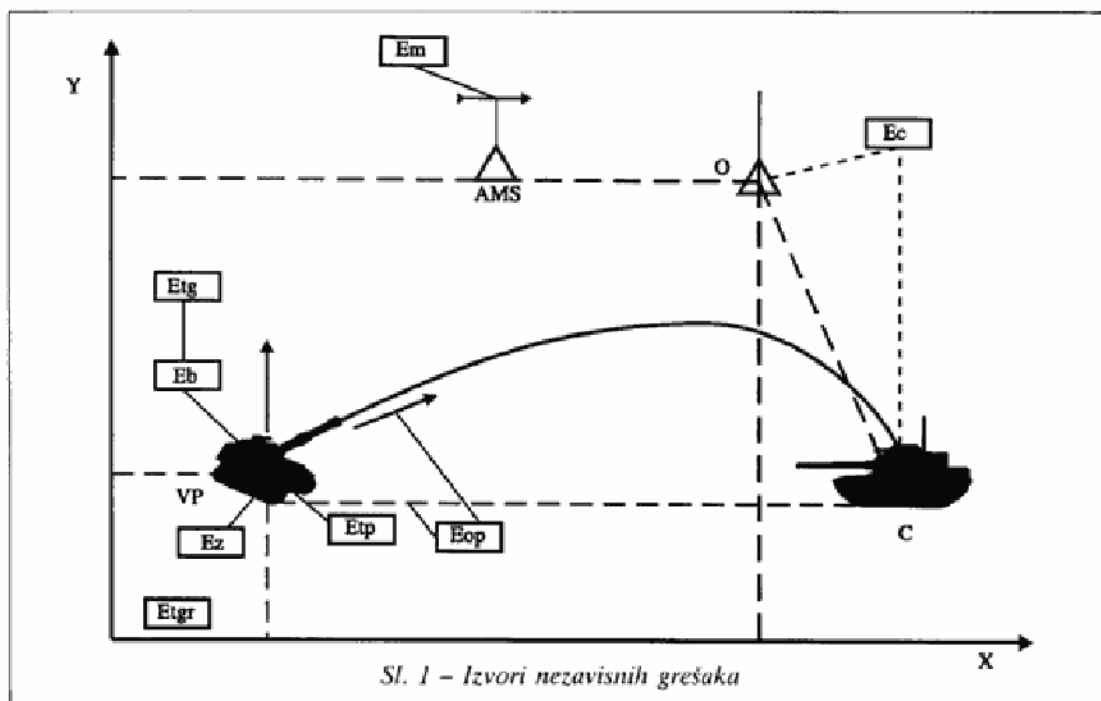
nih elemenata za gađanje [3, 6, 7]: potpuna, skraćena i prosta.

Sumarne greške potpune pripreme početnih elemenata

Izvori nezavisnih grešaka pripreme početnih elemenata za gađanje mogu biti [3, 6, 7]:

- greške u određivanju mesta cilja E_{xc} , E_{yc} ;
- greške topografsko-geodetskih radova E_{xtgr} , E_{ytgr} ;
- greške balističke pripreme E_{xb} ;
- greške meteorološke pripreme E_{xm} , E_{ym} ;
- greške tablice gađanja E_{xtg} , E_{ytg} ;
- greške zaokruživanja E_{xz} , E_{yz} ;
- greške tehničke pripreme E_{xtp} , E_{ytp} ;
- greške obrade podataka E_{xop} , E_{yop} .

Na slici 1 grafički su prikazane greške potpune pripreme početnih elemenata.



Greške u određivanju mesta cilja
(E_{xc} , E_{yc})

U tabeli 1 prikazani su sredstva i način određivanja koordinata mesta cilja i vrednost središnje greške po daljini i pravcu.

Središnja (srednja) verovatna greška po pravcu zavisi od primenjenog instrumenta.

Greške topografsko-geodetskih radova (E_{xgr} , E_{ygr})

a) Određivanje mesta oruđa (E_{xor} , E_{yor})

Radi određivanja topografskih elemenata za gađanje cilja potrebno je odrediti mesto oruđa i cilja u prostoru (x, y, z) i na osnovu toga njihov međusobni odnos. U tabeli 2 data su sredstva, način izvršenja topografskih radova i vrednosti središnjih grešaka.

Tabela 1

Sredstva i načini određivanja koordinata mesta cilja		Središnje greške (m)	
		po daljini	po pravcu
1.	Aerofoto-snimcima razmere ne sitnije od 1:25 000 sa nanesenom koordinatnom mrežom	kružna 15–20	
2.	Artiljerijskim radarom	kružna 15–20	
3.	Presecanjem pomoću optičkog voda ili dvostranim osmatranjem, kada su osmatračnice određene na punoj topografskoj osnovi ili po karti od jedne tačke (po aerofoto-snimku): – kada je veličina baze 1/10 daljine presecanja ili veće – kada je veličina baze od 1/10 do 1/20 daljine presecanja	0,5–0,8% D 0,8–1,1% D	0,1–0,2% D 0,1–0,2% D
4.	Iz aviona korišćenjem aerofoto-snimaka razmere ne sitnije od 1:25 000 sa koordinatnom mrežom	kružna 30–40	
5.	Zvukovnim izviđanjem sa topografskim vezivanjem zvukovnih stanica na potpunoj topografskoj osnovi i pri uračunavanju rasprostiranja meteoroloških podataka po visini ili pri uračunavanju sistematske greške	1% D	0,4% D
6.	Stereoskopskim daljinomerom kada je mesto osmatračnice određeno na punoj topografskoj osnovi ili po karti (aerofoto-snimku): – daljinomer baze 0,9 m – daljina osmatranja do 3 km – daljina osmatranja preko 3 km – daljinomer baze 2 m – daljina osmatranja do 5 km – daljina osmatranja preko 5 km	1,5% D_{os} 2–3% D_{os} 1–1,5% D_{os} 1,5–2% D_{os}	0,2–0,3% D_{os} 0,3% D_{os} 0,3% D_{os} 0,3% D_{os}
7.	Izviđanjem iz aviona uz korišćenje karte razmere ne sitnije od 1:50 000	kružna 100–200 m	
8.	Izviđanjem iz helikoptera uz korišćenje aerofoto-snimka 1:25 000 ili karte 1:50 000	1,2–1,6% D_{os}	0,7–1% D_{os}
9.	Kartom: – kad je cilj (reper) poznata tačka – kad cilj (reper) nije poznata tačka	kružna 0,3–0,5 mm razmera karte kružna 1–2 mm razmera karte	
10.	Sekundomerom	0,2–0,5% D	1–4% D_{os}
11.	Laserskim daljinomerom	5–10 m	0,2% D_{os}

D_{os} – daljina osmatranja cilja,
D – daljina do cilja.

Tabela 2

Red. br.	Sredstva i način izvršenja topografskih radova	Središnja greška (kružna greška)
1.	Na topografsko-geodetskoj osnovi: – pomoću teodolita – pomoću artiljerijske busole PAB	3–5 m 8–10 m
2.	Na osnovu konturnih tačaka karte: – pomoću instrumenata – pomoću topovesca	0,5 mm razmera karte 30–50 m zavisno od razmera karte
3.	Laserskim daljinomerom	5–10 m

Tabela 3

Red. br.	Sredstva i način provere orijentisanja oruđa u osnovni pravac	Središnja greška (kružna greška)
1.	Na topografsko-geodetskoj osnovi: – pomoću teodolita – pomoću artiljerijske busole PAB	1,2 minuta 1,5 hiljaditi
2.	Astronomskim opažanjem: – pomoću teodolita sa tri polugirusa – pomoću dva teodolita sa jednim polugirusom – pomoću azimutnog dodatka busole PAB	1 minuta 1,5 minuta 1 hiljaditi
3.	Pomoću artiljerijskog žirokompasa: – po četiri tačke revizije – po dve tačke revizije	1 minuta 1,5 minuta
4.	Jednovremenim obeležavanjem na nebesko telo: – pomoću teodolita – pomoću artiljerijske busole PAB	2 minuta 2 hiljaditi
5.	Korišćenjem magnetne igle busole PAB	4 hiljaditi
6.	Po konturnim tačkama karte gde je d rastojanje između konturnih tačaka karte (cm)	0–40/ d

Tabela 4

Razmera karte	Središnja greška $E_{x(Δh)}$ u (m) zbog greške u određivanju visine cilja (vatrene položaja) pri nagibu zemljišta					
	2–5°	5–7°	7–10°	10–20°	20–30°	30–40°
1:50 000	5,9	4,0	7,6	9,3	12	16
1:100 000	5,7	8,4	18	21	25	34

Tabela 5

Izvori grešaka i način njihovih merenja		Središnje greške po daljini (m)
1.	Greške u određivanju početne brzine projektila E_{xV_0} : – radarom za merenje početne brzine projektila – balističkim gađanjem – merenjem dužine ležišta barutne komore: – $ΔV_0 ≤ 3\% V_0$ – $3\% V_0 ≤ V_0 ≤ 6\% V_0$	0,2% V_0 0,2% V_0 0,4% V_0 0,7% V_0
2.	Greške u merenju temperature barutnog punjenja E_{xnb} : – kod jednodelnog metka – kod dvodelnog metka	2,2°C 1,2°C
3.	Greške u oznakama mase projektila E_{xmp}	2/3 mase projektila

Osnovni izvori grešaka meteorološke pripreme		Središnje greške	
		po daljini	po pravcu
1.	Greška u određivanju vazdušnog pritiska E_H	1 mm Hg	
2.	Greška u određivanju temperature vazduha E_t	2°C	
3.	Greška u određivanju komponenata balističkog vetra $ENJ_x = ENJ_y$: - balističkog vetra - prizemnog vetra	2 m/s 0,7 m/s	
4.	Greška u određivanju derivacije E_{der}		0-01 (0,001 Dg)

b) Provera orijentisanja oruđa (E_{yoor})

U tabeli 3 data su sredstva, način provere orijentisanja oruđa u osnovnom pravcu i vrednosti središnjih grešaka.

c) Određivanje nadmorske visine (z) oruđa i cilja

U tabeli 4 data je razmera karte i vrednosti središnje greške u određivanju visine cilja pri različitim nagibima zemljišta.

Karta 1:25 000 daje četiri puta tačnije rezultate od karte 1:50 000.

Greške u određivanju visine cilja kao i greške u određivanju visine vatre-nog položaja određuju se na osnovu (slika 2) izraza:

$$E_{x(\Delta h C)} = E_{(\Delta h C)} \cdot \operatorname{ctg} \theta_c \quad (1)$$

$$E_{x(\Delta h VP)} = E_{(\Delta h VP)} \cdot \operatorname{ctg} \theta_c \quad (2)$$

Iz ovoga sledi da greška topografsko-geodetskih radova iznosi:

- po daljini

$$E_{xtgr} = \sqrt{E_{xor}^2 + E_{x(\Delta h C)}^2 + E_{x(\Delta h VP)}^2} \approx (0,3 - 0,5\% D) \quad (3)$$

- po pravcu

$$E_{ytr} = \sqrt{E_{yor}^2 + E_{yoor}^2} \approx (2-3 \text{ hiljadita}) \text{ ili } (0,2 - 0,3\% D) \quad (4)$$

Greške u određivanju balističkih popravki (E_{xb})

U tabeli 5 dati su različiti izvori grešaka, načini njihovih merenja i vrednosti središnjih grešaka po daljini.

Sve ove greške utiču samo na popravku po daljini. Sumarna greška u određivanju balističkih popravki je:

$$E_{xb} = \sqrt{E_{xv_0}^2 + E_{xtb}^2 + E_{xmp}^2} \approx (0,2 - 0,5\% D) \quad (5)$$

Greške u određivanju meteoroloških popravki (E_{xm} , E_{ym})

U tabeli 6 prikazani su osnovni izvori grešaka meteorološke pripreme i vrednosti središnjih grešaka po daljini i pravcu.

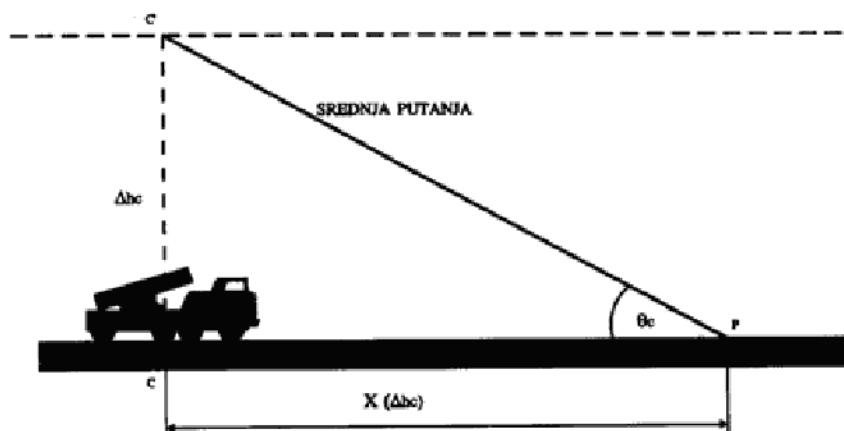
Sumarne greške u određivanju meteoroloških popravki određuju se na osnovu sledećih jednačina:

$$E_{xm} = \sqrt{E_{x(w_x)}^2 + E_{x(t)}^2 + E_{x(H)}^2} \quad (6)$$

$$E_{ym} = \sqrt{E_{y(w_y)}^2} \quad (7)$$

Greške u tehničkoj pripremi (E_{xtp} , E_{ytp})

Vrednosti središnje greške tehničke pripreme zavise od primenjenih instrumenata i iznose:



Sl. 2 – Uticaj nagiba zemljišta na određivanje visine cilja

– u vertikalnoj ravni $E_{\varphi} = 0,5 - 1$ hiljaditi,

– u horizontalnoj ravni $E_{\beta} = 0,5 - 0,7$ podeljaka uglomera.

Greške tehničke pripreme imaju sumarnu srednju verovatnu grešku:

– po daljini $E_{xtp} = E_{\varphi} M$ (8)

– po pravcu $E_{ytp} = E_{\beta} 0,001 D_g$ (9)

gde je:

M – pomeranje padne tačke po da-

ljini menjajući tablični ugao za 1 hiljaditi, D_g – daljina gađanja.

Greške tablice gađanja (E_{xtg} , E_{ytg})

Greške tabličnih popravki tako su male da se mogu zanemariti u potpunoj pripremi početnih elemenata. Središne greške mogu se izračunati na osnovu sledećih jednačina:

– po daljini $E_{xtg} = 0,3\% D$ (10)

– po pravcu $E_{ytg} = \sqrt{(0,001 \cdot D_g)^2 [(0,05 \cdot der)^2 + 2,2 \cdot Wy^2 \cdot E_{wy}^2]}$ (11)

gde je:

Wy – bočna komponenta vetra,

der – popravka zbog derivacije.

Greške zaokruživanja elemenata (E_{xz} , E_{yz})

Središna greška zaokruživanja elemenata iznosi:

– po daljini $E_{xz} = 0,2 \cdot M$ (12)

– po pravcu $E_{yz} = 0,2 \cdot 0,001 D_g$ (13)

Greške obrade podataka (E_{xop} , E_{yop})

Pri računskoj obradi podataka nastaju središne greške po daljini i po pravcu i iznose:

$$E_{xop} = E_{yop} = 0,001 \cdot D_g \quad (14)$$

Središna sumarna greška (E_{xs} , E_{ys})

Središne sumarne greške potpune pripreme određuju se na osnovu sledećih jednačina:

– po daljini

$$E_{xs} = \sqrt{E_{xc}^2 + E_{xtgr}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2 + E_{xtg}^2 + E_{xz}^2 + E_{xtp}^2 + E_{xop}^2} \quad (15)$$

– po pravcu

$$E_{ys} = \sqrt{E_{yc}^2 + E_{ytgr}^2 + E_{yb}^2 + E_{ym}^2 + E_{ytg}^2 + E_{yz}^2 + E_{ytp}^2 + E_{yop}^2} \quad (16)$$

Sumarne greške skraćene pripreme početnih elemenata

- određivanja mesta cilja,
- određivanja nadmorske visine oruđa i cilja,
- nanošenja tačaka na planšetu,
- određivanja topografskih elemenata.

Sabiranjem ovih grešaka dolazi se do sumarnih grešaka koje iznose:

$$\text{– po daljini } E_{xtgr} = 0,8 - 1,2\% D_{tc}, \quad (19)$$

$$\text{– po pravcu } E_{ytgr} = 8 - 10 \text{ hiljaditih.} \quad (20)$$

Pri nedostatku vremena za realizaciju potpune pripreme realizuje se skraćena priprema početnih elemenata za gađanje. Sabiranjem odgovarajućih srednjih verovatnih grešaka, koje učestvuju i utiču na određivanje početnih elemenata skraćenom pripremom, dolazi se do sumarne srednje verovatne greške u skraćenoj pripremi [6, 7]:

– po daljini

$$E_{xs} = \sqrt{E_{xtgr}^2 + E_{xb}^2 + E_{xm}^2} \quad (17)$$

– po pravcu

$$E_{ys} = \sqrt{E_{ytgr}^2 + E_{ym}^2} \quad (18)$$

Greške u određivanju balističkih popravki (E_{xb})

Na određivanje balističkih popravki utiču greške koje nastaju:

- pri određivanju početne brzine,
- zbog oznaka mase projektila,
- zbog temperature barutnog punjenja.

Sabiranjem ovih grešaka dolazi se do sumarne greške koja utiče samo na tačnost popravke po daljini i iznosi:

$$E_{xb} = 0,4 - 0,8\% D_{tc} \quad (21)$$

Greške topografsko-geodetskih radova (E_{xtgr} , E_{ytgr})

Greške topografsko-geodetskih radova nastaju prilikom:

- određivanja mesta oruđa,
- davanja osnovnog pravca,

Metod pripreme početnih elemenata		Središne greške	
		po daljini E_x (% D_g)	po pravcu E_y (hiljaditi)
1.	Potpuna priprema	0,8-1,2	3-5
2.	Skraćena priprema	3-5	10-15
3.	Prosta priprema	8-10	20-30

Greške zbog razlika u meteorološkim uslovima (E_{xm} , E_{ym})

Ukupna središna greška u određivanju meteoroloških uslova iznosi:

– po daljini $E_{xm}=1-4\% D_{tc}$, (22)

– po pravcu $E_{ym}=5-12$ hiljaditih. (23)

Sumarne greške proste pripreme

Prosta priprema koristi se pri nedostatku vremena za izvršenje potpune i skraćene pripreme. Osnovno je da se u ovim slučajevima teži što bržem otvaranju vatre na račun tačnosti početnih elemenata za gađanje, pa se zbog toga koriste i pribori (instrumenti) manje preciznosti [3, 6, 7]. Uzimajući sve u obzir, srednje verovatne greške pri prostoj pripremi iznose:

– po daljini $E_{xs}=8-10\% D_g$ (24)

– po pravcu $E_{ys}=20-30$ hiljaditih (25)

Najčešće veličine srednjih (središnjih) verovatnih grešaka po daljini i po pravcu prikazane su u tabeli 7.

Određivanje težina grešaka

Radi povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata potrebno je odrediti uticaj raznih izvora grešaka na sumarnu

grešku pripreme početnih elemenata. Ako je udeo greške i-tog izvora u sumarnoj greški mali, razumljivo je da usavršavanje metoda određivanja podataka i-te greške ne može da dovede do bitnijeg povećanja tačnosti pripreme. Udeo (težina) greške svakog izvora određuje se prema izrazu (26) kao odnos kvadrata srednje verovatne greške izvora (E_{xi} , E_{yi}) prema kvadratu sumarne srednje verovatne greške pripreme (E_{xs} , E_{ys}). Ovako određena veličina naziva se težina datog izvora grešaka [3, 7]:

$$g_{xi} = \frac{E_{xi}^2}{E_{xs}^2}, \quad g_{yi} = \frac{E_{yi}^2}{E_{ys}^2} \quad (26)$$

Koncepcija programskog rešenja

Programsko rešenje za izračunavanje grešaka potpune pripreme za gađanje sačinjeno je u programskom jeziku PASCAL, a sastoji se od sledeće tri celine:

- ulazni podaci,
- program GPP – glavni program,
- rezultati proračuna.

Ulazni podaci nisu organizovani u obliku datoteke.

U zavisnosti od zadatka unose se sledeće veličine:

- daljina gađanja,
- daljina osmatranja,
- razmera karte,
- nagib zemljišta u rejonu cilja,
- nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja,

- brzina bočnog vetra.

U zavisnosti od projektila i punjenja unosi se:

- početna brzina projektila.

U zavisnosti od daljine gađanja, iz tablice gađanja se unose:

- popravke daljine zbog odstupanja (u metrima):

- početne brzine projektila za $\Delta V_0 = 1 \text{ m/s}$,
- temperature baruta za $\Delta t_b = 10 \text{ m/s}$,
- mase projektila za $\Delta P = 1 \text{ ozna-ka}$,
- uzdužnog vetra za $\Delta N_{J_x} = 10 \text{ m/s}$,
- vazdušnog pritiska za $\Delta H = 10 \text{ mbar}$,
- temperature vazduha za $\Delta t = 10^\circ$,

- popravke pravca zbog odstupanja (u hiljaditim):

- derivacije,
- bočnog vetra za $\Delta W_y = 10 \text{ m/s}$.

Ostali ulazni podaci:

- padni ugao,
- pomeranje padne tačke po daljini pri promeni tabličnog ugla na daljinaru za 1 hiljaditi.

Program GPP je tako koncipiran da se posle unošenja ulaznih podataka, na bazi ponuđenih opcija, određuju varijante izvršavanja gađanja. Nakon toga izračunavaju se pojedinačne, kao i sumarne greške. Takođe, izračunavaju se i težine pojedinih grešaka. Programsko rešenje je univerzalno i može se primenjivati za svako oruđe.

Izlazni podaci dobijaju se direktno na ekranu računara u obliku pet vrsta ispisa. Pošto se u programu ne formira izlazna datoteka dobijeni rezultati mogu se po želji odštampati. Program daje mogućnost izbora bilo kojeg ispisa neo-

graničen broj puta bez ikakvog određenog redosleda:

- ispis 1 - tabelarni prikaz veličina izvora nezavisnih grešaka po daljini i po pravcu;

- ispis 2 - prikaz sumarnih grešaka potpune pripreme, kao i njihov prikaz u funkciji od V_d i V_p ;

- ispis 3 - tabelarni prikaz težina izvora nezavisnih grešaka po daljini i po pravcu;

- ispis 4 - grafički prikaz tabele izvora nezavisnih grešaka po daljini sa procentualnim učešćem svake od njih u sumarnoj grešci;

- ispis 5 - grafički prikaz tabele izvora nezavisnih grešaka po pravcu sa procentualnim učešćem svake od njih u sumarnoj grešci.

Algoritam potpune pripreme posrednog artiljerijskog gađanja

Na slici 3 prikazan je algoritam potpune pripreme posrednog artiljerijskog gađanja.

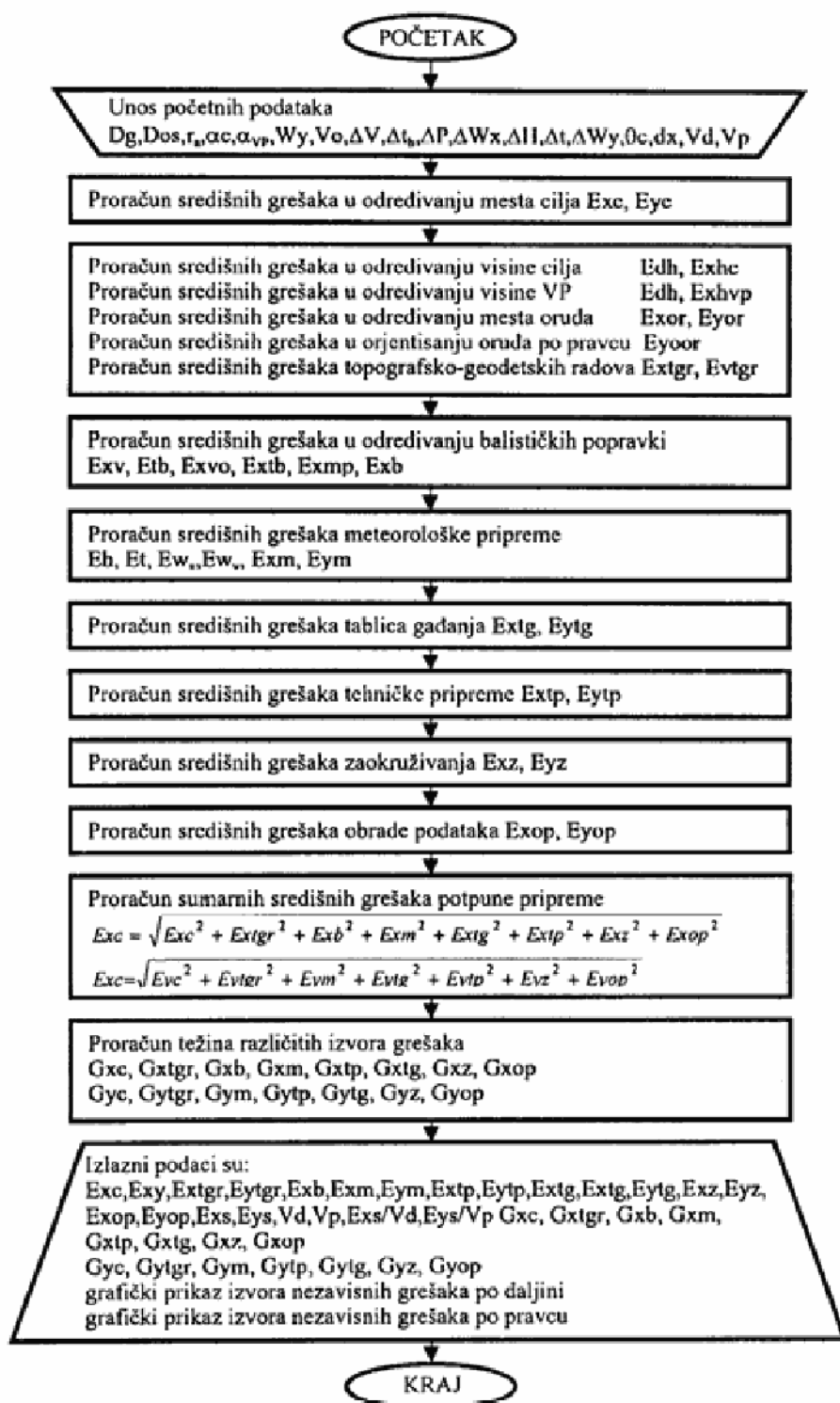
Rezultati proračuna za oruđe 130 mm M46

Pri proračunu korišćeni su sledeći podaci sa uvedenim izvesnim ograničenjima:

- topovskom baterijom 130 mm M46, TF projektilom M79, prvo punjenje, izvodi se posredno gađanje na daljinama 20, 21 i 22 km;

- mesto osmatračnice određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi artiljerijskom busolom, a mesto vatrenog položaja teodolitom;

- mesto cilja određeno je polarnim koordinatama pomoću laserskog daljinomera;



Sl. 3 – Algoritam potpune pripreme posrednog gađanja

- daljina osmatranja je 2500 m;
- visina vatrenog položaja i cilja određena je po karti 1:25 000, nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja je 15° , a u rejonu cilja 6° ;
- provera orijentisanja oruđa izvršena je pomoću artiljerijske busole;
- odstupanje početne brzine projektila određeno je balističkim gađanjem;
- meteorološki uslovi dobijeni su na osnovu meteorološkog biltena;
- na vatrenom položaju izmerena je brzina bočnog vetra 5 m/s;

- obrada podataka obavlja se pomoću obrasca APG-4.

Na osnovu navedenih podataka određene su pojedinačne i sumarne središnje greške pripreme početnih elemenata, kao i težine različitih izvora grešaka.

U tabeli 8 dat je izvod iz tablica gađanja za top 130 mm M46 za TF projektil M79, prvo punjenje (početna brzina je 810 m/s).

Na osnovu ulaznih podataka izvršen je proračun pomoću programa GPP. U tabeli 9 dat je prikaz veličina izvora

Tabela 8

Daljina		(m)	20 000	21 000	22 000	
Padni ugao		(hilj.)	820	891	975	
Verovatno skretanje	po daljini (Vd)	(m)	60	63	67	
	po pravcu (Vp)	(m)	6,6	7,8	9,6	
Popravke	pravca zbog	derivacije (der)	(hilj.)	13	16	19
		bočnog vetra (Wy)	(hilj.)	14	15	16
	daljine zbog odstupanja	uzdužnog vetra (Wx)	(m)	431	485	548
		temperature vazduha (Δt)	(m)	293	304	305
		vazdušnog pritiska (ΔH)	(m)	111	117	126
		početne brzine (ΔV_0)	(m)	271	283	300
		temperature baruta (Δt_b)	(m)	351	367	388
		mase projektila ($p = 1$ oznaka)	(m)	-36	-39	-42
Pomeranje padne tačke po daljini menjajući tablični ugao za 1 hiljaditi (M)		(m)	16	12	7	

Tabela 9

Ex (m)	Daljina gađanja (m)			Ey (m)	Daljina gađanja (m)		
	20 000	21 000	22 000		20 000	21 000	22 000
Exc	9,47	9,46	9,45	Eyc	9,43	9,43	9,43
Extgr	3,6	3,46	3,31	Eytgr	80,05	84,05	88,05
Exb	70,48	74,35	78,5	-	-	-	-
Exm	105,27	115,53	126,55	Eym	59,46	66,41	73,76
Extp	8	6	3,5	Eytp	10	10,5	11
Extg	60	63	66	Eytg	16,64	20,46	24,64
Exz	3,2	2,4	1,4	Eyz	4	4,2	4,4
Exop	20	21	22	Eyop	20	21	22
Exs	142,22	153,06	164,72	Eys	104,04	112,03	120,47
Vd	60	63	67	Vp	6,6	7,8	9,6
Exs/Vd	2,37	2,43	2,46	Eys/Vp	15,76	14,36	12,55

gxi (%)	Daljina gađanja (m)			gyi (%)	Daljina gađanja (m)		
	20 000	21 000	22 000		20 000	21 000	22 000
gxc	0,443	0,382	0,329	gyc	0,821	0,708	0,821
gxtgr	0,064	0,051	0,04	gytgr	59,200	56,287	59,200
gxb	24,559	23,596	22,711	-	-	-	-
gxm	54,788	56,973	59,024	gym	32,662	35,140	32,662
gxtp	0,316	0,154	0,045	gytp	0,924	0,878	0,924
gxtg	17,798	16,942	16,054	gytg	2,558	3,335	2,558
gxz	0,051	0,025	0,007	gyz	0,148	0,141	0,148
gxop	1,978	1,882	1,784	gyop	3,695	3,514	3,695

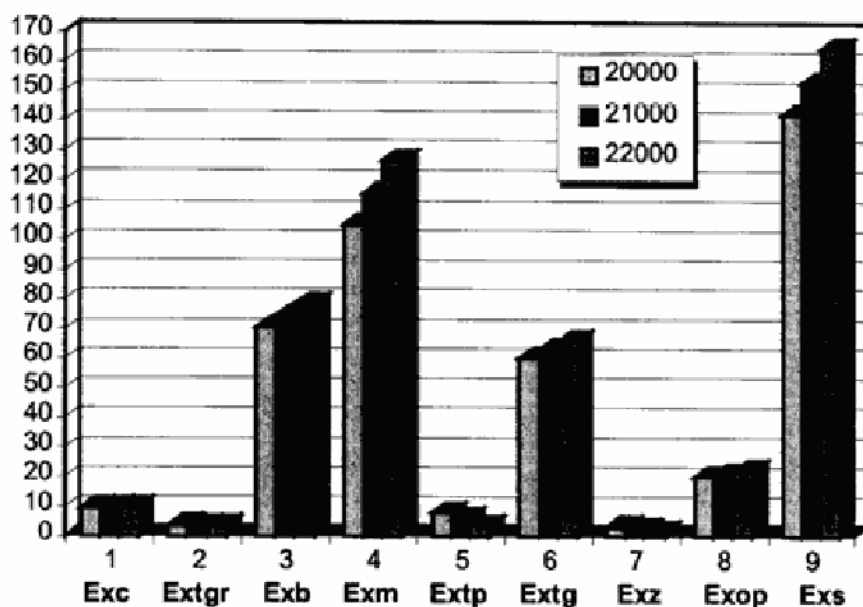
nezavisnih grešaka, sumarnih središnjih grešaka pripreme početnih elemenata i prikaz sumarnih grešaka u funkciji odstupanja po daljini i odstupanja po pravcu.

U tabeli 10 dat je pregled težina izvora nezavisnih grešaka u funkciji daljine gađanja.

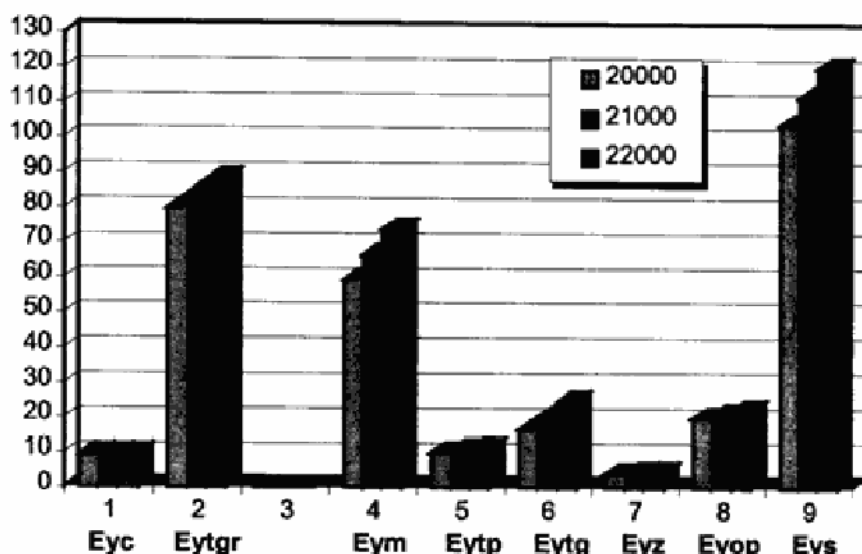
Na slici 4 prikazane su pojedinačne greške i sumarna greška po daljini. Najveći uticaj na greške po daljini za analizirane uslove gađanja ima greška meteorološke

pripreme sa čak preko 50% učešća u sumarnoj greški, zavisno od daljine gađanja. Radi njihovog smanjenja potrebno je što preciznije i što češće obavljati meteorološka merenja.

Na slici 5 prikazane su pojedinačne greške i sumarna greška po pravcu. Najveći uticaj na greške po pravcu za analizirane uslove gađanja ima greška topografsko-geodetskih radova sa oko 60% učešća u sumarnoj greški. Radi njihovog



Sl. 4 – Pojedinačne greške i sumarna greška po daljini



Sl. 5 – Pojedinačne greške i sumarna greška po pravcu

smanjenja potrebno je koristiti što preciznije instrumente za izvršenje topografsko-geodetskih radova.

Na osnovu proračuna pojedinih izvora grešaka i težine pojedinih izvora grešaka (tabele 9 i 10) zaključuje se da najveći uticaj po daljini imaju greške meteorološke pripreme, a po pravcu greške topografsko-geodetskih radova. Radi njihovog smanjenja potrebno je da se artiljerijska meteorološka stanica primakne što bliže vatrenom položaju baterije i češće i preciznije vrše meteorološka merenja. Topografsko-geodetske radove treba obavljati pomoću najpreciznijeg instrumenta (teodolita), a dobijene podatke obrađivati pomoću računara.

Zaključak

U radu je prikazano originalno programsko rešenje za proračun pojedinačnih i sumarnih grešaka pripreme početnih

elemenata za posredno gađanje artiljerijskih oruđa. Razvoj podsistema komandno-informacionog sistema (KIS) i sistema za upravljanje vatrom (SUV), pored ostalog, ima za cilj da se poveća brzina reagovanja artiljerijskih jedinica od trenutka uočavanja cilja do otvaranja vatre. Imati veću brzinu reagovanja u odnosu na protivnika često znači i imati inicijativu i biti bliži pobedi.

Analizirane su pojedinačne greške pripreme koje utiču na sumarnu grešku, a na osnovu analitičkih formula napravljeno je univerzalno programsko rešenje, koje se može primeniti na sve uslove gađanja i na svaku vrstu oruđa. Izvršena je numerička analiza za top 130 mm M46, sa TF projektilom M79, za tri daljine gađanja $D_g = 20$ km, 21 km i 22 km.

Mogućnost brzog izračunavanja topografskih, balističkih i meteoroloških elemenata za gađanje, u mestu i pokretu, povećava brzinu reagovanja artiljerijskih jedinica. Navedeno programsko rešenje

može se koristiti u komandno-informacionim sistemima (KIS) u svim artiljerijskim jedinicama pri potpunoj pripremi za izvršenje posrednog gađanja. Ono skraćuje vreme potpune pripreme, od uočavanja cilja do dejstva projektila na cilj, daje tačnije rezultate i smanjuje utrošak municije.

Računska simulacija pripreme početnih elemenata ima izuzetan praktični značaj za jedinice VJ. Uz posedovanje personalnih računara, računskom simulacijom potpune pripreme artiljerijskih gađanja u

jedinicama VJ može se eliminisati skraćena i prosta priprema.

Literatura:

- [1] Regodić, D.: Spoljna balistika, CVVŠ KoV VJ, Beograd, 1988.
- [2] Regodić, D.: Predavanja iz mehanike leta, VTA VJ, 1996.
- [3] Savić, S.: Zbirka rešenih zadataka iz teorije gađanja, CVVŠ KoV VJ, 1991.
- [4] Tablice gađanja 122 mm, SSNO, 1978.
- [5] Tablice gađanja 130 mm, SSNO, 1982.
- [6] Živanov, Ž.: Teorija gađanja, Vojnoizdavački zavod, Beograd, 1979.
- [7] Artiljerijsko pravilo gađanja, SSNO, Vojnoizdavački zavod, 1981.

Dr Zoran Ristić,
pukovnik, dipl. inž.
Sr Slobodan Ilić,
kapetan I klase, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

UTICAJ KOEFICIJENTA OTPORA PROTICANJU TEČNOSTI NA PROMENU SILE KOČENJA U HIDRAULIČNIM KOČNICAMA ARTILJERIJSKIH ORUĐA

UDC: 62-592.2.000.532.5:623.41/.42

Rezime:

Prema modelu hidrauličnog funkcionisanja kočnice trzanja artiljerijskog oruđa za vreme opaljenja, u radu je razmatran koeficijent otpora proticanju tečnosti. Na osnovu režima strujanja tečnosti određene su relacije za koeficijente otpora pri tzv. osnovnom i dopunskom proticanju tečnosti. Na osnovu dobijenih vrednosti eksperimentalnih rezultata za pritisak tečnosti i brzinu kretanja klipa u fazi trzanja, određena je zakonitost promene koeficijenta otpora proticanju. Analiziran je uticaj koeficijenta otpora proticanju tečnosti na veličinu ukupne sile hidrauličnog kočenja kretanja trzajuće mase artiljerijskog oruđa.

Ključne reči: strujanje tečnosti, koeficijent otpora, hidraulična kočnica, sila kočenja, pritisak, trzanje, artiljerijsko oruđe.

INFLUENCE OF THE FLOW COEFFICIENT RESISTANCE TO THE FLUCTUATION OF TOTAL BRAKING FORCE IN HYDRAULIC BRAKES ARTILLERY WEAPON

Summary:

In this paper, the fluid flow coefficient is considered according to the model of hydraulic functioning of the artillery weapon recoil brake during firing process. The relations for coefficient of hydraulic resistance during primary and additional fluid flow are determined on the basis of the form of the flow through bores. The law of change of flow resistance coefficient is determined on the basis of experimental values for fluid pressure and piston velocity moving in the recoil phase. The Influence of the flow resistance coefficient on the fluctuation level of the total braking force of artillery weapon recoil mass was analyzed.

Key words: fluid flow, flow resistance coefficient, hydraulic brake, braking force, pressure, recoil braking, artillery weapon.

Uvod

Matematički model hidraulične kočnice (HK) trzanja na artiljerijskim oruđima zasnovan je na klasičnim zakonima hidromehanike. U hidrodinamičkom smislu ponašanje HK karakteriše nestacionarno kretanje tečnosti kroz protočne

otvore u cilindru kočnice, sa vrlo nestabilnom fazom laminarnog i turbulentnog tečenja. S obzirom na to, neke izvedene matematičke relacije, na osnovu opšte teorije hidromehanike, mogu se iskoristiti samo za približnu ocenu pojava koje se javljaju u HK. Prema klasičnoj teoriji [1], problem hidraulične kočnice se vrlo često

svodi na laminarno ili turbulentno tečenje kroz cevi ili dijafragme. Sve zavisi od toga da li se otvor za proticanje tečnosti u klip HK razmatra kao „cev“ ili samo „otvor“ u tankoj pregradi. U opisivanju problema ponašanja HK za vreme opaljenja projektila autori [2, 3] su, zavisno od pristupa, uveli određena pojednostavljenja, tako da su dobijene relacije za silu hidrauličnog otpora kočnice $F_k(x)$ i parametre kočnice bile manje ili više složene.

Za model HK trzanja sa kontraklipnjačom vretenastog tipa, prema [2], sila hidrauličnog otpora kočnice definiše se izrazom:

$$F_k = \frac{\rho}{2} k_1 \cdot \frac{A_x^3}{a_x^2} v_r^2 K_\beta \left(K_\beta - \frac{\mu a_x}{A_x} \right)^2 + \frac{\rho}{2} k_2 \cdot \frac{a_1^3}{a_n^2} v_r^2 + \bar{\beta} p_1 \left(V \frac{dp_1}{dx} - \frac{1}{2} A_x p_1 \right) \quad (1)$$

gde je:

ρ – gustina tečnosti,

k_1, k_2 – koeficijenti otpora proticanju tečnosti kroz protočne otvore u kočnici, $K_{1,2}$ – obuhvataju kontrakciju poprečnog preseka struje (μ), neravnomernost brzina, tečnosti po preseku struje (δ_i) koeficijent unutrašnjeg trenja tečnosti (ξ_i), itd.,

a_1 – površina preseka šupljine klipnjače, a_n – najmanja površina prstenastog otvora u šupljini klipnjače,

a_x – površina promenljivog otvora između regulacionog prstena i vretena,

A_x – efektivna površina klipa,

V – zapremina stuba tečnosti,

$K_\beta = 1 + \bar{\beta} p_1 - \bar{\beta}_0 \frac{dp_1}{dx}$ – faktor stišljivosti tečnosti [1],

v_r – brzina trzanja,

p_1 – pritisak tečnosti u cilindru kočnice (prostor iza klipa).

Ako se stišljivost tečnosti zanemari, usvaja se da je $\beta = 0$ i $K_\beta = 1$, tako da sila hidrauličnog otpora kočnice prema (1) postaje:

$$F_k = \frac{\rho}{2} k_1 \cdot A_x \frac{(A_x - \mu a_x)^2}{a_x^2} v_r^2 + \frac{\rho}{2} k_2 \frac{a_1^2}{a_n^2} v_r^2 \quad (2)$$

Prema [2], dalje se definišu izrazi za pritisak tečnosti p_1 , silu pritiska tečnosti na dno cilindra kočnice F_d i kontraklipnjaču F_{kk} , kao i ukupnu silu reakcije oslonca cilindra kočnice. Pri tome oblik izraza kojim se određuje vrednost sile otpora kočnice zavisi od tipa njenog konstruktivnog rešenja. Sila otpora je određena primenom Bernulijeve jednačine i jednačine kontinuiteta na strujanje tečnosti kroz protočne otvore u hidrauličnoj kočnici. Pri tome se pretpostavlja da je strujanje u kočnici jednodimenzionalno i stacionarno.

Iz podataka o HK oruđa uočljivo je da postojeći rezultati u vezi sa istraživanjem koeficijenata otpora proticanju tečnosti k (k_1, k_2) još uvek ne obezbeđuju dovoljno pouzdane i tačne pripadajuće vrednosti za celi proces trzanja cevi oruđa. Naime, vrednosti koeficijenata otpora k date su u vrlo širokim granicama [2, 3] (tabela), ili su određene preko rezultata eksperimenta za dijafragme koje često nemaju mnogo sličnosti sa otvorima za proticanje tečnosti u HK oruđa.

Ukoliko se oblici protočnih otvora HK više razlikuju od uobičajenih – tipičnih dijafragmi, utoliko je nesigurnija vrednost koeficijenata otpora proticanju. Stoga koeficijent k predstavlja najslabiju stranu klasične metode za određivanje hidrauličnog pritiska u kočnici. Autori klasične metode proračuna HK oruđa,

Autori	Vrednosti koeficijenta otpora proticanju	
	osnovno proticanje	dopunsko proticanje
$k_1 = \frac{1 + \xi}{\mu^2}$ (Toločkov)	$k_1 = 1,2 \text{ do } 1,6$	$k_2 = (3 \text{ do } 4) k_1$
$k_1 = \frac{1}{C^2 \mu_r^2} + \left(\frac{a}{A + a} \right)^2$ (Orlov)	$1,1 < k_1 < 4$	$k_2 = 3 \text{ do } 5$

Oznake veličina u tabeli su:

ξ – koeficijent unutrašnjeg trenja tečnosti,

μ – koeficijent kontrakcije tečnosti za otvore sa oštrim ivicama,

$C = 0,9-0,95$ – koeficijent gubitaka usled trenja tečnosti,

$\mu_r = 0,5 \varphi_r^2$ – koeficijent kontrakcije tečnosti za otvore sa zaobljenim ivicama,

$\varphi_r = 1 + 1,77 \frac{r}{a}$ – geometrijska karakteristika otvora (r – radijus zaobljenja).

a, A – površina preseka kanala i cilindra kočnice.

Prema [3] obično se uzima da je: $0,5 < C \mu_r \leq C$ i $0 < r \leq 0,235 a$.

koeficijent otpora proticanju tretiraju kao jedan popravni koeficijent kojim se obuhvata korekcija pada pritiska tečnosti zbog viskoznosti, vrtloga, oblika i geometrije protočnog otvora, brzine proticanja i sl. Radi toga u postupku proračuna pritiska i sile hidrauličnog otpora kočnice usvajaju konstantnu vrednost koeficijenta otpora k , koja važi za celi proces trzanja, odnosno put kretanja klipa. Za stvarnu, odnosno tačnu vrednost koeficijenta k uzima se ona vrednost koja daje najmanju razliku ($\leq 1\%$) između proračunatih veličina pritiska tečnosti u kočnici.

Značaj tačnog određivanja veličine koeficijenta k za ispravno projektovanje protočnih površina HK nesumnjiv je i praktično ga je nemoguće potpuno tačno definisati bez pouzdanih eksperimentalnih rezultata za celi proces trzanja na konkretnim rešenjima HK oruđa.

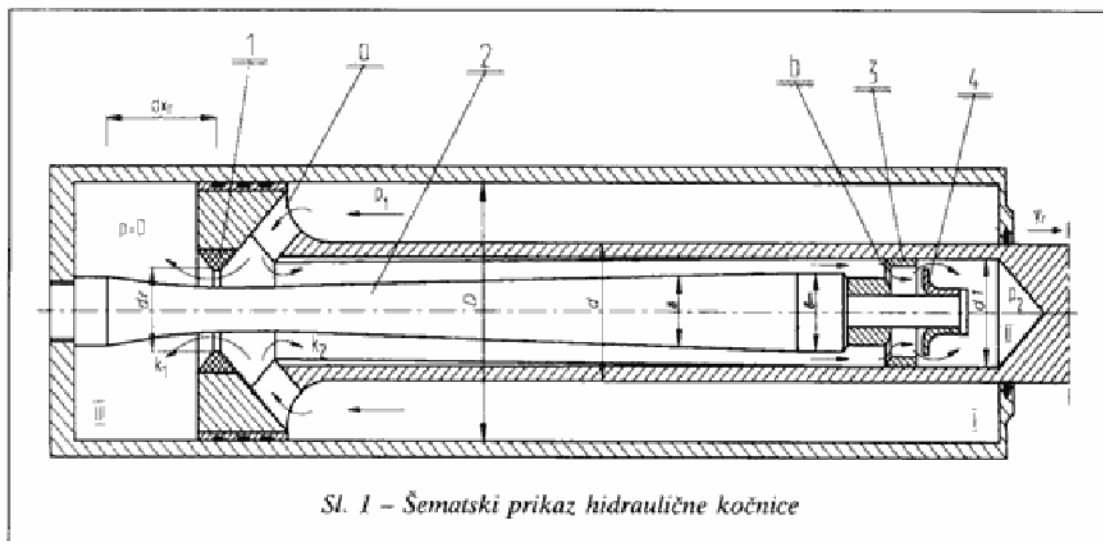
Na osnovu iznetog, u radu je na konkretnom primeru modela HK određena zakonitost promene $k = f(x, t)$, x –

put trzanja (pomak klipa) na ukupnom putu trzanja.

Ideja je da se u dijapazonu datih vrednosti za koeficijent otpora k prema podacima u literaturi (tabela), simulacijom matematičkog modela za dinamičku identifikaciju parametara HK [5], definiše zakon promene $k = f(x, t)$ koji obezbeđuje isti ili približno isti nivo promene sile F_k kočnice utvrđene eksperimentalnim putem. Korektnost postupka biće potvrđena stepenom odstupanja proračunatih vrednosti za pritisak tečnosti, odnosno, silu kočnice na osnovu uporedne analize proračunskih i eksperimentalnih rezultata.

Određivanje koeficijenta otpora proticanju tečnosti

Verifikacija rezultata proračuna matematičkog i eksperimentalnog modela izvršena je na usvojenom modelu HK sa profilisanom kontraklipnjačom, prema



Sl. 1 – Šematski prikaz hidraulične kočnice

slici 1. Pri tome su vrednosti koeficijenta otpora proticanju k posebno definisane za osnovno proticanje (k_1) tj. proticanje kroz otvore na klip i kontraklipu i dopunsko proticanje (k_2), tj. proticanje tečnosti kroz zazor između klipnjače i kontraklipnjače.

Usvojeni model kočnice tipičan je za artiljerijske sisteme srednjih i velikih kalibara sa respektivnim balističkim karakteristikama i velikim impulsima sile trzanja.

Kretanjem klipa brzinom $v_r(t)$ najveći deo tečnosti istiskuje se iz radnog prostora cilindra I kroz otvore na klip i prstenasti otvor isticanja a_x u prostor III cilindra kočnice (tzv. osnovno proticanje). Trenutna površina prstenastog otvora na putu trzanja x_r obrazuje se određenim položajem kontraklipa (1) u odnosu na kontraklipnjaču (2) i iznosi:

$$a_x = \frac{\pi}{4} (d_r^2 - \delta_x^2)$$

Istovremeno, drugi relativno manji deo tečnosti protiče u unutrašnji prostor II šupljine klipnjače (tzv. dopunsko protica-

nje) i dalje prolazi kroz zazor između klipnjače i kontraklipnjače preko otvora (b) klipa kočnice vraćanja (moderator 3) i pored ventila (4) u oslobođeni prostor šupljine klipnjače.

Površina poprečnog preseka šupljine klipnjače iznosi:

$$a_1 = \frac{\pi}{4} d_1^2, \text{ a}$$

na najužem delu definisana je izrazom:

$$a_n = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - \delta_{\max}^2)$$

Proticanje tečnosti između klipa i zidova cilindra kočnice u toku trzanja se zanemaruje. Obično je površina otvora u klip dovoljno velika, pa se uzima da su parametri protoka tečnosti u radnoj zapremini cilindra i unutrašnjoj šupljini klipa jednaki.

Za numeričko rešenje matematičkog modela ponašanja HK za vreme trzanja prema klasičnom i poboljšanom metodu proračuna [5] urađeno je odgovarajuće programsko rešenje korišćenjem paketa

MATLAB 4.2C i simulacioni model na osnovu modula *SIMULINK*. Ovakvim rešenjem omogućeno je da se dobiju vremenske funkcije nepoznatih nelinearnih koeficijenata diferencijalne jednačine kretanja mehaničkog sistema HK trzanja, i vremenske funkcije svih proračunskih veličina kočnice.

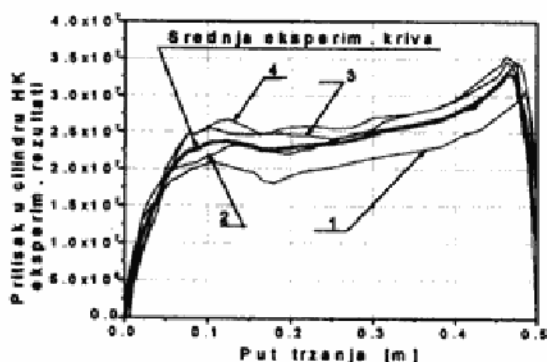
Pošto se radi o modelu HK sa promenljivim protočnim površinama za vreme trzanja, programsko rešenje omogućuje da se izračunaju vremenske funkcije Re-brojeva, kao i koeficijenti lokalnih otpora strujanja hidraulične tečnosti za svaki trenutni položaj klipa na putu trzanja. Na osnovu toga, pritisak tečnosti u svakoj tački trzanja u odnosu na klasičan model određen je kao suma laminarnog, turbulentnog i Bernuli-Bordinog člana.

Koliko će članova kojima se definiše laminarni ili turbulentni režim strujanja tečnosti u kočnici biti konstitutivno za opštu jednačinu pritiska zavisi od konstrukcijskih oblika i dimenzija kanala kroz koje tečnost za vreme trzanja treba da prođe. U teorijskom smislu na ovaj način je relacija Bernuli-Bordina [1] proširena članom koji sadrži gubitke usled unutrašnjeg trenja tečnosti.

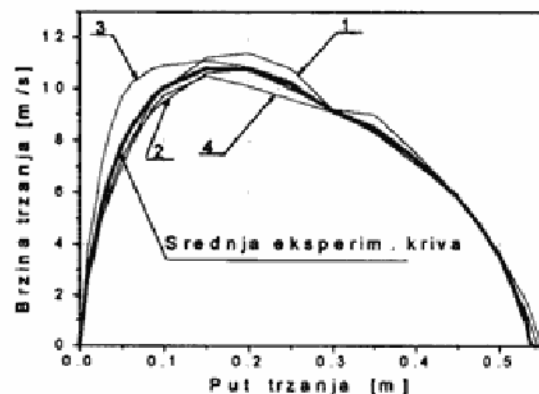
Eksperimentalne vrednosti koeficijenata otpora proticanju utvrđene su na osnovu eksperimentalno dobijenih kriva za pritiske $p_1(x)$ i $p_2(x)$ i brzinu trzanja $v_r(x)$ prema izvedenim opitima na eksperimentalnom oruđu [4] u realnim uslovima upotrebe artiljerijskog oruđa (slike 2, 3 i 4).

Da bi se izvršilo njihovo upoređenje sa proračunskim rezultatima numeričkog modela, izvršena je interpolacija i dobijene su srednje eksperimentalne krive prikazane na istim slikama.

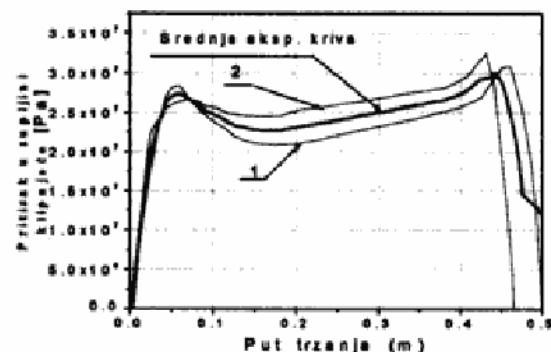
Za poznate geometrijske veličine i karakteristike tečnosti eksperimentalnog oruđa, koeficijent otpora proticanju teč-



Sli. 2 – Promena pritiska p_1 u HK



Sli. 3 – Promena brzine trzanja v_r



Sli. 4 – Promena pritiska p_2 u šupljini klipnjače

nosti kroz kontraklip $k_1(x)$ određen je relacijom [4]:

$$k_1 = \frac{2}{\rho} \frac{a_x^2 (A - a_1)}{A_x (A_x - \delta a_x)^2} \frac{p_1(x)}{v_r^2(x)} \quad (3)$$

gde je:

$A = A_k - A_u$ – površina na koju deluje pritisak tečnosti,

$A_u = \frac{\pi}{4} (d_1^2 - d_2^2)$ – površina prstenastog

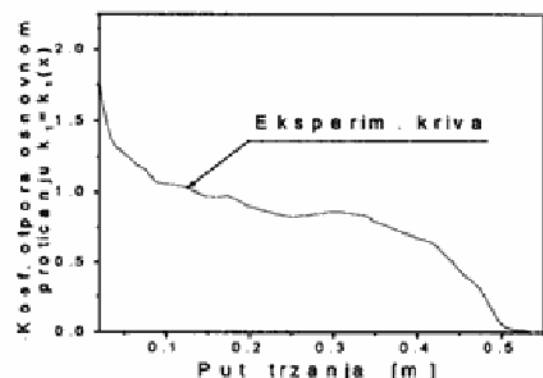
zazora između unutrašnjeg dela klipnjače i regulacionog prstena,

$A_x = A_k - A_{kk}$ – trenutna površina preseka,

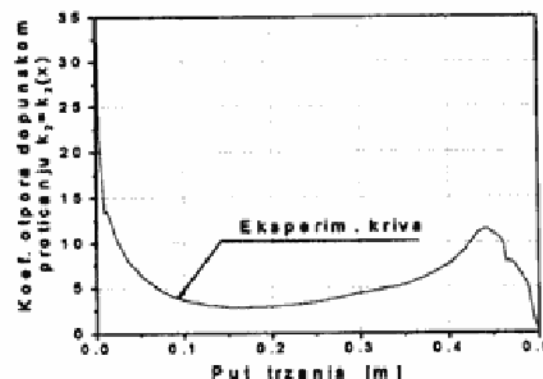
$\delta = 0,85$ – koeficijent suženja protoka [1].

Na sličan način, za koeficijent otpora proticanju k_2 kroz moderator, tj. koeficijent otpora dopunskom proticanju, važi relacija:

$$k_2 = \frac{2}{\rho} \frac{a_1^2}{a_2^2} \frac{p_1(x) - p_2(x)}{v_1^2(x)} \quad (4)$$



Sl. 5 – Koeficijent otpora proticanju $k_1(x)$



Sl. 6 – Koeficijent otpora proticanju kroz moderator $k_2(x)$

Njihova promena sa putem trzanja prikazana je na slikama 5 i 6.

Posmatrajući dobijene krive koeficijenata k_1 i k_2 vidi se da su oni promenljivi na putu trzanja. Vrednosti i karakter promene koeficijenata su izraziti na početku i na kraju trzanja, dok je u srednjem delu promena manja, što je verovatno uticalo da se za proračune klasičnim metodama koristi njihova srednja vrednost.

Uočava se, takođe, da su vrednosti koeficijenta otpora $k_1(x)$ za proticanje kroz kontraklip znatno manje od koeficijenta otpora $k_2(x)$ kroz zazor klipnjače i kontraklipnjače. U literaturi se navodi da je odnos $k_2/k_1 = 4-5$. Ovde su prikazane krive za koeficijente otpora dobijene na normalnoj temperaturi.

Na osnovu izloženog može se zaključiti sledeće:

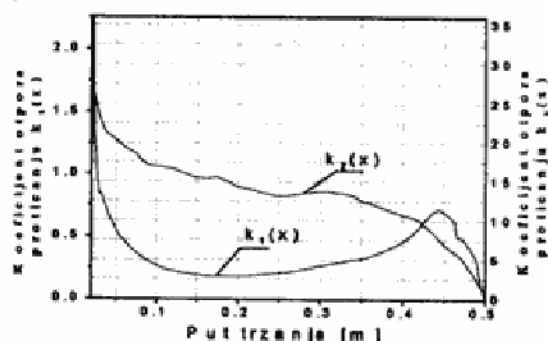
- prema dobijenim rezultatima za posmatrani tip kočnice i mineralno ulje OHA (sa kojim je vršeno eksperimentisanje) prema [4], promena temperature ne utiče na promenu pritiska i brzinu trzanja, kao ni na koeficijent otpora proticanju tečnosti;

- koeficijent otpora k zavisi od odnosa radne površine klipa i protočnih otvora i veći je ukoliko je taj odnos veći. Za eksperimentalno oruđe, čiji je odnos površina 11,8, srednja vrednost $k_{1sr} \approx 1,0$;

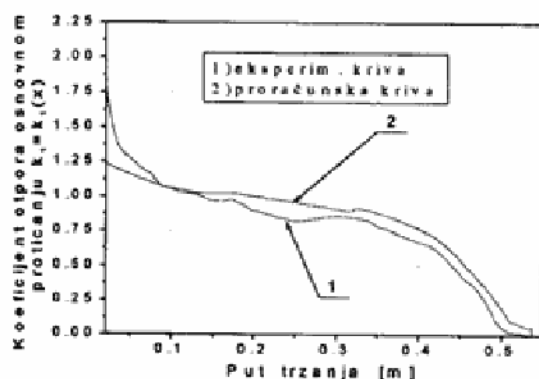
- koeficijent otpora k je promenljiv sa promenom dužine trzanja i nije konstantan na celoj dužini trzanja kako se ranije pretpostavljalo;

- dobijeni promenljivi koeficijenti otpora k omogućuju korektnije i tačnije određivanje protočnih otvora, što će u procesu projektovanja kočnica naknadne i često neminovne korekcije protočnih otvora svesti na najmanju meru.

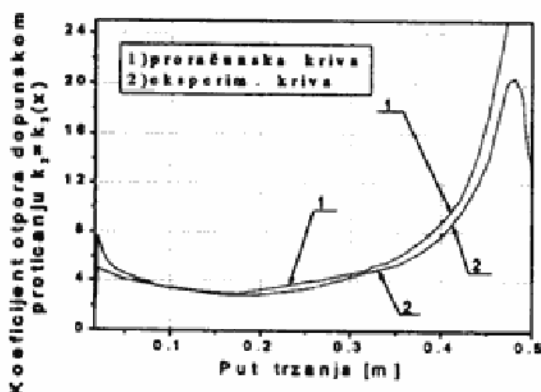
Uporednom analizom eksperimentalnih rezultata koeficijenata otpora pro-



Sl. 7 – Odnos koeficijenta otpora proticanju



Sl. 8 – Promena koeficijenta otpora osnovnom proticanju $k_1(x)$



Sl. 9 – Promena koeficijenta otpora dopunskom proticanju $k_2(x)$

ticanju, prema slici 7, uočava se da su vrednosti koeficijenta $k_1(x)$ znatno manje od koeficijenta otpora $k_2(x)$. Njihov odnos tokom trzanja je promenljiv i kreće se u okviru ekstremnih vrednosti

$k_2(x)/k_1(x) = 2,5-20,8$. Prosečna srednja vrednost koeficijenta otpora proticanju tečnosti na celoj dužini trzanja iznosi za $k_{1sr}(x) \cong 0,92$, a za $k_{2sr}(x) \cong 6,51$, pa je i njihov odnos $k_{2sr}(x)/k_{1sr}(x) \cong 7,07$.

Dobijena vrednost odnosa koeficijenta otpora proticanju nešto je veća od podataka u literaturi koje navode razni autori (prema Toločkovu $k_2/k_1 = 3-4$ ili Orlovu $k_2/k_1 = 4-5$). Odstupanje rezultata je, verovatno, posledica razlike uslova i metodologije izvođenja eksperimentalnih merenja za usvojeni model hidraulične kočnice.

Funkcijske promene koeficijenata $k_1(x)$ i $k_2(x)$, određene numeričkim postupkom prema predloženom matematičkom modelu [5], pokazale su dobru podudarnost sa eksperimentalno dobijenim krivama (slike 8 i 9), čime je potvrđena korektnost predloženog poboljšanog modela u odnosu na klasičan model proračuna HK.

Uticaj koeficijenta otpora proticanju na izlazne veličine HK

S obzirom na utvrđenu međuzavisnost koeficijenata otpora proticanju tečnosti i pojedinih parametara HK [5], ispitan je uticaj njihove promene na pritisak tečnosti u kočnici i put trzanja kao najvažnije izlazne veličine HK. Navedeni uticaj ilustrovan je na slikama 10 i 11.

Koeficijent otpora $k_1(x)$ menjan je u granicama od 1,2 do 1,6 (tabela) prema literaturi za ovaj tip HK, pri čemu je posmatran kao promenjiva funkcija puta trzanja (krive 1 do 6). Ostali uticajni parametri (koeficijent otpora k_2 i površina protočnih otvora a_x) razmatrani su kao nepromenjive tj. konstantne veličine. Sa slike 10 se vidi da sa povećanjem k_1 dolazi do porasta pritiska u cilindru koč-

nice. Taj porast je naročito izražen pri kraju puta trzanja pri rastućoj funkciji koeficijenta k_1 .

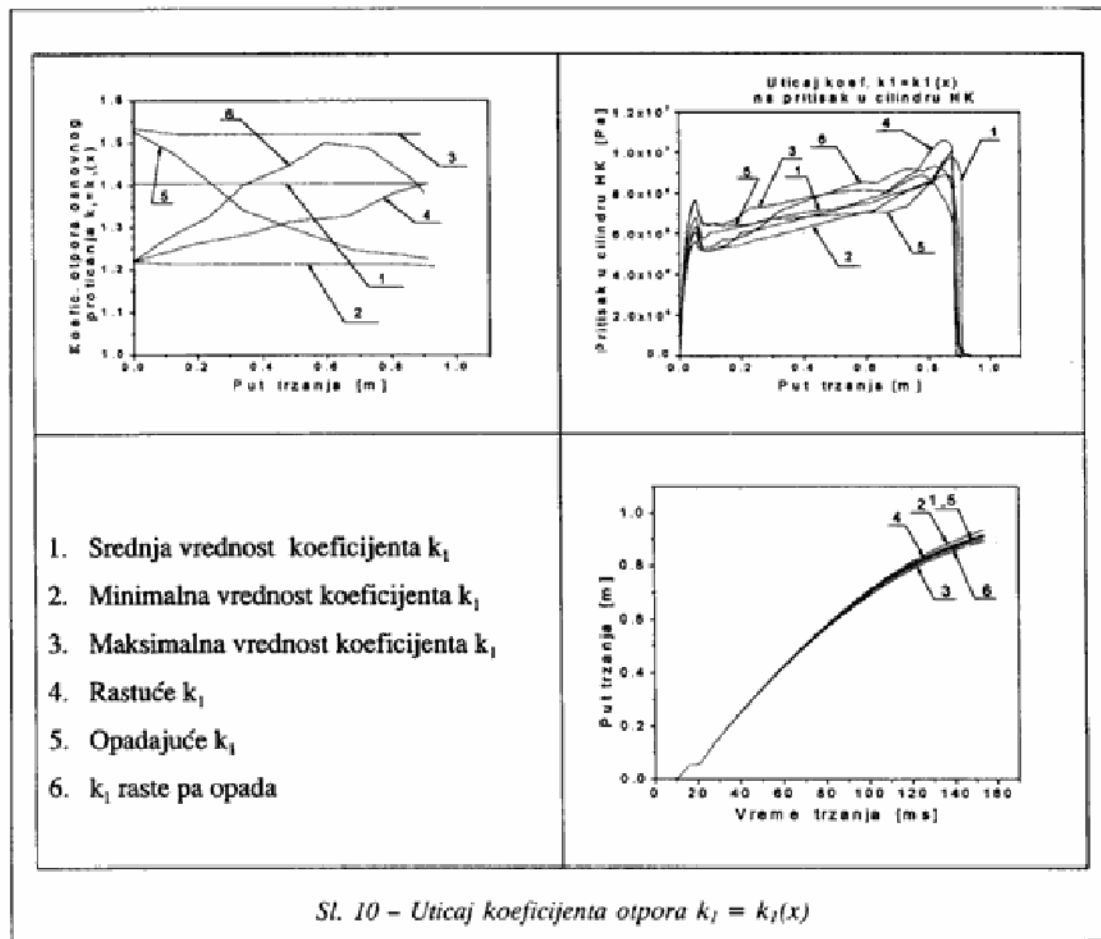
Koeficijent k_1 i u početnom delu povećava pritisak u cilindru kočnice, ukoliko je blizak gornjoj granici variranja, tj. vrednosti 1,6. Uticaj promenljivosti koeficijenta k_1 , prema proračunskim rezultatima na veličinu puta trzanja, znatno je manji nego na pritisak tečnosti. Praktično, promena koeficijenta k_1 ne utiče na veličinu puta trzanja.

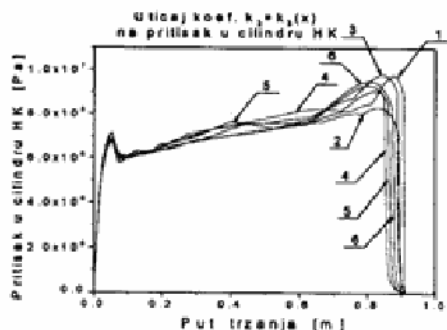
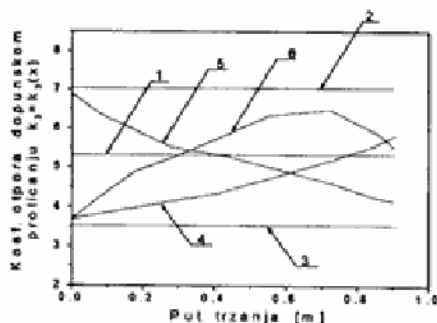
Vidi se, takođe, da veličina koeficijenta $k_1(x)$ opada sa putom trzanja (slika 5) i pored smanjenja protočnih površina pri kraju trzanja. Opadanje vrednosti $k_1(x)$ sa putem trzanja posledica je značaj-

nijeg pada brzine trzanja, što uzrokuje znatan pad lokalnih brzina strujanja tečnosti, pri čemu se strujanje tečnosti u kočnici približava laminarnom režimu strujanja, a otpor strujanju opada.

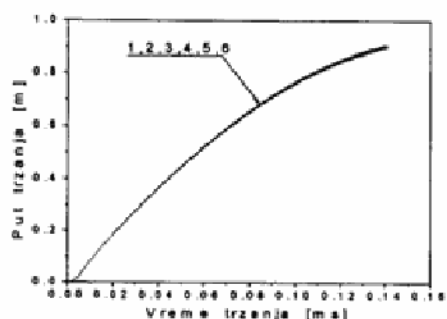
Uticaj promene koeficijenta dopunskog proticanja $k_2 = k_2(x)$ uz nepromenjene, tj. konstantne veličine k_1 i a_x prikazan je na slici 11.

Koeficijent otpora proticanju $k_2(x)$ utiče na pritisak u cilindru kočnice više pri kraju puta trzanja, dok je njegov uticaj na pritisak u početnom delu puta trzanja neznatan. Uticaj $k_2(x)$ na put trzanja je, takođe, zanemariv. Veće vrednosti k_2 prouzrokuju smanjenje maksimalnog pritiska tečnosti pri kraju trzanja.





1. Srednja vrednost koeficijenta k_2
2. Maksimalna vrednost koeficijenta k_2
3. Minimalna vrednost koeficijenta k_2
4. Rastuće k_2
5. Opadajuće k_2
6. k_2 raste pa opada



Sl. 11 – Uticaj koeficijenta otpora $k_2 = k_2(x)$

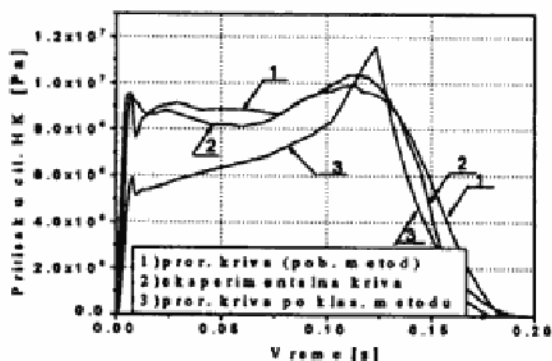
Uzrok smanjenju pritiska u cilindru kočnice je naglo smanjenje brzine strujanja tečnosti iz šupljine klipnjače u prostor moderatora.

Može se zaključiti da na izlazne parametre kočnice po klasičnom modelu, a naročito na pritisak tečnosti u cilindru kočnice, više utiču promene koeficijenta k_1 od k_2 . Prema tome, njihovo proizvoljno biranje u određenim granicama (u literaturi se navodi više podataka), u dosadašnjim proračunima klasičnog modela HK ne daje dovoljno tačne rezultate.

Za uporednu analizu proračunskih veličina izlaznih rezultata po klasičnom i predloženom poboljšanom modelu sa podacima realizovanog eksperimenta prikazane su dobijene krive za: pritisak tečnosti u cilindru kočnice na slici 12, brzinu

trzanja na slici 13, za put trzanja na slici 14 i silu otpora kočnice trzanja na slici 15.

Prema slici 12, promenu pritiska tečnosti u cilindru kočnice karakterišu dva skoka (pika) na početku trzanja i pri kraju trzanja, u trenutku zatvaranja pro-

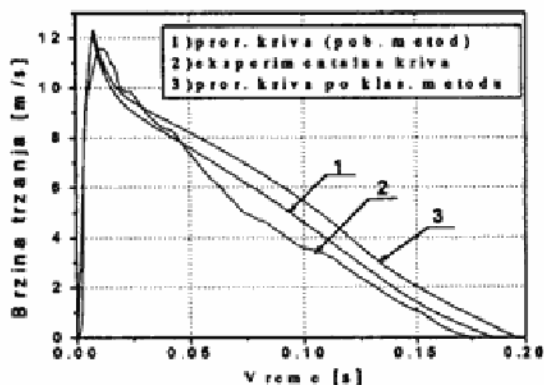


Sl. 12 – Promena pritiska $p_1(t)$ tečnosti za vreme trzanja

točnih otvora moderatora i srednji (sedlasti) deo krive na većem delu puta trzanja. Karakter promene pritiska logično prati zakonitost promene protočnih površina i brzine strujanja tečnosti. Oblik promena krive pritiska po modelu za predloženi poboljšani model i eksperimentu (srednja eksperimentalna kriva) ukazuje na njihovu vrlo dobru usaglašenost i mala odstupanja u vrednostima, a znatnu razliku u odnosu na proračunsku krivu po klasičnom postupku. Na tu razliku najviše utiču koeficijenti otpora proticanju koji su, prema navedenim istraživanjima, izrazito promenljivi na početku i pri kraju trzanja.

Prosečno srednje odstupanje između kriva pritiska dobijenih poboljšanim modelom i eksperimentom (krive 1 i 2) neznatno je na gotovo celoj dužini trzanja, a veliko u poređenju sa krivom 3 po klasičnom modelu. Na mestu prvog maksimuma najveće odstupanje između kriva iznosi 37%, na srednjem delu ($t=0,08$ s) ono je 16%, a na mestu drugog maksimuma približno je 17%. Prosečna odstupanja dobijenih rezultata u uporednoj analizi za sve slučajeve utvrđena su u odnosu na srednju eksperimentalnu krivu.

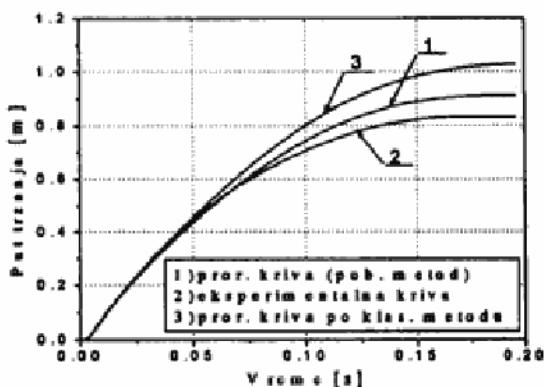
Uporedni rezultati za brzine trzanja $v_r(t)$, prema slici 13, pokazuju da su oblik i karakter promena brzine po modelu i eksperimentu slični. U odnosu na eksperimentalnu krivu najveće odstupanje ima proračunska kriva po klasičnom modelu. Do trenutka nastanka maksimuma red veličina brzina u potpunosti je identičan, na srednjem delu su najveća prosečna odstupanja (do 30%), a pri kraju trzanja manja (oko 18%). Rezultati pokazuju da je brzina trzanja prema poboljšanom modelu bolje usaglašena sa eksperimentom od klasičnog modela.



Sl. 13 – Promena brzine trzanja $v_r(t)$ za vreme trzanja

Eksperimentalna kriva puta trzanja (2), na slici 14, dobijena je integracijom eksperimentalno određene brzine trzanja, jer put nije meren. Oblici kriva su slični, sa najvećim odstupanjem na kraju trzanja (oko 21%). Dobijene dužine trzanja po eksperimentu i poboljšanom modelu su u dopuštenim granicama prema podacima za ispitivano oruđe (940 mm).

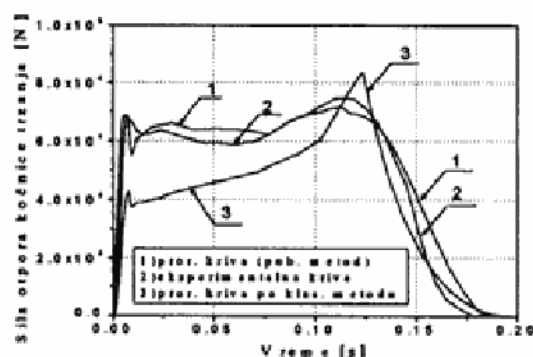
Pošto je sila otpora kočnice trzanja $F_k(t)$ direktno proporcionalna pritisku tečnosti i konstante (efektivna površina klipa), jasno je da će oblik i karakter promene sile biti vrlo sličan pritisku. Najveća vrednost sile dobijena je po klasičnom modelu, a za sve krive ostvaruje se pri kraju trzanja, što je u saglasnosti



Sl. 14 – Promena puta trzanja $x_r(t)$ za vreme trzanja

sa literaturom za ovaj tip kočnice. Promena sile otpora klasičnog modela je izrazito dinamična u odnosu na dosta ujednačenu promenu sile otpora poboljšanog i eksperimentalnog modela tokom vremena trzanja.

Prema dobijenim rezultatima sledi da je ostvareni impuls sile otpora trzanju po eksperimentalnom i poboljšanom modelu veći u odnosu na klasični model u toku trzanja. Razliku impulsa sile na slici 15 ilustruje šrafirana površina ispod krivih. To ukazuje na ravnomernije kočenje kretanja trzajuće mase u toku trzanja, a



Sl. 15 – Promena sile otpora $F_k(t)$ za vreme trzanja

time i ravnomernije opterećenje elemenata lafeta oruđa u odnosu na klasičan model.

Zaključak

U klasičnom modelu proračuna parametara HK, koeficijenti otpora osnovnom proticanju tečnosti k_1 i dopunskom proticanju tečnosti k_2 konstantni su na putu trzanja (vrednost usvojena iz literature [2]). Međutim, dobijeni rezultati eksperimentalnog i predloženog poboljšanog modela (slike 8 i 9) pokazali su da su koeficijenti otpora proticanju k_1 i k_2 promenjivi na putu trzanja.

Karakter i oblik promene koeficijenta $k_1(x)$ i $k_2(x)$, osim na samom početku trzanja i pri kraju procesa trzanja, ukazuju na dobru saglasnost podataka eksperimenta i proračunskih rezultata na celoj dužini trzanja.

Nagli rast $k_1 = f\left(C_1; \frac{p_1}{v_r^2}\right)$ na početku

trzanja uslovljen je znatno većim gradientom porasta pritiska tečnosti u odnosu na brzinu pomaka klipa. Tokom trzanja, promenljiva konstanta C_1 i relativni odnos pritiska i brzine postaju manji, što uslovljava pad funkcije $k_1(x)$ do kraja trzanja. Za tačno određivanje veličine promene $k_1(x)$ potrebno je da se znaju dimenzije protočnih površina kočnice trzanja i eksperimentalno određene vrednosti pritiska tečnosti i brzine trzanja. S obzirom na dobijenu dobru saglasnost eksperimentalnih i proračunskih rezultata, mogu se odrediti odgovarajući aproksimacioni polinomi, sa ciljem da se dođe do matematičke formalizacije zakonitosti promene koeficijenta otpora $k_1(x)$, čime se obezbeđuje tačnije izvođenje parametara HK oruđa. Činjenica da su u srednjem delu krive dobijene vrednosti koeficijenta $k_1(x)$ dosta ujednačene i kreću se oko srednje vrednosti $k_{1sr} = 1,02$, bila je verovatni razlog da se u klasičnim modelima proračuna ova vrednost uzimala za konstantu na celoj dužini trzanja. Kolika je greška usled toga učinjena može se jednostavno pokazati.

Dobijeni rezultati proračunskog i eksperimentalnog modela, prema slici 9, pokazuju izrazito nestacionaran tok promene $k_2(x)$ na početku i na kraju trzanja.

Na srednjem delu krive, promena veličine $k_2(x)$ je postepena i eksponencijalno raste pri kraju trzanja. Objašnjenje ovakvog stanja promene koeficijenta

$k_2(x)$ posledica je trenutnog odnosa pada pritiska tečnosti u kočnici i brzine trzanja,

$$k_2 = f\left(C_2; \frac{P_1 - P_2}{v_r^2}\right). \text{ Za definisani oblik}$$

promene proračunskih i eksperimentalnih veličina koeficijenta dopunskog proticanja $k_2(x)$ u cilindru kočnice takođe se mogu odrediti odgovarajući aproksimacioni polinomi, što doprinosi tačnijem proračunu u odnosu na klasičan pristup.

Literatura:

- [1] Stanisavljević, B.: Projektovanje artiljerijskih sistema, knjiga 2 – Teorija hidroelastičnih sistema, VTI, Beograd, 1960.
- [2] Toločkov, A.: Teorija lafetov artiljerijskih ustanovok, Oborniz, Moskva, 1960.
- [3] Orlov, B.: Projektirovanie raketnih i stvolnih sistem, Moskva, 1974.
- [4] Jovanović, R.: Eksperimentalno određivanje koeficijenta proticanja u hidrauličnim kočnicama oruđa, NTP br. 10, VTI, Beograd, 1971.
- [5] Ristić, Z.: Prilog numeričkoj analizi hidrauličnog sistema za kočenje kretanja cevi, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1999.

Mr Milić Milićević,
major, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

MOGUĆI NAČIN DEFINISANJA PROCEDURA UPRAVLJANJA U SISTEMU SNABDEVANJA REZERVNIM DELOVIMA

UDC: 355.415.2:621-772]:65.012

Rezime:

U ovom radu prikazan je mogući način definisanja procedura upravljanja radi povećanja efikasnosti upravljanja snabdevanjem rezervnim delovima u hijerarhijskim organizacionim sistemima, kakav je sistem snabdevanja rezervnim delovima (r/d) u Vojski Jugoslavije. Predloženi način sastoji se od dva osnovna koraka: identifikovanja postupaka u procesima u sistemu snabdevanja r/d, i razrade algoritama procedura za događaje koji izazivaju promenu stanja rezervnog dela u sistemu snabdevanja. U okviru procedura upravljanja data su pravila odlučivanja na osnovu kojih se preduzimaju upravljačke akcije radi postizanja željenog stanja rezervnog dela u sistemu snabdevanja.

Ključne reči: snabdevanje rezervnim delovima, postupci, procedure upravljanja.

POSSIBLE DEFINITION OF CONTROL PROCEDURES IN A SPARE PARTS SUPPLY SYSTEM

Summary:

A possible method of defining control procedures has been presented in order to increase efficiency of spare parts supply control in hierarchically organized systems such as the spare parts supply system in the Yugoslav Army. The method consists of two phases: identification of procedures in supply system processes and creation of procedure algorithms for events changing the spare parts state in the supply system. The control procedures also give decision making rules for undertaking control actions in order to achieve a desired state of the spare parts supply system.

Key words: spare parts supply system, procedures, control procedures.

Uvod

U hijerarhijski organizovanom sistemu snabdevanja rezervnim delovima (r/d) u Vojski Jugoslavije (VJ) realizuju se materijalni tokovi – tokovi rezervnih delova i njima pripadajući informacioni tokovi. Pod materijalnim tokovima podrazumevaju se tokovi rezervnih delova između pojedinih nivoa snabdevanja,

unutar nivoa snabdevanja, kao i tokovi između sistema snabdevanja i okruženja. Tok rezervnog dela izazvan je određenim događajem generisanim u samom sistemu snabdevanja r/d ili u njegovom okruženju. Svaki od materijalnih tokova prati ili mu prethodi određeni tok informacija. Složenost sistema snabdevanja r/d, brojnost izvora snabdevanja, složenost sistema održavanja, različitost pojavnih

oblika¹ rezervnih delova utiču na brojnost i različitost njihovih tokova. Pri svakom toku rezervnih delova realizuju se određeni postupci i aktivnosti za čije izvršenje su potrebne informacije, koje takođe generišu informacije, a dolazi i do promene stanja rezervnog dela u posmatranom podsistemu sistema snabdevanja. U zavisnosti od novonastalog stanja rezervnog dela potrebno je doneti odluku o preduzimanju ili nepreduzimanju određenih upravljačkih akcija, radi postizanja željenog stanja rezervnog dela. Željeno stanje predstavlja količinu rezervnog dela koja je propisana normativima i definisana kriterijumima za pojedini nivo sistema snabdevanja. Upravljačkim akcijama obezbeđuje se racionalan tok rezervnih delova u sistemu snabdevanja i sprečava pojava da se rezervni deo nađe u stanju „bez izlaza“.

Imajući u vidu navedene činjenice, postavlja se pitanje koje su to odluke o preduzimanju upravljačkih akcija i na koji način se do njih dolazi. Potrebno je na pogodan način sagledati i opisati aktivnosti i postupke u okviru procesa u sistemu snabdevanja r/d, kako bi se definisale potrebne odluke i upravljačke akcije, odnosno definisale upravljačke procedure. Jedan od mogućih načina definisanja upravljačkih procedura je sledeći:

- identifikovati postupke u sistemu snabdevanja r/d, opisati ih, odnosno, razraditi u obliku algoritma;
- definisati događaje koji utiču na sistem snabdevanja r/d, i razraditi algoritme procedura izazvanih događajima. Svaki algoritam procedure predstavlja

¹ Pojavni oblici r/d mogu se razmatrati sa stanovišta njihove tehničko-tehnološke složenosti, funkcionalne ispravnosti, opravljivosti i mogućnosti regeneracije. Prema funkcionalnoj ispravnosti i opravljivosti mogu se definisati sledeći pojavni oblici r/d: ispravan (nov, regenerisan i polovan), neispravan (za regeneraciju i zamenjen r/d nije za regeneraciju), rashodovan i furda.

određeni model upravljanja za dati događaj.

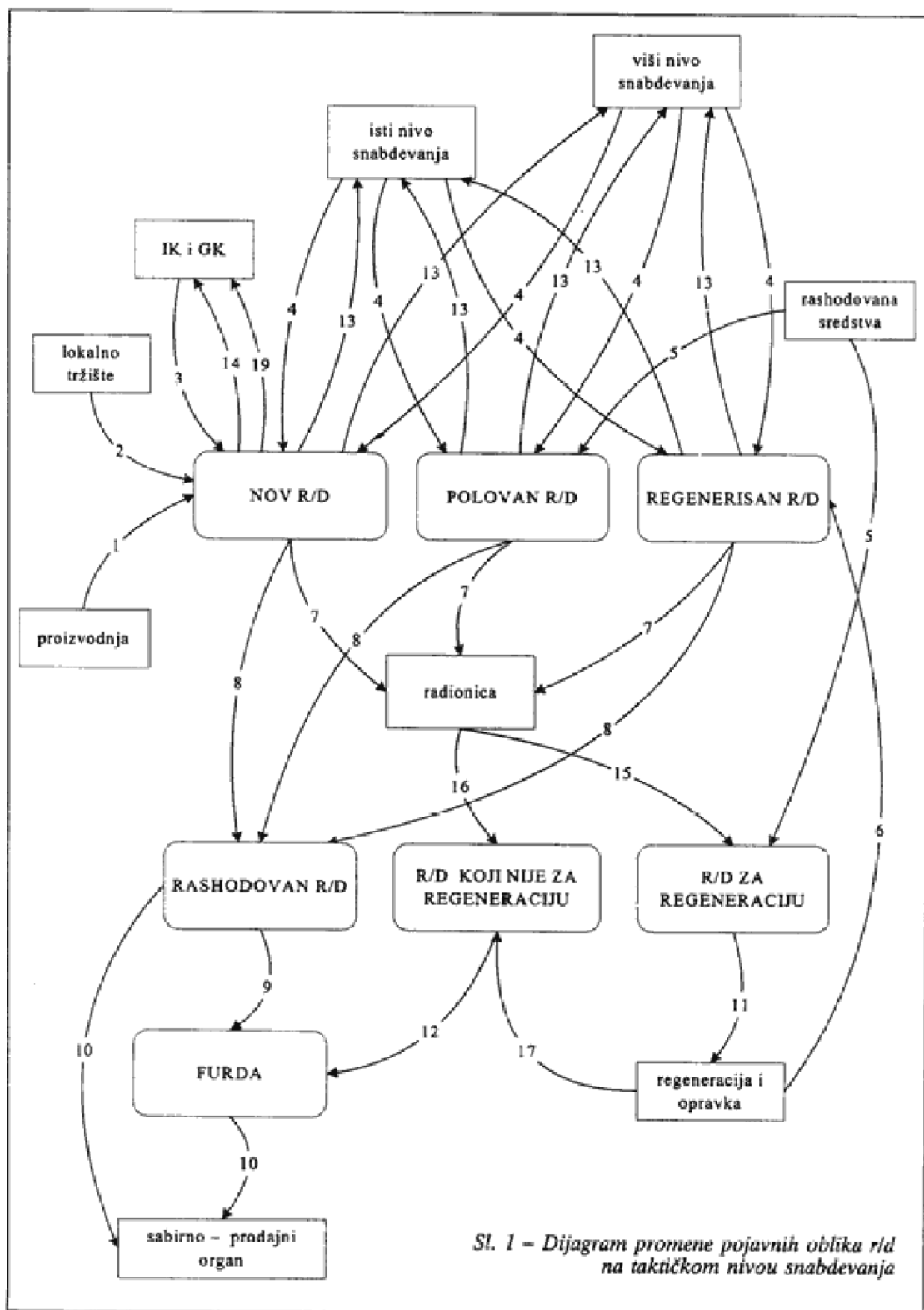
Pri razradi algoritama procedura upravljanja razmatran je poopšten – apstraktni rezervni deo, u kome su sadržane posebne i individualne karakteristike svakog pojedinačnog rezervnog dela.

Identifikacija i opis postupaka u procesima u sistemu snabdevanja rezervnim delovima

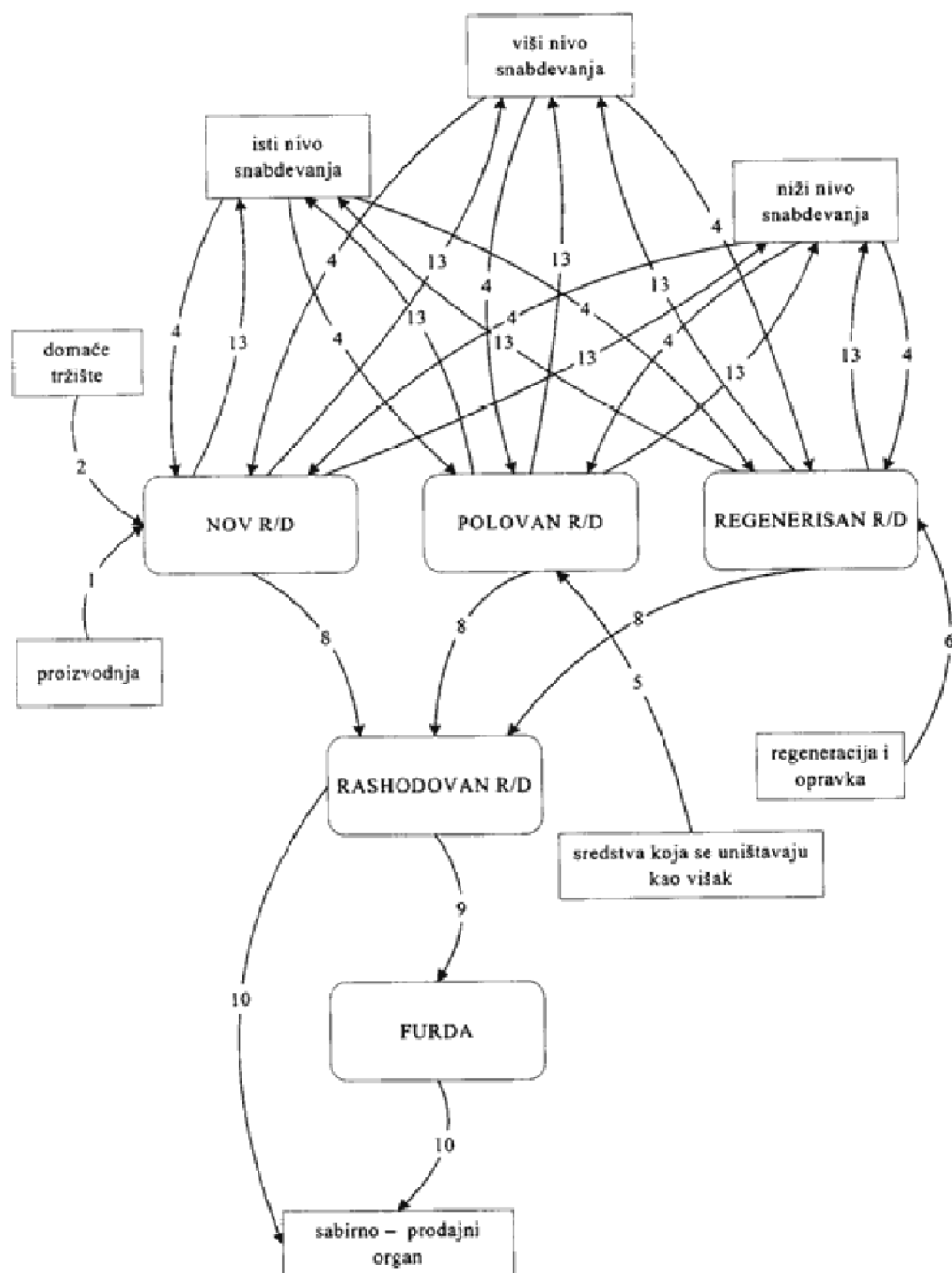
U okviru prvog koraka predloženog načina definisanja upravljačkih procedura, potrebno je razrešiti problem sagledavanja celokupnog skupa aktivnosti i postupaka u procesima² u sistemu snabdevanja r/d. Jedan od mogućih načina identifikovanja postupaka u sistemu snabdevanja r/d prikazan je u ovom radu. Sistem snabdevanja rezervnim delovima posmatra se odvojeno po nivoima: taktičkom, operativnom i strategijskom. Na svakom od ovih nivoa posmatraju se mogući pojavi oblici r/d. Rezervni deo može posredno preći iz jednog pojavnog oblika u drugi, odnosno ući ili izaći sa posmatranog nivoa snabdevanja. Posredni ili neposredni prelazi iz jednog pojavnog oblika u drugi, na svakom od nivoa, kao i ulazak, odnosno izlazak r/d sa datog nivoa, dešavaju se realizacijom nekih postupaka. Na slikama 1, 2 i 3 prikazani su dijagrami promene pojavnih oblika rezervnog dela za taktički, operativni i strategijski nivo snabdevanja rezervnim delovima. Postupci su predstavljeni usmerenim krivim linijama i označeni brojevima.

Analizom dijagrama promene pojavnih oblika rezervnog dela, na svakom od nivoa snabdevanja, može se uočiti pojava istih postupaka na različitim nivoima

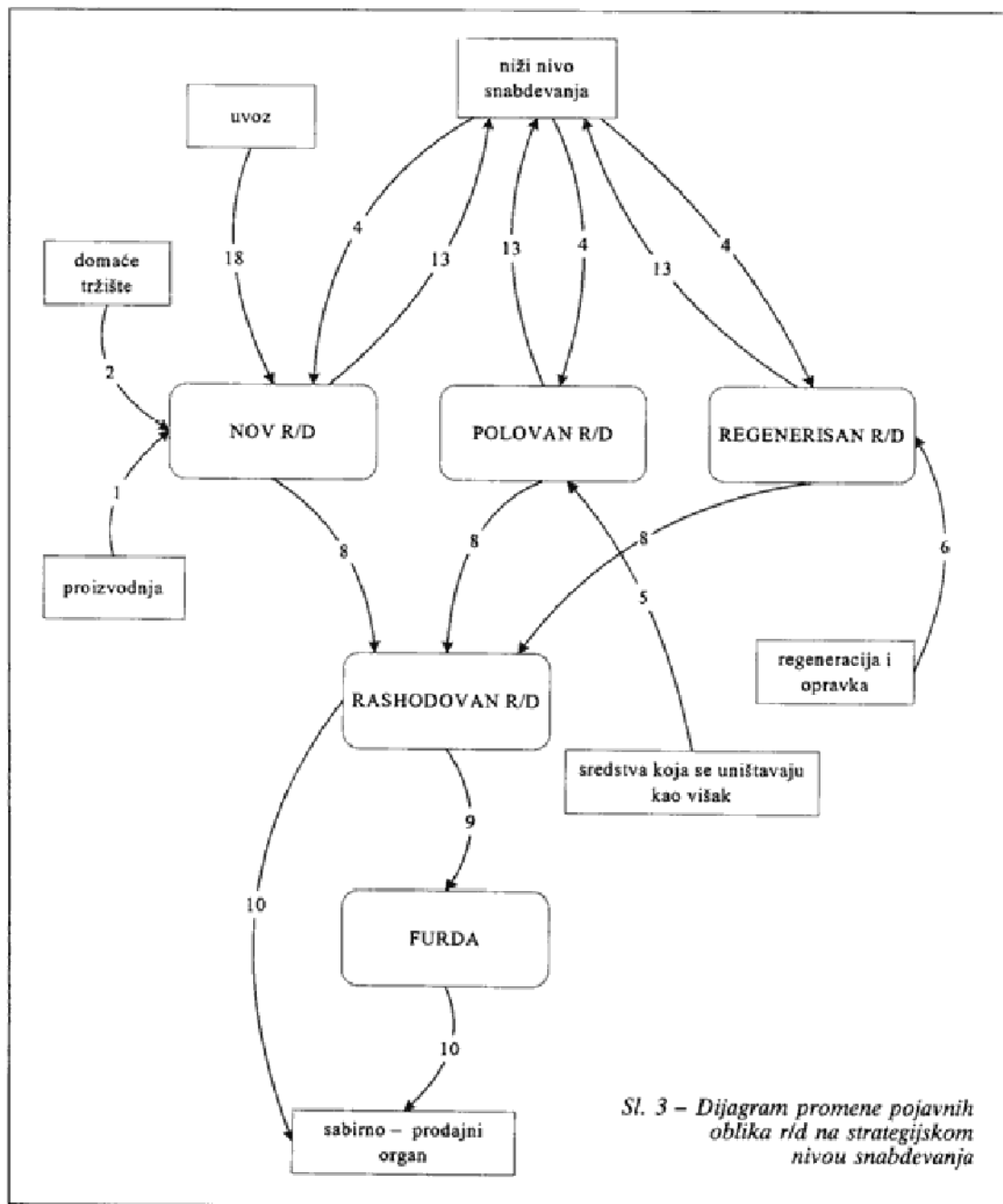
² U literaturi [2] definisani su sledeći procesi: planiranje, nabavka, popuna i rukovanje i raspolaganje r/d.



Sl. 1 – Dijagram promene pojavnih oblika r/d na taktičkom nivou snabdevanja



Sl. 2 – Dijagram promene pojavnih oblika r/d na operativnom nivou snabdevanja



Sl. 3 - Dijagram promene pojavnih oblika r/d na stratezijskom nivou snabdevanja

snabdevanja r/d. Radi toga je pogodno identifikovane postupke prikazati tabelarno (tabela).

S obzirom na to da se pri realizaciji pojedinih postupaka odvija više istih ili sličnih aktivnosti, moguće je izvršiti gru-

pisanje postupaka prema sledećem: 1) prijem r/d, 2) slanje, izdavanje i izdavanje na utrošak i 3) ostali postupci.

Prijem r/d vrši se na osnovu naredbe navedenog navedenog, a realizuje ga rukovodilac ili komisija za prijem. Bez obzira na

Oznaka postupka	Naziv postupka
1	Prijem novih r/d proizvedenih u radionicama i ustanovama za održavanje
2	Prijem novih r/d nabavljenih na domaćem tržištu
3	Raskompletiranje IK ili GK
4	Prijem ispravnih r/d sa nižeg, istog ili višeg nivoa snabdevanja
5	Prijem polovnih r/d skinutih sa rashodovanog sredstva
6	Prijem regenerisanih r/d
7	Izdavanje ispravnih r/d na utrošak
8	Rashodovanje ispravnih r/d
9	Pretvaranje rashodovanih r/d u furdu
10	Slanje rashodovanih r/d ili furde sabirno-prodajnom organu
11	Slanje r/d na regeneraciju i remont
12	Prijem furde
13	Slanje – izdavanje ispravnih r/d nižem, istom ili višem nivou snabdevanja
14	Kompletiranje IK ili GK
15	Prijem neispravnih r/d za regeneraciju
16	Prikupljanje neispravnih r/d koji nisu za regeneraciju
17	Prijem r/d koji su vraćeni sa regeneracije kao neispravni
18	Prijem r/d iz uvoza
19	Dopuna IK ili GK

to da li se radi o ispravnim ili neispravnim r/d, prijem se obavlja po određenim knjigovodstvenim ispravama, sačinjenim na propisanim obrascima. Navedeni postupci prijema rezervnih delova mogu se grupisati na: prijem ispravnih r/d, prijem neispravnih r/d i prijem furde. Pri prijemu ispravnih r/d utvrđuju se količina i kvalitet po određenim stručnim tehničkim propisima. Prijem ispravnih r/d obuhvata: prijem novih r/d proizvedenih u jedinicama za tehničko održavanje i srednji remont i u tehničkom remontnom zavodu; prijem novih, polovnih i regenerisa-

nih r/d od nižeg, istog ili višeg nivoa snabdevanja r/d; prijem novih r/d nabavljenih na domaćem tržištu; prijem novih r/d nabavljenih na inostranom tržištu; prijem novih r/d dobijenih raskompletiranjem IK i GK; prijem polovnih r/d sa rashodovanih i oštećenih sredstava ili sa sredstava koja se uništavaju kao višak; prijem regenerisanih r/d nakon izvršene regeneracije i remonta r/d.

Pod slanjem r/d podrazumeva se njihovo kretanje između materijalno-finansijskih organa (MFO) IV stepena, a pod izdavanjem, kretanje rezervnih delova u okviru MFO IV stepena. Slanje r/d obuhvata: slanje ispravnih r/d; slanje neispravnih r/d na regeneraciju i slanje rashodovanih r/d prodajnom organu.

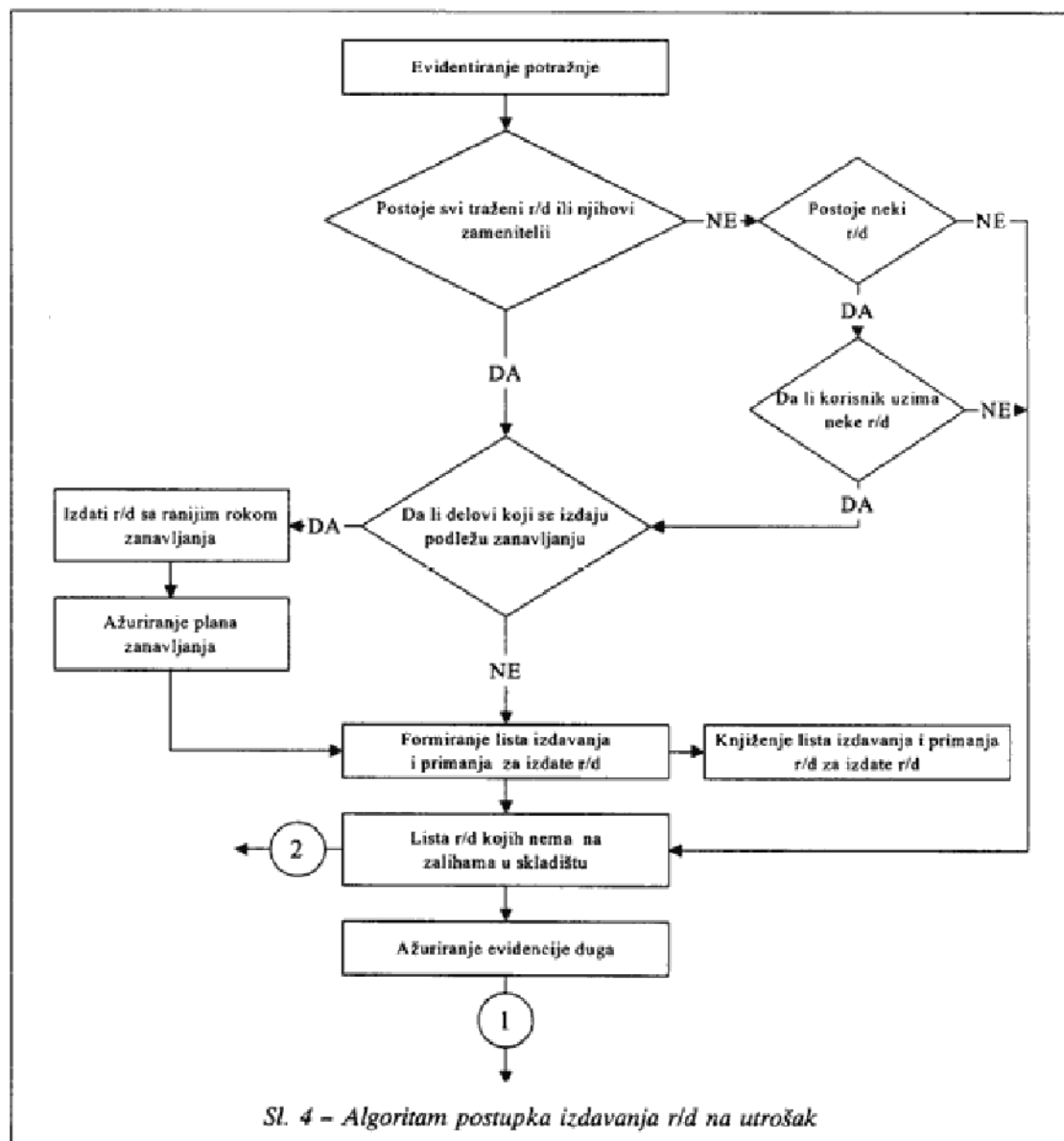
Pored navedenih postupaka, u sistemu snabdevanja rezervnim delovima odvijaju se određene aktivnosti neophodne za nesmetano funkcionisanje sistema u datom okruženju. Naime, potrebno je preduzeti određene aktivnosti kako bi se obezbedili rezervni delovi na tržištu, domaćem ili inostranom. Takođe, određenim aktivnostima se neupotrebljivi i suvišni rezervni delovi moraju odstraniti iz sistema, uz prethodnu promenu pojavnog oblika neupotrebljivih ili suvišnih delova. Pri rukovanju i raspolaganju rezervnim delovima moguće su razne greške i propusti koji se moraju pravovremeno otkloniti, kako bi neželjene posledice po sistem bile što manje, uz istovremeno utvrđivanje odgovornosti za učinjenu štetu. U grupu ostalih postupaka mogu se svrstati postupci u procesu nabavke, prodaje, rashodovanja, preimеноvanja, kompletiranja, raskompletiranja i dopune IK i GK, zamene, rešavanja manjka ili oštećenja i priznavanja rastura, kala ili loma.

Detaljnije će biti objašnjen postupak izdavanja rezervnih delova na utrošak.

Rezervni delovi i potrošni materijal za potrebe održavanja izdaju se na utrošak po listu izdavanja i primanja rezervnih delova (MP-25). Rezervni delovi se izdaju iz priručnog skladišta jedinice za tehničko održavanje i srednji remont, na osnovu zahteva jedinice za tehničko održavanje i srednji remont. Na slici 4 prikazan je opšti algoritam izdavanja rezervnih delova na utrošak jedinicama za

održavanje i remont. Svaki zahtev, koji je prispeo u priručno skladište, evidentira se i na taj način se obezbeđuju podaci za praćenje potražnje r/d, a stvara se i osnova za izradu drugih statističkih izveštaja.

Nakon evidentiranja potražnje pristupa se njenom udovoljenju, pri čemu mogu nastupiti sledeće situacije: postoje svi traženi delovi ili njihovi zamenitelji,



postoje samo neki traženi delovi i ne postoji nijedan traženi deo. Korisnik nema mogućnost da odlučuje o tome da li uzima nove, regenerisane ili polovne delove. Potražnja može biti zadovoljena i kombinacijom asortimana i količine navedenih vrsta delova. Postojanje samo nekih od traženih r/d, ne podrazumeva i njihovo izdavanje na upotrebu, jer postoji mogućnost da korisnik neće da uzme postojeće delove zbog tehnološke zavisnosti između postojećih i nedostajućih delova. Pri izdavanju delova na utrošak, treba voditi računa da se izdaju delovi sa ranijim rokom završetka kako bi se realizovao plan završetka po utrošku. Nakon izdavanja delova koji se izdaju, sastavlja se list izdavanja i primanja r/d koji se kasnije knjiži i na taj način se razdužuju izdati r/d iz materijalne poslovne knjige. Razlika između evidentirane potražnje i izdatih rezervnih delova unosi se u listu rezervnih delova kojih nema na zalihama u skladištu, i služi kao osnova za odluku o vanrednoj popuni. Podaci iz navedene liste služe i za ažuriranje evidencija duga skladišta prema korisnicima.

Identifikacija događaja i opis procedura upravljanja

U toku funkcionisanja sistema snabdevanja rezervnim delovima, rezervni deo se može naći u stanjima različitim od željenog.³ Promene stanja rezervnog dela posledica su postupaka i aktivnosti izazvanih određenim događajima. Događaji mogu biti spoljašnji – dolaze iz okoline sistema; vremenski – dešavaju se u određenim trenucima; upravljački – generišu

ih upravni organi; i događaji koji predstavljaju kraj neke aktivnosti. Ove događaje, s obzirom na posledice po nivo zaliha r/d u sistemu snabdevanja, pogodno je podeliti na sledeće:

- koji ne menjaju sledeće stanje zaliha r/d, odnosno ne dovode do promene definisanog nivoa zaliha r/d;
- koji dovode do promene sledećeg stanja zaliha rezervnih delova.

Događaji iz prve grupe posledica su normalnog funkcionisanja sistema snabdevanja rezervnim delovima i njegove interakcije sa okruženjem, prvenstveno sa sistemom održavanja i izvorima popune. Događaji iz druge grupe posledica su organizacijsko-formacijskih promena u VJ, promena u strukturi sredstava ratne tehnike, i promena zakonske i normative regulative koja reguliše oblast snabdevanja r/d.

Analizom funkcionisanja sistema snabdevanja r/d mogu se izdvojiti najvažniji događaji iz prve grupe:

- zahtev za izdavanje rezervnih delova na utrošak;
- zahtev – trebovanje višem nivou snabdevanja za popunu sa r/d;
- naređenje za prijem r/d;
- naređenje za rashodovanje r/d;
- kontrola stanja r/d na zalihama;
- završavanje r/d.

Mogući događaji iz druge grupe su:

- promena formacijske strukture jedinice;
- proglašavanje sredstva zastarelim;
- promena normativa ratnih rezervi i normativa za održavanje, kao i promena kriterijuma sledovanja.

Pošto navedeni događaji izazivaju određene poremećaje u sistemu neophodno je preduzimati određene upravljačke akcije kojima će se obezbediti željeno stanje rezervnog dela u sistemu.

³ Ispravni rezervni deo se u odnosu na željeno referentno stanje, može naći u sledećim stanjima: „ima“, „ima nedovoljno“, „ima više“ i „nema“.

Upravljačke akcije sadržane su u okviru procedura upravljanja koje predstavljaju i svojevrstne modele upravljanja snabdevanjem rezervnim delovima. Pri razradi procedura upravljanja snabdevanjem rezervnim delovima u sistemu snabdevanja r/d u VJ potrebno je pretpostaviti:

- da su primenjeni modeli upravljanja zalihama, i to u zavisnosti od stepena ešeloniranja r/d;

- da se razmena informacija obavlja putem projektovanih informacionih tokova;

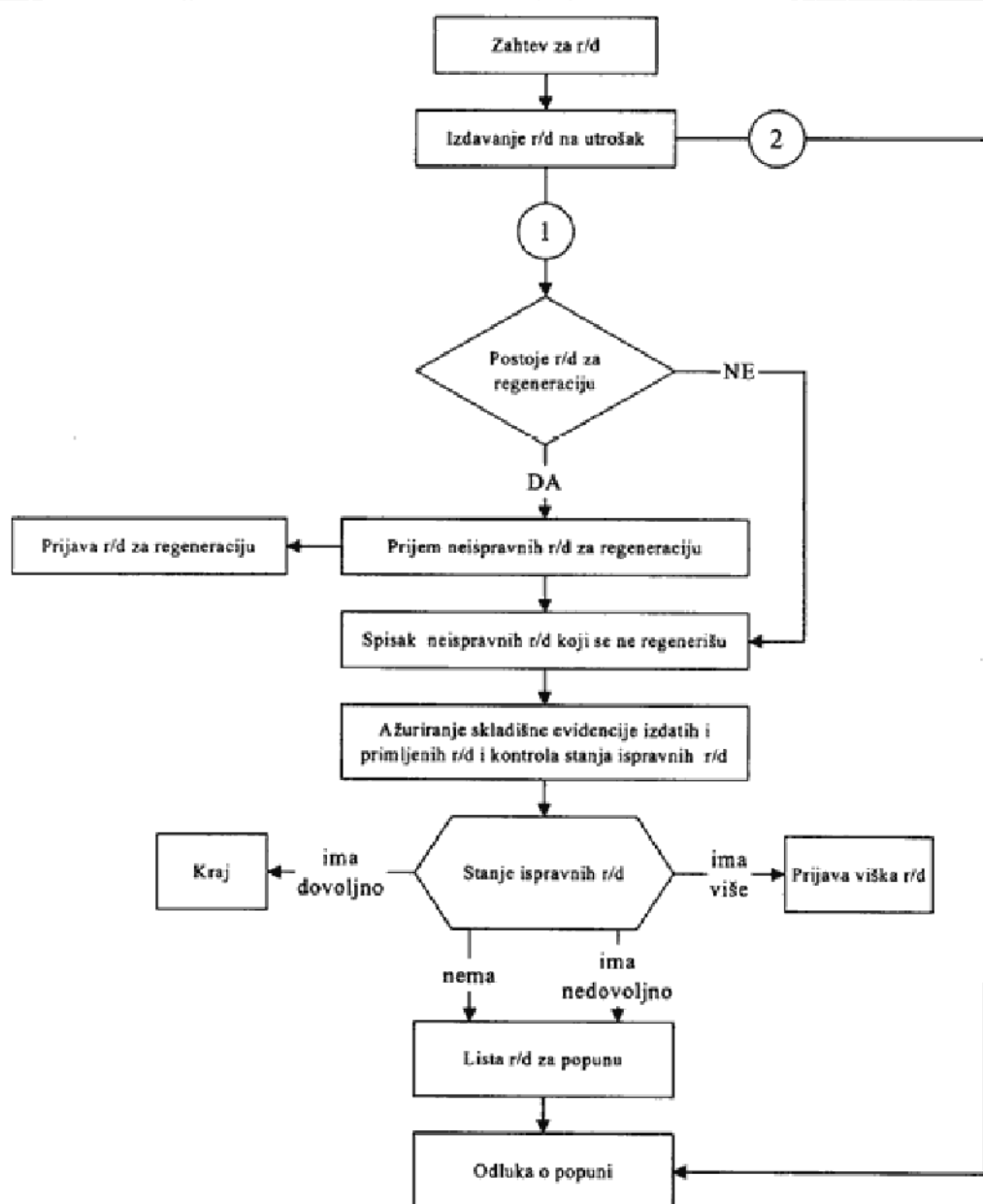
- da se vodi evidencija dugovanja, kao i evidencije poslatih zahteva, trebovanja, pokrenutih nabavki i sl.

U ovom radu objašnjena je samo procedura nastala pojavom zahteva za izdavanje r/d na utrošak, dok se detaljnije informacije o procedurama upravljanja za ostale događaje mogu naći u literaturi [1].

Zahtevi za rezervnim delovima generišu se u jedinicama za održavanje i remont, uvek kada je za dovođenje sredstva u ispravno stanje neophodno izvršiti zamenu neispravnog sastavnog dela istim takvim ispravnim rezervnim delom. Zahtevi se ispostavljaju priručnim skladištima rezervnih delova jedinica za održavanje i remont. Po dobijanju zahteva za izdavanje rezervnih delova na utrošak preduzimaju se određene aktivnosti radi zadovoljenja nastale potražnje. Prva grupa aktivnosti odnosi se na sam postupak izdavanja rezervnih delova na utrošak, i detaljnije je objašnjena u delu rada koji razmatra postupke i procese u sistemu snabdevanja rezervnim delovima. Treba napomenuti da se, u slučaju nepotpunog zadovoljenja potražnje, ažurira evidencija duga i formira lista rezervnih delova kojih nema u skladištu, a služi kao osnova za odlučivanje o popuni nedostajućim rezervnim delovima.

Nakon obavljenih određenih aktivnosti izdavanja r/d, pristupa se postupku prijema r/d za regeneraciju, ukoliko takvih delova ima, bez obzira na stepen zadovoljenja potražnje. Na taj način moguće je pravovremeno izvršiti slanje neispravnih r/d na regeneraciju i opravku. Za primljene r/d, predviđene za regeneraciju i opravku, izrađuje se prijava koja se dostavlja nadležnom upravnom organu na propisan način i u propisanim terminima. S obzirom na činjenicu da se svaka potražnja rezervnih delova evidentira, i da se prijemu neispravnih r/d za regeneraciju oni evidentiraju, na osnovu razlike između ove dve evidencije moguće je formirati spisak neispravnih rezervnih delova koji se ne regenerišu. Ovakav spisak neispravnih r/d služi kao osnova za njihovo rashodovanje. Neispravni rezervni delovi koji se ne regenerišu, prikupljaju se u radionici i mogu se koristiti u procesu održavanja kao potrošni materijal. Nakon njihovog rashodovanja pretvaraju se u furdu i pokreće se postupak prodaje.

Po završenim postupcima izdavanja ispravnih i prijema neispravnih r/d za regeneraciju ažurira se skladišna evidencija i kontroliše stanje ispravnih rezervnih delova za one stavke na kojima su nastupile promene. Kontrola stanja, nakon svake promene u skladištu, vrši se pod pretpostavkom primene modela upravljanja zalihama sa tekućim odlukama o naručivanju. Ispravni rezervni deo tada se može naći u nekom od definisanih stanja koje označava stvarno stanje r/d u odnosu na propisano željeno stanje. Ukoliko je količina rezervnog dela u propisanim granicama, ne preduzima se nikakva dalja akcija. Ukoliko je stanje rezervnog dela „ima više“, količine koje su višak stavljaju se na listu viška rezervnih delova. Višak se prijavljuje višem nivou snab-



Sl. 5 – Algoritam procedure nastale pojavom zahteva za r/d u priručnim skladištima

devanja, koji na osnovu prijave i drugih faktora donosi odluku o postupku sa viškom rezervnih delova. Ako je stanje rezervnog dela „ima nedovoljno“ ili „nema“, nedostajuće, količine se stavljaju na listu rezervnih delova za popunu, koja

služi kao osnova za donošenje odluke o popuni. Algoritam procedure generisane pojavom zahteva za izdavanjem rezervnih delova prikazan je na slici 5. Procedura se završava odlukom o popuni zaliha rezervnih delova koja se donosi na

osnovu podataka sadržanih u listama generisanim u proceduri izdavanja r/d na utrošak:

- lista r/d kojih nema na zalihama u skladištu, a postoji nezadovoljena potražnja za njima;

- lista r/d za popunu dobijena kontrolom stanja stavki izdatih rezervnih delova.

Procedura popune r/d sa liste delova kojih nema na zalihama u skladištu

Pri odlučivanju o popuni rezervnim delovima sa liste rezervnih delova kojih nema na zalihama u skladištu moraju se uvažiti sledeće činjenice:

- rezervni deo se može naći na ovoj listi u dva slučaja: ako je pri prethodnoj kontroli stanja ispostavljen zahtev za popunu rezervnim delom i nije realizovan do trenutka nastanka potražnje za datim r/d i ako rezervni deo, za kojim postoji potražnja, normativima nije predviđen za ešeloniranje na ovom stepenu ešeloniranja;

- za r/d koji nisu predviđeni u strukturi zaliha na ovom stepenu ešeloniranja nisu ni definisani izvori snabdevanja;

- raspoloživa finansijska sredstva za nabavku r/d na lokalnom tržištu ograničena su, pa se nastoji da se što više delova dobije linijom snabdevanja sa višeg nivoa snabdevanja;

- sredstvo koje čeka na rezervni deo ima određeni interval strpljivosti.⁴

Odluka o popuni nedostajućim količinama rezervnih delova može se doneti sprovođenjem procedure sastavljene od sledećih koraka:

⁴ Interval strpljivosti sredstva definiše se kao vreme za koje sredstvo može čekati na rezervni deo, a da ne nastupe štetne posledice po sredstvo ili se ne ugrožava borbena gotovost jedinice. Veličinom intervala strpljivosti sredstva obuhvata se značaj r/d za dato sredstvo, kao i značaj sredstva za borbenu gotovost jedinice.

- 1. korak – odrediti izvore snabdevanja za sve rezervne delove i izvršiti razvrstavanje rezervnih delova prema datim izvorima snabdevanja, uz istovremeno razmatranje mogućnosti popune delovima skinutih sa oštećenih sredstava;

- 2. korak – za rezervne delove koji se izrađuju u vlastitoj radionici, ili se nabavljaju na lokalnom tržištu, pokrenuti postupak izrade ili nabavke na tržištu;

- 3. korak – za rezervne delove koji se mogu dobiti samo linijom snabdevanja sa višeg nivoa, pri donošenju odluke razmatra se i interval strpljivosti sredstva (T_{IS}) i interval vremena od trenutka nastanka potražnje pa do termina realizacije redovne popune (T_{TRP}). Odluka se, tada, donosi na osnovu sledećih pravila:

P1 – ako je vrednost T_{IS} veća od vrednosti T_{TRP}

onda ispostavi zahtev za redovnu popunu;

P2 – ako je vrednost T_{IS} manja od vrednosti T_{TRP}

onda ispostavi zahtev za vanrednu popunu.

- 4. korak – za rezervne delove koji se mogu dobiti linijom snabdevanja sa višeg nivoa, a istovremeno postoji i mogućnost nabavke na lokalnom tržištu, odluka se donosi na osnovu razmatranja vrednosti T_{IS} , vrednosti T_{TRP} , intervala vremena od trenutka nastanka potražnje pa do termina realizacije nabavke r/d na lokalnom tržištu (T_{VN}) i nabavne cene rezervnog dela. Nabavna cena rezervnog dela može se opisati kao: „mala“, „srednja“ ili „velika“. Odluka se donosi na osnovu sledećih pravila:

P1 – ako je vrednost T_{IS} veća od vrednosti T_{TRP}

onda ispostavi zahtev za redovnu popunu;

P2 – ako je vrednost T_{IS} manja od vrednosti T_{TRP} i

ako je vrednost T_{TRP} manja od vrednosti T_{VN}

onda ispostavi zahtev za vanrednu popunu;

P3 – ako je vrednost T_{IS} manja od vrednosti T_{TRP} i

ako je vrednost T_{TRP} veća od vrednosti T_{VN} i

ako je nabavna cena „velika“

onda ispostavi zahtev za vanrednu popunu;

P4 – ako je vrednost T_{IS} manja od vrednosti T_{TRP} i

ako je vrednost T_{TRP} veća od vrednosti T_{VN} i

ako je nabavna cena „mala“ ili „srednja“

onda pokreni nabavku na lokalnom tržištu;

5. korak – evidentirati sve ispostavljene zahteve za redovnu, odnosno vanrednu popunu i pokrenute postupke izrade r/d u radionici, odnosno pokrenute nabavke r/d na lokalnom tržištu.

Procedura popune delovima sa liste za popunu, generisane pri kontroli stanja rezervnih delova u skladištu

Kontrolom stanja stavki rezervnih delova koji su izdati u postupku izdavanja r/d na utrošak, za r/d u stanju „nema“ i „ima nedovoljno“ formirana je lista r/d za popunu. Aktivnosti procesa popune sa delovima sa ove liste prikazane su na slici 6. Listu delova za popunu treba ažurirati oduzimanjem delova za koje je već pokrenut proces popune, a nije realizovan do trenutka kontrole stanja. Odluka o popuni nedostajućim rezervnim delovima, utvrđenim kontrolom stanja, određena je

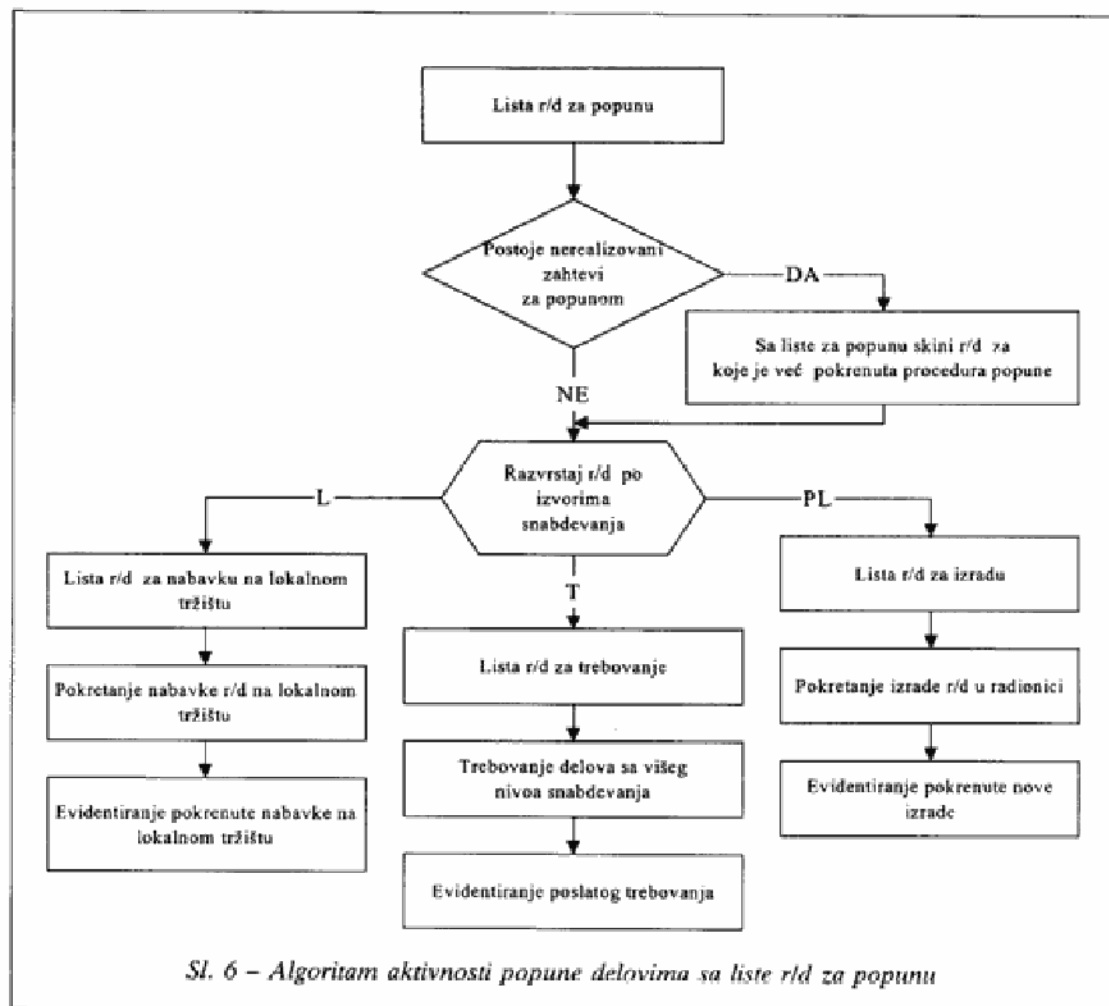
izvorima snabdevanja datim u normativima rezervnih delova. To znači da se odluka o načinu popune donosi isključivo u skladu sa definisanim izvorima.

U normativima rezervnih delova predviđena je popuna zaliha na drugom stepenu ešeloniranja, iz sledećih izvora snabdevanja: izrada r/d u tehničkim radionicama (PL), nabavka na lokalnom tržištu (L) i trebovanje sa višeg nivoa snabdevanja (T). Saglasno ovim izvorima obavlja se razvrstavanje rezervnih delova, pri čemu se dobijaju: lista rezervnih delova za trebovanje, lista rezervnih delova za nabavku na lokalnom tržištu i lista rezervnih delova za izradu u radionici tehničkog održavanja.

Za rezervne delove koji su u normativu predviđeni za nabavku na lokalnom tržištu, ili za izradu u radionici tehničkog održavanja, pokreće se postupak nabavke ili izrade. Pokrenuti postupci nabavke, odnosno izrade, registruju se u evidencijama nabavke, odnosno nove izrade. Za rezervne delove koji se dobijaju iz višeg izvora snabdevanja (izrađuje ih ili nabavlja na tržištu operativni ili strategijski nivo snabdevanja), sastavlja se trebovanje za redovnu popunu i dostavlja operativnom nivou snabdevanja. Zahtev poslat višem nivou evidentira se radi praćenja realizacije poslatih trebovanja i ažuriranja liste r/d za popunu pri narednoj kontroli stanja r/d.

Zaključak

Složenost sistema snabdevanja r/d, heterogenost zahteva sistema održavanja, brojnost izvora snabdevanja r/d, kao i veliki broj podataka koji se moraju pratiti o svakom rezervnom delu, znatno komplikuju problem upravljanja snabdeva-



Sl. 6 – Algoritam aktivnosti popune delovima sa liste r/d za popunu

njem r/d. Jedan od načina prevazilaženja tog problema jeste formiranje procedura upravljanja za situacije koje imaju repetitivni karakter. Primenom dijagrama promene pojavnih oblika r/d, na svakom od nivoa snabdevanja pojedinačno, moguće je izdvojiti postupke u procesima u sistemu snabdevanja r/d. U sledećem koraku se, za relevantne događaje, a radi obezbeđenja željenog stanja r/d u sistemu snabdevanja, kreiraju procedure upravljanja snabdevanjem rezervnim delovima. Procedure se završavaju odlukama na osnovu kojih se preduzimaju određene upravljačke akcije. Definisanjem pravila

odlučivanja pomoću lingvističkih promenljivih stvaraju se uslovi za primenu fazi logike. Kvantifikacija vrednosti lingvističkih promenljivih u ovom radu nije vršena zbog obimnosti potrebnih podataka kao i njihove nepouzdanosti u postojećem sistemu snabdevanja r/d. Pri izradi procedura vodilo se računa o njihovoj opštosti, odnosno primenljivosti na klasu sličnih slučajeva koji se mogu javiti na različitim nivoima sistema snabdevanja r/d. Zbog toga pri razradi procedura nisu uzimana u obzir konkretna mesta obrade informacija (u realnom sistemu mesta su definisana formacijom).

Dalji rad na rešavanju problema povećanja efikasnosti upravljanja snabdevanjem rezervnim delovima, trebalo bi da se kreće u pravcu izrade baze modela automatizovanog sistema za podršku odlučivanju automatizacijom opisanih procedura i kvantifikacijom definisanih pravila odlučivanja uz primenu fazi logike.

Literatura:

- [1] Milićević, M.: Upravljanje snabdevanjem rezervnim delovima u hijerarhijskim organizacijama, magistarski rad, VTA VJ, Beograd, 2000.
- [2] SSNO, Uputstvo za snabdevanje oružanih snaga rezervnim delovima, potrošnim i reprodukcionim materijalom iz nadležnosti tehničke službe KoV OS, Beograd, 1977.
- [3] Pravilnik o planiranju i materijalnom i finansijskom poslovanju u Saveznom ministarstvu za odbranu i Vojsci Jugoslavije, SVL 18/97.

Profesor dr Miroslav Demić,
akademik
Mašinski fakultet,
Kragujevac

Profesor
dr Vladimir E. Toljski,
akademik
Institut NAMI,
Moskva

Profesor
dr Konstantinos Spentzas,
Nacionalni tehnički univerzitet,
Atina

PRILOG ISTRAŽIVANJU UTICAJA NEUNIFORMNOSTI PNEUMATIKA NA VIBRACIJE SISTEMA ZA UPRAVLJANJE MOTORNIM VOZILA

UDC: 629.113-5:534.1:629.11.012.55

Rezime:

Neuniformnost pneumatika dodatno pobuđuje vibracije u sistemu za upravljanje motornih vozila. To se posebno ogleda u pojavi lepršanja točkova i torzionih vibracija vratila upravljača. U radu je izvršeno modeliranje vibracija sistema za upravljanje uz primenu paketa NEWEUL, pod dejstvom pobuda od neuniformnosti pneumatika. Analize su pokazale da neuniformnost pneumatika povećava vibracije sistema za upravljanje.

Ključne reči: motorno vozilo, sistem za upravljanje, lepršanje točkova, neuniformnost pneumatika.

A CONTRIBUTION TO INVESTIGATION OF THE TIRE NONUNIFORMITY INFLUENCE TO VEHICLE STEERING SYSTEM VIBRATION

Summary:

The tires nonuniformity additionally generates the steering system vibration. This is very significant for the wheels shimmy and steering torsion vibration appearance. In this paper the steering system vibrations were modeled by the NEWEUL package, the tire nonuniformity excitation included. The analyses showed that the tire nonuniformity increases the steering system vibrations.

Key words: vehicle, steering system, wheels shimmy, tires nonuniformity.

Uvod

Vibracije u sistemu za upravljanje motornog vozila potiču od pobuda mikro-neravnina puta, neuravnoteženih točkova, zazora, neuravnoteženosti u sistemu za prenos snage, delovanja vozača na točak upravljača i neuniformnosti pneumatika. Kako su pojedini uticaji na pojavu vibracija u sistemu za upravljanje [9-11, 13, 14, 17, 24, 27], osim neuniformnosti pneumatika, dobro proučeni, ovaj

rad je posvećen upravo toj pojavi. Preciznije rečeno, posmatran je uticaj neuniformnosti pneumatika na lepršanje (shimmy [13, 22]) upravljačkih točkova (vibracije oko osovinica rukavaca) i torzione vibracije vratila upravljača. Zbog toga se ocenjuje celishodnim da se daju osnovne definicije neuniformnosti iz [30].

Neuniformnost pneumatika pri kotrljanju karakteriše se varijacijama sila, momenata i dimenzija, izazvanih neregularnostima materijala, konstrukcije i ras-

poreda masa ili kombinacijom pomenutih faktora. Radi lakšeg praćenja teksta, na slici 1 dat je šematski prikaz nekih parametara neuniformnosti pneumatika.

Referentni ugao predstavlja ugao u odnosu na koji se definišu parametri neuniformnosti pneumatika.

Trenutna vrednost sile i momenta (radijalna, bočna ili tangencijalna sila i moment stabilizacije) predstavlja vrednost sile i momenta definisane u odnosu na referentni ugao pri pravolinijskom kotrljanju pneumatika postavljenog na precizno urađeni naplatak i pri konstantnom rastojanju centra točkova od valjka mašine za ispitivanje neuniformnosti pneumatika.

Srednja vrednost sile i momenta (radijalna, bočna i tangencijalna sila ili moment stabilizacije) predstavlja srednju vrednost pomenutih veličina izračunatog za jedan ili više perioda kotrljanja točka.

Varijacija sila ili momenata (radijalna, bočna i tangencijalna sila ili moment stabilizacije) predstavlja razlike između trenutnih vrednosti sila i momenata i njihovih srednjih vrednosti.

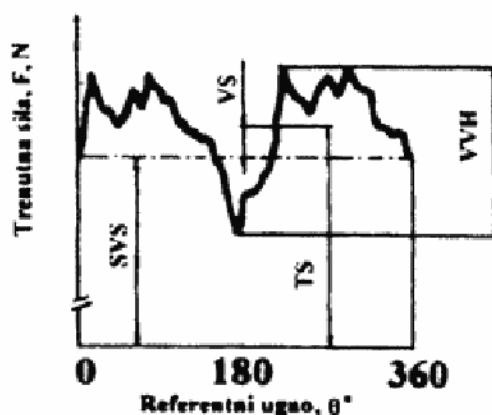
Konusni efekat bočne sile predstavlja komponentu bočne sile pri kojoj se ne menja pravac kotrljanja pneumatika pri promeni smera njegove rotacije.

Ugaoni efekat predstavlja komponentu bočne sile pri kojoj se menja pravac kretanja pneumatika, pri promeni smera njegovog kotrljanja.

Vrh – vrh sila ili momenta (ili njihovih harmonika) predstavlja razliku između maksimalnih i minimalnih vrednosti sila ili momenta.

Fazni ugao predstavlja fazu između pojedinih harmonika.

„Bacanje“ pneumatika predstavlja geometrijsko odstupanje dimenzija i oblika po obimu pneumatika. Ovaj pojam



Sl. 1 – Parametri neuniformnosti pneumatika

može se posmatrati kao trenutna, usrednjena ili vrh-vrh veličina [30].

Imajući u vidu značaj ovih pojmova ukratko će biti prikazan matematički aparat koji ih opisuje. Pri tome, radi lakšeg praćenja teksta, treba pratiti sliku 1.

Neuniformnost pneumatika [30] definiše se izrazima:

$$VS = TS - SVS \quad (1)$$

$$VM = TM - SVM$$

gde je:

VS, VM – varijacije sila ili momenata, respektivno;

TS, TM – trenutne vrednosti sila ili momenata, respektivno;

SVS, SVM – srednje vrednosti sila ili momenata, respektivno.

Varijacije sila i momenata mogu se izraziti u funkciji referentnog ugla:

$$VS(\theta) = 0,5 \sum [VVH \cos n(\theta - VVS)] \quad (2)$$

$$VM(\theta) = 0,5 \sum [MVH \cos n(\theta - VVM)]$$

gde je:

VVS, VVM – faze harmonika sila i momenata, respektivno;

VVH, MVH – vrh-vrh harmonika sile i momenta, respektivno.

Trenutna vrednost konusnog i ugao-nog efekta:

$$KE(\theta) = 0,5 [R_s(\theta) + R_{rs}(\theta)] \quad (3)$$

$$UE(\theta) = 0,5 [R_{s_s}(\theta) - R_{s_{rs}}(\theta)]$$

gde je:

R_s , R_{rs} – radijalna sila pri kotrljanju pneumatika u smeru kazaljki na satu (s) i retrogradnom smeru (rs).

Varijacija geometrijskog odstupanja oblika pneumatika može se opisati izrazom:

$$VO = TVO - SVO \quad (4)$$

gde je:

TVO – trenutna vrednost oblika;

SVO – srednja vrednost oblika.

Odstupanje oblika pneumatika može se definisati u funkciji referentnog ugla (slično izrazu (1)), ali to ovde nije učinjeno.

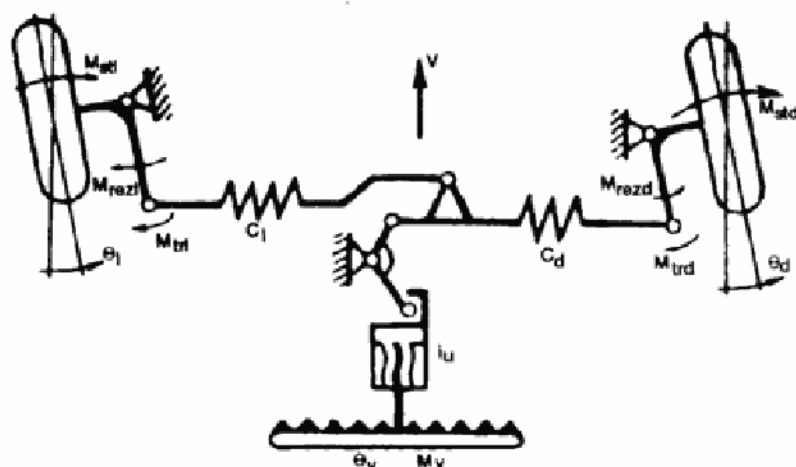
Treba napomenuti da se, zbog negativnog uticaja na oscilatorne parametre

vozila, neuniformnost pneumatika ograničava [4–9, 11, 13, 18–22, 26, 28, 29, 32–34]. Kako u svetu još uvek ne postoje opšteprihvaćene norme koje regulišu ovu oblast, proizvođači motornih vozila, obično, definišu interne propise [11, 32–34].

Dinamički model sistema za upravljanje vozila

Da bi se opisao uticaj neuniformnosti pneumatika na parametre vibracija sistema za upravljanje vozila, neophodno je usvojiti odgovarajući vibracioni model. Analize [13, 14] pokazale su da se model sa slike 2 može koristiti za opisivanje većine konstruktivnih rešenja, a pruža i mogućnosti za analizu lepršanja upravljačkih točkova i torzionih vibracija vratila upravljača. Treba naglasiti da on obuhvata i uticaj momenta trenja i zazora (M_{tr}) u sistemu za upravljanje, kao i elastičnosti elemenata istog (C_i i C_d).

Diferencijalne jednačine kretanja sistema sa slike 2 mogu se napisati klasičnim postupkom, primenom opštih principa mehanike [25] ili automatski uz pri-



Sl. 2 – Šematski prikaz vibracija sistema za upravljanje vozila

menu računara i odgovarajućih programskih paketa. U ovom radu je korišćen paket NEWEUL [35].

Ocenjeno je celishodnim da se dinamički sistem sa slike 2 posmatra kao sistem sastavljen od tri podsistema (upravljač, levi i desni upravljački točak), međusobno povezanih ekvivalentnim momentima [14] M_{rezl} i M_{rezd} .

Koristeći pravila za generisanje dinamičkih jednačina kretanja sistema koja propisuje NEWEUL, uvedeni su odgovarajući koordinatni sistemi (tri za upravljač i po jedanaest za točkove).

Treba naglasiti da je izbor potrebnog broja koordinatnih sistema proizvoljan

(u tesnoj vezi sa prostornim položajem tela i brojem stepeni slobode kretanja), a pridodaju im se podaci o zglobovima, inercijalnim parametrima, silama i momentima. Kako je postupak unošenja ulaznih podataka definisan pravilima NEWEUL-a [35], o tome ovde neće biti reči, a oni su omogućili modeliranje lepršanja levog i desnog točka ($q[1]$ i $q[2]$) i torzionih vibracija vratila upravljača ($q[3]$).

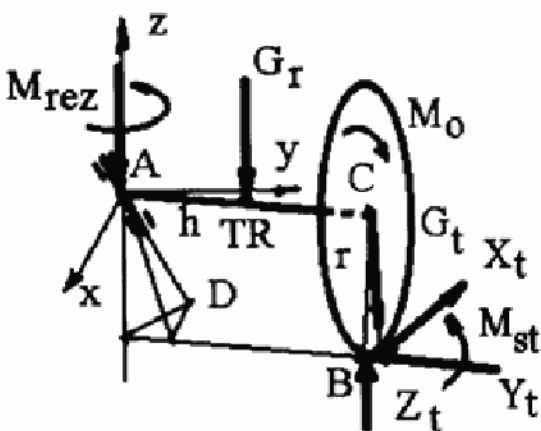
Nakon izvršenja programa NEWEUL na računaru Pentium 100 MHz, posle 70 sekundi rada, dobijene su diferencijalne jednačine kretanja sistema, koje su ovde (radi veće preglednosti) date u transformisanom obliku:

$$\begin{aligned}\ddot{q}(1) &= \frac{(M_0 - M_{rezl})\cos\gamma + (h\cos\gamma - r\sin\gamma)(X_{td}\cos q(1) - Y_{td}\sin q(1)) - G_t h \sin q(1)\cos\gamma}{I_{t2} + I_{r3}\cos^2\gamma + h^2\cos^2\gamma(0,25m_r + m_t + I_{r2}^2\sin^2\gamma)} \\ \ddot{q}(2) &= \frac{(M_0 - M_{rezl})\cos\gamma + (h\cos\gamma - r\sin\gamma)(X_{td}\cos q(2) - Y_{td}\sin q(2)) - G_t h \sin q(2)\cos\gamma}{I_{t2} + I_{r3}\cos^2\gamma + h^2\cos^2\gamma(0,25m_r + m_t) + I_{r2}^2\sin^2\gamma} \\ \ddot{q}(3) &= \frac{M_{rezd} - M_{rezl} - i_u M_v}{I_{v1}}\end{aligned}\quad (5)$$

Oznake su definisane na slikama 2 do 5 ili su identične sa [14] pa, nisu posebno objašnjavane.

Pošto je posmatrani dinamički sistem neholonoman, u diferencijalnim jednačinama (5) figurišu izrazi za sile i momente koje je potrebno definisati.

Neuniformnost pneumatika obuhvaćena je poliharmonijskim funkcijama od tri harmonika, sa slučajno promenljivim fazama (izrazi 1–4). Zbog toga je bilo neophodno definisati amplitude prva tri harmonika, koja su i od najvećeg značaja za analizirane vibracije. Pri tome treba naglasiti da su tokom analize korišćene dve grupe pneumatika, sa većom i manjom neuniformnošću. Na osnovu [11, 32–34] definisani su podaci koji odgo-



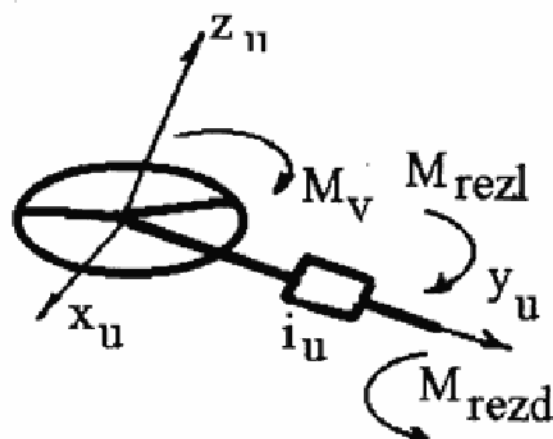
Sl. 3 – Model vođenja desnog točka

varaju pneumaticima 145 i 155 SR 13 domaće proizvodnje, a koji su dati u tabeli 1.

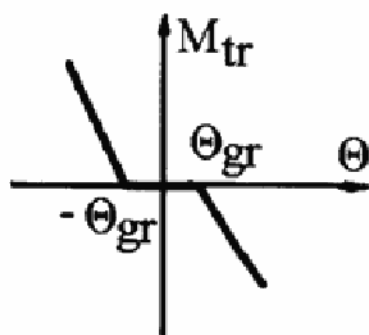
Poznato je da geometrija oslanjanja upravljačkih točkova utiče na veličinu sila i momenata koji na njih deluju, a ta

Amplituda harmonika neuniformnosti pneumatika

	Grupa pneumatika					
	Prva			Druga		
	I	II	III	I	II	III
Vertikalna sila (N)	160	100	60	80	50	30
Bočna sila (N)	160	100	60	80	50	30
Ugaoni efekat (N)	400	300	200	200	150	100
Konusni efekat (N)	140	100	60	70	50	30



Sl. 4 – Model torzionih vibracija vratila upravljača



Sl. 5 – Idealizovana zavisnost momenta trenja i zavora u sistemu za upravljanje

zavisnost je definisana izrazima [13, 23, 24]:

a) bočna sila i moment stabilizacije pneumatika (indeks „i“ zavisi od položaja točka, levi – l i desni d)

$$Y_{ti} = Z_{ti} (C_y q[i] + C_{zy} \chi + C_{ry} \gamma) \quad (6)$$

$$M_{st} = Z_{ti} (C_s q[i] + C_{zs} \chi + C_{rs} \gamma)$$

gde je:

χ , γ – uglovi konvergencije i bočnog nagiba točka, respektivno;

C_χ , C_γ – koeficijenti uticaja uglova konvergencije i bočnog nagiba točka na bočnu silu i moment stabilizacije (indeksi: „y“ se odnosi na bočnu silu, a „s“ na moment stabilizacije);

C_y , C_s – koeficijenti bočne krutosti pneumatika („y“ – bočna sila, „s“ – moment stabilizacije);

Z_{ti} – radijalna dinamička reakcija tla (levi točak $i = l$, desni točak $i = d$). Njihove vrednosti date su izrazima:

$$Z_{ti} = \frac{G}{2} + G_t + G_r + Z_{neun} \quad (7)$$

gde je:

G – statička sila koja se od oslonjene mase prenosi na prednju osovinu vozila,

G_t – sila usled mase (težine) točka,

G_r – sila usled mase rukavca (težine), a

Z_{neun} – radijalna dinamička sila usled neuniformnosti pneumatika, koja je definisana izrazom (2).

Imajući u vidu da je ugao zaokretanja točka upravljača pri pravolinijskoj vožnji mali, zanemaren je uticaj diferencijala na pogonske sile [14], a kako je analiza vršena za konstantne brzine kretanja vozila, tangencijalne sile na točkovima imale su približno jednake – konstantne vrednosti ($F_0/2$).

U radu je pretpostavljeno da vozač deluje na točak upravljača harmonijskom – sinusnom funkcijom oblika [14]:

$$M_v = M_{vmax} \sin(i_u q[3]) \quad (8)$$

Potrebni parametri vozila

$G(N)$	3500	$G_r(N)$	200	$G_r(N)$	50
$F_0(N)$	2000, 1200, 800*	i_u	4	$M_{vmax}(Nm)$	15
$h_i(m)$	0,18	$r_d(m)$	0,33	$C_i(Nm/rad)$	$1e + 6$
$C_i(Nm/rad)$	$1e + 6$	$C_r(N/rad)$	0,3	$C_r(N/rad)$	22,5
$C_\gamma(N/rad)$	5	$C_\gamma(N/rad)$	0,1	$\chi(rad)$	0,5/180
$\gamma(rad)$	1/180	$\epsilon(rad)$	2/180	$\delta(rad)$	8/180

* za brzine od 50, 30 i 5 m/s.

gde je:

M_{vmax} – maksimalni obrtni moment kojim vozač deluje na točak upravljača;

i_u – prenosni odnos u upravljaču pri malim uglovima zaokretanja točka upravljača.

Oblik zavisnosti momenta trenja i zazora u sistemu za upravljanje prikazan je na slici 5. Analize su izvršene za slučaj da je granični ugao $\theta_{gr} = 1^\circ$, a $k_{tr} = 400$ Nm/rad.

Na osnovu prethodnog izrazi za rezultujuće momente leve i desne strane sistema za upravljanje ($i = l, i = d$) mogu se napisati u obliku:

$$M_{rez i} = C_i q[i] - M_{tr} - M_{st} \pm M_v \quad (9)$$

gde je:

C_l, C_d – ekvivalentne krutosti leve i desne strane sistema za upravljanje, a ostale oznake definisane slikama 2 do 5.

Analize su izvršene za manje terensko vozilo, čiji su potrebni parametri dobijeni od proizvođača (radi ilustracije dati u tabeli 2) i, za oscilatornu udobnost, interesantne eksploatacione brzine od 5, 30 i 50 m/s [13].

Analizom diferencijalnih jednačina kretanja (5) utvrđeno je da je neophodno da se rešavaju numerički, pa su transformisane u sistem diferencijalnih jednačina prvog reda. Za numeričko rešavanje korišćena je metoda Runge-Kuta, što je obavljeno korišćenjem ranije razvijenih

programa u Pascalu i računara Pentium 100 MHz. Numerička integracija diferencijalnih jednačina kretanja sistema izvršena je sa korakom od 0,0002 s u 1024 tačke. To je doprinelo da su rezultati pouzdani u intervalu od 4,8 do 2500 Hz, a što je sa aspekta interesantnih eksploatacionih brzina i učestanosti prva tri harmonika dovoljno [1, 11].

Analiza rezultata

Diferencijalne jednačine su numerički rešavane za obe korišćene kategorije neuniformnosti pneumatika a radi detaljnije analize izvršena je Furijeova transformacija dobijenih vremenskih realizacija. Dobijeni rezultati su delimično prikazani na slici 6.

Radi lakše analize, na osnovu brzine kretanja vozila i poluprečnika točkova, izračunate su učestanosti obrtanja točkova, odnosno njihovih viših harmonika, a podaci su dati u tabeli 3.

U rezultatima su jasno uočena veća ubrzanja pri učestanostima koja su identična učestanostima prva tri harmonika neuniformnosti pneumatika (to ilustruje i slika 6). Time je potvrđena činjenica da neuniformnost pneumatika negativno utiče na pojavu lepršanja točkova, odnosno na torzione vibracije vratila upravljača.

Analizom svih dobijenih rezultata za prvu i drugu grupu pneumatika utvrđeno

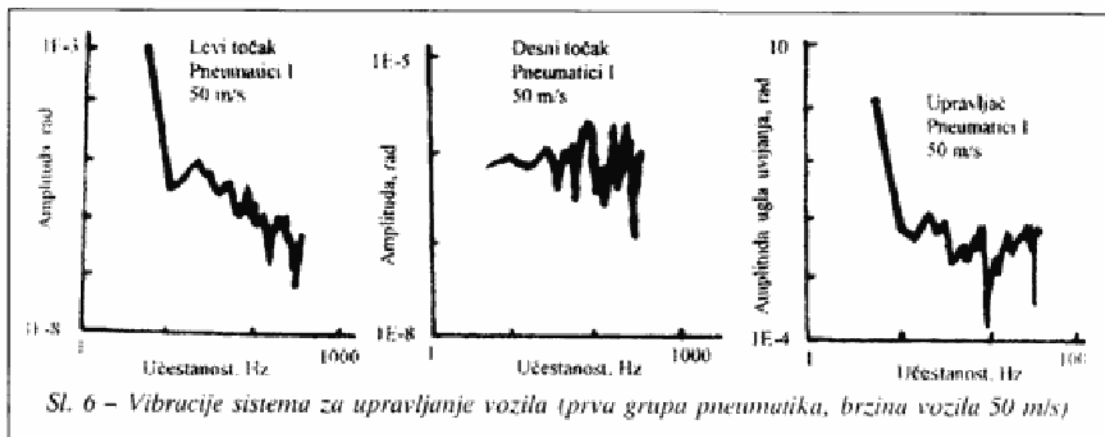


Tabela 3

Učestanost harmonika (Hz)

Brzina (m/s)	Prvi	Drugi	Treći
50	24,1	48,2	72,3
30	13,3	26,7	40,1
5	2,4	4,8	7,2

je da veličina amplitude harmonika i brzina kretanja vozila utiču na amplitude lepršanja točkova i torzionih vibracija vratila upravljača.

Analize su pokazale da se lepršanje levog i desnog točka razlikuje, a pošto su korišćeni identični parametri masa i krutosti, razlike se mogu objasniti uticajem trenja i neuniformnosti pneumatika. Torzione vibracije vratila upravljača razlikuju se od lepršanja točkova.

Može se tvrditi da zbog štetnog uticaja na vibracije sistema za upravljanje i eksploatacione karakteristike vozila, u praksi treba ograničiti dopuštenu neuniformnost pneumatika. Ovaj problem detaljno je obrađen u [11, 32–34].

Zaključak

Na osnovu izvršenih analiza može se zaključiti da se programski paket NEWEUL može uspešno koristiti pri modeliranju lepršanja upravljačkih točkova vo-

zila i torzionih vibracija vratila upravljača. Pored toga, neuniformnost pneumatika pokazuje negativan uticaj na lepršanje upravljačkih točkova i torzione vibracije vratila upravljača vozila u svim eksploatacionim uslovima. Zbog toga dozvoljenu neuniformnost pneumatika treba ograničiti u praksi.

Literatura:

- [1] Bendat, S. J.: Random data: Analysis and Measuring Procedures, Wiley Interscience (prevod na ruski), Mir, Moskva, 1994.
- [2] Beebe, J.: The Importance of High - Speed Uniformity Measurements, International Engineering Conference, Akron, 1994, #9C, 9/20–25/94.
- [3] Bunday, P.: Basic Optimization Methods, Spottiswoode Ballantine, Colchester and London, 1984.
- [4] Caroguld, B., D.: The Tire Uniformity Measurement, International Engineering Conference, Akron, 1994, #24C, 9/20–22/95.
- [5] Demić, M.: Laboratorijsko istraživanje uticaja neuniformnosti pneumatika na parametre upravljivosti i udobnosti putničkih motornih vozila, Časopis „Motorna vozila i motori“, Kragujevac, 52/83, str. 13–32.
- [6] Demić, M. and other.: A supplement to Standardization of Nonuniformity of Passenger Car Tires With Respect to Oscillatory Comfort and Handling, ISATA, Milan, 1984.
- [7] Demić, M.: Neki aspekti istraživanja parametara uniformnosti radijalnih pneumatika za putnička motorna vozila, Časopis „Tehnika“, Beograd, 34 (1985), 2, 195–198.
- [8] Demić, M.: Nonuniformity of Tires and Vehicle Oscillatory Comfort, Mobility and Vehicle Mechanics, Volume 19, №3, 1993, pp. 33–42.
- [9] Demić, M.: Optimization of Vehicles Elasto-Damping Element Characteristics from the Aspect of Ride Comfort, Vehicle System Dynamics, 23 (1994), pp. 351–377.
- [10] Demić, M.: Optimizacija oscilatornih sistema motornih vozila, Mašinski fakultet u Kragujevcu, Kragujevac, 1997.

- [11] Demić, M.: The definition of the Tires Limit Admissible Nonuniformity by Using the Vehicle Vibratory Model, *Vehicle System Dynamics*, 31 (1999), pp. 183-211.
- [12] Fischer, U., Stephan, W.: *Mechanische Schwingungen*, VEB, Fachbuchverlag, Leipzig, 1984.
- [13] Gillespie, T.: *Fundamental of Vehicle Dynamics*, SAE, 1992.
- [14] Hachaturov, A. A. i dr.: *Dynamics of the Road - Tire-Vehicle-Driver System* (in Russian), Mašinostroenie, Moscow, 1976.
- [15] ISO 2631/1978: Guide for Evaluation of Human Exposure to Whole Body Vibration.
- [16] ISO/DIS 5349: Principles for the Measurement and the Evaluation of Human Exposure to Vibration Transmitted to the Hand.
- [17] Kamiński, E., Pokorski, J.: *Vehicle dynamics* (in Polish), KWL, Warsaw, 1983.
- [18] Kennet, P. and other: General Motors Tire Performance Criteria, International Automobile Tire Conference, Toronto, 1974.
- [19] Kenny, T.: Quantifying Tire, Rim, and Vehicle Effects on Ride Quality, SAE 890639, SAE, Warrendale, PA, 3/89.
- [20] Kovac, F.: *Tire Technology*, The Goodyear Tire & Rubber Company, 1978.
- [21] Marshal, K. and other.: Tire roughness - Which Tire Nonuniformities are Responsible, SAE 740066, SAE, Warrendale, PA, 2/74.
- [22] Miliken, W., Miliken, D.: *Race Car Dynamics*, SAE, 1995.
- [23] Marshal, K. and other: Roughnesses in Steel - Belted Radial Tires - Measurement and Analysis, SAE 740066, SAE, Warrendale, PA, 2/75.
- [24] Mitschke, M.: *Dynamik der Kraftfahrzeuge*, Springer, 1973.
- [25] Pars, A.: *Treatise on Analytic Dynamics*, Heinemann, London, 1971.
- [26] Richards, T.: The Relationship Between Angular Velocity Variations and Fore and Aft Nonuniformity Forces in Tires, SAE 900761, SAE International Congress, 2/26-3/2/90, Detroit, MI, Warrendale, PA.
- [27] Simić, D.: *Dinamika motornih vozila*, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
- [28] W.d.K - Leitlinie: Wirtschaftverband der Deutschen Kautschukindustrie, E. V. Frankfurt.
- [29] SAE: SAE J332, SAE 1996 Handbook, Vol. #3, 1981, Page 30-32: Testing Machines for Measuring The Uniformity of Passenger Car and Light Trucks Tires.
- [30] SAE J2047 Issued Proposed Draft August, 1997.
- [31] SAE J670d: *Vehicle Dynamics Terminology*, 1975.
- [32] Zastava norme: 9.01398: *Pneumatici za putnička vozila*, 1992.
- [33] Zastava: *Informacije*, 1980-2001.
- [34] *Trayal informacije*: 1983-1989.
- [35] NEWEUL, uputstvo, TU Štuttgart, 2000.

Slavko Muždeka,
poručnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

Profesor
dr Slobodan Milidrag,
dipl. inž.
Fakultet tehničkih nauka,
Novi Sad

Mr Zoran Popović,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

Dragiša Vulović,
poručnik, dipl. inž.
VF 4795-40
Beograd

PRIMENA FAZI LOGIKE U REGULATORIMA SISTEMA AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA MOTORNIM VOZILIMA

UDC: 629.113-523.6:510.6

Rezime:

Sistemi automatskog upravljanja danas su veoma široko primenjeni u oblasti motornih vozila, bilo u projektovanju i proizvodnji ili na motornim vozilima. Složenost sistema vozilo-vozač-okolina ukazuje na to da je veoma teško matematički definisati neke parametre sistema, a ako se i definišu, praktična realizacija sistema automatskog upravljanja je teška i složena. U radu je prikazan koncept sistema automatskog upravljanja zasnovan na primeni fazi logike. Ovaj koncept omogućava da se sistem koji je neodređen i višeznačan na pogodan način opiše, kao i da se realizuje konkretan sistem automatskog upravljanja. Na kraju su opisane neke realizacije fazi sistema automatskog upravljanja koje se nalaze na motornim vozilima.

Ključne reči: motorno vozilo, sistem automatskog upravljanja, fazi regulator.

APPLICATION OF FUZZY LOGIC IN CONTROLLERS OF MOTOR VEHICLE AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS

Summary:

Automatic control systems are widely used today in motor vehicles design, production process and in motor vehicles themselves. The system vehicle-driver-environment is very complex. It is very difficult to define some its parameters, and if we define them it is very difficult and complicated to realize practically such an automatic-control system. This paper gives an automatic control system concept based on fuzzy logic. Using this concept we can describe and realize, in a suitable way, a particular indefinite and multimeaning automatic control system. Some realised fuzzy automatic control systems in motor vehicles are shown as well.

Key words: motor vehicle, automatic control system, fuzzy controller.

Uvod

Bilo kakav rad u oblasti motornih vozila bez primene sistema automatskog upravljanja danas je nezamisliv. Ovi sistemi su primenjeni u čitavom životnom ciklusu motornog vozila: od razvoja (projektovanja, proračuna, ispitivanja u razvoju i eksploataciji) preko eksploatacije

i održavanja do primene na motornom vozilu. Sistemi automatskog upravljanja na motornim vozilima primenjuju se da bi se zadovoljili sve veći zahtevi koji se odnose na ekonomičnost, ekologiju, kao i na komfor i lakoću eksploatacije motornog vozila. Ako se vozilo posmatra kao složen mašinski sistem koji se reguliše, što u stvari i jeste, uočava se da su

međusobni uticaji i odnosi pojedinih njegovih podсистema i sklopova složeni, a ulazi i izlazi u i iz podсистema, kao i sistema u celini višeznačni. Zbog toga je matematičko modelovanje vozila, u celini kao dinamičkog sistema, skoro nemoguće [1]. Ako se želi posmatrati sistem vozilo – vozač – okolina zadatak se još više usložava. Da bi se pristupilo modelovanju sistema koji je u suštini nelinearan i delimično neodređen, pristupa se, manje ili više, grubim aproksimacijama. Ovo zahteva dodatna ispitivanja i proces čini dugotrajnijim, složenijim i skupljim. Ako se ne žele koristiti aproksimacije, matematički modeli su često veoma složeni, njihovo modelovanje zahteva puno vremena, tako da se praktična realizacija dovodi u pitanje.

Da bi se prevazišli problemi ovog tipa, odnosno da bi se bolje opisali neizvesnost, višeznačnost, subjektivnost i neodređenost, razvijena je teorija fazi (fuzzy) skupova (rasplnutih skupova). Ona je našla široku primenu u projektovanju tzv. fazi regulatora koji se ugrađuju u mnoge sisteme u kojima je prisutna neodređenost, višeznačnost i subjektivnost. Teorija fazi skupova zasniva se na proširenju teorije klasičnih skupova, kod kojih element može da pripada ili ne pripada skupu, dok se kod fazi skupova definiše pojam funkcije pripadnosti skupu, koja može da zauzme bilo koju vrednost u intervalu $(0, 1)$. Veličina funkcije pripadnosti za dati element govori o tome koliko ima istine u tvrdnji da on pripada skupu. To znači da element može „i da pripada i da ne pripada“ skupu, tako da ovaj skup nema tačno definisane granice, pa se naziva i rasplnuti (fazi). Fazi skup u određenim uslovima može da se nazove fazi brojem i tada je pogodan za opisivanje veličina koje se ne mogu precizno definisati.

Osnovni koncept fazi regulatora

Za razliku od klasičnih regulatora sistema automatskog upravljanja, gde je potrebno poznavati matematički model sistema, a ulazne veličine su poznate, fazi regulatori se zasnivaju na neposrednoj primeni kvalitativno formulisanih iskustvenih znanja za regulaciju željenih veličina. Poznavanje funkcionisanja procesa koji se reguliše sadržano je u relaciji:

AKO (IF) preduslov ONDA (THEN) zaključak

Ovakva formulacija (AKO-ONDA) predstavlja najjednostavniju formu procesa ljudskog odlučivanja. Preduslov i zaključak su lingvistički iskazi koji su neodređeni i oni se predstavljaju fazi brojevima. Na primer:

**AKO temperatura visoka I porast temperature nagao
ONDA ventil potpuno otvoriti**

Ovde je preduslov kompleksan i u sebi ima dva neodređena elementa (temperatura visoka i porast temperature nagao).

Fazi teorija je omogućila da se znanja formulisana na ovaj način (opisnom formom) operacionalizuju i iskoriste za projektovanje fazi regulatora. Opšta struktura jednog sistema automatskog upravljanja sa primenjenim fazi regulatorom prikazana je na slici 1.

Osnovni delovi fazi regulatora koji ga čine različitim od klasičnih regulatora su:

- deo za fazifikaciju,
- deo za zaključivanje na bazi fazi lingvističkih pravila,
- deo za defazifikaciju.

Deo za fazifikaciju određuje stepen pripadnosti ulazne veličine fazi skupu-

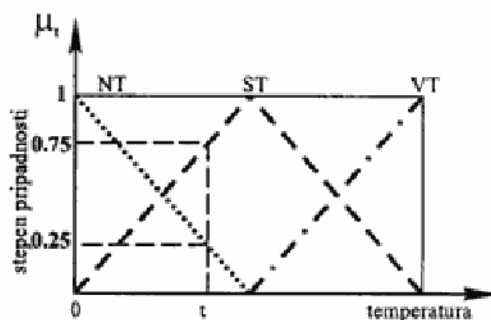


vima koji je opisuju pošto se na ulazu pojavljuje diskretna vrednost ulazne veličine. Na primer, ako je temperatura ulazna veličina, ona može u regulatoru biti okarakterisana fazi brojevima „niska temperatura (NT)“, „srednja temperatura (ST)“ i „visoka temperatura (VT)“. Funkcije pripadnosti ovih fazi brojeva predstavljene su na slici 2.

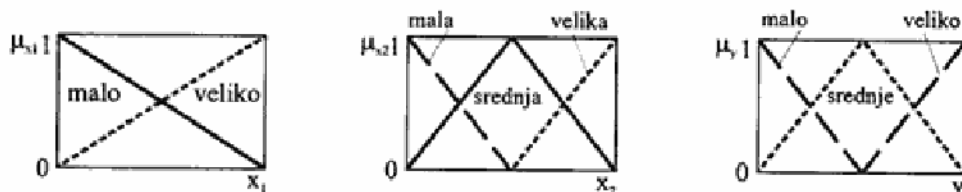
Funkcija pripadnosti kvantifikuje kvalitativni iskaz lingvističke promenljive preko veličine stepena pripadnosti. Slika 2 pokazuje da se određena diskretna vrednost ulazne veličine može naći u dva fazi skupa, ali sa različitim stepenom pripadnosti.

Deo za zaključivanje na bazi fazi lingvističkih pravila pokazuje suštinsku razliku između klasičnog i fazi regulatora. Dok se kod klasičnog regulatora mora znati tačan matematički model, odnosno prenosna funkcija, ovde se ponašanje sistema opisuje proizvoljnim brojem fazi lingvističkih pravila koja, u stvari, predstavljaju opis ponašanja sistema. Fazi lingvistička pravila se formulišu preko AKO-ONDA formulacija. Kako ponašanje sistema najčešće zavisi od više promenljivih, preduslov u formulaciji AKO-ONDA ima više kompleksno povezanih fazi brojeva logičkim operatorima I/ILI (AND/OR). Za poznatu vrednost ulaznih parametara mora se proći kroz sva fazi

lingvistička pravila da se utvrdi u kojoj meri su zadovoljeni kompleksni preduslovi i sa kojom veličinom funkcije pripadnosti parcijalni zaključak učestvuje u ukupnom zaključku. Ocenjivanje kompleksnih preduslova vrši se obrazovanjem maksimuma istinitih vrednosti ako se radi o ILI povezivanju ili minimuma istinitih vrednosti ako se radi o I povezivanju. Kad se izvrši ocenjivanje uticaja kompleksnih preduslova, obrazovana vrednost funkcije pripadnosti određuje u kojoj meri zaključak odgovara datom preduslovu. Ovakav način zaključivanja često se naziva MIN-MAX zaključivanje. Ima još modela zaključivanja koji daju slične rezultate, a biće primenjen onaj koji daje bolje rezultate. Na slici 9 prikazan je model tzv. MAX-PROD zaključivanja. Nakon prolaska kroz sva pravila zaključivanja i utvrđivanja veličine funkcija pri-



Sl. 2 – Primer predstavljanja fazi veličine „temperatura“ fazi brojevima



Sl. 3 – Fazi skupovi za veličine x_1 , x_2 i y

padnosti svakog parcijalnog zaključka, unijom svih parcijalnih zaključaka formira se ukupni zaključak.

Kako je na izlazu potrebno imati diskretnu vrednost izlazne veličine, na osnovu rezultujućeg fazi skupa potrebno je odrediti vrednost izlazne veličine. Ovaj postupak naziva se defazifikacija i može se obavljati na više načina. Jedan od najčešćih načina je tzv. princip težišta ili centra gravitacije [3] gde se za izlaznu vrednost uzima apscisa težišta površine rezultujućeg fazi skupa.

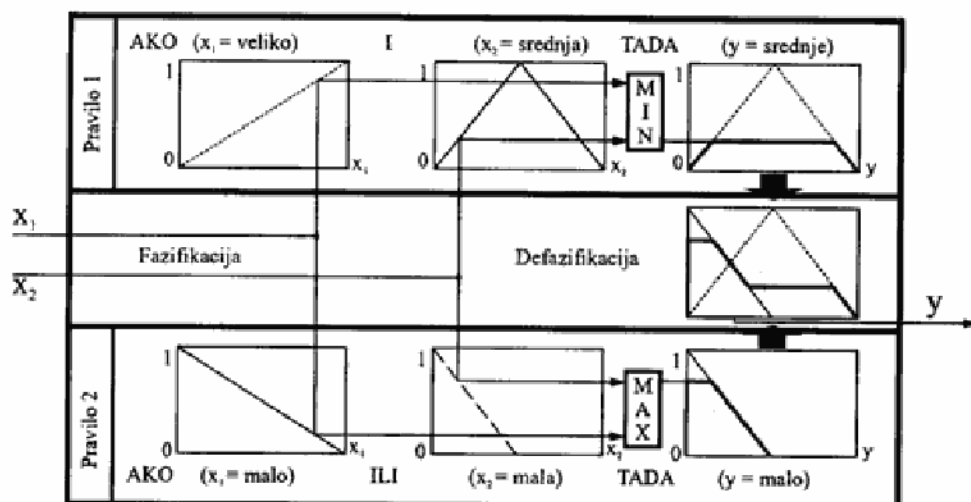
Ako, na primer, postoje dve ulazne veličine: x_1 i x_2 i izlazna veličina y predstavljene fazi skupovima, kako je prikazano na slici 3, i ako su definisana sledeća dva fazi lingvistička pravila:

1. AKO $x_1 = \text{veliko}$ I $x_2 = \text{srednja}$ ONDA $y = \text{srednje}$
2. AKO $x_1 = \text{malo}$ I $x_2 = \text{mala}$ ONDA $y = \text{malo}$,

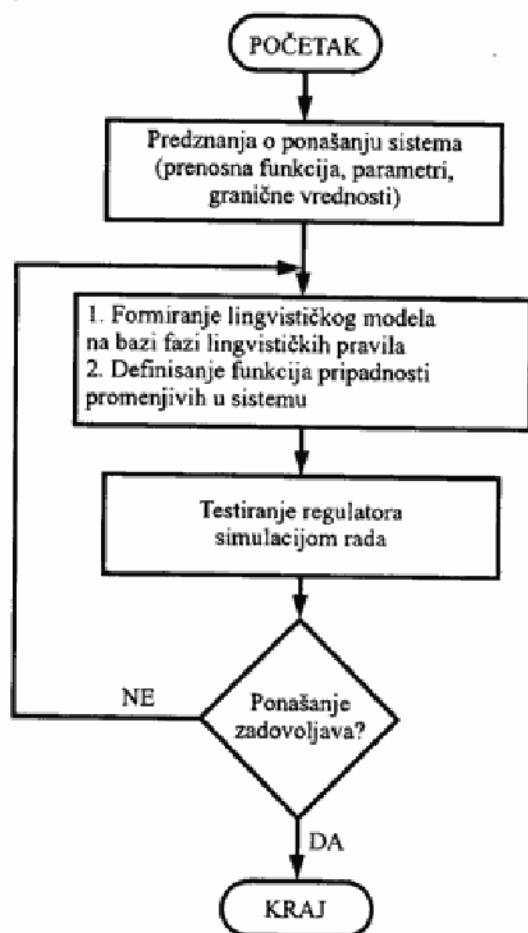
na slici 4 prikazan je postupak fazifikacije, MIN-MAX zaključivanja i defazifikacije u fazi regulatoru za predstavljena pravila i veličine procesa.

Projektovanje fazi regulatora

Kvalitet fazi regulatora zavisi od načina opisivanja promenljivih veličina, formulacije i broja fazi lingvističkih pravila, što zavisi od toga u kom stepenu projektant regulatora poznaje sistem. Zbog toga projektovanje fazi regulatora predstavlja



Sl. 4 – Postupak fazifikacije, MIN-MAX zaključivanja i defazifikacije u fazi regulatoru



Sl. 5 – Faze projektovanja fazi regulatora

iterativni postupak, kako je to prikazano na slici 5.

Sada se radi na razvoju metoda za automatsku optimizaciju fazi regulatora. Jedan od takvih projekata je i povezivanje neuronskih mreža i fazi regulatora, čime se dobijaju neuro-fazi regulatori [4].

Primena fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja

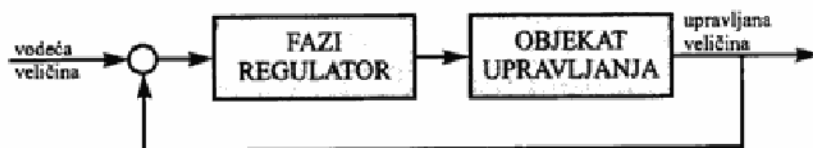
Kada su se pojavili fazi regulatori mislilo se da će oni zameniti klasične. Ipak, postalo je jasno da je to samo jedan od načina poboljšanja klasičnih sistema

automatskog upravljanja, ali sigurno nije jedini. U većini slučajeva unutrašnja petlja regulacije ostaje klasična, a fazi regulatori se primenjuju u slučaju kada podržavaju kritična radna stanja ili kada klasični regulatori ne mogu da budu adaptivni. Na slici 6 prikazane su mogućnosti primene fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja.

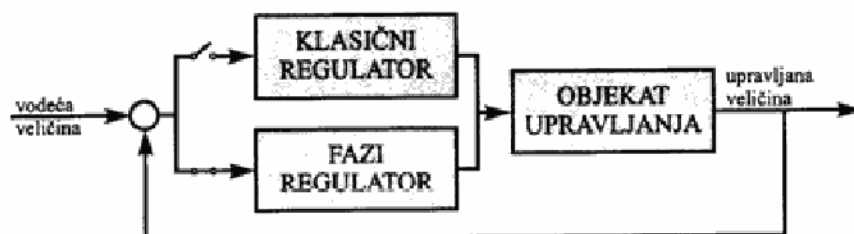
Realizacije fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja na motornim vozilima

Motorno vozilo se posmatra u interakciji sa vozačem i okolinom unutar sistema vozilo-vozač-okolina. Stanje okoline i čoveka je stohastički promenljivo, a karakter promene zavisi od velikog broja faktora koji se često ne mogu precizno formulisati. Ova interakcija je složena i nedefinisana i njeno matematičko opisivanje je veoma teško i verovatno nemoguće potpuno izvesti. Zbog toga je primena fazi sistema automatskog upravljanja veoma pogodna za upravljanje svih sistema motornog vozila koji učestvuju u interakciji vozila sa vozačem i okolinom. Primena fazi sistema poboljšava sistem po mnogim pitanjima, kao što su: komfor vozača i putnika, jednostavnije i bezbednije rukovanje, veća produktivnost (kod radnih mašina), kao i manja štetnost vozila po okolinu. Zbog toga fazi sistemi automatskog upravljanja nalaze primenu kod mnogih sistema motornog vozila. Prema saznanjima fazi regulatori su primenjeni u regulaciji sledećih sistema motornog vozila:

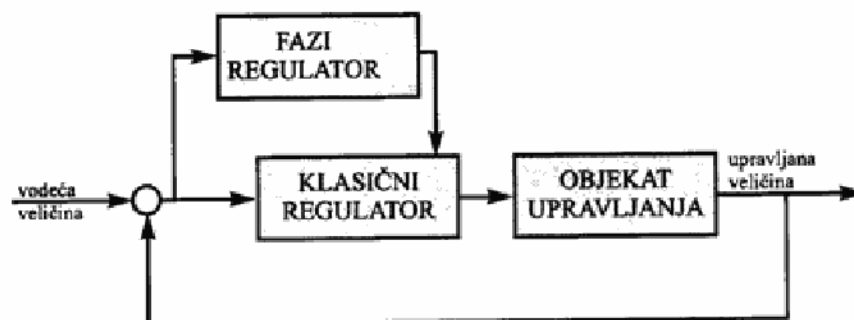
- motor: integrisani sistem kontrole rada motora, kontrola rada motora na praznom hodu (radi poboljšanja izduvne emisije);



Fazi regulator kao zamena klasičnom regulatoru



Paralelna veza fazi i klasičnog regulatora



Fazi regulator kao adaptacija klasičnog

Sl. 6 – Mogućnosti primene fazi regulatora u sistemima automatskog upravljanja

– sistem prenosa snage: automatska promena stepena prenosa, sprečavanje proklizavanja točkova (ARS);

– sistem upravljanja: automatsko vođenje vozila;

– sistem kočenja (ABS);

– sistem elastičnog oslanjanja;

– sistem za rukovanje radnim uređajima kod građevinskih mašina.

Automatsko vođenje vozila

U zavisnosti od potreba, odnosno uslova kretanja, postoje dve vrste auto-

matskog vođenja vozila: automatsko vođenje pri kretanju vozila po stalnoj, unapred utvrđenoj trajektoriji, i po promenljivoj trajektoriji [1].

Prva vrsta vođenja vozila je jednostavnija i lakša za realizaciju, dok druga vrsta vođenja ima dosta poteškoća i svi problemi još nisu do kraja rešeni [1]. Osnovni problem ove vrste vođenja vozila je tzv. beskontaktno izbegavanje prepreka. U ovom delu biće razrađen model izbegavanja prepreka primenom fazi regulatora prema [2].

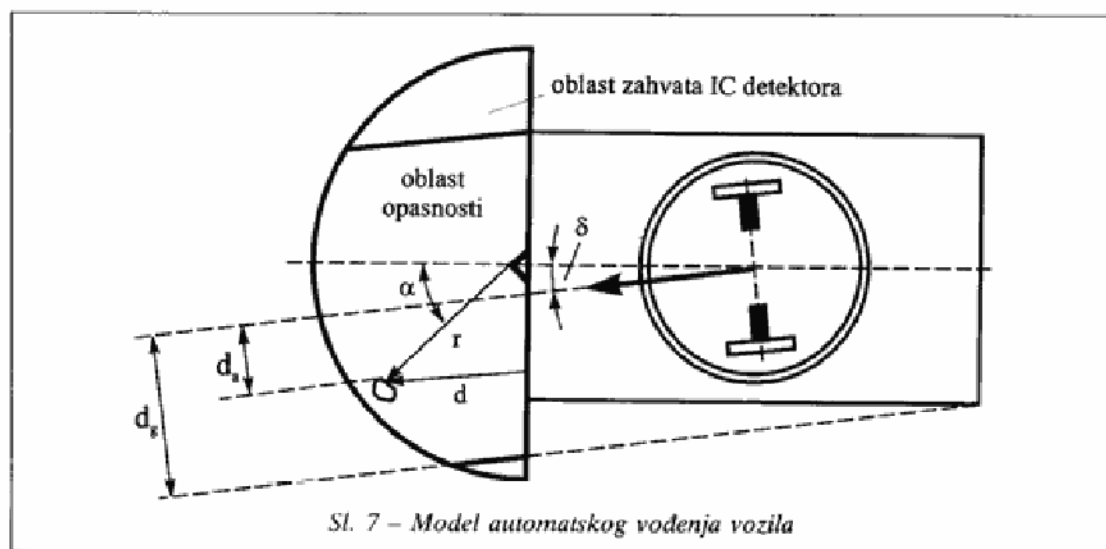
Pravilo	Sadržaj
1	AKO ($d = PM$) I ($v = PS$) I ($ver = VAN$) ONDA ($a_{Br} = NM$)
2	AKO ($d = PM$) I ($v = PV$) I ($ver = VAN$) ONDA ($a_{Br} = NS$)
3	AKO ($d = PM$) I ($v = PM$) I ($ver = U$) ONDA ($a_{Br} = NM$)
4	AKO ($d = PM$) I ($v = PM$) I ($ver = U$) ONDA ($a_{Br} = NS$)
5	AKO ($d = PM$) I ($v = PV$) I ($ver = U$) ONDA ($a_{Br} = NV$)
6	AKO ($d = PV$) I ($v = PV$) I ($ver = VAN$) ONDA ($a_{Br} = NM$)
7	AKO ($d = PV$) I ($v = PM$) I ($ver = U$) ONDA ($a_{Br} = NM$)
8	AKO ($d = PV$) I ($v = PV$) I ($ver = U$) ONDA ($a_{Br} = NS$)

Na slici 7 prikazan je model vozila sa ugrađenim IC detektorom prepreka u „zoni opasnosti“ ispred vozila. Pokazana je situacija gde je brzina kretanja vozila pod uglom δ u odnosu na uzdužnu osu vozila. IC detektor pri zahvatu prepreke daje odgovarajuće polarne koordinate prepreke (r i α). Veličine d_a i d_g definišu trenutno rastojanje prepreke i krajnje ivice vozila od vektora brzine, a njihov odnos $ver = d_g/d_a$ opisuje oblast opasnosti. Automatsko vođenje vozila, u ovom slučaju, obuhvata prilagođavanje brzine i smeru kretanja tako da se izbegne prepreka. Analitički opis ovog načina upravlja-

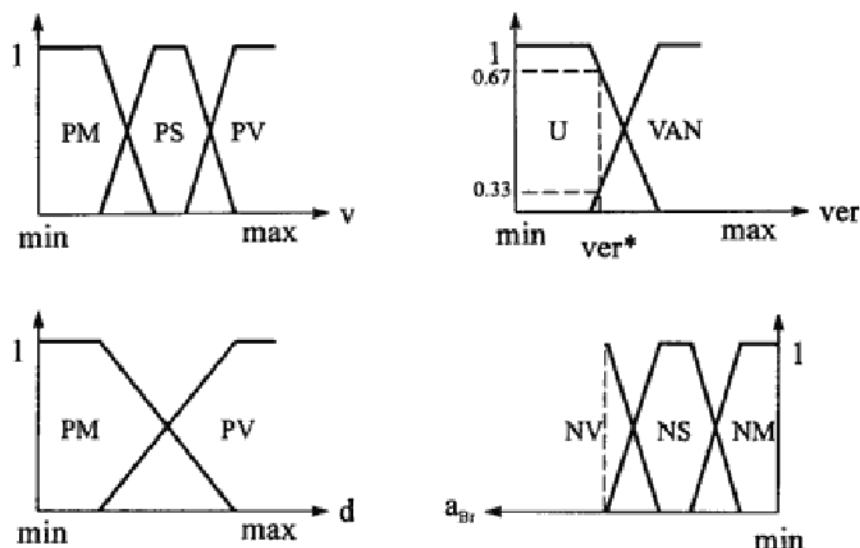
nja, ako se još uzme u obzir i greška senzorskog aparata, veoma je težak. Zbog toga je problem lakše opisati uz pomoć fazi lingvističkih pravila, a informacije obraditi pomoću fazi regulatora.

Za opisivanje strategije izbegavanja sudara upotrebljene su tri ulazne veličine: d – rastojanje prepreke od prednje ivice vozila, v – trenutna brzina vozila, i ver – oblast opasnosti, a izlazna veličina koja se reguliše biće a_{Br} – usporenje vozila.

Sve ove veličine predstavljene su odgovarajućim fazi brojevima (slika 8), a fazilingvistička pravila definisana su u tabeli. Fazi brojevi koji opisuju date



Sl. 7 – Model automatskog vođenja vozila



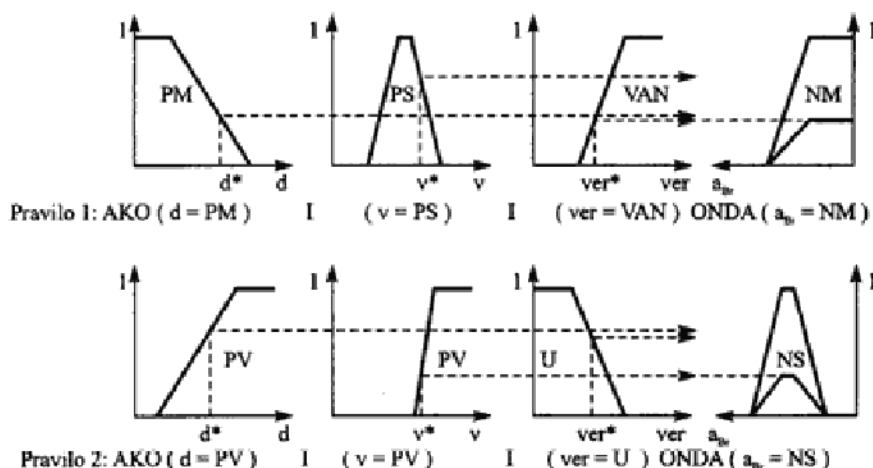
Sl. 8 – Funkcije pripadnosti fazi brojeva d , v , ver i a_{Br} .

veličine definisani su kao: NM – negativno malo; NS – negativno srednje; NV – negativno veliko; PM – pozitivno malo; PS – pozitivno srednje; PV – pozitivno veliko; U – u oblasti opasnosti; VAN – van oblasti opasnosti.

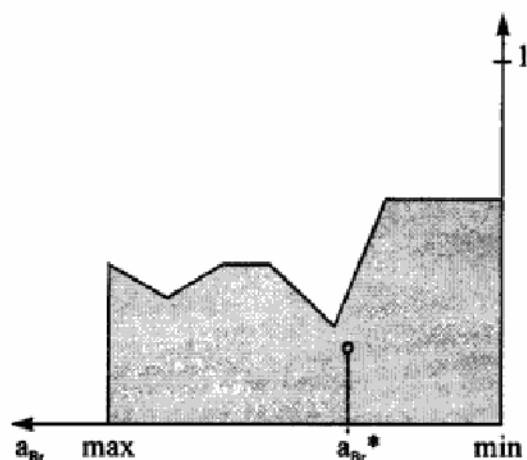
Na slici 9 prikazan je primer fazi zaključivanja za pravila 1 i 8. Na slici 10

prikazan je način na koji se vrši defazifikacija za realan izlazni fazi skup, a na slici 11 vrednost usporenja (a_{Br}) u zavisnosti od ulaznih parametara d i ver , pri različitim brzinama kretanja vozila.

Navedeni primer pokazuje mogućnost upravljanja jednom izlaznom veličinom (usporenjem vozila), što nije do-



Sl. 9 – Primer fazi zaključivanja MAX-PROD metodom

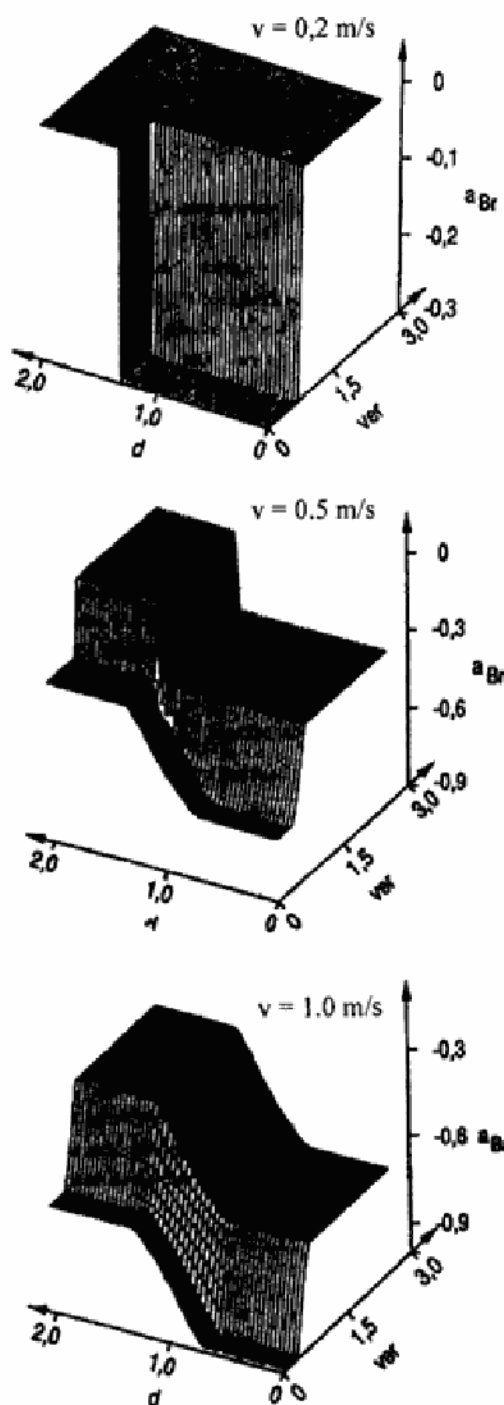


Sl. 10 – Defazifikacija usporenja za konkretan primer ulaznih parametara

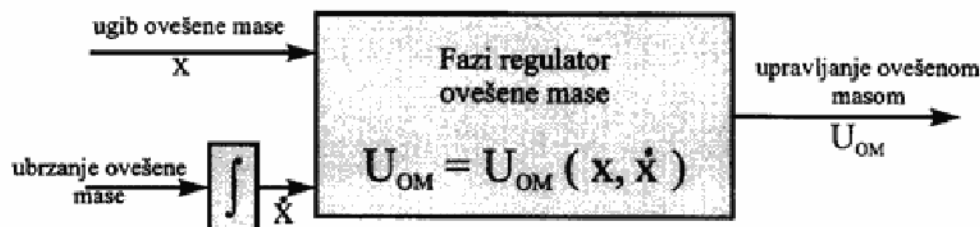
voljno za automatsko vođenje vozila, ali na sličan način može se upravljati i položajem upravljačkih točkova i ostalim potrebnim veličinama.

Automatizacija sistema elastičnog oslanjanja motornog vozila

Sistem elastičnog oslanjanja motornog vozila, s jedne strane, ima zadatak da obezbedi zahtevani nivo komfora putnika i vozača, a s druge strane treba da eliminiše ili, što je moguće više, smanji dinamičke udare koji se prenose na elemente vozila i podlogu po kojoj se vozilo kreće. Ovde se mora naći kompromis između komfora, potrebnog radnog prostora za sistem, promene sila u kontaktu pneumatik-podloga i kontrolisanog ponašanja vozila. Pošto vozilo obavlja svoju funkciju u veoma različitim uslovima u pogledu mikro i makroneravnina na putu, opterećenja i brzine kretanja, ovaj zadatak je veoma složen. Klasični sistemi elastičnog oslanjanja koji u osnovi imaju elastični element konstantne krutosti i prigušni element sa konstantnim prigušenjem svakako ne mogu na zadovoljavaju-



Sl. 11 – Dijagrami usporenja za različite brzine kretanja



Sl. 12 – Blok-šema fazi regulatora ovešene mase

jući način da ispune navedene zahteve u svim režimima vožnje vozila. Zbog toga se pristupilo automatizaciji ovog sistema, tako da sada postoji više varijanti sistema sa različitim stepenom automatizacije. Danas su najčešće u primeni poluaktivni i aktivni automatizovani sistemi elastičnog oslanjanja kod kojih je aktuator umesto klasičnih elastičnih i prigušnih elemenata ili je on paralelno vezan sa elastičnim elementom. Klasične konstrukcije automatizacije ovih sistema prikazane su u literaturi [1], dok će ovde biti prikazan fazi pristup automatizaciji sistema elastičnog oslanjanja prema [5]. Razmatraće se tzv. „četrvtinski“ model vozila koji se u određenim uslovima može poistovetiti sa oslanjanjem jednog točka vozila sa sistemom nezavisnog elastičnog oslanjanja.

Fazi sistem automatskog upravljanja sistemom elastičnog oslanjanja sastoji se od sledećih podistema:

- fazi regulator ovešene mase (Fuzzy Slow Comfort Controller),
- fazi regulator stabilnosti točka (Fuzzy Handling Fast Controller),
- fazi supervizor (Fuzzy Supervisor).

Fazi regulator ovešene mase (Fuzzy Slow Comfort Controller) jeste „spori“ deo sistema i ima zadatak da poboljša putnu udobnost putnika koja je okarakterisana osetljivošću čoveka na ubrzanja u frekventnom opsegu od 0,1 do 10 Hz.

Blok-šema regulatora sa ulaznim i izlaznim veličinama prikazana je na slici 12, a funkcije pripadnosti ulaznih promenljivih prikazane su na slici 13.

Fazi regulator stabilnosti točka (Fuzzy Handling Fast Controller) jeste „brzi“ deo sistema i ima zadatak da obezbedi stalan kontakt točka i podloge u svim uslovima eksploatacije i time doprinese putnoj bezbednosti putnika. Ovaj zadatak je dosta težak zato što je kontakt podloge i točka komplikovan za opisivanje zbog stohastičke prirode procesa. Na slici 14 prikazana je blok-šema regulatora sa ulaznim i izlaznim veličinama, a na



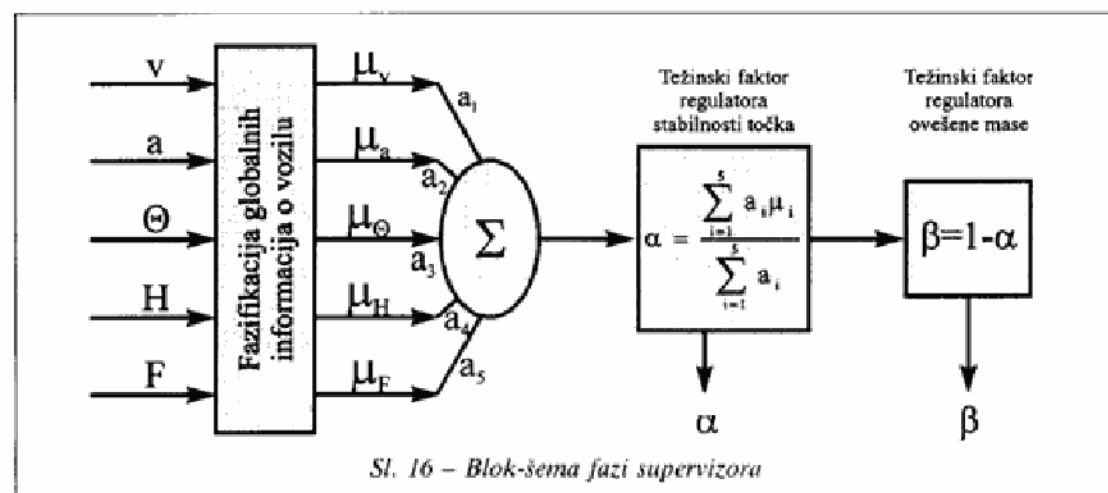
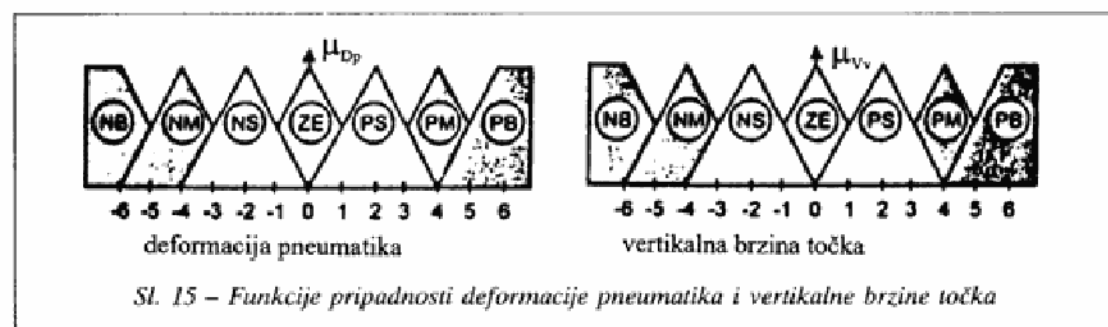
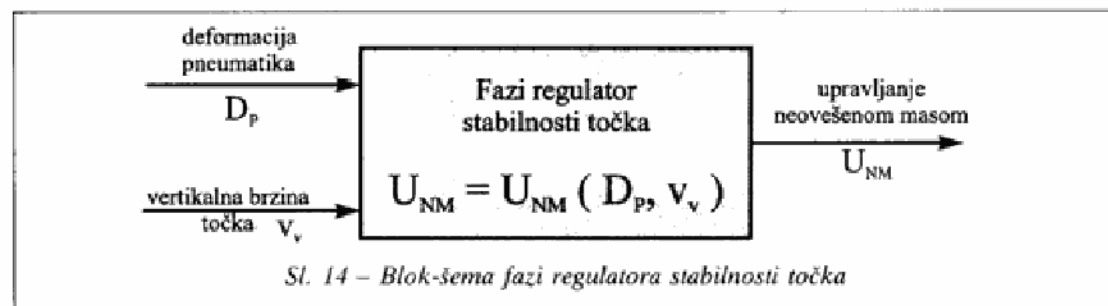
Sl. 13 – Funkcije pripadnosti brzine i ugiba ovešene mase;

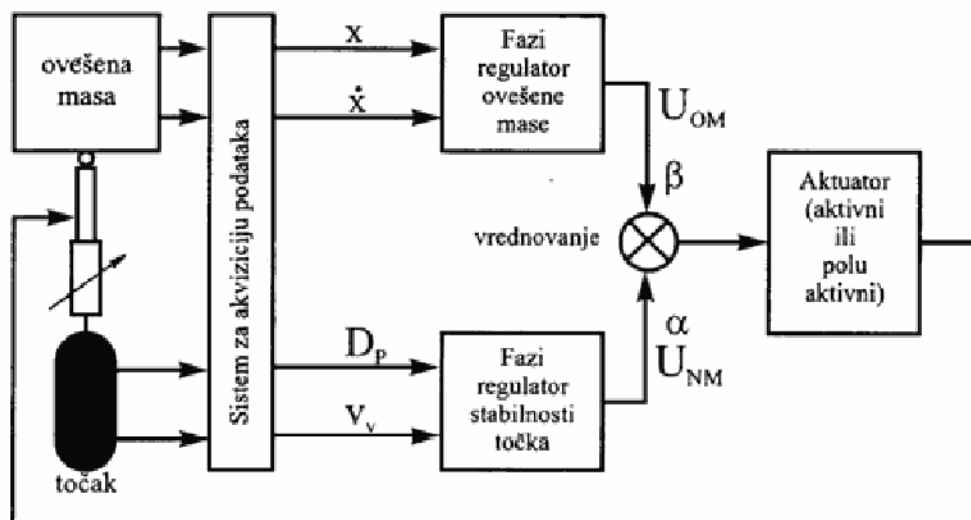
- NB – negativno veliko (negative big);
- NM – negativno srednje (negative medium);
- NS – negativno malo (negative small);
- ZE – oko nule (zero);
- PS – pozitivno malo (positive small);
- PM – pozitivno srednje (positive medium);
- PB – pozitivno veliko (positive big)

slici 15 prikazane su funkcije pripadnosti ulaznih promenljivih.

Konstrukcija dva nezavisna lokalna fazi regulatora sa jednim izvršnim organom-aktuatom, kako je to uobičajeno kod vozila, nije pogodna za maksimalno iskorišćenje funkcije regulisanja sistema elastičnog oslanjanja. Zbog toga je potrebno izvršiti fazi vrednovanje svake upravljačke informacije i na bazi fazi

stepena značajnosti pojedinog regulatora odrediti udeo upravljačke informacije pojedinog regulatora. Određivanje fazi stepena značajnosti vrši fazi supervizor na osnovu tekućih globalnih informacija o vozilu: brzine vozila (v), ubrzanja vozila (a), sile kočenja (F), ugla upravljačkog točka (θ) i visine vozila (H). Blok-šema fazi supervizora prikazana je na slici 16. Slika 17 pokazuje blok-šemu kompletnog





Sl. 17 – Blok-šema fazi sistema automatskog upravljanja oslanjanjem vozila

fazi sistema automatskog upravljanja „četrvtinskim“ modelom elastičnog oslanjanja vozila.

Automatizacija promene stepena prenosa

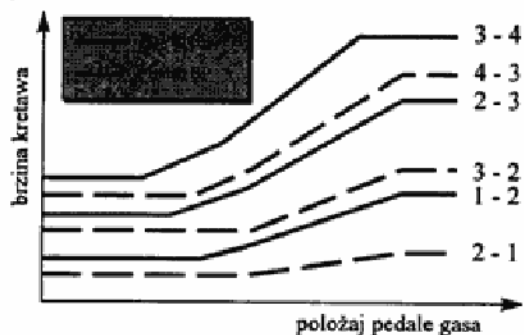
Automatizacija promene stepena prenosa najčešće se primenjuje kod sistema za prenos snage koji su izvedeni sa hidrodinamičko-mehaničkim menjačem stepena prenosa za automatizaciju promene stepena prenosa u mehaničkom delu menjača. Promena prenosnog odnosa u hidrodinamičkom pretvaraču obrtnog momenta je automatska po samoj konstrukciji menjača.

Automatskom promenom stepena prenosa poboljšavaju se dinamičke karakteristike vozila uz povećanje prohodnosti s obzirom na postepeno povećanje obrtnog momenta na pogonskim točkovima pri polasku vozila. Izbor stepena prenosa, odnosno prenosnog odnosa između motora i pogonskih točkova, zavisi od većeg

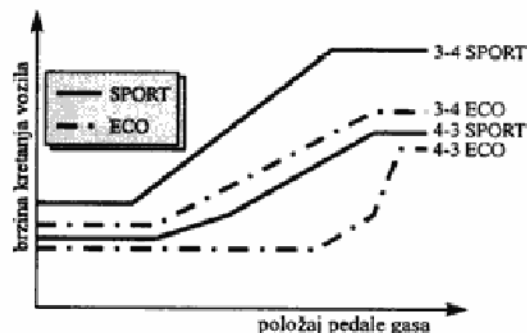
broja relevantnih parametara čiji su izvori različiti, a to su, pre svega: vozilo (brzina, ubrzanje), motor (režim rada), vozač (početni uslovi – zahtevi) i otpor na poteznici (kod radnog vozila i otpor priključnog uređaja).

Klasični sistem automatskog upravljanja koji bi za promenu stepena prenosa uzimao u obzir sve relevantne parametre bio bi veoma složen i skup. Zbog toga su razvijeni sistemi automatskog upravljanja koji se baziraju na jednom (brzina vozila), dva (brzina vozila, režim rada motora) ili tri uticajna parametra. Danas su najčešće u primeni dvoimpulsni sistemi koji koriste dva relevantna parametra. Primenom elektronike u sistemu automatskog upravljanja omogućava se da se trenutak promene stepena prenosa vrši prema dijagramu, kako je to prikazano na slici 18.

Elektronski sistemi automatskog upravljanja omogućavaju, takođe, da se u sistem ugrade dva ili tri programa za promenu stepena prenosa koje vozač može da bira po želji. Na primer, može se formirati program pri kojem se posti-



Sl. 18 – Dijagram promene stepena prenosa kod dvoimpulsnih sistema

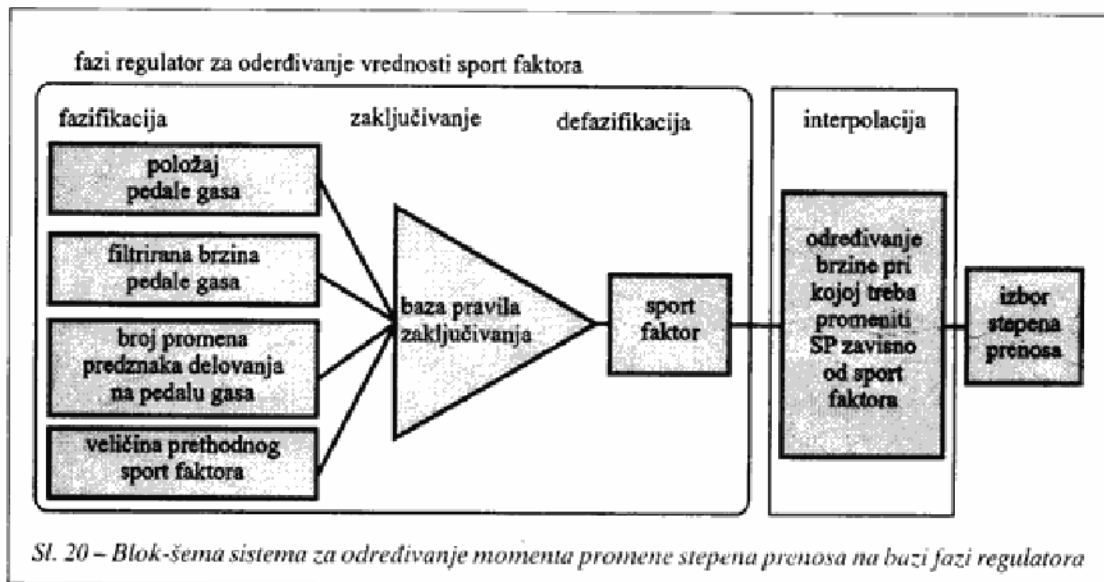


Sl. 19 – Promena stepena prenosa kod dvoimpulsnih sistema sa dva programa upravljanja

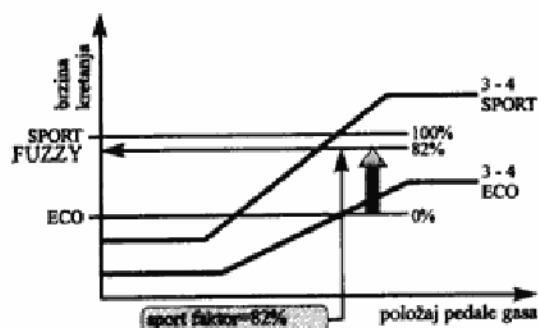
žu maksimalne vučne performanse („SPORT“) i program gde se postiže maksimalna ekonomičnost („ECO“). Na

slici 19 prikazan je dijagram promene stepena prenosa između trećeg i četvrtog, sa dva programa [6]. Ovakav model približava automatizaciju promene stepena prenosa stvarno potrebnim uslovima, ali još uvek ne daje zadovoljavajuće rezultate.

Kretanje vozila u realnim uslovima zahteva primenu režima koji se nalazi između ova dva režima. Ugradnjom fazi regulatora može se na osnovu određenih pokazatelja formirati faktor koji govori o tome u kojoj meri trenutni uslovi kretanja vozila odgovaraju određenom programu upravljanja. Ako se kao referentni program uzme „SPORT“ faktor se naziva „sport faktor“ i govori u kolikoj meri je vožnja bliska sportskoj. Na osnovu ovog faktora određuje se trenutak promene stepena prenosa koji je između dva programa regulacije. Na slici 20 prikazana je blok-šema sistema za određivanje momenta promene stepena prenosa na bazi fazi regulatora za određivanje „sport faktora“, a na slici 21 pokazan je dijagram promene stepena prenosa sa „sport faktorom“ 82% [6].



Sl. 20 – Blok-šema sistema za određivanje momenta promene stepena prenosa na bazi fazi regulatora



Sl. 21 - Dijagram promene stepena prenosa sa fazi regulatorom

Zaključak

Primena fazi logike u sistemima automatskog upravljanja na motornim vozilima svakako ima svoje mesto u ukupnom razvoju vozila. S obzirom na proverenu praktičnu primenljivost fazi regulatora i profit koji se ostvaruje od proizvoda sa ugrađenom fazi logikom poslednjih dvadesetak godina, može se reći da su fazi sistemi dali velik doprinos razvoju motornih vozila.

Prednosti fazi sistema automatskog upravljanja su sledeće: mogućnost lake izrade regulatora, pošto se radi o čisto softverskim rešenjima bez primene i razvoja specifičnog hardvera, veća robustnost u odnosu na klasične regulatore,

kraće vreme potrebno za razvoj sistema, praktična primenljivost i bolji plasman na tržištu.

Nedostaci fazi tehnologija su: loše teorijske osnove, teško podešavanje funkcije pripadnosti i loša predstava ljudi o fazi tehnologijama.

Imajući to u vidu, može se zaključiti da je područje primene fazi sistema u motornim vozilima veoma široko i neistraženo i da će uslediti istraživanja koja će dati konačan sud o primeni fazi tehnologija. Pretpostavlja se da će doći do šire primene fazi tehnologija, kao i do proširivanja novim naprednim tehnologijama (neuronske mreže i sl.).

Literatura:

- [1] Janićijević, N.: Automatsko upravljanje u motornim vozilima, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [2] Heller, J.: FUZZY-LOGIK Zur steuerung und regelung elektromechanischer systeme, VDI Berichte 1804, VDI Verlag, Dusseldorf, 1993.
- [3] Teodorović, D., Kikuchi, S.: Fazi skupovi i primena u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1994.
- [4] Subašić, P.: Fazi logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd, 1997.
- [5] Titli, A., Boverie, S.: Fuzzy control approach for the design of active and semi-active suspension, Environmental and intelligent manufacturing systems, Volume 9 (Applications of fuzzy logic), Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997.
- [6] Schroder, M., Petersen, R., Klanjonn, F., Kruse, R.: Two paradigms of automotive fuzzy logic applications, Environmental and intelligent manufacturing systems, Volume 9 (Applications of fuzzy logic), Prentice Hall PTR, New Jersey, 1997.

Mr Zvonko Radosavljević,
dipl. inž.

Mr Mirko Jezdimirović,
major, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

PRIMER DIGITALIZACIJE TELEVIZIJSKE I TERMOVIZIJSKE SLIKE

UDC: [621.384.3:536.5]+621.397.13:681.32

Rezime:

U ovom radu predstavljen je sistem za digitalizaciju i prikaz televizijske i termovizijske slike, namenjen za dalju obradu slike. Slika dobijena iz televizijske, odnosno termovizijske kamere se preko kartice frame grabber DT3153 uvodi u personalni računar gde se digitalizuje i kao takva dalje obrađuje i prikazuje. Predstavljena je digitalizacija televizijske i termovizijske slike na PC računarima sa raspoloživom opremom.

Ključne reči: digitalizacija, televizija, termovizija, praćenje, digitalna obrada slike.

AU EXAMPLE OF TV AND THERMAL IMAGERY

Summary:

This paper presents a system for TV and thermal imagery digitalization and display, intended for further image processing. The image obtained from TV/thermal camera is entered, through the DT3153 frame grabber card, into PC where it is digitalized and then processed and displayed. The digitalization of TV/thermal imagery on PSs with corresponding equipment has been presented.

Key words: digitalization, television, thermal imagery, tracking, digital image processing.

Uvod

Najnovija zbivanja u okruženju, vezana za ratna dejstva, pokazala su da je upotreba aktivnih senzora u vojnim primenama znatno ograničena, dok su pasivni senzori došli do većeg izražaja. Ovaj rad govori o formiranju, kao i detekciji i praćenju objekata na sceni, primenom televizijskih (TV) i termovizijskih (IC) senzora.

U novije vreme napredak tehnologije je doveo do razvoja veoma uspešnih antiradarskih sistema (ALARM i HARM), pa je upotreba aktivnih sistema

osmatranja ograničena na kraće vremenske intervale. To je bio jedan od osnovnih razloga što su razvijeni pasivni sistemi osmatranja, čiji su glavni predstavnici televizijski i infracrveni (IC) senzori. Na taj način u potpunosti je izbegnuta mogućnost bližeg pozicioniranja mesta sistema za osmatranje i detekciju, a samim tim i mogućnost njihovog uništenja.

Nastanak termovizijskih uređaja za detekciju i pozicioniranje objekata na sceni vezan je, uglavnom, za povećanje efikasnosti pri dnevnom osmatranju i osmatranju u noćnim uslovima, kao i osmatranju u uslovima smanjene dnevne

vidljivosti ili loših vremenskih prilika. U vojnim aplikacijama termovizijski senzori mogu da prate i detektuju označeni taktički objekat u svim vremenskim uslovima, danju i noću.

Informacije o objektu dobijaju se i prikazuju u obliku sopstvenog elektromagnetnog zračenja pozadine i objekta. Pronalaskom teleskopa, a kasnije i televizije, bilo je omogućeno dnevno osmatranje objekata, ali u noćnim uslovima nije moguće postići željene rezultate. Zbog toga su počela prva vojna ispitivanja infracrvenih senzora koja su merila sopstveno zračenje pozadine i objekta u infracrvenom delu elektromagnetnog spektra, još početkom ovog veka. Tako se prva upotreba IC senzora u vojne svrhe beleži još u Prvom svetskom ratu [1].

Razvojem tehnologije obavljani su ozbiljniji eksperimenti na dobijanju IC slike. Između dva rata, oko 1930. godine, razvijeni su prvi uređaji za osmatranje merenjem zračenja u infracrvenom opsegu.

Pri proučavanju crnobeke fotografije, naročito pri pokušaju povećavanja spektralne osetljivosti filma, došlo je do proširenja spektra osmatranja. To je dovelo do pojave konvertora slike i multispektralnih senzora. Pored zahteva za proširenjem spektralnog područja javila se potreba za proširenjem vidnog polja senzora. Oba ova zahteva zadovoljio je multispektralni skener koji formira IC sliku terena iz vazdušnog prostora.

Paralelno sa razvojem pojačavača slike, u području IC dugotalasnog opsega talasnih dužina, razvijene su diode koje su sposobne da detektuju nizak nivo termalne radijacije koji emituje svaki objekat. Napredak na tom polju rezultirao je proizvodnjom uređaja za termalnu sliku.

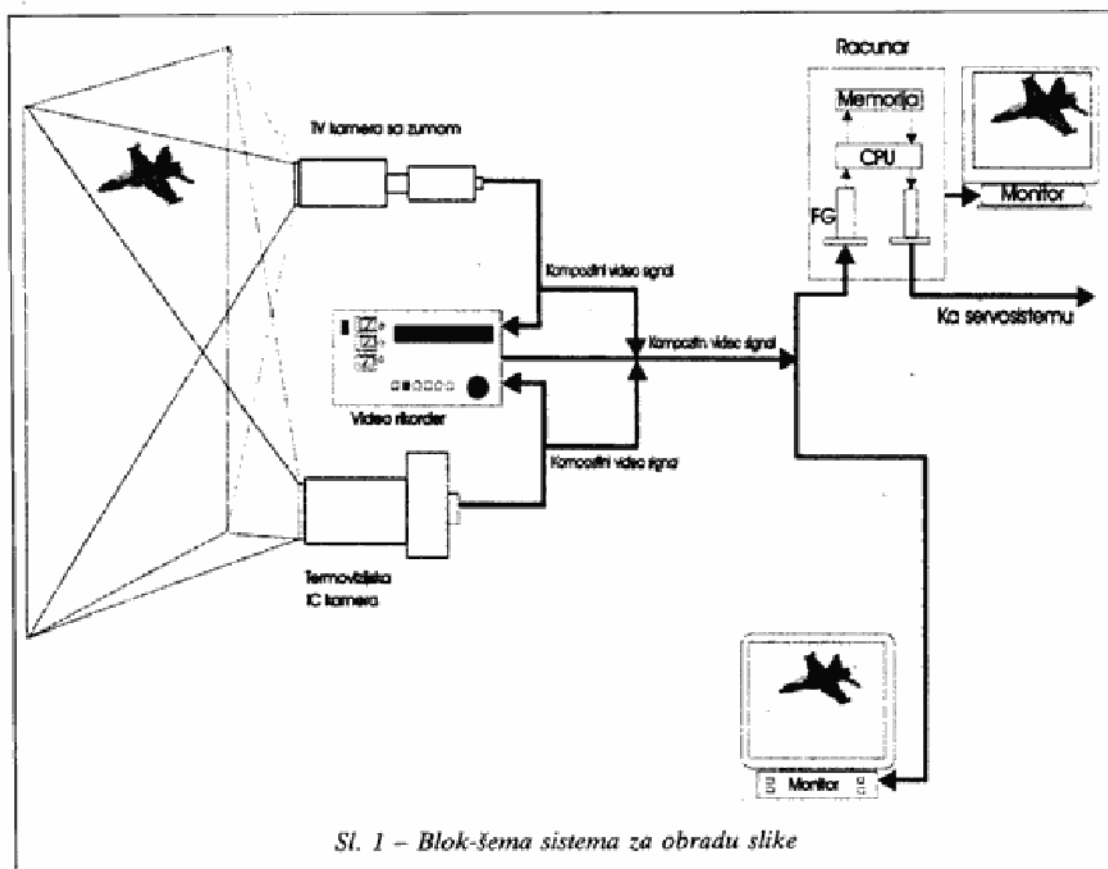
Opis sistema za obradu slike

Sistem za obradu slike, koji je ovde opisan, namenjen je za obradu televizijske i termovizijske slike. Slika dobijena iz televizijske ili infracrvene kamere, odnosno, video rikordera, preko frame grabber (FG) kartice uvodi se u personalni računar gde se digitalizuje i dalje obrađuje.

Sistem za obradu slike sastoji se od sledećih podsklopova:

- personalnog računara sa FG karticom;
- CCD (charge coupled devices) kamere sa zumom i/(ili) infracrvene (IC) kamere;
- TV monitora;
- video rikordera (VCR);
- napajanja.

Na slici 1 predstavljena je blok-šema sistema za detekciju i prikazivanje objekata na sceni. Alternativno su prikazana dva senzora slike: televizijski (TV) senzor i termovizijski (IC) senzor. Oba senzora imaju na izlazu kompozitni video signal $1V_{p-p}$ (1 Volt peak to peak) koji se vodi na uređaj za zapis analogne slike, video rikorder (VCR). Tako zapisana analogna slika može se pratiti na TV prikazivaču (monitoru), a signal se istovremeno vodi na sistem za „zamrzavanje“ (FG). Zatim se slika vodi na analogno – digitalni (AD) konvertor koji obavlja kvantovanje i kodovanje analognog video signala. Na taj način slika je digitalizovana i predstavlja matricu 576×768 piksela sa 256 kvantizacionih nivoa sivog. Takva slika skladišti se u memoriju računara i poziva u blok za obradu gde se uz upotrebu odgovarajućeg softvera vrši željena obrada slike. Po završenoj obradi slika se vraća u memoriju računara, odakle se prikazuje na monitoru.



Sl. 1 – Blok-šema sistema za obradu slike

Obrada slike (o kojoj u ovom radu neće biti reči) predstavlja složen proces, a sastoji se od [2]:

- digitalne konverzije slike, koja se zasniva na konverziji kontinualnog polja slike u ekvivalentni digitalni oblik. Postupak digitalizacije vrši se po vremenu (odmeravanje) i po nivoima (kvantovanje). Digitalizacijom se, pomoću određenog softvera [3], vrši pretvaranje analogne televizijske ili termovizijske slike preko FG u neki od digitalnih formata kao što su BMP, JPEG, TIF, TGA ili GIF;

- filtriranja, koje ima za cilj da izvrši osnovnu i početnu predobradu slike, što podrazumeva oslobađanje slike od šuma, kao i smanjenje redundanse (suvišnih detalja);

- izračunavanja srednje osvetljenosti fona (okoline) u posmatranom prozoru;

- izdvajanja tačke sa minimalnim nivoom sivog, kao i tačke sa maksimalnim nivoom sivog;

- utvrđivanja koji je od pomenutih objekata dominantniji, radi odlučivanja da li će se pratiti svetli ili tamni objekti;

- izračunavanja praga odluke za svetle i tamne objekte;

- izdvajanja objekta iz okoline;

- izračunavanja koordinata objekta, odnosno korektivnih koordinata;

- izračunavanja veličine objekta i uticaja na promenu prozora praćenja;

- prosledivanja podataka računaru za obradu slike.

Kako obrada slike ima široku primenu u mnogim oblastima (nauka, tehnika, medicina, zabava) i namena sistema za obradu slike može biti različita. Ovde će biti navedene samo neke od mogućih namena sistema za obradu slike, sa kraćim osvrtom na problematiku koju obrađuju, i zahteva koji pri tome nastaju.

Najčešća primena obrade slike obuhvata neke od sledećih zahteva:

- pretvaranje analogne slike u digitalni oblik i njeno prevođenje i zapis u nekom od poznatih formata, kao što su GIF, JPEG, TIF, TGA i drugi;

- prikaz digitalizovane slike ili dela slike sa eventualnim mogućnostima isecanja, njenom skupljanju i širenju sa mogućnostima rotacije i invertovanja;

- promenu osvetljaja i kontrasta, promenu palete boja, inverzni prikaz, kao i pretvaranje u nijanse sive boje;

- isticanje ivica, crtanje histograma, primenu raznih filtera radi prilagođavanja slike konkretnim aplikacijama i odstranjivanja neželjenih efekata.

Samostalno razvijanje ovakvih alata predstavlja dug i komplikovan proces. Međutim, navedeni zahtevi rešavaju se u mnogim softverskim paketima odvojeno ili kao jedna od opcija uz druge mogućnosti. Različiti specijalizovani proizvođači softvera nude pojedine „biblioteke“ koje se mogu koristiti za različite namene, a njihova cena se kreće od nekoliko stotina do nekoliko hiljada dolara.

Primenom softverskog paketa koji obavlja većinu navedenih zahteva u obradi slike dobija se snimak koji je prikazan na slici 2. Osnovni interfejs raden je u Visual C++, a korišćene su gotove biblioteke Image View [4].



Sl. 2 – Prikaz snimka aviona Su27 primenom softverskog paketa za obradu slike

Jedan od najvažnijih problema u procesu obrade slike predstavlja rad u realnom vremenu, pod kojim se podrazumeva obrada i prikaz više od 20 slika u sekundi, što se smatra najnižim pragom osetljivosti oka, jer brže promene oko ne može da registruje. Da bi se postigao rad u realnom vremenu potreban je poseban hardver sa specijalizovanim procesorom slike, kao i grafičke kartice sa odgovarajućim algoritmima. U okviru vojne primene obrada slike se koristi za detekciju i praćenja objekata na sceni: kopnu, moru i vazдушnom prostoru, danju i noću, u svim vremenskim uslovima, u realnom vremenu.

Obrada slike u realnom vremenu može se odnositi i na posmatranje raznih fizičkih i hemijskih procesa. Složenost zavisi od brzine pojedinih procesa, kao i senzora za njihovo registrovanje. Pored toga, javljaju se problemi pri određivanju površine, dimenzije, konture [6]. Primena obrade slike u medicini je, takođe,

rasprostranjena, posebno kod dijagnostike oboljenja pojedinih organa.

Problem senzora je kako izvršiti snimanje pojedinih organa (ultrazvuk, rentgen, TV ili IC), a kada se dobije digitalni zapis sledi već poznata problematika obrade slike.

Tipičan primer obrade slike u realnom vremenu predstavlja praćenje pokretnih objekata kao što je let aviona. Pri tome se vrši selekcija objekta (ili mogućeg objekta), određuju se koordinate tog objekta u odnosu na nultu koordinatu (gornji levi ugao ekrana), obavlja se zahvatanje i praćenje tog objekta i šalju korektivne koordinate greške računaru koji upravlja servosistemom, odnosno kretanjem uređaja za praćenje (trackera).

U slučaju raketnih sistema starije generacije ili sistema za praćenje sa zemlje u pitanju su numeričke vrednosti korektivnih koordinata koje treba prevesti u analogne naponske vrednosti, koje mogu biti pozitivne ili negativne. Radi toga se računaru dodaje digitalno-analogni (D/A) konvertor koji ima za cilj prevođenje izračunatih vrednosti korekcije vektora kretanja objekta u naponski signal (na primer opsega ± 10 V). Takav signal dolazi kao signal greške u sistem negativne povratne sprege. On daje komandne signale sistemu za pozicioniranje objekta dovodeći objekat u centar končanice. Za uspešno pogađanje objekta postoji još jedan veoma važan parametar, a to je rastojanje do objekta [5].

U sistemima novije generacije korektivni signal greške u negativnoj povratnoj sprezi je digitalni signal. U tom slučaju nije potrebna D/A konverzija signala greške.

U poslednje vreme, za merenje daljine najčešće se koristi impulsni laserski daljinomer. On u momentu pozicionira-

nja objekta koristi laserski impuls koji trenutno ozrači objekat dajući vrednost rastojanja do objekta. To je ujedno i mana ovog sistema, jer objekat ima informaciju da je ozračen laserskim zrakom, a samim tim i otkriven.

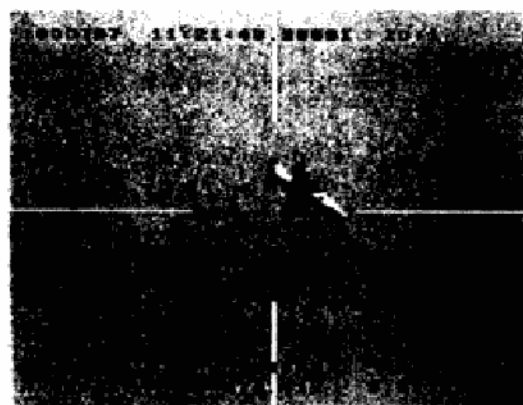
Za merenje rastojanja do objekta mogu se koristiti i pasivne metode triangulacije, uz pomoć dva optoelektronska senzora ili iz geometrije slike, ukoliko je poznato o kojoj vrsti letelice je reč. Informaciju o daljini do objekta moguće je dobiti i na osnovu poznavanja temperature objekta (primenom termovizijske slike). Međutim, ovaj način određivanja rastojanja do objekta povezan je sa nizom problema iz oblasti prostiranja infracrvenog zračenja kroz atmosferu.

Na slici 3 predstavljen je snimak ekrana primenom softverskog paketa za obradu i prikaz pokretnih objekata [3]. Na slici se vidi objekat koji se kreće, u ovom slučaju avion, nepokretna končanica i pokretna končanica (koja je pravougaonik određenih dimenzija). U levom gornjem uglu predstavljene su koordinate objekta u pikselima, kao i indikacija objekta.

Sledeća oblast u kojoj obrada slike ima veliku primenu je prepoznavanje oblika i objekata. To se odnosi na prepo-



Sl. 3 – Praćenje pokretnog objekta



Sl. 4 – Prikaz snimka aviona primenom TV kamere

znavanje karaktera pri obradi teksta (prepoznavanje skeniranog teksta), prepoznavanje oblika u vojnoj primeni (tipa aviona, tenka, broda ili nekog značajnog objekta), itd. Rešavanje ovih problema povezano je sa radom na bazama podataka. Prvo se snima objekat (na primer 150 raznih pozicija) i formiraju se baze za pojedine objekte, kao i baze raznih objekata. Kada se izvrši registrovanje objekata onda se uz pomoć različitih algoritama prepoznaje objekat.

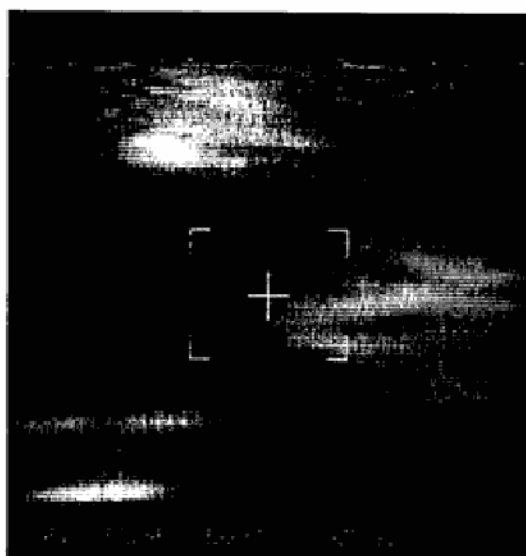
Prikaz digitalizovanih slika

Na sledećim slikama predstavljeni su digitalizovani TV i IC snimci.

Na slici 4 prikazan je televizijski snimak aviona G-4 u vazдушnom prostoru. Na snimku su, pored jasno uočljive konture aviona, predstavljeni identifikacioni brojevi snimka i senzora, kao i vrednosti ugla azimuta (A) i elevacije (E) pod kojima je kamera okrenuta prema objektu.

Na slici 5 prikazan je termovizijski snimak potencijalnog objekta u vazдушnom prostoru. Na margini slike nalaze se sledeći osnovni parametri senzora:

NFOV (narrow field of view) – usko vidno polje senzora, FOCUS FAR – uključeno fokusiranje, BLACK-HOT – topliji delovi, koji su prikazani tamnijim tonovima na slici, AUTO G/L (Auto Gain/Level) – automatsko podešavanje pojačanja i nivoa sivog.



Sl. 5 – Termovizijski snimak mogućeg objekta u vazдушnom prostoru

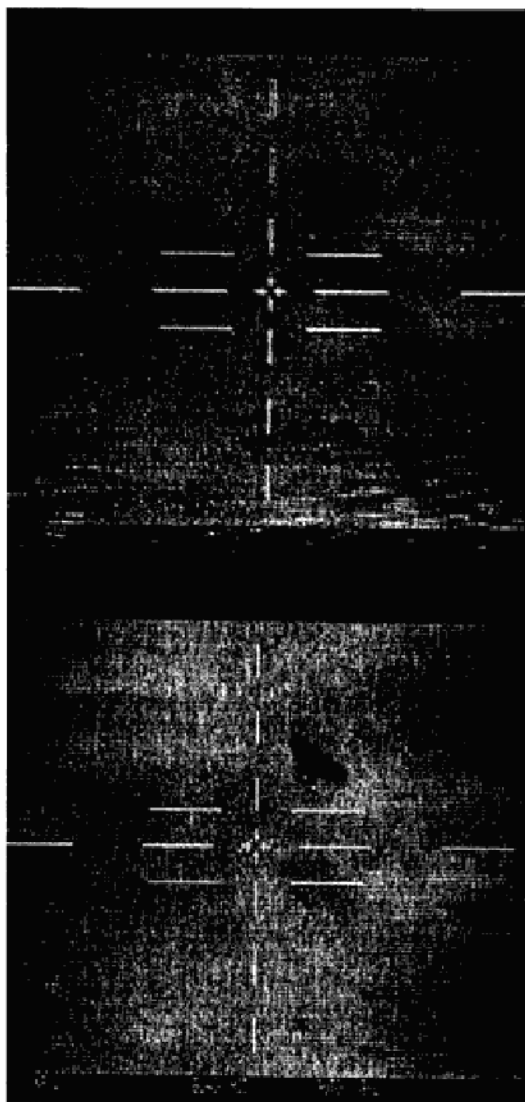


Sl. 6 – IC snimak helikoptera

Na slici 6 prikazan je snimak helikoptera snimljen termovizijskom kamerom u noćnim uslovima. Ovde se može uočiti osnovna prednost termovizije u odnosu na televiziju. Naime, za termovizijski snimak nije bitno doba dana. Tamna kontura na snimku, uokvirena končanicom, pripada onom segmentu slike na kojem se nalazi objekat.



Sl. 8 – Termovizijski snimak objekta u vazдушnom prostoru



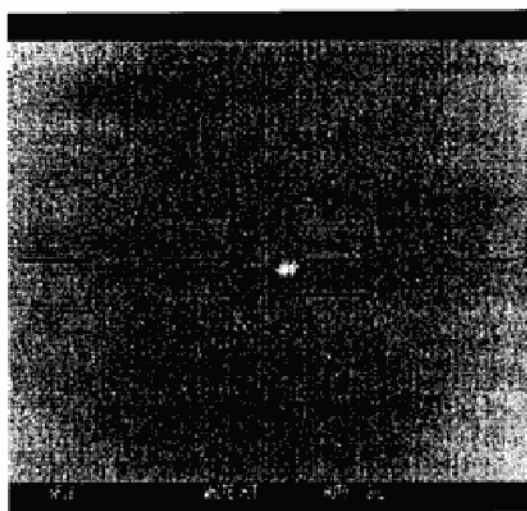
Sl. 7 – Dve sukcesivne termovizijske slike aviona u vazдушnom prostoru

Na slici 7 prikazane su dve sukcesivne slike aviona u vazдушnom prostoru snimljene u intervalu od 40 ms. Ovakvi uzastopni snimci koriste se za aproksimaciju kretanja objekta u vazдушnom prostoru. Na svakom pojedinačnom snimku pronalaze se koordinate ili korektivne koordinate objekta. Na taj način može da se formira vektor kretanja objekta, koji u sebi sadrži informaciju o brzini, ubrzanju i položaju objekta u odnosu na levi gornji ugao slike ili centar slike.

Na slici 8 prikazan je objekat u vazдушnom prostoru, kao WHITE-HOT, što znači da su topliji delovi na snimku predstavljeni svetlijim nijansama.

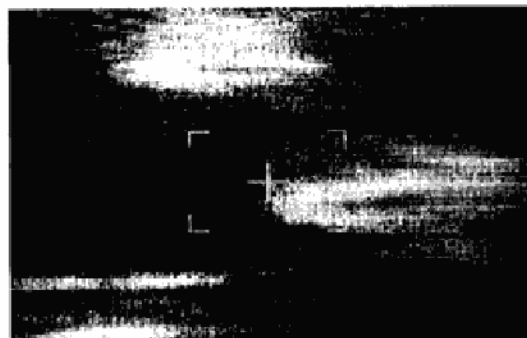
Na slikama 9a i 9b prikazan je jedan isti mlazni avion, snimljen kao WHITE-HOT u dve moguće situacije. Slika 9a prikazuje mlazni avion u odlasku, i na njoj se može uočiti odraz dva mlazna motora, a na slici 9b vidi se isti mlazni avion u dolasku, sa odrazom siluete aviona koja je slabija nego u slučaju na slici 9a.

Trodimenzijski prikaz amplituda nivoa sivog termovizijskih snimaka dat je na slikama 11 i 13 [7]. Na slici 10 prikazan je termovizijski snimak helikoptera na rastojanju 7000 m, a na slici 11 odgovara-

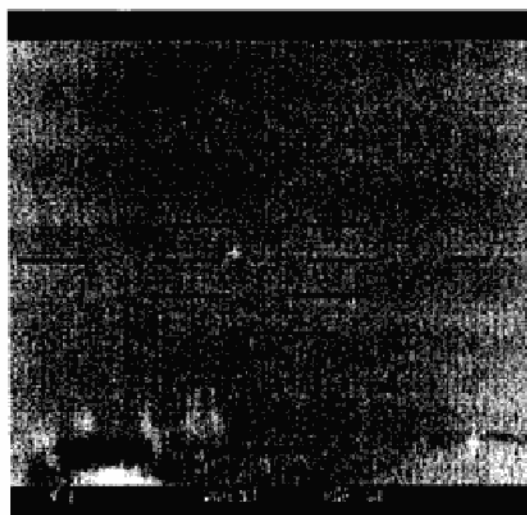


Sl. 9a – Termovizijske slike aviona u odlasku na rastojanju od 9000 m

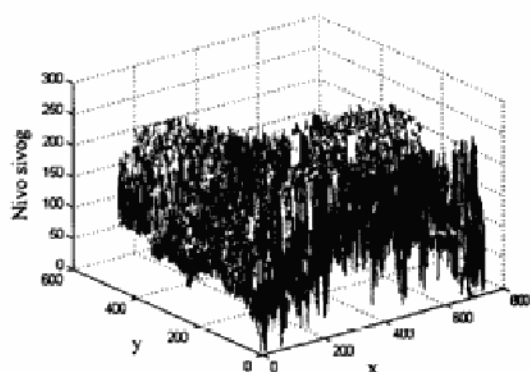
mestima gde se nalazi objekat, što omogućava preciznije određivanje praga nivoa sivog, a samim tim povećava verovatnoću otkrivanja objekta. Problem koji se



Sl. 10 – Termovizijski snimak helikoptera na rastojanju od 7000 m



Sl. 9b – Termovizijske slike aviona u dolasku na rastojanju od 9000 m

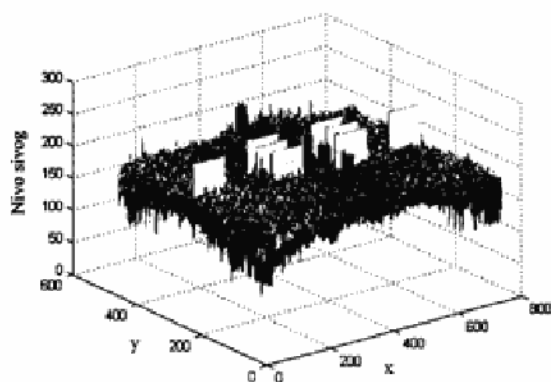


Sl. 11 – Trodimenzionalni prikaz amplituda nivoa sivog termovizijske slike sa sl. 10

jući dijagram amplituda nivoa sivog, gde su x i y koordinate pojedinih piksela termovizijskog snimka u rezoluciji 768×576 piksela. Na slici 12 prikazan je termovizijski snimak aviona na rastojanju 9000 m, a na slici 13 odgovarajući dijagram amplituda nivoa sivog. Na njima se mogu uočiti maksimalne vrednosti na



Sl. 12 – Termovizijska slika aviona na rastojanju od 9000 m



Sl. 13 – Trodimenzionalni prikaz amplituda nivoa sivog termovizijske slike sa sl. 12

ovde pojavljuju su maksimumi koji potiču od končanice niškanskog sistema ili šuma na snimku, ali se mogu ukloniti.

Zaključak

U ovom radu bliže je predstavljena problematika formiranja kao i detekcije i praćenja objekata na sceni. Takođe, može poslužiti kao osnova za dalju primenu obrade slike u raznim sferama ljudskog interesovanja (tehnicima, medicini, filmu...).

Sistem koji je ovde prikazan, samo je jedan partikularan slučaj mogućeg sistema za obradu slike. Njegova koncepcija i način rada vezani su za konkretnu aplikaciju u domenu vojne primene.

Takođe, predočene su razne mogućnosti primene sistema za obradu slike u raznim oblastima ljudskog interesovanja. Prikazani snimci TV i IC slike dobijeni su opisanom opremom i određenim softverom.

Odabiranje sistema za digitalizaciju i prikaz televizijske i termovizijske slike zavisi od konkretne namene za obradu

slike. U prikazanom sistemu slika dobijena iz TV, odnosno IC kamere ili video rikordera, preko FG kartice DT 3153, uvodi se u personalni računar gde se digitalizuje, i kao takva dalje prikazuje i obrađuje. Brzina obrade snimaka predstavlja jedan od najvažnijih zahteva u ovoj oblasti. Za povećanje brzine uglavnom se koriste specijalizovani procesori za obradu signala slike, a za te potrebe postoji mnoštvo različitih hardverskih sklopova za „zamrzavanje“ i digitalizaciju slike. Predstavljen je samo jedan od mogućih konkretnih sistema za digitalizaciju televizijske i termovizijske slike na personalnim računarima.

Termalna slika nosi mnogo više informacija nego standardna TV slika u vidljivom delu spektra, tako da se predviđa njena veća primena, ali je IC senzor mnogostruko skuplji od TV senzora. To je često ograničavajući faktor u primeni termovizijskih senzora. Drugi nedostatak termovizijskih senzora ogleda se u znatno manjoj rezoluciji u odnosu na TV senzore. Imajući u vidu pomenute činjenice, može se zaključiti da svaka konkretna primena zahteva adekvatnu analizu izbora hardvera.

Literatura:

- [1] Barbarić, Ž.: Prilog metodama za analizu i obradu signala termalne slike formirane linijskim skeniranjem, doktorska disertacija, ETF Beograd, 1994.
- [2] Bojković, Z.: Digitalna obrada slike, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [3] DATA TRANSLATION, User Manual DT3153, 1996.
- [4] Paul Yao i Richard C. Leinecker: Visual C++ Biblija, Mikro knjiga, Beograd, 1998.
- [5] Bursać, S.: Analiza primene optoelektronskih sredstava na niškanske uređaje sa posebnim osvrtom na konfićenje termovizijskih sistema, magistarski rad, ETF Beograd, 1991.
- [6] Radosavljević Z.: Isticanje ivica termalnih slika metodom gradijentnog operatora, XLIII ETRAN, Zlatibor, 1999.
- [7] Radosavljević, Z.: Detekcija i pozicioniranje objekata na slici primenom termovizije, magistarski rad, Beograd, 2000.

Mr Milovan Unković,
dipl. inž.
Tehnički opitni centar KoV
Radovići, Tivat

DIGITALNO POVEZIVANJE BRODSKIH NAVIGACIONIH UREĐAJA

UDC: [527+623.611] 61.32::623.82

Rezime:

U ovom radu prikazan je način digitalnog povezivanja navigacionih i telekomunikacionih brodskih uređaja. Razmotreni su standardi IEC 1162-1 i NMEA 0183 po kojima se izvodi povezivanje uređaja. Analizirana su i neka savremena rješenja.

Ključne riječi: brodski navigacioni uređaji, digitalno povezivanje, digitalni interfejsi, standardizacija, formati podataka.

DIGITAL CONNECTING OF SHIP NAVIGATION EQUIPMENT

Summary:

The paper presents one method of connecting digitally ship navigation and telecommunication equipment and considers IEC 1162-1 and NMEA 0183 standards for equipment connection some contemporary solutions are analysed as well.

Key words: ship navigation equipment, digital connection, digital interfaces, standardization, data formats.

Uvod

Od samog početka korišćenja nekih brodskih navigacionih uređaja (žirokompasi, brzinomjeri), uspostavljena je električna ili mehanička veza između „matice“ ovih uređaja i njenih „kćerki“ (ponavlača). Kasnije su ove veze postale čisto električne, a ostvarivale su se slanjem analognih signala sa sinhropredajnika na matrici prema sinhroprijemnicima na ponavlačima.

Posljednjih godina, razvijeni su ulazno-izlazni interfejsi koji omogućavaju razmjenu podataka digitalnim putem, što je posebno uslovljeno uvođenjem mikroprocesorskih kontrola u logičko upravlja-

nje brodskim navigacionim i komunikacionim uređajima. Na takav način, na primjer, moderni žirokompasi za kompenzaciju grešaka pri vožnji i određivanju geografske širine, dobijaju podatke od brzinomjera i GNSS (engl. Global Navigation Satellite Systems – zajednički naziv za GPS i GLONASS sisteme) prijemnika, a odašilju podatke o kursu na autopilot i ARPA (eng. Automatic Radar Plotting Aid – radarski sistem snabdjeven računarom koji automatski ucrtava objekte i koristi se za izbjegavanje sudara) radar.

Razvoj savremenih integrisanih komandnih mostova na brodovima (Raytheon – Anschutz Integrated Bridge System, Liton VISION 2100 Integrated

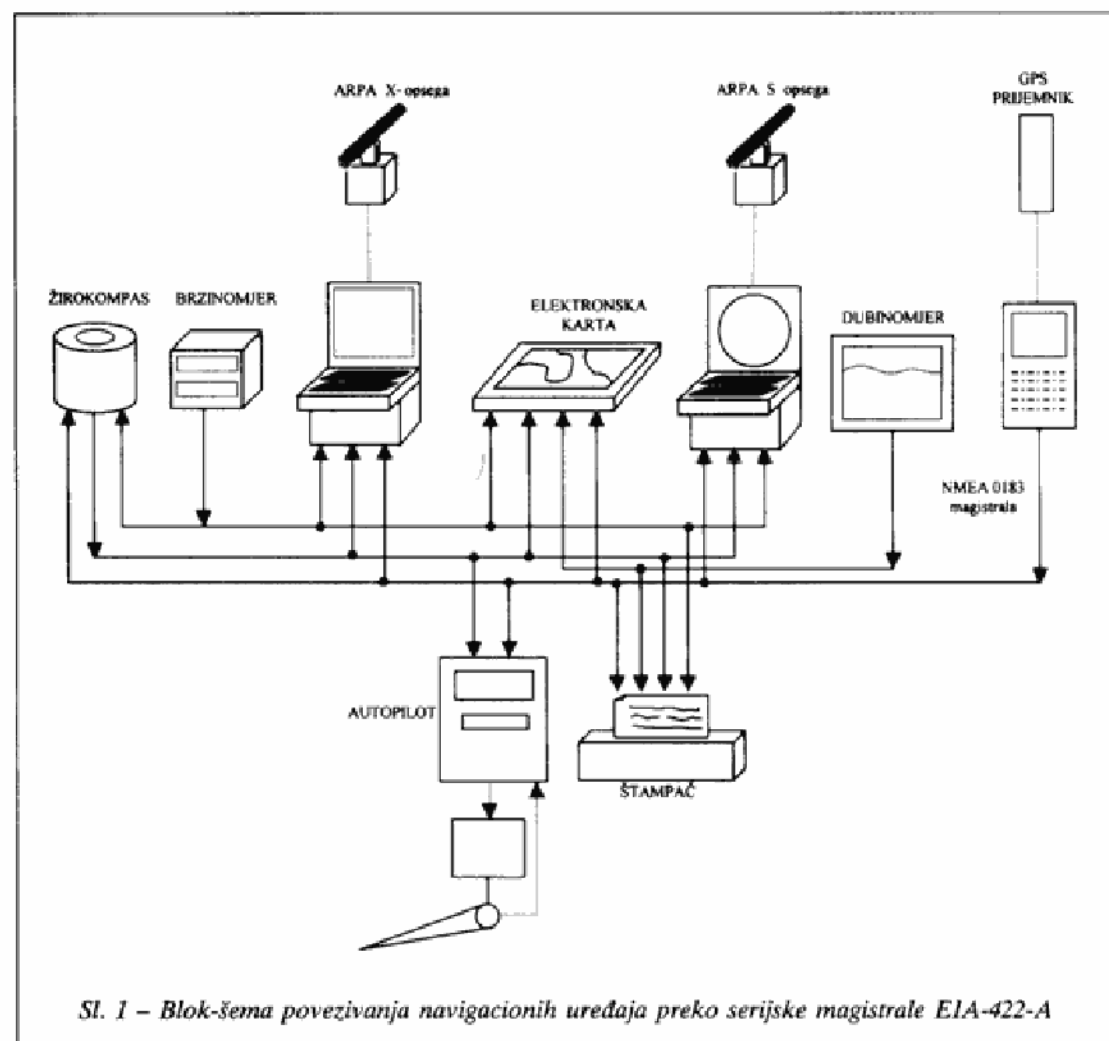
Bridge), između ostalog, omogućen je jednostavnim digitalnim povezivanjem komponenata (komunikacionih, upravljačkih i navigacionih uređaja).

Radi lakše primjene, način povezivanja električnih brodskih uređaja je standardizovan [1, 2]. U ovom radu izložene su osnove standardizacije digitalnih interfejsa za navedene uređaje. Standardi [1, 2] definišu električne signale, protokol prenosa podataka i vremensko vođenje, kao i specifične formate rečenice za serijsku magistralu sa propusnošću od 4800 boda (bit/s).

Hardverske specifikacije

Na slici 1 prikazana je blok-šema povezivanja elektronskih navigacionih uređaja preko digitalnih interfejsa i serijske magistrale za razmjenu podataka.

Navedeni standardi specificiraju vezu između jednog predajnika (govornika) i više prijemnika (slušalaca). Broj prijemnika je određen pogonskom sposobnošću izlaznog interfejsa pojedinih predajnika, što je definisano u tehničkim specifikacijama proizvođača uređaja. Veza između predajnika i prijemnika fi-



Tehničke karakteristike standardizovanih interfejsa za prenos podataka

Tehničke karakteristike	RS-232C	RS-423A	RS-422A	RS-485
Broj predajnika – prijemnika priključenih na jednu liniju	1 predajnik – 1 prijemnik	1 predajnik – 10 prijemnika	1 predajnik – 10 prijemnika	32 predajnika – 32 prijemnika
Režim rada	jednoprovodnički	jednoprovodnički	diferencijalni	diferencijalni
Maksimalna dužina kabla (m)	15	1200	1200	1200
Maksimalna brzina predaje podataka (kbit/s)	20	100	10 000	10 000
Maksimalni napon koji se može dovesti na izlaz predajnika (V)	± 25	+6	-0,25 do +6	-7 do +7
Izlazni signal predajnika (V): – opterećen – neopterećen	± 5 ± 15	$\pm 3,6$ ± 6	± 2 ± 5	± 5 ± 15
Izlazni otpor predajnika (Ω)	3000 do 7000	450 (min)	100	54
Maksimalna izlazna struja predajnika (μA): – kada postoji napajanje – kada nema napajanja	– ± 1300	– ± 100	– ± 100	± 100 ± 100
Brzina pada izlaznog signala (V/ μs)	30	reguliše se	–	–
Dijapazon ulaznog napona prijemnika (V)	± 15	± 12	od -7 do +7	od -7 do +12
Osjetljivost prijemnika (mV)	± 3 V	± 200	± 200	± 200
Ulazni otpor prijemnika (k Ω)	3 do 7	4 (min)	4 (min)	12 (min)

zički se ostvaruje dvožičnim oklopljenim i umašenim kablom. Provodnici kabla su u skladu sa standardom [2] označeni kao signalne linije A, B i masa. Neaktivno stanje signala, logičko 1, isključeno stanje (OFF) ili stop bit, definisani su negativnim naponom na liniji A u odnosu na liniju B. Aktivno stanje, logička 0, uključeno stanje (ON) ili start bit, definisani su pozitivnim naponom na liniji A u odnosu na liniju B. Standardom [1] predviđeno je da pogonska kola predajnika moraju zadovoljiti uslove propisane u standardu EIA-422-A.

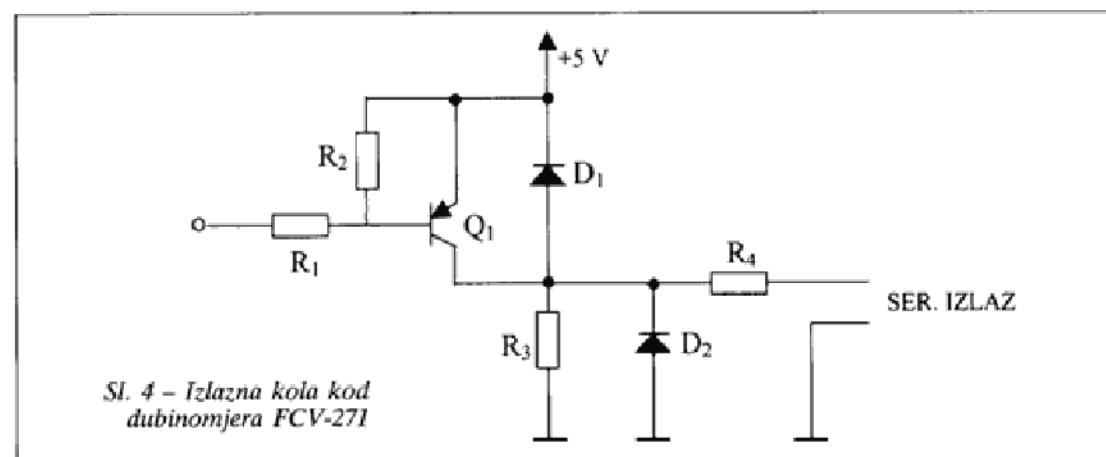
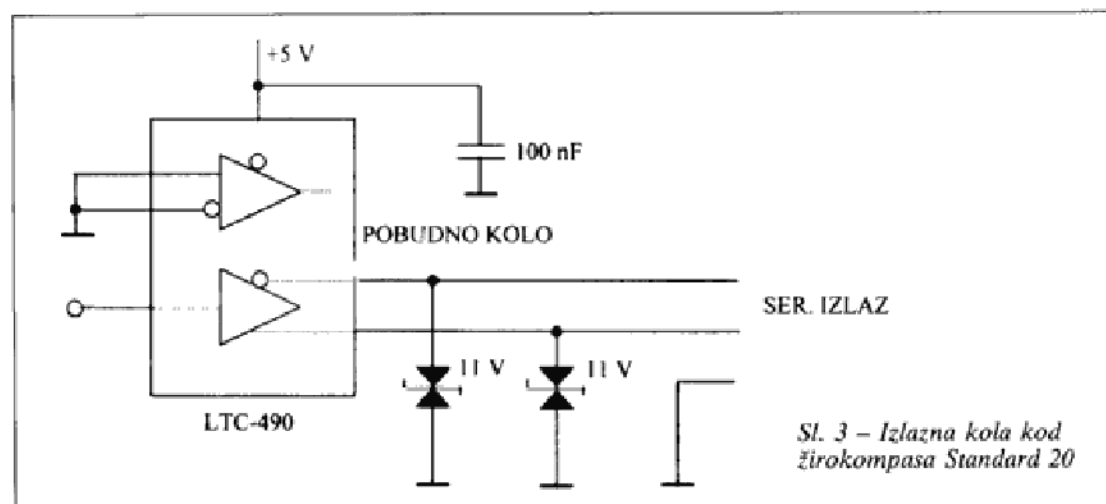
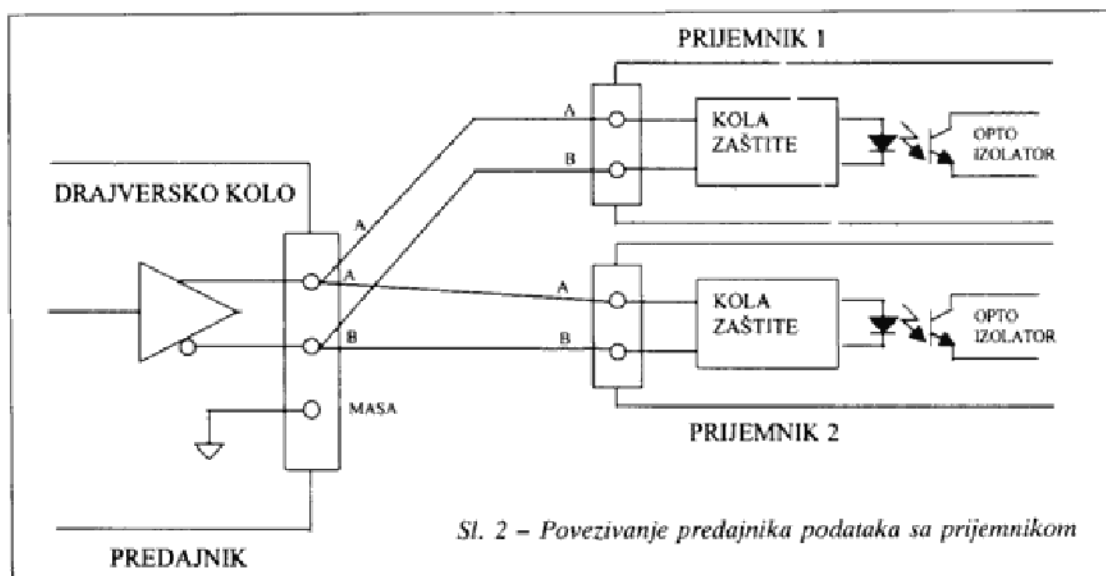
Američka asocijacija elektronske industrije (EIA) standardizovala je nekoliko serijskih interfejsa razmjene podataka. U tabeli 1 date su tehničke karakteristike standardizovanih interfejsa za serijski prenos podataka.

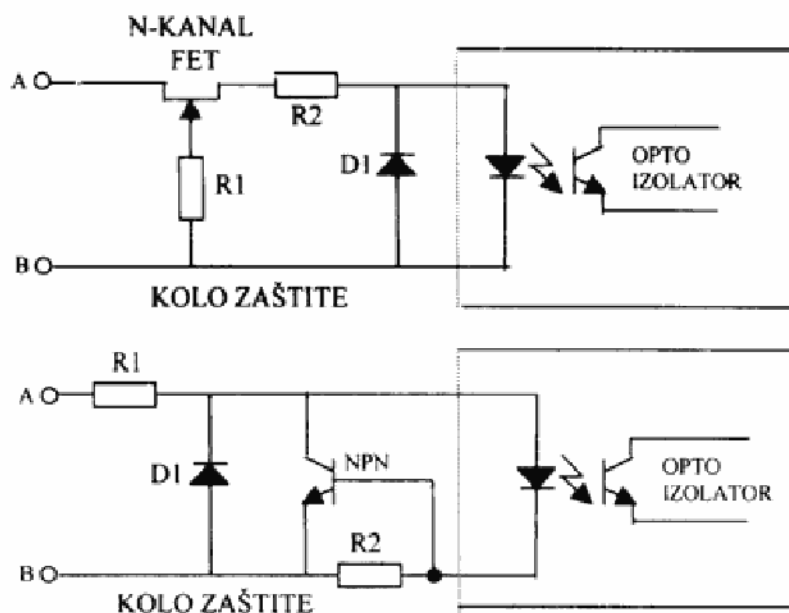
Kao izlaz predajnika po standardu EIA-422-A mogu se koristiti sljedeća integrisana kola: SN75158, SN75159, $\mu A9638C$, AM26LS31C, MC3485, SN75151, SN75153, SN75172, SN75174. Kao ulaz prijemnika po istom standardu mogu se koristiti: SN75157, $\mu A9637AC$, AM26LS32AC, AM26LS33AC, MC3486, SN75173, SN75175.

Način povezivanja predajnika sa prijemnicima u skladu sa standardima [1, 2] prikazan je na slici 2.

Na slici 3 navedeni su primjeri izvođenja izlaznih kola koja zadovoljavaju standard EIA-422-A, a odnose se na najnoviji žirokompas firme „Anschutz“ – Standard 20, [3] a na slici 4 za dubinomjer FCV-271 firme „Furuno“ [4].

Prijemno kolo prijemnika mora biti izvedeno tako da radi sa minimalnim





Sl. 5 – Primjeri izvođenja prijemnih kola kod prijemnika podataka

ulaznim diferencijalnim naponom od 2 V i strujom koja za taj napon ne prelazi vrijednost od 2 mA.

Na slici 5 prikazane su varijante izvođenja prijemnih kola kod prijemnika.

Kod prijemnika ne smije postojati direktna električna veza između signalne linije A, povratne linije B, mase uređaja, mase broda i napajanja. Maksimalni napon između signalnih linija A i B mora zadovoljiti uslove standarda EIA-422-A [5].

Protokol formata podataka

Svi podaci interpretiraju se kao ASCII karakteri. Najznačajniji bit karaktera po ovom protokolu uvijek je nula ($D_7 = 0$). Na slici 6 prikazan je format karaktera podataka predaje.

Jedan broj ASCII karaktera *rezervisan* je i koristi se za specijalne namjene, pa se ne može koristiti u poljima podataka. Ovi karakteri navedeni su u tabeli 2.

Tabela 2

Karakteristi za specijalne namene

ASCII	HEX	DEC	Opis	
<CR>	0D	13	Carriage return	Karakteristi koji označavaju kraj jedne rečenice
<LF>	0A	10	Line feed	
\$	24	36	Pokazivač starta rečenice	
*	2A	42	Karakter za odvajanje polja kontrolnog zbira	
,	2C	44	Karakter za odvajanje pojedinačnih polja	
!	21	33	Karakteristi ostavljeni za buduće korišćenje	
/	5C	92	..	
^	5E	94	..	
~	7E	126	..	



Sl. 6 – Format karaktera predaje podataka

Skup *važććć* karaktera sadrži sve ASCII karaktere koji se mogu štampati (HEX 20 do HEX 7E) izuzev karaktera iz tabele 1. Ako se pojedinaćni karakteri koriste za oznaćavanje jedinice mjerenja, tipa polja podataka, tipa rećenice, itd., interpretacija se vrši u skladu sa odredbama standarda [2]. Na primjer, *h* oznaćava sate, *z* – vrijeme, *y* – geografsku širinu, *t* – test.

Polje se sastoji od niza važććć karaktera. Nulto polje ne sadrži nijedan karak-

ter. Polje se nalazi između posebnih karaktera – *razdvojnih karaktera*. *Adresno polje* je prvo polje u rećenici i slijedi iza \$ razdvojnog karaktera. Karakteri u adresnom polju mogu biti velika slova i cifre. Adresno polje ne može biti nulto polje. *Potvrđeno adresno polje* sastoji se od pet karaktera. Prva dva karaktera oznaćavaju pojedine predajnike (tabela 3), a preostala tri odrećuju format i tip podataka. *Upitno adresno polje* sadrži pet karaktera i koristi se za traćeni prenos specijalne rećenice po posebnoj magistrali od prozvanog predajnika. Prva dva karaktera identifikuju predajnik koji traći podatke, a druga dva predajnik koji će poslati podatke. Peti karakter je Q. *Vlasnićko (privatno) polje* poćinje karakterom P iza kojeg slijede tri karaktera koja definiše proizvođać urećaja. *Polje podataka* u ispravnoj rećenici slijedi iza rastavnog karaktera , i sadrži važćće karaktere. *Tipovi* polja podataka su sljedeći: alfa, numerićki, alfanumerićki, fiksne dućine, promjenljive dućine i fiksne – promjenljive dućine. *Nulto polje* je polje dućine nula, tj. ovim poljem se ne prenosi nijedan karakter. *Polje kontrolnog zbira* može se opciono prenositi. Ono je posljednje u rećenici i slijedi iza razdvojnog polja *.

Rećenica je zaokružena struktura koja sadrži sve ćinjenice potrebne da podaci doću od predajnika prema prijemnicima. Rećenica se sastoji od najviše 82 karaktera, odnosno 79 karaktera, ako se iskljuće poćetni (\$) i krajnji (<CR><LF>) ogranićivaći. Tipovi rećenica su: ispravna (potvrćena), upitna i vlasnićka (privatna). U tabeli 4 dat je prikaz *ispravne* rećenice.

Upitna rećenica daje adresu predajnika koji traći podatke i adresu onoga ko ih šalje. U *vlasnićkoj* rećenici proizvođaćima urećaja je data mogućnost da krei-

Tabela 3

Oznaćavanje predajnika

Predajnik	Identifikator predajnika
Dubinomjer	DS
Žirompas	HC
Autopilot	AG
Radar / ARPA	RA
GNSS	GN
GPS	GP
GLONASS	GL
Doplerov brzinomjer	VD
Elektromagnetni brzinomjer	VM
Mehanićki brzinomjer	VW
LORAN-C	LC
OMEGA navigacioni sistem	OM
DECCA navigacioni sistem	DE

Tabela 4

Ispravne rećenice

ASCII	HEX	Opis
\$	24	Start rećenice
<adresno polje>		Adresa predajnika i format rećenice
[,<polje podataka>]		Nijedno ili više polja podataka
[,<polje podataka>]		Polja podataka
*<polje kontrolnog zbira>		Opcionalno polje kontrolnog zbira
<CR><LF>	0D0A	Kraj rećenice

Formati rečenice iz adresnog polja

Formater	Značenje (opis)
ALM	Podaci o almanahu GPS
DPT	Dubina
GSA	GPS DOP i aktivni sateliti
GSV	GPS sateliti u vidnom polju
GLL	Geografska pozicija – dužina/širina
DBT	Dubina ispod projektora
VHW	Brzina broda i kurs
VLW	Predeni put u odnosu na vodu
HDT	Stvarni kurs
RSD	Radarski sistemski podaci
TLL	Širina i dužina objekta

raju vlastiti mnemonički kod i strukturu svojih podataka. Potpuni prenos rečenice, po odredbama standarda [1], mora biti završen unutar vremena od 1 s. U tabeli 5 dat je pregled nekih formata rečenice iz adresnog polja, a u tabeli 6 prikaz tipova polja.

Fiksni podaci od globalnog satelitskog navigacionog sistema dobijaju se preko GNS rečenice od satelitskog prijemnika. Identifikator predajnika može biti GP, ako se radi o GPS prijemniku, GL ako se radi o GLONASS prijemniku ili GN ako se radi u opštem slučaju o GNSS prijemniku. Potpuna rečenica poruke ima sljedeći opšti oblik:

```
$--GNS,hhmmss.ss,lll.ll,a,yyyy.yy,a,c-
-c,xx,x.x,x.x,x.x,x.x,x.x,*hh,< CR>
<LF>
```

Polja podataka u poruci daju redom informacije o: univerzalnom koordinatnom vremenu (UTC), geografskoj širini, N/S, geografskoj dužini, E/W, indikatoru stanja poruke, broju satelita u upotrebi, horizontalnom slabljenju preciznosti (HDOP), nadmorskoj visini antene pri-

Tabela 6

Tipovi adresnog polja

Tip polja	Simbol	Značenje (opis)
Status	A	Polje od 1 karaktera: A – DA, podaci ispravni, briše se flag opomene; V – NE, podaci neispravni, postavlja se flag opomene.
Širina	llll.ll	Dužina polja fiksna – promjenljiva. Stepeni, minuti, djelovi minuta. Dva fiksna mjesta – stepeni, dva – minuti i promjenljiv broj cifara za decimalni dio minuta.
Dužina	yyyy.yy	Tri fiksna mjesta za stepene, dva za minute i promjenljiv broj za djelove minuta. Polje specijalnog formata.
Vrijeme	hhmmss.ss	Fiksno-promjenljivo polje, dvije cifre za sate, dvije za minute, dvije za sekunde i promjenljiv broj za djelove sekundi.
Definisano polje		Radi se o unaprijed definisanim poljima (uglavnom alfa karakteri). Polje specijalnog formata.
Promjenljivi brojevi	x.x	Cijeli broj promjenljive veličine ili plivajuće numeričko polje. Radi se o polju numeričke vrijednosti.
Fiksno HEX polje	hh-	HEX broj, fiksno polje, MSB lijevo.
Promjenljivi tekst	c--c	Valjano polje karaktera promjenljive dužine.
Fiksno alfa polje	aa-	Informaciono alfa polje fiksne dužine.
Fiksno brojčano polje	xx-	Informaciono numeričko polje fiksne dužine.
Fiksno polje teksta	cc-	Informaciono polje teksta fiksne dužine.

jemnika, razlici između Zemljinog elipsoida i srednjeg nivoa mora, starosti diferencijalnih podataka, identifikacionom broju diferencijalne referentne stanice. Kombinovani GPS/GLONASS prijemnik koji koristi diferencijalne podatke isključivo od DGPS stanice može poslati sljedeću poruku:

```
$GNGNS,122310.2,3722.425617,N,  
12258.856215,W,DA,14,0.9,1005.543,  
6.5,5.2,2,23* 59<CR><LF>
```

Kombinovani GPS/GLONASS prijemnik, koji može koristiti i GPS i GLONASS, diferencijalne korekcije može slati u grupi tri sljedeće GNS rečenice:

```
$GNGNS,122310.2,3722.425671,N,  
12258.836215,W,DD,14,0.9,1005.543,  
6.5,,*74<CR><LF>  
$GPGNS,122310.2,,,,,7,,,,5.2,23,*  
4D,<CR><LF>  
$GPGNS,122310.2,,,,,7,,,,3.0,23,  
*55<CR><LF>
```

Autopilot na navigacione uređaje šalje poruku [6]:

```
$AGASD,x.x,x.x,a.x.x,A,,,x.x,x.x,A  
*hh<CR><LF>
```

Podaci koji se šalju imaju redom sljedeće značenje: zadati kurs kormilarjenja (u stepenima), trenutni kurs broda (u stepenima), magnetni/žirokompas (M/T), granica „izvan kursa“ (stepeni), status „izvan kursa“, granični ugao kormila (stepeni), odziv kormila 0–9, postavljanje pojačanja 0–9, status.

Treba istaći da proizvođači često modifikuju (poboljšavaju) protokol NMEA 0183. U tom smislu PLATH je patentirao

specifičan protokol koji definiše brzinu prenosa podataka od 9600 boda (bit/s).

Dubina mora izmjerena dubinomjermom može se izraziti i odaslati preko tri formata DBT – dubina ispod projektor, DPT – (IMO rezolucija A224 – VII) – srednja dubina između kobilice broda i dna i DBS – dubina ispod površine. Na primjer, simbolička predstava:

```
$--DBS,d.d,t,b.b,M,C.C.F  
*hh<CR><LF>
```

označava:

d.d,t – dubinu u stopama,
b.b,M – dubinu u metrima,
C.C,F – dubinu u fadomima.

Savremeni batometarski dubinomjer Bathy 1500 [7] posjeduje pet serijskih formata podataka kojim odgovara pet fizičkih ulaza–izlaza. Dva formata su NMEA 0183, a posebni formati određeni su za upravljačke linije, izlazne funkcije udaljenog terminala i prenos podataka iz memorije.

Primjer prenosa podataka sa LO-RAN-C prijemnika:

```
$ LC GLL,4728,31,N,12254,25,W,  
091342,A*21,<CR><LF>
```

Prvi broj označava sjevernu (N) geografsku širinu 47°28,31', drugi broj zapadnu (W) geografsku dužinu 122°54,25', a treći broj predstavlja univerzalno vrijeme (UTC) 9 h 13 min 42 s. Slovo A označava status (A – podaci valjani), a broj 21 je kontrolni zbir.

Zaključak

Savremeni integrisani komandni mostovi na brodovima sadrže veliki broj

navigacionih i telekomunikacionih uređaja. Radi brze izmjene informacija oni moraju biti povezani na specifičan način. Protokol NMEA 0183 rješava zahtjeve za efikasno povezivanje navedenih uređaja. Postojeći standardi odražavaju sadašnje stanje stvari i daju korisne sugestije eventualnim korisnicima. S druge strane, standardi ostaju otvoreni za nove revizije kako bi se uklopila nova rješenja i nametnule obaveze drugim proizvođačima navigacionih uređaja.

Literatura:

- [1] IEC 1162-1: 1995-11: Maritime navigation and radiocommunication equipment and system – Digital interfaces – Part 1: Single talker and multiple listener. International Electrotechnical Commission, Geneva, 1995.
- [2] NMEA 0183 Standard for Interfacing Maritime Devices, Version 2.30, National Marine Electronics Association, March 1, 1998.
- [3] Gyro Compass STANDARD 20, Operator and Service Manual, Raytheon-Anschutz, Kiel, 1999.
- [4] Color video sounder FCV-271 – Operator Manual, FURUNO, Nishinomya, Japan, 1990.
- [5] Williams, B. A.: Designers Handbook of Integrated Circuits, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.
- [6] Navpilot V – Operator, technical and service manual, Plath – Navigation – Automation, Hamburg, 1995.
- [7] Beathy 1500 Survey Echo Sounder, Ocean Data Equipment Corporation, E. Walpole, MA, USA, 2000.

ANALITIČKO DEFINISANJE PARAMETARA IMPULSA PRITISKA UDARNIH TALASA PODVODNE EKSPLOZIJE

UDC: 623.454.833:623.566.5]:519.673

Rezime:

Definisan je metod pronalaženja analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, u zavisnosti od mase eksploziva i rastojanja od centra eksplozije. Za definisanje metoda pronalaženja modela parametara impulsa pritiska udarnih talasa podvodne eksplozije, na osnovu eksperimentalnih podataka korišćene su metode matematičke statistike. Za kvalitativnu ocenu nivoa saglasnosti dobijenih modela sa eksperimentalnim podacima definisani su analitički izrazi koeficijenata parcijalne korelacije i koeficijent višestruke korelacije.

Ključne reči: podvodna eksplozija, udarni talas, parametri udarnih talasa, matematičko modeliranje, metode matematičke statistike, eksperiment, ocena modela, koeficijenti parcijalne i višestruke korelacije.

ANALYTICAL DEFINITION OF PARAMETERS OF PRESSURE MOMENTUM OF UNDERWATER EXPLOSION SHOCK WAVES

Summary:

A method for finding out the analytical expressions of pressure and the time of shock wave positive phase during underwater explosion has been defined as a function of explosive weight and the distance from the explosion centre. The methods of mathematical statistics have been applied to define the method of finding out the model of parameters of pressure momentum of underwater explosion shock waves. The analytical expressions of partial correlation coefficients and the multiple correlation coefficient have been defined for the qualitative evaluation of obtained models accordance with experimental data.

Key words: underwater explosion, shock wave, shock wave parameters, mathematical modelling, mathematical statistics methods, experiment, model evaluation, coefficients of partial and multiple correlation.

Uvod

Cilj istraživanja koje je obuhvaćeno ovim radom, jeste da se definiše algoritam modeliranja pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, ocena saglasnosti dobijenih modela $p_i = K m^c R^d$ i $\tau_i = K_1 m^c R^{d_1}$ i rezultata eksperimentalnih istraživanja

za p_i i τ_i .

Korišćene oznake:

p_i – pritisak udarnog talasa podvodne eksplozije,

τ_i – vreme pozitivne faze udarnog talasa podvodne eksplozije,

q – specifična energija eksploziva,

m – masa eksploziva,

R – rastojanje mernog mesta od centra eksplozije,
 d – najkraće rastojanje centra eksplozije od nivoa vode,
 ρ – gustina vode,
 t_v – temperatura vode,
 f, f_1, f_2, f_3 – funkcije,
 A, c, d, A_1, c_1, d_1 – konstante,
 N – broj eksperimentalnih jedinica,
 a – nivo faktora $m \equiv B, (a \equiv n_m),$
 b – nivo faktora $R \equiv A, (b \equiv n_R),$
 n – broj ponovljenih očitavanja amplituda pritiska, vremena pozitivne faze udarnog talasa i registrovanja promene pritiska u vremenu,
 $G_{\max}$ – računaska vrednost za Cohrenov kriterijum,
 $\max|S_{p_i}^2; \max|S_{t_i}^2$ – maksimalna vrednost disperzije rezultata,
 $S_{p_i}^2; S_{t_i}^2$ – disperzija eksperimentalnih rezultata,
 $\bar{p}, \bar{t}$ – aritmetička sredina jedne kombinacije nivoa,
 G_{tab} – tabelarna vrednost za Cohrenov kriterijum,
 $S_{p_{\text{sr}}}^2; S_{t_{\text{sr}}}^2$ – srednja disperzija,
 Σp_i – zbir jedne kombinacije nivoa pritiska udarnog talasa,
 Σt_i – zbir jedne kombinacije nivoa vremena pozitivne faze udarnog talasa,
 $\Sigma S_{p_i}^2; \Sigma S_{t_i}^2$ – zbir disperzija eksperimentalnih rezultata,
 OS – opšta suma,
 OSK – opšta suma kvadrata,
 SKF – suma kvadrata faktora,
 SKA – suma kvadrata za faktor $A,$
 SKB – suma kvadrata za faktor $B,$
 $SKAB$ – suma kvadrata za međudejstvo $AB,$
 SKG – suma kvadrata za grešku,
 SK – srednji kvadrat,
 V_{0A}, V_{0B}, V_{0AB} – parametar koji definiše odnos srednjeg kvadrata faktora $A,$ fak-

tora $B,$ međudejstva AB i srednjeg kvadrata greške,

F – Fisherov kriterijum,
 n_1 – stepen slobode faktora $A,$
 n_2 – stepen slobode faktora $B,$
 n_3 – stepen slobode međudejstva faktora $AB,$
 n_4 – stepen slobode greške,
 $\varepsilon, \varepsilon_1$ – greška eksperimenta,
 $a_0, a_1, a_2,$ – rešenja sistema jednačina,
 $a_{01}, a_3, a_4,$ – rešenja sistema jednačina,
 V_{01} – koeficijent odnosa disperzija za pritisak udarnog talasa,
 V_{02} – koeficijent odnosa disperzija za vreme pozitivne faze udarnog talasa,
 $S_{\text{nead}_1}^2$ – disperzija neadekvatnosti za pritisak udarnog talasa,
 $S_{\text{nead}_2}^2$ – disperzija neadekvatnosti za vreme pozitivne faze udarnog talasa,
 f – broj članova regresivnog polinoma,
 p_{rac} – vrednost pritiska udarnog talasa računata na osnovu analitičkog izraza, dobijenog regresivnom analizom, metodom najmanjih kvadrata, na osnovu eksperimentalnih podataka za $p_i,$
 τ_{rac} – vreme pozitivne faze udarnog talasa računatog na osnovu analitičkog izraza, dobijenog regresivnom analizom, metodom najmanjih kvadrata, na osnovu eksperimentalnih podataka za $t_i,$
 $\bar{p}_i$ – aritmetička sredina jedne kombinacije pritiska,
 $\bar{t}_i$ – aritmetička sredina jedne kombinacije nivoa vremena pozitivne faze udarnog talasa,
 n_5 – stepen slobode za disperziju neadekvatnosti,
 F_1, F_2 – Fisherov kriterijum,
 $R_{11.2}$ – koeficijent višestruke korelacije,

r_{i1}, r_{i2}, r_{i2-1} – koeficijenti parcijalne korelacije,

A', A'_i – konstante.

Planiranje eksperimenta

Da bi se ostvario postavljeni cilj potrebno je doći do funkcionalnih veza između pritiska p_i odnosno vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, mase m eksploziva i rastojanja R mernog mesta od centra eksplozije. Pritisak p_i udarnih talasa i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa u opštem slučaju su funkcija nekoliko parametara [1 do 8]:

$$p_i = f(q, m, R, d, \rho, t_v) \quad (1)$$

$$\tau_i = f_1(q, m, R, d, \rho, t_v) \quad (2)$$

Cilj istraživanja opredeljuje parametre (q, d, ρ, t_v) tako da su konstantni pri eksperimentu.

Pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa funkcija su dva parametra, oblika:

$$p_i = f_2(m, R) \quad (3)$$

$$\tau_i = f_3(m, R) \quad (4)$$

Funkcionalna zavisnost (3) i (4) može da se napiše u obliku, [8 do 21]:

$$p_i = Km^c R^d \quad (5)$$

$$\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1} \quad (6)$$

gde je:

K, c, d, K_1, c_1, d_1 – konstante,

m – masa eksploziva,

R – rastojanje mernog mesta od centra eksplozije.

Za definisanje analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, funkcionalnih zavisnosti (5), (6) potrebno je sačiniti planove eksperimentalnih istraživanja.

Eksperiment se sastoji u tome da se za n_m – nivoa mase eksploziva na n_R – nivoa rastojanja mernih mesta od centra

Tabela 1

Plan eksperimenta trodimenzionalne veze, oblika $p_i = Km^c R^d$

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)	Pritisak udarnog talasa p_i (bar)		
		Merenje		
		1	2	3
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			

Tabela 2

Plan eksperimenta trodimenzionalne veze, oblika $\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1}$

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)	Vreme pozitivne faze udarnog talasa τ_i (ms)		
		Merenje		
		1	2	3
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			

eksplozije, registruju amplitude pritiska p_i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa i tok promene pritiska p_i u vremenu.

Ovde se radi o dvofaktornom eksperimentu. Broj eksperimentalnih jedinica iznosi:

$$N = abn \quad (7)$$

gde je:

$a = n_m$ – broj nivoa mase eksploziva,

$b = n_R$ – broj nivoa rastojanja mer-
nih mesta od centra eksplozije,

n – broj nivoa ponovljenih očitavanja
amplituda pritiska p_i , vremena τ_i po-
zitivne faze udarnog talasa i promena toka
pritiska p_i u vremenu.

Randomizacija redosleda eksperimentalnih jedinica

Randomizaciju, planiranje i izvođe-
nje eksperimentalnih istraživanja po-
trebno je izvršiti po principu naučnog
eksperimenta. Randomizacija se vrši oda-
biranjem brojeva iz tabele slučajnih bro-
jeva [16, 17, 19, 20, 21], a slučajnim
izborom redosleda izvođenja eksperimen-
talnih jedinica izbegava se uticaj sistem-
skih grešaka.

Prezentacija rezultata merenja

Sređeni rezultati merenja amplituda
pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze
udarnih talasa prikazuju se tabelarno
prema planu eksperimentalnih istraživa-
nja u tabelama 5 i 6.

Broj eksperimentalnih jedinica u pri-
meru iznosi:

$$N = abn$$

Tabela 3

Oznake eksperimentalnih jedinica

m (kg)	R (m)	Merenje		
		1	2	3
m_1	R_1	1	10	19
	R_2	2	11	20
	R_3	3	12	21
m_2	R_1	4	13	22
	R_2	5	14	23
	R_3	6	15	24
m_3	R_1	7	16	25
	R_2	8	17	26
	R_3	9	18	27

Tabela 4

Slučajni brojevi

12	15	3
10	6	5
16	9	14
13	2	24
17	22	23
11	19	20
4	8	26
27	25	1
21	7	18

Tabela 5

Plan prikaza rezultata merenja amplituda
pritiska p_i

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)	Pritisak udarnog talasa p_i (bar)		
		Merenje		
		1	2	3
m_1	R_1	p_{12}	p_{13}	p_3
	R_2	p_{10}	p_6	p_5
	R_3	p_{16}	p_9	p_{14}
m_2	R_1	p_{13}	p_2	p_{24}
	R_2	p_{17}	p_{22}	p_{23}
	R_3	p_{11}	p_{19}	p_{20}
m_3	R_1	p_4	p_8	p_{26}
	R_2	p_{27}	p_{25}	p_1
	R_3	p_{21}	p_7	p_{18}

Tabela 6

Plan prikaza rezultata merenja vremena pozitivne faze udarnih talasa

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)	Vreme pozitivne faze udarnog talasa τ_i (ms)		
		Merenje		
		1	2	3
m_1	R_1	τ_{12}	τ_{15}	τ_3
	R_2	τ_{10}	τ_6	τ_5
	R_3	τ_{16}	τ_9	τ_{14}
m_2	R_1	τ_{13}	τ_2	τ_{24}
	R_2	τ_{17}	τ_{22}	τ_{23}
	R_3	τ_{11}	τ_{19}	τ_{20}
m_3	R_1	τ_4	τ_8	τ_{26}
	R_2	τ_{27}	τ_{25}	τ_1
	R_3	τ_{21}	τ_7	τ_{18}

gde je:

$a = n_m$ – broj nivoa mase eksploziva,

$b = n_R$ – broj nivoa rastojanja mernih mesta od centra eksplozije,

n – broj nivoa ponovljenih očitavanja amplituda pritiska, vremena pozitivne faze udarnog talasa i toka promene pritiska u vremenu.

U konkretnom primeru plana eksperimentalnih istraživanja broj eksperimentalnih jedinica iznosi:

$$N = a \cdot b \cdot n = 3 \cdot 3 \cdot 3 = 27$$

pri čemu je:

$$a \equiv n_m = 3; b \equiv n_R = 3 \text{ i } n = 3$$

Metode matematičke statistike za obradu eksperimenta

Za nalaženje analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije a na osnovu eksperimentalnih podataka prikazanih

prema planovima eksperimentalnih istraživanja u tabelama 5 i 6, koriste se metode matematičke statistike [16 do 22]:

– provera jednorodnosti disperzija na osnovu Cochrenovog kriterijuma, tj. provera normalnosti raspodele izmerene amplitude pritiska p_i , vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa;

– disperzivna analiza, pomoću koje se na osnovu Fisherovog kriterijuma proverava da li na pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze znatno utiču mase m eksploziva i R rastojanje mernog mesta od centra eksplozije, pri $q = \text{const.}$;

– regresivna analiza, pomoću koje se dolazi do analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa, metodom najmanjih kvadrata. Metoda se sastoji u minimizaciji odstupanja eksperimentalnih rezultata od regresivnog polinoma pretpostavljenog oblika;

– provera adekvatnosti analitičkih izraza pritiska p_i i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, koja se sastoji u poređenju izračunatih odnosa disperzija V_{01} i V_{02} sa Fisherovim kriterijumom F .

Ukoliko na pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije znatno utiču masa eksploziva m i rastojanje mernog mesta od centra eksplozije, onda ima smisla pristupiti nalaženju analitičkih izraza:

$$p_i = f_2(m, R)$$

$$\tau_i = f_3(m, R)$$

Za primenu metoda matematičke statistike potrebno je uvesti pojam faktora i nivoa faktora.

Pri eksperimentalnim istraživanjima odabrana su dva faktora, za koje se pretpostavlja da znatno utiču na pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije eksploziva, a to su:

faktor $A \equiv R$ – rastojanje mernog mesta od centra eksplozije sa n_R nivoa, faktor $B \equiv m$ – masa eksploziva sa n_m nivoa.

Tabela 7

Nivoi faktora

Faktor B m (kg)	Faktor A R (m)
m_1	R_1
	...
	R_{n_R}
$\vdots$	R_1
	...
	R_{n_R}
m_{n_m}	R_1
	...
	R_{n_R}

Provera jednorodnosti disperzije

Da bi zaključci disperzivne i regresivne analize bili dobri potrebno je proveriti normalnost raspodele eksperimentom dobijenih podataka amplituda pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa.

Normalnost raspodele za p_i i τ_i proverava se preko Cohrenovog kriterijuma o jednorodnosti disperzija. Ukoliko je izračunata vrednost za Cohrenov kriterijum $G_{\max}$ manja od propisanog G_{tab} (tabelarno dobijenih podataka) disperzije su jednorodne i raspodela rezultata za p_i i τ_i može se smatrati normalnom.

Računska vrednost za Cohrenov kriterijum na osnovu eksperimentalnih podataka računa se po obrascu, [16 do 21]:

$$G_{\max} = \frac{\max|S_{p_i}^2|}{\Sigma S_{p_i}^2} \quad (8)$$

$$G_{\max_i} = \frac{\max|S_{\tau_i}^2|}{\Sigma S_{\tau_i}^2} \quad (9)$$

pri čemu su:

$\max|S_{p_i}^2|$; $\max|S_{\tau_i}^2|$ – maksimalne vrednosti disperzija rezultata;

$\Sigma S_{p_i}^2$; $\Sigma S_{\tau_i}^2$ – zbir disperzija eksperimentalnih rezultata.

Disperzije eksperimentalnih rezultata definisane su izrazima [16 do 21]:

$$S_{p_i}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (p_i - \bar{p})^2 \quad (10)$$

$$S_{\tau_i}^2 = \frac{1}{n-1} \sum_1^n (\tau_i - \bar{\tau})^2 \quad (11)$$

pri čemu su $\bar{p}$ i $\bar{\tau}$ aritmetičke sredine jedne kombinacije nivoa definisane izrazima:

$$\bar{p} = \frac{1}{n} \sum_1^n p_i \quad (12)$$

$$\bar{\tau} = \frac{1}{n} \sum_1^n \tau_i \quad (13)$$

sa stepenima slobode $ss = (n-1)$.

Tabelarna vrednost za Cohrenov kriterijum G_{tab} određuje se iz odgovarajućih [21, 22] tabela za stepene slobode $n_1 = (n-1)$ i $n_2 = n_m n_R (n-1)$, pri verovatnoći 95%. Prema planovima rezultata merenja amplituda pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije eksploziva, prikazanim u tabelama 5 i 6, za verovatnoću od 95%, Cohrenov kriterijum G_{tab} prema [21, 22], za stepene slobode:

$$n_1 = (n-1) = 3-1 = 2, \text{ i}$$

$$n_2 = a \cdot b(n-1) = 3 \cdot 3(3-1) = 18, \text{ iznosi } G_{\text{tab}} = 0,477.$$

Vrednosti aritmetičkih sredina $\bar{p}$, $\bar{\tau}$, i disperzija rezultata $S_{p_i}^2$ i $S_{\tau_i}^2$ mogu da se prikažu tabelarno (tabele 8 i 9).

Tabela 8

Pregled aritmetičkih sredina $\bar{p}_i$ i disperzija rezultata $S_{p_i}^2$

m (kg)	R (m)	$\bar{p}_i$	$S_{p_i}^2$	Stepen slobode (n-1)
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
Ukupno: $\sum S_{p_i}^2$				

Tabela 9

Pregled aritmetičkih sredina $\bar{\tau}_i$ i disperzija rezultata $S_{\tau_i}^2$

m (kg)	R (m)	$\bar{\tau}_i$	$S_{\tau_i}^2$	Stepen slobode (n-1)
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
Ukupno: $\sum S_{\tau_i}^2$				

Cohrenov kriterijum $G_{\max}$ računa se po jednačini (8, 9) i iznosi:

$$G_{\max} = \frac{\max |S_{p_i}^2|}{\sum S_{p_i}^2}; \quad G_{\max_1} = \frac{\max |S_{\tau_i}^2|}{\sum S_{\tau_i}^2}$$

Ukoliko su $G_{\max}$ i $G_{\max_1} < G_{\text{tab}}$, sledio bi zaključak:

Disperzije su jednorodne, pa se može smatrati da je raspodela za amplitude pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije normalna. Dalje bi se moglo računati sa srednjim disperzijama:

$$S_{p_{\text{sr}}}^2 = \frac{1}{n_m n_R} \sum S_{p_i}^2 \quad (14)$$

$$S_{\tau_{\text{sr}}}^2 = \frac{1}{n_m n_R} \sum S_{\tau_i}^2 \quad (15)$$

odnosno,

$$S_{p_{\text{sr}}}^2 = \frac{1}{ab} \sum_{i=1}^{ab} S_{p_i}^2 \quad (16)$$

$$S_{\tau_{\text{sr}}}^2 = \frac{1}{ab} \sum_{i=1}^{ab} S_{\tau_i}^2 \quad (17)$$

i stepenima slobode $n_1 = (n-1)$ i $n_2 = a b (n-1)$, s obzirom na to da je $n_m \equiv a$ i $n_R \equiv b$.

Disperzivna analiza

Pomoću disperzivne analize ispituje se da li na pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije znatno utiču masa m eksploziva (faktor B), rastojanje R mernog mesta od centra eksplozije (faktor A) i međudejstvo mR (BA).

Upoređenjem računskih vrednosti parametara V_{0A} , V_{0B} i V_{0AB} (koji definišu odnose srednjeg kvadrata faktora i srednjeg kvadrata greške) sa Fisherovim kriterijumom dobija se odgovor na pitanje o zavisnosti pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa od mase eksploziva i rastojanja mernog mesta od centra eksplozije.

Da bi se izvršila navedena analiza potrebno je definisati (izračunati) odgo-

Tabela 10
Pregled (vrednosti) za Σp_i

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)			ΣB
	R_1	R_2	R_3	
m_1	$p_{12}+p_{13}+p_3$	$p_{10}+p_6+p_5$	$p_{16}+p_9+p_{14}$	B_1
m_2	$p_{13}+p_2+p_{24}$	$p_{17}+p_{22}+p_{23}$	$p_{11}+p_{19}+p_{20}$	B_2
$(m_n)m_3$	$p_4+p_8+p_{26}$	$p_{27}+p_{25}+p_1$	$p_{21}+p_7+p_{18}$	B_3
ΣA	A_1	A_2	A_3	$OS=\Sigma p_i$

Tabela 11
Pregled (vrednosti) za $\Sigma \tau_i$

Masa eksploziva m (kg)	Rastojanje mernog mesta od centra eksplozije R (m)			ΣB
	R_1	R_2	R_3	
m_1	$\tau_{12}+\tau_{13}+\tau_3$	$\tau_{10}+\tau_6+\tau_5$	$\tau_{16}+\tau_9+\tau_{14}$	B_1
m_2	$\tau_{13}+\tau_2+\tau_{24}$	$\tau_{17}+\tau_{22}+\tau_{23}$	$\tau_{11}+\tau_{19}+\tau_{20}$	B_2
$(m_n)m_3$	$\tau_4+\tau_8+\tau_{26}$	$\tau_{27}+\tau_{25}+\tau_1$	$\tau_{21}+\tau_7+\tau_{18}$	B_3
ΣA	A_1	A_2	A_3	$OS=\Sigma \tau_i$

varajuće sume kvadrata faktora, greške, srednje kvadrate faktora, pa (vrednosti) parametara V_{0A} , V_{0B} i V_{0AB} .

Matematički model eksperimenata sa dva faktora A i B i sa n ponavljanja na svakom nivou faktora glasi:

$$p_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk} \quad (18)$$

gde je:

μ – istinita vrednost odgovarajuće sveukupnosti,

ϵ – greška eksperimenta,

A – faktor sa $i = 1, 2, \dots$ a nivoe faktora,

B – faktor sa $j = 1, 2, \dots$ b nivoe faktora, i ima $k = 1, 2, \dots$ n ponavljanja za svaku kombinaciju nivoe faktora.

Ako se uvedu istinite vrednosti odgovarajućih sveukupnosti model će glisati:

$$p_{ijk} - \mu = (\mu_i - \mu) + (\mu_j - \mu) + (\mu_{ij} - \mu_i - \mu_j + \mu) + (p_{ijk} - \mu_{ijk}) \quad (19)$$

Jednačina (19) nema geometrijsku interpretaciju kakvu ima jednofaktorni eksperiment. Identitet bi postojao pod pretpostavkom da je ukupan efekat faktora jednak zbiru efekata faktora A ($\mu_i - \mu$), efekata faktora B ($\mu_j - \mu$), efekata međudejstva i greške eksperimenta.

Zbog postojanja međudejstva rezultat neće nastati prostim zbirom efekata faktora A i B, već će to biti veličina koja ima sopstveno rasipanje rezultata sa svojom istinitom vrednošću μ_{ij} . Od takvog ukupnog efekta se oduzimanjem efekata pojedinih faktora, dobija efekat međudejstva:

$$(\mu_{ij} - \mu) - (\mu_i - \mu) - (\mu_j - \mu) = \mu_{ij} - \mu_i - \mu_j + \mu$$

Ako se istinite vrednosti zamene procenama, odnosno odgovarajućim srednjim vrednostima, dobija se:

$$p_{ijk} - \bar{p} \equiv (\bar{p}_i - \bar{p}) + (\bar{p}_j - \bar{p}) + (\bar{p}_{ij} - \bar{p}_i - \bar{p}_j + \bar{p}) + (p_{ijk} - \bar{p}_{ijk}) \quad (20)$$

Ako se jednačina (20) kvadrira i sumira, pri čemu izostaju proizvodi članova, dobija se:

$$\begin{aligned} \sum_i \sum_j \sum_k (p_{ijk} - \bar{p})^2 &= \sum_i \sum_j \sum_k (\bar{p}_i - \bar{p})^2 + \\ &+ \sum_i \sum_j \sum_k (\bar{p}_j - \bar{p})^2 + \sum_i \sum_j \sum_k (\bar{p}_{ij} - \bar{p}_i - \bar{p}_j + \bar{p})^2 + \\ &+ \sum_i \sum_j \sum_k (p_{ijk} - \bar{p}_{ijk})^2 \end{aligned} \quad (21)$$

odnosno

$$OSK \equiv SKA + SKB + SKAB + SKG \quad (22)$$

Opšta suma OS iznosi:

$$(OS)_1 = \Sigma p_i \quad (OS)_2 = \Sigma \tau_i \quad (23)$$

Suma kvadrata:

$$\sum_{i=1}^{n_R} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^n p_{ijk}^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n p_{ijk}^2 \quad (24)$$

$$\sum_{i=1}^{n_R} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^n \tau_{ijk}^2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \tau_{ijk}^2 \quad (25)$$

Opšta suma kvadrata OSK:

$$OSK_1 = \sum_{i=1}^{n_R} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^n p_{ijk}^2 - \frac{OS_1^2}{N} \quad (26)$$

$$OSK_2 = \sum_{i=1}^{n_R} \sum_{j=1}^{n_m} \sum_{k=1}^n \tau_{ijk}^2 - \frac{OS_2^2}{N} \quad (27)$$

sa stepenima slobode $(a \cdot b \cdot n - 1)$.

Suma kvadrata za faktor A SKA:

$$SKA_1 = \sum_{i=1}^a \frac{SA_1^2}{nb} - \frac{OS_1^2}{nab} \quad (28)$$

$$SKA_2 = \sum_{i=1}^a \frac{SA_2^2}{nb} - \frac{OS_2^2}{nab} \quad (29)$$

sa stepenima slobode $(a - 1) = (n_R - 1)$.

Suma kvadrata za faktor B SKB:

$$SKB_1 = \sum_{i=1}^a \frac{SB_1^2}{na} - \frac{OS_1^2}{nab} \quad (30)$$

$$SKB_2 = \sum_{i=1}^a \frac{SB_2^2}{na} - \frac{OS_2^2}{nab} \quad (31)$$

sa stepenima slobode $(b - 1) = (n_m - 1)$.

Suma kvadrata za međudejstvo AB SKAB:

$$SKAB_1 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{SAB_1^2}{n} - \left[SKA_1 + SKB_1 + \frac{OS_1^2}{nab} \right] \quad (32)$$

$$SKAB_2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{SAB_2^2}{n} - \left[SKA_2 + SKB_2 + \frac{OS_2^2}{nab} \right] \quad (33)$$

sa stepenima slobode $(a - 1) (b - 1) = (n_R - 1) (n_m - 1)$.

Suma kvadrata za grešku SKG:

$$SKG_1 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n p_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{SAB_1^2}{n} \quad (34)$$

$$SKG_2 = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n \tau_{ijk}^2 - \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{SAB_2^2}{n} \quad (35)$$

sa stepenima slobode $ab(n - 1) = n_R n_m (n - 1)$.

Suma SKAB je suma svih ponovljenih rezultata za istu kombinaciju nivoa faktora.

Kombinacijom definisanih jednačina, suma kvadrata za grešku, SKG ima oblik:

$$SKG = OSK - SKA - SKB - SKAB \quad (36)$$

odnosno:

$$SKG_1 = OSK_1 - SKA_1 - SKB_1 - SKAB_1 \quad (37)$$

$$SKG_2 = OSK_2 - SKA_2 - SKB_2 - SKAB_2 \quad (38)$$

Srednji kvadrat SK:

$$SK = \frac{SK \text{ faktora}}{ss - 1} \quad (39)$$

Parametar V_0 :

$$V_0 = \frac{(\text{srednji kvadrat}) SK}{SKG} \quad (40)$$

Izračunate sume kvadrata za faktore A, B, međudejstva AB, srednji kvadrat faktora, greške, parametar V_0 , Fisherov kriterijum F pri verovatnoći 95% ili 99%, mogu se prikazati tabelarno (vidi tabele 12 i 13).

Disperzivna analiza za p_i

Izvor promene	Stepen slobode	Suma kvadrata	Srednji kvadrat	Parametar V_0	F za $V=0,99$
Faktor A	$(a - 1) = 2$				6,01
Faktor B	$(b - 1) = 2$				6,01
Međudejstvo AB	$(a - 1)(b - 1) = 4$				4,58
Greška	$ab(n - 1) = 18$			–	–
Suma	26	–	–	–	–

Tabela 13

Disperzivna analiza za τ_i

Izvor promene	Stepen slobode	Suma kvadrata	Srednji kvadrat	Parametar V_0	F za $V=0,99$
Faktor A	$(a - 1) = 2$				6,01
Faktor B	$(b - 1) = 2$				6,01
Međudejstvo AB	$(a - 1)(b - 1) = 4$				4,58
Greška	$ab(n - 1) = 18$			–	–
Suma	26	–	–	–	–

Fisherovi kriterijumi (F) iz tabele [21] za verovatnoću V i stepene slobode 2 i 18, odnosno 4 i 18, iznose: $F_1 = 6,01$, odnosno $F_2 = 4,58$ za međudejstvo, gde je prema planu merenja amplituda pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa (tabele 5 i 6):

$n_1 = (a - 1) = 2$ – stepen slobode faktora A,

$n_2 = (b - 1) = 2$ – stepen slobode faktora B,

$n_3 = (a - 1)(b - 1) = 4$ – stepen slobode međudejstva faktora AB,

$n_4 = ab(n - 1) = 18$ – stepen slobode greške.

Ukoliko su parametri V_{0A} , V_{0B} i V_{0AB} veći od Fisherovog kriterijuma, to faktori A, B i međudejstvo faktora AB znatno utiču na pritisak p_i i vreme τ_i pozitivne faze udarnih talasa. To znači da ima smisla pristupiti nalaženju analitičkog

izraza pritiska p_i i vremena τ_i udarnih talasa u funkciji mase eksploziva i rastojanja mernog mesta od centra eksplozije.

Regresivna analiza

Regresivnom analizom definišaće se put nalaženja analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa u zavisnosti od m i R, koristeći eksperimentalne rezultate p_i i τ_i .

Postoji više analitičkih pretpostavki [1 – 4, 11, 20] za p_i i τ_i . Jedna od njih, pogodna za primenu, bila bi:

$$p_i = Am^c R^d; \tau_i = A_1 m^{c_1} R^{d_1} \quad (41)$$

Ako se jednačine (41) logaritmuju:

$$\begin{aligned} \ln p_i &= \ln A + c \ln m + d \ln R \\ \ln \tau_i &= \ln A_1 + c_1 \ln m + d_1 \ln R \end{aligned} \quad (42)$$

i uvedu smene:

$$Y = \ln p_i; a_0 = \ln A; a_1 = c; \\ X_1 = \ln m; a_2 = d; X_2 = \ln R$$

$$Y_1 = \ln \tau_i; a_0 = \ln A_1; a_3 = c_1 \\ X_1 = \ln m; a_4 = d_1; X_2 = \ln R$$

dobijaju se jednačine linearne regresije oblika:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 \\ Y_1 = a_0 + a_3 X_1 + a_4 X_2 \quad (43)$$

Ako se uzmu u obzir greške eksperimenta ε i ε_1 , dobiće se izrazi:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \varepsilon \\ Y_1 = a_0 + a_3 X_1 + a_4 X_2 + \varepsilon_1 \quad (44)$$

Određivanje konstanti (a_0, a_1, a_2) i (a_0, a_3, a_4) vrši se obradom eksperimentalnih rezultata, metodom najmanjih kvadrata [16–31]. Metoda se sastoji u minimiziranju odstupanja eksperimentalnih rezultata od regresivnih polinoma:

$$|\varepsilon(Y_i - a_0 - a_1 X_{1i} - a_2 X_{2i})^2|_{\min} = (\varepsilon^2)_{\min} \quad (45)$$

$$|\varepsilon_1(Y_{1i} - a_0 - a_3 X_{1i} - a_4 X_{2i})^2|_{\min} = (\varepsilon_1^2)_{\min} \quad (46)$$

Minimalna odstupanja nalaze se diferenciranjem gornjih funkcija po traženim parametrima i izjednačavanjem izvoda sa nulom. Nakon sređivanja dobija se sistem jednačina:

$$Na_0 + a_1 \sum X_{1i} + a_2 \sum X_{2i} = \sum Y_i \\ a_0 \sum X_{1i} + a_1 \sum X_{1i}^2 + a_2 \sum X_{2i} X_{1i} = \sum X_{1i} Y_i \\ a_0 \sum X_{2i} + a_1 \sum X_{1i} X_{2i} + a_2 \sum X_{2i}^2 = \sum X_{2i} Y_i \quad (47)$$

odnosno,

$$Na_0 + a_3 \sum X_{1i} + a_4 \sum X_{2i} = \sum Y_{1i} \\ a_0 \sum X_{1i} + a_3 \sum X_{1i}^2 + a_4 \sum X_{2i} X_{1i} = \sum X_{1i} Y_{1i} \\ a_0 \sum X_{2i} + a_3 \sum X_{1i} X_{2i} + a_4 \sum X_{2i}^2 = \sum X_{2i} Y_{1i} \quad (48)$$

Posle obrade eksperimentalnih podataka, prikazanih prema tabelama 6 i 7, rešenjem sistema jednačina dobijaju se analitički izrazi pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa, oblika:

$$p_i = A' m^{a_1} R^{a_2} \quad (49)$$

$$\tau_i = A'_1 m^{a_3} R^{a_4} \quad (50)$$

Potrebno je izvršiti proveru adekvatnosti analitičkih izraza (49) i (50) pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije eksploziva.

Provera adekvatnosti analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa

Provera adekvatnosti analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i udarnih talasa vrši se poređenjem koeficijenata odnosa disperzije V_{01}, V_{02} sa Fisherovim kriterijumom F , [16 do 21]:

$$V_{01} = \frac{S_{nead_1}^2}{S_{p_w}^2} \quad (51)$$

$$V_{02} = \frac{S_{nead_2}^2}{S_{\tau_w}^2} \quad (52)$$

pri čemu su:

$S_{nead_1}^2, S_{nead_2}^2$ – disperzije neadekvatnosti,
 $S_{p_w}^2, S_{\tau_w}^2$ – srednje disperzije.

Disperzije neadekvatnosti računaju se po obrascu, [16 do 21]:

$$S_{nead_1}^2 = \frac{1}{N - f} (\bar{p}_i - p_{rac})^2 \quad (53)$$

$$S_{nead_2}^2 = \frac{1}{N - f} (\bar{\tau}_i - \tau_{rac})^2 \quad (54)$$

Tabela 14

Provera adekvatnosti analitičkog izraza (49)

m (kg)	R (m)	$\bar{p}$	p_{rac}	$(\bar{p} - p_{rac})^2$
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
Ukupno: $\Sigma(\bar{p} - p_{rac})^2$				

Tabela 15

Provera adekvatnosti analitičkog izraza (50)

m (kg)	R (m)	$\bar{\tau}$	τ_{rac}	$(\bar{\tau} - \tau_{rac})^2$
m_1	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
$\vdots$	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
m_{n_m}	R_1			
	...			
	R_{n_R}			
Ukupno: $\Sigma(\bar{\tau} - \tau_{rac})^2$				

Stepen slobode za disperzije neadekvatnosti je $N - f$

gde je:

N – broj eksperimentalnih jedinica,

f – broj članova regresivnog polinoma,

p_{rac} – vrednost pritiska u frontu udarnih talasa računata na osnovu analitičkog izraza (49),

τ_{rac} – vreme pozitivne faze udarnih talasa računato na osnovu analitičkog izraza (50),

$\bar{p}_i$ – aritmetička sredina jedne kombinacije nivoa pritiska,

$\bar{\tau}_i$ – aritmetička sredina jedne kombinacije nivoa vremena pozitivne faze udarnih talasa.

Podaci za $\bar{p}_i$, p_{rac} , $(\bar{p}_i - p_{rac})^2$ i $\bar{\tau}_i$, τ_{rac} , $(\bar{\tau}_i - \tau_{rac})^2$ mogu se sračunati i dati u tabelama 14 i 15.

Disperzije neadekvatnosti računane po (53) i (54) iznose:

$$S_{nead_1}^2 = \frac{1}{N - f} \sum (\bar{p}_i - p_{rac})^2 \quad i$$

$$S_{nead_2}^2 = \frac{1}{N - f} \sum (\bar{\tau}_i - \tau_{rac})^2$$

Koeficijenti odnosa disperzija V_{01} i V_{02} definisani sa (51), (52) iznose:

$$V_{01} = \frac{S_{nead_1}^2}{S_{p_r}^2}; \quad V_{02} = \frac{\sum (\bar{p} - p_{rac})^2}{(N - f) S_{p_r}^2} \quad (55)$$

$$V_{02} = \frac{S_{nead_2}^2}{S_{\tau_r}^2}; \quad V_{02} = \frac{\sum (\bar{\tau} - \tau_{rac})^2}{(N - f) S_{\tau_r}^2} \quad (56)$$

Fisherovi kriterijumi za verovatnoću od 95% i 99% i stepene slobode: $n_5 = N - f$ i $n_2 = ab(n - 1) \equiv n_R n_m (n - 1)$ prema [21] iznose F_1 i F_2 . Ukoliko su koeficijenti V_{01} i V_{02} manji od Fisherovih kriterijuma F_1 i F_2 , sledi zaključak: dobijeni analitički izrazi pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa su adekvatni verovatnoćom od 95%, odnosno 99%.

Numerička ocena saglasnosti dobijenih analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa sa eksperimentalnim rezultatima dobija se preko koeficijenta parcijalne i višestruke korelacije funkcionalne veze oblika

$$p_i = A m^c R^d \quad i \quad \tau_i = A_1 m^{c_1} R^{d_1}.$$

Numerička ocena adekvatnosti analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa

Numerička ocena adekvatnosti analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa, dobijenih metodom najmanjih kvadrata, sa eksperimentalnim rezultatima dobija se preko koeficijenata parcijalne i višestruke korelacije.

Regresivnom analizom, metodom najmanjih kvadrata, nađeni su analitički izrazi (49) i (50) pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa u zavisnosti od masa m eksploziva i rastojanja R mernog mesta od centra eksplozije, na osnovu eksperimentalnih podataka za p_i , odnosno τ_i . U slučaju trodimenzionalne funkcionalne zavisnosti pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa, $p_i = Km^c R^d$ i $\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1}$ (slučaj dve nezavisno promenljive m i R), koeficijent višestruke korelacije $R_{i,12}$ tražen pomoću koeficijenta parcijalne korelacije r_{i1} , i $r_{i2,1}$ ima oblik, [20, 22]:

$$R_{i,12} = \sqrt{1 - [(1 - r_{i1}^2)(1 - r_{i2,1}^2)]} \quad (57)$$

Koeficijenti parcijalne korelacije definišu se na osnovu sistema normalnih jednačina (47). Sistem jednačina (47), matrično predstavljen, ima oblik:

$$\begin{bmatrix} N & \sum X_{1i} & \sum X_{2i} \\ \sum X_{1i} & \sum X_{1i}^2 & \sum X_{1i}X_{2i} \\ \sum X_{2i} & \sum X_{1i}X_{2i} & \sum X_{2i}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B(0) \\ B(1) \\ B(2) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum Y_i \\ \sum X_{1i}Y_i \\ \sum X_{2i}Y_i \end{bmatrix} \quad (58)$$

Za potrebe definisanja koeficijenata parcijalne i višestruke korelacije funkcionalnih veza oblika $p_i = Km^c R^d$ i $\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1}$ uvedeni su indeksi: pritisku p_i i vremenu τ_i pozitivne faze udarnih talasa dodeljuje se indeks „i“, masi m eksploziva indeks „1“, i rastojanju R

mernog mesta od centra eksplozije indeks „2“, [20]:

$$p_i = Km^c R^d \quad (59)$$

$$\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1} \quad (60)$$

Koeficijent parcijalne korelacije r_{i1} , koji figuriše u izrazu (57), definiše se izrazom:

$$r_{i1} = \frac{\sum X_{1i}Y_i}{\sqrt{(\sum X_{1i}^2)(\sum Y_i^2)}} = \frac{B(1)}{\sqrt{X(1,1)C(0)}} \quad (61)$$

Koeficijent parcijalne korelacije $r_{i2,1}$, koji figuriše u izrazu (57), definiše se izrazom:

$$r_{i2,1} = \frac{r_{i2} - r_{i1}r_{21}}{\sqrt{(1 - r_{i1}^2)(1 - r_{21}^2)}} \quad (62)$$

Koeficijent parcijalne korelacije $R_{i2,1}$ definiše korelaciju između pritiska p_i udarnih talasa i rastojanja R mernog mesta od centra eksplozije pri konstantnoj masi eksploziva ($m = \text{const}$).

Koeficijenti parcijalne korelacije r_{i2} i r_{21} , koji figurišu u izrazu (62), definišu se izrazima:

$$r_{i2} = \frac{\sum X_{2i}Y_i}{\sqrt{(\sum X_{2i}^2)(\sum Y_i^2)}} = \frac{B(2)}{\sqrt{X(2,2)C(0)}} \quad (63)$$

$$r_{12} = r_{21} = \frac{\sum X_{1i}X_{2i}}{\sqrt{(\sum X_{1i}^2)(\sum X_{2i}^2)}} = \frac{X(1,2)}{\sqrt{X(1,1)X(2,2)}} \quad (64)$$

Na osnovu opšteg oblika funkcionalne veze pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa, sistema jednačina (47) i (48), analitičkih izraza koeficijenata parcijalne i višestruke korelacije može se izraditi računarski program za pronalaženje analitičkih izraza pritiska p_i i vremena τ_i pozitivne faze udarnih talasa

i numeričkih iznosa koeficijenata parcijalne i višestruke korelacije na osnovu eksperimentalnih podataka za p_i i τ_i .

Zaključak

U radu je na originalan način definisan postupak pronalaženja analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije u zavisnosti od mase eksploziva i rastojanja mernog mesta od centra eksplozije.

Za definisanje postupka nalaženja analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa na osnovu eksperimentalnih podataka korišćene su metode matematičke statistike:

- provera jednorodnosti disperzija na osnovu Copenhagenskog kriterijuma, tj. provera normalnosti raspodele izmerenih amplituda pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa;

- disperzivna analiza pomoću koje se na osnovu Fisherovog kriterijuma proverava da li na pritisak i vreme pozitivne faze znatno utiču masa eksploziva i rastojanje mernog mesta od centra eksplozije;

- regresivna analiza, pomoću koje se dolazi do analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa, metodom najmanjih kvadrata;

- provera adekvatnosti analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije, koja se sastoji u poređenju izračunatih odnosa disperzija sa Fisherovim kriterijumom.

Za potrebe definisanja analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa definisani su planovi eksperimentalnih istraživanja trodimenzionalnih funkcionalnih zavisnosti, oblika $p_i = K m^c R^d$ i $\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1}$.

Odabrana su dva faktora, rastojanje od centra eksplozije sa n_R nivoa i masa

eksploziva sa n_m nivoa, za koje se pretpostavlja da znatno utiču na pritisak i vreme pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije.

Definisani su analitički izrazi koeficijenata parcijalne i višestruke korelacije trodimenzionalnih funkcionalnih zavisnosti, oblika $p_i = K m^c R^d$ i $\tau_i = K_1 m^{c_1} R^{d_1}$ za kvalitativnu ocenu nivoa saglasnosti dobijenih analitičkih izraza p_i , τ_i sa eksperimentalnim podacima za p i τ .

Na osnovu ovog rada može se izraditi program za pronalaženje analitičkih izraza pritiska i vremena pozitivne faze udarnih talasa podvodne eksplozije i kvalitativnu ocenu nivoa saglasnosti analitičkih izraza p_i , τ_i sa eksperimentalno dobijenim podacima za p i τ .

Literatura:

- [1] Koul, R.: Podvodni vzrivi, IL, Moskva, 1950.
- [2] Cole, R. H.: Underwater explosions, Dover publication Inc., New York, 1963.
- [3] Mandić, J.: Simulatori impulsa pritiska, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1974.
- [4] Mandić, J.: Ostvarenje udarnog kratkotrajnog impulsa pritiska u udarnim cevima izjednačavajućeg pritiska, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1976.
- [5] Knežević, D., Živanović, M.: Simulatori vazdušnoudarnih talasa klasične i nuklearne eksplozije, Vojnotehnički institut KoV, DE-2995, Beograd, 1976.
- [6] Knežević, D.: Simulatori impulsa izjednačavajućeg pritiska reflektovanog vazdušnoudarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Elaborat o internim ispitivanjima na simulatoru II impulsa reflektovanog vazdušnoudarnog talasa, Vojnotehnički institut KoV, 07-27-71, Beograd, 1982, strana 83.
- [7] Knežević, D., Živanović, M.: Simulatori vazdušnoudarnih talasa klasične i nuklearne eksplozije, Vojnotehnički institut KoV, DE-3100, Beograd, 1977, strana 77.
- [8] Sinović, V., Knežević, D., Živanović, M.: Izveštaj o dovršenju udarne cevi I kao simulatora vazdušnoudarnog talasa klasične i nuklearne eksplozije, Vojnotehnički institut KoV, DE-3099, Beograd, 1978, strana 26.
- [9] Voronjcev, V., Obradović, N.: Mehanika fluida, Naučna knjiga, Beograd, 1973.
- [10] Vujanović, B.: Dinamika, Naučna knjiga, Beograd, 1976.
- [11] Šikopanja, V.: Teorija sličnih modela, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, Novi Sad, 1980.
- [12] Duncan, W. J.: Physical Similarity and Dimensional Analysis, E. Arnold, London, 1953.
- [13] Hossdorf, H.: Model Analysis of Structures, Van Nostrand Co., New York, London, 1974.

- [14] Schuring, D.: *Scale Models in Engineering, Fundamentals and Applications*, Pergamon Press, Oxford, New York, 1977.
- [15] Gurevič, A.: *Proračun regulacijskih ventila*, Lenjingrad, MAŠGIZ, 1968.
- [16] Knežević, D.: Istraživanje optimalnih rešenja ventila za zaštitu od vazdušnog talasa nuklearne eksplozije u vazduhu i uporedna analiza teorijskih i eksperimentalnih rezultata, magistarski rad, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1983.
- [17] Knežević, D.: Nalaženje analitičkog izraza koeficijenta otpora ventila metodom potpunog eksperimenta, *Naučno-tehnički pregled*, Vol. XXXV, 1985, br. 7-8, str. 21-26.
- [18] Knežević, D.: Metod nalaženja analitičkog izraza koeficijenta otpora protivudarnih ventila, *Naučnotehnički pregled*, Vol. XXXV, 1985, br. 10, str. 37-44.
- [19] Knežević, D.: Analitički metod definisanja kombinovanog protivudarnog ventila za regulaciju natpritisaka, *Naučnotehnički pregled*, Vol. XXXVI, 1986, br. 9, str. 13-24.
- [20] Knežević, D.: Prilog analitičkom definisanju pneumatičkih karakteristika sistema ventila specijalne namene, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1994.
- [21] Pantelić, I.: *Uvod u teoriju inženjerskog eksperimenta*, Radnički univerzitet „Radivoj Čipranov“, Novi Sad, 1986.
- [22] Vukadinović, S.: *Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike*, drugo izmenjeno izdanje, Privredni pregled, Beograd, 1978.
- [23] Nenadović, M.: *Metode optimizacije sistema*, SANU, Beograd, 1980.
- [24] Nenadović, M.: *Matematička dorada podataka dobijenih merenjem*, SANU, posebno izdanje, knjiga DLXXXII, Odeljenje tehničkih nauka, knjiga 29, Beograd, 1988.
- [25] Milošević, V.: *Teorijska statistika*, Naučna knjiga, Beograd, 1983.
- [26] Andonović, J.: *Osnovi računa verovatnoće i teorije najmanjih kvadrata*, Naučna knjiga, Beograd, 1986.
- [27] Duduković, B., Milosavljević, D.: *Planiranje eksperimenta i optimizacija procesa*, Beograd, IHTM Centar za tehnokonomiku i programiranje, 1976.
- [28] Ferguson, S.: *Mathematical Statistics*, New York, 1967.
- [29] Freund, J. E.: *Mathematical Statistics*, New York, 1971.
- [30] Ivanović, B.: *Teorijska statistika*, Naučna knjiga, Beograd, 1973.
- [31] Ivković, Z.: *Matematička statistika*, Naučna knjiga, Beograd, 1980.

Pavle Galić,
pukovnik, dipl. inž.
Saobraćajna uprava SP GŠ VJ,
Beograd

BEZBEDNOST PUTNOG SAOBRAĆAJA U VOJSCI JUGOSLAVIJE

– prikaz stručnog skupa –

U aprilu ove godine u organizaciji Saobraćajne uprave Sektora za pozadinu GŠ VJ održano je na Vojnotehničkoj akademiji Vojske Jugoslavije savetovanje na temu bezbednost putnog saobraćaja u VJ. Osnovni cilj skupa bio je da se izvrši analiza bezbednosti putnog saobraćaja u desetogodišnjem periodu, i identifikuju uzroci saobraćajnih nezgoda i problema u sistemu bezbednosti putnog saobraćaja.

Povod za organizovanje savetovanja „Bezbednost putnog saobraćaja u Vojski Jugoslavije“ jeste aktuelnost problema nebezbednosti pripadnika VJ u putnom saobraćaju, kao i potreba za razmenom iskustava i znanja između lica koja su redovno uključena u rešavanje problema ugroženosti u saobraćaju i lica koja se bave istraživanjem u ovoj oblasti.

Savetovanje je održano uz učešće najodgovornijih starešina saobraćajne službe u VJ, Prve uprave GŠ VJ, Pravne uprave SMO, Vojnog tužilaštva i pravobranilaštva, VMA, Vojnotehničke akademije VJ, Tehničke uprave SP GŠ VJ, AMSJ, Poslovnog udruženja auto-škola Jugoslavije, Centra za istraživanja u bezbednosti saobraćaja i drugih organizacija i institucija koje se bave bezbednošću putnog saobraćaja. Zapaženo učešće imali su i profesori sa saobraćajnih fakulteta u Beogradu i Novom Sadu, predstav-

nici MUP-a i direktori saobraćajno-transportnih preduzeća sa kojima VJ uspešno sarađuje.

Bezbednost putnog saobraćaja u VJ je ozbiljan problem koji se nameće pred komandovanje, a na to ukazuju statistički podaci o poginulima i povređenima, kao i veliki iznosi materijalnih i nematerijalnih šteta.

Apsolutni i relativni pokazatelji ukazuju na to da nivo bezbednosti danas nije viši nego u prethodnoj deceniji, što znači da još nisu pronađeni pravi mehanizmi za upravljanje bezbednošću putnog saobraćaja u društvu, pa i u VJ.

Sa savetovanja je pripremljen zbornik radova u kojem se nalazi 14 radova autora po pozivu (4 referata iz društva i 10 iz drugih organizacijskih celina VJ) i 30 prijavljenih referata. Značajna novina u organizaciji stručnih skupova u VJ jeste da je pristigao i prošao recenziju veliki broj radova starešina SbSl, što ukazuje na veliko interesovanje za tematiku skupa. Široka lepeza autora radova, od studenata VTA VJ, preko slušalaca ŠRO, potporučnika iz jedinica do pukovnika iz SbU, takođe ukazuje na veliko zanimanje za oblast bezbednosti saobraćaja.

Na skupu su izložena 44 rada, koja su svrstana u sedam tematskih celina a to su:

– saobraćajne nezgode i informacioni sistem bezbednosti putnog saobraćaja u VJ;

– sistem bezbednosti putnog saobraćaja u VJ;

– organizacija saobraćajne službe kao faktor bezbednosti saobraćaja;

– obuka vozača u Vojsci Jugoslavije;

– vojno vozilo kao faktor bezbednosti putnog saobraćaja;

– vojni vozači kao faktor bezbednosti putnog saobraćaja;

– regulisanje i kontrola putnog saobraćaja u VJ.

Pripadnici Vojske Jugoslavije prikazali su veći broj kvalitetnih radova. Referati o stanju bezbednosti putnog saobraćaja na nivou VJ, u periodu 1992–2000. godine, kao i u stratejskim grupacijama u istom periodu, pobudili su posebnu pažnju prisutnih.

Posebno zapaženo izlaganje imali su profesori Saobraćajnog fakulteta u Beogradu i predstavnik MUP-a Srbije:

– profesor dr Milan Vujanić, dipl. inž., – *Upravljanje bezbednošću putnog saobraćaja u svetu i kod nas*;

– profesor dr Radoslav Dragač, dipl. inž., – *Osnovne karakteristike i uzroci visoke nebezbednosti u drumskom saobraćaju*;

– pukovnik mr Blagoje Milinić, načelnik odeljenja saobraćajne policije MUP-a Srbije – *Analiza obeležja bezbednosti saobraćaja na putevima Republike Srbije*.

Na osnovu podnetih referata i izlaganja stručnih radova na savetovanju o

bezbednosti putnog saobraćaja u VJ može se zaključiti sledeće:

– treba formirati i afirmisati Savet za bezbednost saobraćaja na nivou VJ;

– preduzeti mere na smanjenju broja saobraćajnih nezgoda kroz intenzivnije i sveobuhvatnije preventivno delovanje;

– da se neprekidno i organizovano vrši transfer znanja u oblasti saobraćaja i posebno bezbednosti saobraćaja;

– edukacija učesnika u saobraćaju;

– obavezno definisati sistem bezbednosti putnog saobraćaja i projektovati informacioni sistem bezbednosti putnog saobraćaja u VJ;

– definisati modele vrednovanja nivoa bezbednosti putnog saobraćaja;

– redefinisati i aktivirati sveobuhvatni zaštitni sistem u bezbednosti saobraćaja;

– stručno definisati i verifikovati ciljeve bezbednosti, kroz upravljanje bezbednošću saobraćaja u VJ.

U toku savetovanja, kao prateći program, pripremljeno je nekoliko izložbi. Prikazana je saobraćajna oprema i nova tehnička zaštitna sredstva u saobraćaju, kao i prezentacija dostignuća u oblasti obuke vozača u građanstvu i četiri nezavisna programa edukacije kadra u saobraćaju. Bili su dostupni i diplomski, magistarski i doktorski radovi pripadnika VJ iz oblasti bezbednosti saobraćaja, zatim literatura iz oblasti bezbednosti saobraćaja, kao i fotografije sa uviđaja saobraćajnih nezgoda vojnih vozila.

MINSKO RATOVANJE

- prikaz monografije -

U izdanju „Vojne knjige“ Vojnoizdavačkog zavoda nedavno je izašla iz štampe jedinstvena monografija o inženjerskim dejstvima, poznavanju mina i njihovim efektima, problemima razminiranja, kao i zaštiti borbenih sredstava od dejstva mina, pod naslovom MINSKO RATOVANJE, čiji je autor potpukovnik dr Vlado Radić, dipl. inž. iz Vojnotehničkog instituta.

Danas se u naoružanje u svetu uvođe sistemi koji su do pre nekoliko desetina godina bili samo zamisao dalekovidih konstruktora. Međutim, što je apsurdno, ti preteći „sejači smrti“ ne izazivaju toliki strah, paniku i revolt koliko izazivaju teško uočljive, male i jednostavne mine. Mine su postale bauk koji deli svet na one koji su za i one koji su protiv njihove upotrebe.

Dok zagovornici zabrane upotrebe mina objavljuju verbalni rat konstruktora i proizvođačima, najavljujući neviđenu hajku, a vojni planeri svih rangova ostaju po strani tog „krstaškog rata“, problem se ne može sveobuhvatno razmatrati ukoliko se ne znaju odgovori na pitanja šta su to mine i kako deluju, ko ih najviše koristi i kada i kakve posledice ostavljaju na zdravlje i život ljudi.

Mine predstavljaju noviji izum, a u naoružanju armija postoji njihov veliki broj. Različite su po obliku, nameni,

principu dejstva i načinu postavljanja, a zajedničko im je što su relativno jeftine, vrlo efikasne, što se proizvode u velikom broju zemalja, masovno koriste i lako postavljaju, a vrlo teško uklanjaju. Pretpostavlja se da ih u različitim regionima sveta ima više od sto miliona, a njihovo uništavanje izuzetno je spor, neefikasan i skup proces koji se sadašnjim intenzitetom ne može okončati ni za sto godina. Stoga su mine u poslednjih nekoliko godina dobile na značaju, a međunarodna zajednica pojačala je napore u zabrani njihovog korišćenja ili minimiziranja efekata dejstva. Mine su oružje o čijoj se upotrebi i efektima godinama raspravlja na mnogim međunarodnim konferencijama, a pored njih samo je nuklearno, biološko i hemijsko oružje toliko prisutno u međunarodnim pravnim regulativama.

U devet poglavlja monografije potpukovnik dr Vlado Radić detaljno je obradio problematiku mina i minskog ratovanja. Kroz interesantan prikaz istorijata razvoja kopnenih mina, njihovih vrsta (protivpešadijskih i protivtenkovskih) i karakteristika, i do sada neobjavljenog atlasa mina, čitalac se na jednostavan način upoznaje sa ovom vrstom ubojnih sredstava čija je aktuelnost potencirana poslednjih nekoliko godina, posebno u svakodnevnim dešavanjima na kriznom prostoru Kosova i Metohije.

Opšti je utisak da je autor u tekst monografije ugradio svoje višegodišnje iskustvo, temeljno poznavanje materije minskog ratovanja i sa različitih aspekata uspeo da sistematizuje izuzetno veliki radni materijal kojim je raspolagao.

Monografija predstavlja do sada jedini materijal u SR Jugoslaviji i VJ čiji sadržaji su interpretirani u ovakvom obliku. Veliki broj fotografija, većinom u boji, doprinosi većem kvalitetu i očiglednosti tekstualnih objašnjenja. Njena pojava pred čitalačkom publikom doprineće povećanju znanja iz domena inženjerskih dejstava, poznavanju mina i njihovih efekata, kao i određenih problema razminiranja i čišćenja, zaštite borbenih sredstava od dejstva mina, međunarodnog ratnog prava i pravnih regulativa (konvencija).

U poglavlju o detekciji mina opisane su najnovije metode koje se koriste u svetu i čija je primena u armijama neminovna (detekcija metalnog sadržaja, senzori sa indukcionim kalemom, IC kame-re, toplotna aktivacija neutrona, pasivna radiometrija u milimetarskom domenu, radari, itd.). Prikazani su i objašnjeni načini rada i tehnički podaci gotovo svih poznatih minoistraživača u svetu (kao i našeg MI-2000), analizirane su karakteristike vrhunskih uređaja i najsavremenijih tehnologija koje su implementirane u njima. Posebno je apostrofirao deo poglavlja o istraživanju novih tehnologija detekcije mina, u kojem su opisani projekti zasnovani na biološkom i senzorskom pristupu detekciji.

Poglavlje o razminiranju i čišćenju mina razmatra vojno i humanitarno razminiranje. Uklanjanje mina razlikuje se po cilju, načinu, sredstvima, standardima čišćenja i mnogim drugim aspektima organizacije rada na uklanjanju mina. U ovom poglavlju posebno su razrađeni prioriteti i brzina razminiranja, standardi

bezbednosti i kvalitet razminiranja, troškovi razminiranja i zaštitna oprema.

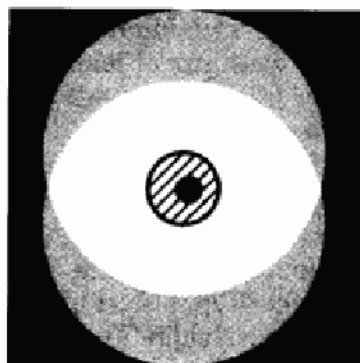
U našoj vojnoj literaturi do sada nije detaljnije obrađen problem zaštite oklopnih vozila od dejstva mina, pa ovo poglavlje potkrepljuje konstataciju autora da je to oblast interesantna za stručni i naučni angažman pojedinaca i institucija. Na primeru Južnoafričke Republike i njenih istraživanja tokom poslednjih 20 godina može se zaključiti da je zaštita od dejstva mina prioritet savremenih armija u modernizaciji postojećih i konstrukciji novih borbenih vozila – guseničara ili točkaša.

Posebno je naglašeno poglavlje o kasetiranju i razbacivanju mina, koje je postalo aktuelno u vreme agresije NATO na SRJ. Tada su kasetne mine korišćene u velikom broju, a njihove efekte su, nažalost, prvi osetili građani Niša i pripadnici naših vojnih i policijskih snaga na prostoru Kosova i Metohije. Prikazane su sve poznate vrste kasetnih mina i njihove karakteristike.

Imajući u vidu činjenicu da su tekstovi mnogih konvencija, ugovora i tehničkih aneksa često nedostupni ili uvezani u diplomatske zbornike i akta, autor se potrudio da analizira izvore međunarodnog ratnog prava i u priložima navede originalne tekstove konvencija čiji se sadržaj odnosi na mine i učini ih dostupnim svim zainteresovanim. Monografija će poslužiti kao izuzetno koristan materijal za upoznavanje sadašnjeg stanja, kao i tendencija razvoja mina za naredni period od 10 do 15 godina.

U recenziji je navedeno da ova monografija može označiti početak jednog sveobuhvatnog interdisciplinarnog projekta kojim će se obraditi različiti aspekti upotrebe mina – politički, taktičko-tehnički, medicinski, humanitarni, sociološki, ekološki i međunarodnopravni.

Redakcija



prikazi iz inostranih časopisa

VIŠECEVNI RAKETNI SISTEMI U NOVOM VEKU*

Nema sumnje, budući višecevni lansirni raketni sistemi (VLRS) razvijace se iz sistema Grad, Uragan i Smerč, koji se nalaze u naoružanju ruskih oružanih snaga, a dobro su poznati i na internacionalnom tržištu naoružanja. U započetoj dekadi osnovni put u razvoju sistema biće modernizacija postojećih VLRS, kojom će se obezbediti povećanje njihovih borbenih mogućnosti za nekoliko puta. Prema nekim analizama, osnovni pravci modernizacije slični su u Rusiji i drugim zemljama.

U proteklom periodu glavni napredak ostvaren je u razvoju visokopropulzivnog čvrstog raketnog pogona, kao i radikalno novih projekata raketnih motora sa pogonskim punjenjem čvrsto smeštenim u telu rakete, koje sagoreva duž unutrašnjih perforacija i obezbeđuje najbolje uslove za rad komore za sagorevanje. Tom tehnologijom može se dvostruko povećati domet postojećih sistema bez smanjenja mase i efikasnosti bojne glave ili, bez smanjenja vatrenog dometa, povećati masa bojne glave i, prema tome,

znatno povećati efikasnost njihove borbene upotrebe. Ova tehnologija može praktično da se primeni samo kroz optimizaciju dometa jedne vrste VLRS u ukupnom sistemu raketnog i artiljerijskog naoružanja.

Drugi trend usavršavanja uključuje povećanje ubojnosti bojnih glava namenjenih za dejstvo protiv specijalnih ciljeva klasifikovanih prema nivou njihove osetljivosti.

Kasetne razorne bojne glave ostaće osnovni tip municije namenjene za uništavanje žive sile (uključujući i posade PVO u zaštitnim prslucima) i vozila sa ceradama. Kasete tih bojnih glava mogu da se pune eksplozivima povećane snage.

Postoje dve osnovne tehnike proizvodnje ubojnih elemenata sa optimalnim dinamičkim parametrima: mehaničko i strukturno „drobljenje“ municije na prethodno određenu veličinu i punjenje municije ubojnim elementima iste ili različite mase. Mnogo pažnje posvećeno je selekciji mesta i metoda iniciranja eksploziva koji, kombinovani sa vazdušnom eksplozijom na optimalnoj visini, maksimalizuju zonu uništenja elementarnih ciljeva zaštićenih reljefom terena. Živa sila i vozila pod ceradama, prikriveni u tranšejama i rovovima, biće uništeni municijom sa eksplozivnom smešom pojačane snage, mu-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001.

nicijom sa eksplozivom gorivo-vazduh ili podmunicijom sa iskošenim oblikom raturanja fragmenata.

Iskustva iz upotrebe raketne artiljerije u antiterorističkim operacijama urgentno nalažu razvoj municije trenutnog dejstva dubokog proboja, namenjene za uništavanje žive sile i vojne opreme smeštene u veštačkim ili prirodnim podzemnim strukturama. Takva municija može da izazove niz razvojnih problema, pogotovo što njena upotreba (zbog relativno malog ubojnog radijusa) može da bude moguća samo ako se koristi uz sisteme oružja velike preciznosti.

Pešadijske jedinice u armijama razvijenih zemalja uglavnom se kreću i bore iz oklopnih transportera i borbenih vozila. Takvi lakooklopljeni ciljevi mogu da se unište municijom velikog kalibra kao što su potkalibarni ili kumulativni projektili i samonavođena municija.

Submunicija sa senzorskim upaljačima i samonavođena submunicija, namenjena i za uništavanje tenkova, intenzivno se razvija u Rusiji i drugim zemljama. Prva raketa sa submunicijom sa senzorskim upaljačima razvijena je i usvojena za upotrebu na VLRS Smerč. Principijelno nova tehnička rešenja ugrađena su radi smanjenja njihove mase i dimenzija, dok je održana njihova visoka efikasnost. One se mogu koristiti u raketama manjih kalibara, kao i za obezbeđenje najmanje dvostrukog povećanja efikasnosti raketa kalibra 300 mm koje se koriste protiv oklopnih ciljeva. Uskoro započinje razvoj novih metoda pronalaženja cilja pomoću municije sa senzorskim upaljačima, koja treba da povećava radijus kompenzacije promašaja za nekoliko puta. Međutim, istraživači se suočavaju sa izazovom razvoja glava za samonavođenje (tragači cilja) koje treba da budu sposobne da

otkriju skrivene ciljeve sa velikih visina u aktivnim i pasivnim uslovima ometanja i sa velikom verovatnoćom. Danas se istraživanje vrši putem širokog spektra elektromagnetnih i akustičkih talasa. Ono, takođe, uključuje razvoj samonavođenih glava zasnovanih na detekciji oblika koji stvara cilj.

Značajno iskustvo ostvareno je u razvoju municije za VLRS specijalne namene, kao što su rakete za daljinsko postavljanje protivtenkovskih mina, dimnih, zapaljivih, osvetljavajućih i drugih vrsta municije.

Istraživanje učinka VLRS prema indikatorima borbene efikasnosti tih sistema pokazuje da je najveći gradijent tih indikatora u vidu promene parametara distribucije greške pri gađanju indikativno za poboljšanje preciznosti gađanja VLRS. To istraživanje, kao i tehničke i ekonomske analize primenjenih tehničkih rešenja, svedoče o svrsishodnosti razvoja precizno vođenih sistema oružja, prvenstveno na bazi VLRS. VLRS mogu nositi različite elektronske uređaje savremenih sistema za vođenje.

Vođene rakete za VLRS Smerč već su ušle u naoružanje nekih armija. Principi njihovog upravljanja mogu se primeniti na projekte manjeg kalibra. Umesto lokalne korekcije putanje mogu da se razviju sistemi kontinualnog operativnog vođenja koji će koristiti informacije primljene od inercionih senzora, počevši od momenta lansiranja raketa pa sve do aktiviranja upaljača. Čak i ako su inercioni senzori ugrađeni na nestabilizovane platforme (najjeftinija opcija), tačnost pogađanja može da se poveća najmanje dva puta u poređenju sa onim za vođene rakete. Najveća tačnost jednog autonomnog sistema vođenja moći će da se ostvari

ukoliko on sadrži prijemnik za satelitski navigacioni sistem.

Telekomandno vođenje može se koristiti ako se VLRS uključi u izviđačko-udarni kompleks. Najveći učinak može se postići raketama VLRS koje su opremljene sistemima vođenja koji koriste zračenje odbijeno sa cilja pomoću laserskog ili radarskog označivača cilja. Međutim, njihova efikasna upotreba zavisiće od stepena zaštite lansirnog vozila i druge opreme, prvenstveno sredstava za upravljanje vatrom, izviđanje, meteorološku i geodetsku podršku. Dobro izbalansirana integracija svih tih komponenata u jedinstveni automatizovani sistem, opremljen širokim, otpornim na ometanje i bezbednim, pouzdanim i brzo dejstvjućim komunikacijskim vezama mogu obezbediti uspešnu upotrebu VLRS u budućim oružanim sukobima.

Operativna borbena vozila sa VLRS su višecelni lanseri raketa montirani na šasijske točkaše koji se pune ručno ili pomoću specijalnih punjača. Lanseri koriste nišane koji su montirani na delovima za okretanje pomoću mehaničkog ili hidrauličnog prenosa.

Savremeni lanseri će se puniti okviri (raketama raznih kalibara, ako je potrebno) i automatski (dok je posluha izvan vozila). Imaće, takođe, navigacionu opremu povezanu sa satelitskim navigacionim sistemom i kompjuterom vojnog tipa, namenjenog za upravljanje svim komponentama automatizovanog lansera i proračun podataka neophodnih za gađanje i let. Vreme reagovanja takvog lansera iznosiće jedan do dva minuta. Vozila će biti u stanju da napuste svoj vatreni položaj pre nego što njihove rakete pogode svoje ciljeve. To će biti visoko automatizovano sredstvo na bojištu, koje će optimalno koristiti teren, doba dana i vremenske uslove.

Rezultati usavršavanja sistema za upravljanje vatrom, izviđanje, meteorološka i geodetska podrška, vitalni su za raketno i artiljerijsko naoružanje i nisu specifični za VLRS, mada u znatnoj meri određuju njihovu efikasnost. Naravno, ti elementi, posebno izviđački uređaji, treba da se integrišu sa VLRS.

Analize potencijalne taktičke primene VLRS, kao i trendova njihovog tehnološkog razvoja, pokazuju da postoji veliki broj opcija za njihovo usavršavanje, kojim će se zadovoljiti najrigorozniji zahtevi korisnika uz prihvatljivu cenu.

M. Krbavac

<<<◇>>>

PRVO GAĐANJE RAKETOM STORM SHADOW*

Krajem decembra 2000. godine izvršeno je uspešno, potpuno vođeno gađanje raketom STORM SHADOW/SCALTEG (olujna senka) na poligonu Biscarosse u jugozapadnoj Francuskoj. Raketa, koju je razvila firma Matra Bae Dynamics (MBD), lansirana je sa francuskog borbenog aviona Mirage 2000N sa visine 20 000 ft (6096 m) pri brzini od 0,9 Maha. Raketa je letela više od 250 km, brzinom od 0,8 Maha, i na vrlo malim visinama, pre nego što je pogodila specijalno konstruisan cilj u granicama očekivane greške.

Ovaj uspeh je potvrda kompletnog razvoja krstareće rakete sposobne da neutrališe potencijalne vitalne objekte neprijatelja. Demonstrirana je visoka tehnička savršenost i ekspertiza MBD da se prihvati takvog ambicioznog izazova. To je prvo kompletno izvedeno gađanje u svim fazama, počevši od sigurnog odvajanja

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 18. januar 2001.

nja od aviona, preciznog krstarenja preko mora i kopna, samostalnog prepoznavanja i praćenja cilja i preciznog udara u cilj.

Gađanje je izvedeno posle ispitivanja na zemlji i u vazdušnom prostoru u Francuskoj i Velikoj Britaniji. Sistemom raketne avionike, ugrađene na čelo helikoptera Puma, izvršeno je preko 100 letova protiv simuliranih ciljeva radi obezbeđenja potrebnih performansi. Raketa je prilagođena za Mirage 2000D radi provere projektovane putanje, korektnog uzajamnog dejstva elemenata navigacionog sistema (GPS, IMU i radarski visinomer) i simulacije granične faze radi obezbeđenja korektne operacije vođenja.

Potreban hardver za ugradnju na avione Tornado isporučen je firmi Bae Systems u Wartonu radi izvršenja probnih letova koji su planirani za početak 2001. godine. Programe izgradnje STORM SHADOW i SCALP EG ministarstva odbrane Velike Britanije i Francuske dodelili su firmi MBD 1997. godine. MBD je bio odgovoran da usaglasi, što je moguće više, sve nacionalne zahteve u jedinstvenu specifikaciju i da obezbedi skladan razvojni projekat. Ministarstvo odbrane Italije pridružilo se ovom programu 1999. godine.

Tehničku osnovu za program STORM SHADOW čine rakete APACHE namenjene za dejstvo po avio-pistama, koje je, rakode, razvila firma MBD, i koje su planirane za uvođenje u naoružanje Francuske pre kraja 2001. godine. APACHE je obezbedio stelt aviokonstrukciju i posle trinaestog uspešnog gađanja počela je masovna proizvodnja.

Nova tehnologija primenjena na STORM SHADOW sadrži:

- tandem bojnu glavu BAE SYSTEMS BROCH koja je bila uspešno

demonstrirana uništavanjem simuliranog betonskog bunkera nekoliko metara ispod zemlje i reprezentativnog betonskog bunkera debljine nekoliko metara;

- najsavremeniji navigacioni sistem, koji je razvio MBD, a koristi informacionu fuzijsku tehniku radi spajanja inercijalnog navigacionog sistema merenja terena i podataka sa GPS;

- granični sistem vođenja, koji koristi MBD-ov sistem prepoznavanja cilja i BAE SYSTEMS infracrvene senzore radi tačnog prikazivanja cilja.

Od 2002. godine rakete STORM SHADOW/SCALP EG isporučivaće se za vazduhoplovne snage Velike Britanije i njihove avione Eurofighter Typhoon, Tornado GR4 i Harrier GR7, za avione francuskog vazduhoplovstva i mornarice Rafale i Mirage 2000D, te za avione Tornado IDS i Eurofighter Typhoon vazduhoplovnih snaga Italije.

M. Krbavac

<<<◇>>>

ORUŽJE VELIKE PRECIZNOSTI I TEHNOLOGIJE VEŠTAČKE INTELIGENCIJE*

Ruska kompanija RADAR MMS je vodeća firma u razvoju elektronskih sistema za krstareće rakete. Izviđački udarni kompleks u koji je ugrađen sistem vođenja velike preciznosti i konvencionalna bojna glava projektovana je za uništavanje ciljeva s maksimalnom tačnošću. Glave za samonavođenje rakete određuju konačnu efikasnost sistema pri izviđanju, prenosu podataka, određivanju cilja, lansiranju krstareće rakete i uništenju cilja. Mogućnosti raketnog naoružanja

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001.

nja brodova, podmornica i aviona utiču na njihovu konkurentnost i direktno su povezani s tehničkim i taktičkim karakteristikama glava za samonavođenje raketa.

Da bi se obezbedila visoka efikasnost, protivbrodski izviđački – udarni sistem, posebno glave za samonavođenje, treba da imaju specijalne sposobnosti „vizije“ da steknu informacije o ciljevima danju i noću, po svakom vremenu, u uslovima intenzivnih protivelektronskih dejstava (PED) i da tačno vode raketu do cilja. Ti zahtevi mogu se ispuniti aktivnim radarskim glavama za samonavođenje, koje su osnovni element sistema za vođenje protivbrodske rakete.

Danas su glavni pravci poslovanja kompanije usmereni na razvoj i proizvodnju aktivnih radarskih glava za samonavođenje za brodske, avionske i na zemlji stacionirane krstareće rakete. Glave za samonavođenje obezbeđuju tačno granično vođenje protivbrodskih raketa prema manevrišućim površinskim ciljevima poput brzih raketnih brodova i razarača.

Aktivne radarske glave za samonavođenje obezbeđuju upotrebu danju i noću, u temperaturnim intervalima $\pm 50^{\circ}\text{C}$, intenzitetu padavina od 8 mm/h i stanju mora do 6 jedinica. Odlikuju se velikom otpornošću na ometanje u uslovima snažnih PED, kako pri pojedinačnom, tako i plotunskom lansiranju raketa.

Navedena svojstva aktivnih radarskih glava za samonavođenje omogućavaju svakoj raketi da pogodi svoj cilj, tj. da se primeni princip „opali i uništi“. Osnovni zahtev koji se postavlja pred savremene rakete jeste što veći domet, čime se obezbeđuje zaštita lansirne platforme i iznenadni napad na cilj. Međutim, zbog dugog vremena leta rakete potrebna

su sredstva za otkrivanje i selekciju manevrišućih površinskih ciljeva na širem prostoru njihove verovatne lokacije. Nakon lansiranja raketne platforme ne mogu obezbediti tačno pogađanje, dok sistemi inercione ili satelitske navigacije mogu dati samo približne podatke o položaju cilja. Svi zadaci traganja za ciljem u širokom dijapazonu uglova i dometa, kao i pozicioniranje i vođenje rakete od cilja, potpuno je autonomno i automatsko pomoću aktivnih radarskih glava za samonavođenje, kojima se obezbeđuje i princip „opali i zaboravi“ i garantuje uništenje cilja. Vatrema ispitivanja raketa opremljenih ovim glavama potvrdili su izvodivost tih principa.

Firma Radar MMS proizvodi aktivne radarske glave za samonavođenje ARG-35E i ARG-54E koje se ugrađuju na krstareće rakete, zatim Kh-35E, 3M-54E i 3M-54E1 koje se koriste na savremenim raketnim sistemima Uran-E, Club-N i Club-S, a ugrađuju se na razarače, fregate, brze raketne brodove, podmornice, obalske odbrambene raketne sisteme, uključujući i one namenjene za izvoz. Krstareće rakete modernizovane navedenim sistemima vođenja činiće kičmu vođenog oružja za lansiranje iz vazdušnog prostora sa modernizovanih aviona i helikoptera ratnog vazduhoplovstva i mornaričke avijacije.

Raspoloživost malogabaritnih osnovnih verzija glava za samonavođenje za koherentne aktivne radarske glave za samonavođenje, koje imaju masu manju od 35 kg, i nove tehnologije omogućavaju firmi Radar MMS da modernizuje postojeće krstareće rakete sa zastarelim sistemima vođenja.

Rastući taktički i tehnički zahtevi za sisteme vođenja i brzi razvoj sistema za PED naveo je firmu Radar MMS da

pronađe novi koncept projekta savremenog sistema vođenja. Pristup je zasnovan na integraciji nekoliko informacionih kanala koji koriste različita fizička polja i adaptivnoj fuziji informacija, što čini informacioni kompleks sistema za vođenje i upravljanje dobro uvezanim sa višestepenom informacionom podrškom.

Kompozicija informacionih kanala specifičnog sistema zavisi od zadataka koje izvršava raketa u okviru svog ukupnog okruženja prilikom leta. Ti informacioni kanali mogu se, takođe, uvesti u sisteme za izviđanje i gađanje izviđačkih – udarnih sistema radi povećanja njihovog lansirnog dometa. Firma je razvila hibridnu dvopojasnu aktivnu radarsku glavu za samonavođenje ARG-S-K koja može generisati radarsku sliku cilja i zatim je identifikovati.

Integracija podataka iz različitih kanala izvršava se savremenim digitalnim sistemima velikog kapaciteta obrade signala i informacija u realnom vremenu, omogućavajući njihovo objedinjavanje i prilagođavanje za različite izvore i koristeći pri tome sisteme otvorene arhitekture sa protokolima standardne izmene podataka.

Ugrađeni sistemi automatskog vođenja, koje danas razvija firma Radar MMS, koriste iskustvo i principe „pametnih“ (smart) sistema. Moćni ugrađeni procesori podržavaju rad u realnom vremenu. Aktuelni zadaci su rešeni u dva koraka: prvi – analiza primljene informacije i drugi – odlučivanje zasnovano na logičkim zaključcima izvedenim na osnovu odabranih kriterijuma. Ta sekvenca dejstva omogućava brzu korekciju odluke u neizvesnoj situaciji, posebno u uslovima PED. Uz to, ove glave za samonavođenje imaju ugrađen tehnički i funkcionalni dijagnostički režim.

Drugi pravac razvoja „pametnog“ sistema je implementacija (pomoću neurokomputera) principa veštačke inteligencije u kompleks ekspertskih sistema raznih namena, koji će biti interaktivni u realnom vremenu.

M. Krbavac



MODERNIZACIJA STANDARDNE STRELJAČKE MUNICIJE*

Modernizacija standardne municije za streljačko naoružanje, uz proizvodnju nove, osnovna je aktivnost Novosibirskog zavoda. To se odnosi, pre svega, na svetleće zrno s čeličnim jezgrom 7,62 mm (oznaka 7T2M) i snajperske municije (oznaka 7N1).

U 1998. godini lansirana je proizvodnja nove puščane municije (oznaka 7BT1) sa oklopno-pancirnim svetlećim zrnom. Nova municija razlikuje se od standardne svetleće municije 7,62 mm (oznaka 7T2M) po svojoj sposobnosti proboja oklopa. Kada se, na primer, gađa iz mitraljeza PKT na rastojanju od 300 m ovom municijom probija se čelična ploča debljine 5 mm. Da bi se postigao taj kvalitet municije dizajn zrna morao je potpuno da se promeni, a olovno jezgro zameni zaoštrenim čvrstim čeličnim jezgrom. Istovremeno, trajanje osvetljavanja i rastojanje od početka osvetljavanja ostali su nepromenjeni, što je važno za obeležavanje cilja i za smanjenje otežavajućih faktora pri gađanju po mraku. Ballističke karakteristike i gustoća vatre municije 7BT1 i 7T2M identične su. Municija 7BT1 namenjena je za gađanje iz svih tipova streljačkog naoružanja prilagođe-

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001. god.

nih za upotrebu puščane municije 7,62 mm i temperature od -50°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

Istovremeno sa radom na novoj oklopno-pancirnoj osvetljavajućoj municiji, proizvedena je serija modernizovane streljačke municije 7,62 mm (oznaka 57-N-323S) sa zaoštrenim čvrstim čeličnim jezgrom i pojačanim efektom proboja. Ta municija nadmašuje standardnu municiju (oznaka 7N13) po parametrima proboja oklopa.

Balističke karakteristike i gustoća vatre standardne i modernizovane municije pojačane probojnosti ostale su iste. Municija 57-N-323S sa zrnom pojačane probojnosti prošla je testove 1999. godine i dobila oznaku 7N26. To je sada osnovna municija za sve tipove streljačkog naoružanja prilagođenog za puščanu municiju kalibra 7,62 mm. Putanje zrna za municiju 7N13 i 7N26 koincidiraju, ali je probojnost oklopa znatno veća za municiju 7N26.

U 1999. godini lansirana je proizvodnja nove snajperske municije (oznaka 7N14), koja se razlikuje od municije 7N1, (u upotrebi od 1966. godine), po svom oklopno-pancirnom zrnou kojim je znatno povećana efikasnost municije.

Po parametrima balističkih karakteristika i gustoći vatre, municija 7N14 se ne razlikuje od standardne municije. Ona je, takođe, namenjena i za snajperske puške SVD i lake i ugrađene mitraljeze prilagođene za municiju 7,62 mm.

Lista municije za poštoľ Makarov sada sadrži i dve nove vrste za policiju: pištoljska municija 9 mm sa širećim zrnou PE.000 i pištoljska municija 9 mm sa trasirajućim zrnou PT.000. Šireće zrno ima bimetalnu košuljicu i olovno jezgro sa centralnim otvorom duž njegove uzdužne ose. Nakon udara u meko tkivo, zrno se deformiše i širi, što povećava

njegovu energiju. Osvetljavajuća municija ima bimetalnu košuljicu, olovno jezgro i traser. Domet trasiranja je 100 m za najmanje 80% zrna.

Proširena je, takođe, lista municije kalibra 12,7 mm. U 2000. godini proizvedena je prva serija snajperske municije 12,7 mm pod oznakom 12.7SN.000. Za razliku od standardne municije 57-BZ-542, ova municija pruža bolju sliku pogodaka, pa pri gađanju iz balističkog oružja na rastojanju od 300 m R 100 ne prelazi 16 cm. Pri gađanju vertikalne oklopne ploče debljine 10 mm, sa rastojanja od 800 m, oklop je probijen sa najmanje 80% hitaca. Municija je namenjena za gađanje iz snajperske puške 12,7 mm pri temperaturama od -50°C do $+50^{\circ}\text{C}$.

M. Krbavac



VIŠENAMENSKI BORBENI AVION Su-30MKI*

Letne performanse, tehničke karakteristike i borbene sposobnosti svakog aviona prvenstveno zavise od dodeljene im uloge, taktičkih zadataka i ambijenta u kojem se zadatak izvršava. Po tim faktorima razlikuju se ruski lovački avioni od njihovih inostranih suparnika.

Avion Su-30MKI, koji je zadržao najbolje osobine nenadmašnog superior-nog lovca Su-27, odlikuje se povećanim funkcionalnim sposobnostima. Upoređenje Su-30MKI, koji spada u klasu teških lovaca, sa avionima F-16C Block 50, F-16C Block 60 i F-18E/F nije nimalo lako, jer oni pripadaju konceptijski različitim klasama lovaca i imaju sopstvene

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001. godine

preferencijalne zone borbene upotrebe. Na primer, verzija F-18E/F odlikuje se izraženom udarnom sposobnošću, dok je po karakteristikama dimenzija blizak ruskim lovcima.

Osnovne taktičke i tehničke karakteristike koje određuju mogućnosti svakog aviona sadrže borbene performanse, avioniku i karakteristike naoružanja. Njihova analiza omogućava upoređivanje aviona i procenu nivoa borbenog savršenstva.

Strukturna i aerodinamička konfiguracija Su-30MKI obuhvatila je najnovija istraživačka i tehnička dostignuća. To je trokrilac (kombinacija konvencionalnog projekta sa krilima sa strelom okrenutom unapred) sa podizućim trupom i razvijenim krilnim nastavcima. Uzajamno dejstvo krila strelom unapred i krilnih nastava stvara upravljani vrtložni efekt sličan onom kod adaptivnih krila.

Projekti F-16 i F-18 razvijeni su početkom i sredinom sedamdesetih godina. Prema parametrima maksimalne aerodinamičke efikasnosti, Su-30MKI, kao i cela familija aviona Su-27, nadmašuju inostrane suparnike za 50 do 100%. To je razlog što najnoviji program modernizacije, kojim su realizovane verzije F-16C Block 60 i F-18E/F, uključuje povećanje raspona krila, dužine trupa i površina upravljanja, a znatno je promenjena i strukturna konfiguracija i generalni izgled njihovih osnovnih verzija.

Motori sa upravljivim vektorom potiska omogućavaju lovcu Su-30MKI, manevre kao što su „kobra“ vertikalni okret, valjanje na „zvono“, okretanje u „kobri“, itd. U tim manevrima napadni ugao može dostići 180°. To nisu samo akrobatski manevri, jer se supermanevarska sposobnost može efikasno iskoristiti i u borbi. Avioni F-16 i F-18 imaju maksimalne

napadne uglove 30° i 40°, respektivno, i oni ne mogu da koriste oružje na superkritičnim uglovima napada.

Po karakteristikama konvencionalnih mogućnosti manevra, svi ovi lovci su veoma slični. Međutim, u odnosu na prethodne procene, supermanevarska sposobnost Su-30MKI obezbeđuje mu superiornost nad njegovim suparnicima u bliskoj borbi. Višestruke aviosposobnosti stavljaju u prvi plan problem efikasne upotrebe naoružanja. Za rešenje tog problema Su-30MKI ima kopilot-operator radi poboljšanja rada posade, efikasnosti upotrebe oružja i obezbeđenja grupnih zadataka.

Uloga avionike u borbenoj upotrebi aviona stalno je u porastu. Brojni borbeni sistemi Su-30MKI (navigaciona i komunikacijska oprema, instrumenti pilotske kabine) razvijeni su u saradnji sa inostranim kompanijama. Superiornost radara Su-30MKI po parametrima dometa otkrivanja cilja, snimanju sektora i otpornosti na ometanje čini ga veoma efikasnim u vazдушnim borbama na velikim rastojanjima.

Savremeni ruski lovci opremljeni su usavršenim optroničkim sistemom, projektovanim da pretražuje, otkriva, prati, automatski sledi ciljeve u vazдушnom prostoru i na kopnu i uništi ih svojim naoružanjem. Stanica optičkog lociranja i ugrađeni zaštićeni nišan obezbeđuju efikasnu upotrebu naoružanja protiv ciljeva u vazдушnom prostoru. Velika preciznost i otpornost na ometanje sistema povezanog sa ugrađenim radarom, omogućava otkrivanje ciljeva na udaljenosti do 50 km i njihovo uništavanje u pogodnom momentu, što znatno povećava ukupne borbene mogućnosti lovca. Zaštićeni ugrađeni nišani tek su se nedavno pojavili na inostranim lovcima. Što se tiče optro-

ničke opreme, koja se koristi protiv zemaljskih ciljeva, mogućnosti F-16 LANTIRN i F-18E/F ATFLIR sistema slične su odgovarajućim ruskim, mada u toj oblasti, za sada, zapadni konstruktori održavaju primat.

U odnosu na F-16C Block 50, punjenje teškog naoružanja koje nosi Su-30MKI znatno smanjuje (za 20%) vreme potrebno za uništavanje ciljeva na kopnu jednim borbenim naletom, posebno kada se koriste avionske bombe. Za lovca F-18E/F planira se da uskoro dobije slične borbene mogućnosti.

Prema parametrima kvantiteta i tipova naoružanja Su-30MKI nadmašuje avione F-16C Block 50 i F-16C Block 60, dok mu je F-18E/F po tim parametrima blizak.

Po parametrima uglova za određivanje cilja, manevarskim sposobnostima, itd. raketa bliskog dometa vazduh-vazduh R-73E, kojom je naoružan Su-30MKI, znatno prevazilazi slične inostrane rakete i spada u najbolje u svojoj klasi. Velika moć i balistički parametri raketa velikog dometa vazduh-vazduh na Su-30MKI, kombinovano sa mogućnostima radara, omogućavaju zadavanje preventivnih udara po ciljevima u vazdušnom prostoru.

Opremljen sa 12 vrsta naoružanja, noseći pun komplet raketa vazduh-vazduh, uz mogućnost višekanalnog uništavanja cilja, lovac Su-30MKI može se efikasno koristiti za odbijanje masovnih vazdušnih naleta.

Su-30MKI ima dvostruku prednost nad F-16 po broju istovremeno nošenog vođenog oružja vazduh-zemlja, koje je uz to i efikasnije. Njegovo vođeno oružje velike snage omogućava uništavanje duboko ukopanih, čvrstih i superčvrstih ciljeva. Vođene rakete srednjeg dometa

mogu da se lansiraju sa bezbednih rastojanja. Očekuje se da lovac F-16E/F bude naoružan sličnim raketama posle 2005. godine. On će se, takođe, opremiti vođenim raketama vazduh-površina sa satelitskim navigacionim sistemom, mada je izvoz tih aviona u doglednoj budućnosti malo verovatan.

Protivradarske i protivbrodske rakete sa lovca Su-30MKI imaju veću srednju brzinu od raketa svojih suparnika, a mitraljez ima veću preciznost i bolje probojne mogućnosti protiv lakooklopljenih vozila.

Zbog svojih osobina, koje ga favorizuju u odnosu na inostrane suparnike, Su-30MKI je sigurno jedan od najboljih višenamenskih lovaca na početku 21. veka. Borbene mogućnosti aviona obično se procenjuju korišćenjem indikatora kompleksne efikasnosti koji definišu ukupne performanse aviona. Prema preliminarnim procenama, u borbi na velikim rastojanjima, Su-30MKI nadmašuje avione F-16C Block 60, F-16C Block 50 i F-18E/F za 15, 20 i 12-15%, respektivno, zbog boljeg radarskog dometa otkrivanja ciljeva, veće otpornosti na ometanje i višekanalne sposobnosti, kao i boljih manevarskih sposobnosti.

Supermanevarske sposobnosti i bolje rakete vazduh-vazduh omogućavaju ovom avionu superiornost u bliskoj vazdušnoj borbi, po čemu nadmašuje navedene lovce za 15 do 20%.

Po mogućnostima udara po ciljevima na kopnu, lovac Su-30MKI nadmašuje F-16C Block 50 za 50% i F-16C Block 60 za 100%. To je rezultat boljeg radarskog sistema za izviđanje i upravljanje vatrom, veće izdržljivosti, bolje manevarske sposobnosti, većeg borbenog tereta i većeg akcionog radijusa. F-18E/F kojem su modernizacijom poboljšani domet, naoruža-

nje, veličina borbenog kompleta i usavršen radarski sistem, još zaostaje po sposobnosti udara za 15 do 20%.

Lovac Su-30MKI može da se koristi i kao presretač u PVO, kao jurišni avion ili leteće komandno mesto i kao vodeći avion kombinovane borbene grupe, obezbeđujući na taj način sadejstvo i koncentraciju snaga. Digitalni sistem upravljanja SDU-10MK omogućava da se koristi i kao borbeni trenažni avion.

M. Krbavac



OKLOPNA VOZILA ZA SPECIJALNE ZADATKE*

Ratovi i lokalni sukobi u protekloj dekadi pokazali su da kopnena vozila, uključujući i daljinski upravljana, nisu pogodna za kontinualno izviđanje sredstava neprijatelja. To je posledica nekoliko faktora, među kojima su, pre svega, oslanjanje na vazdušne platforme i njihove senzore za vremenske uslove, maskirna i aktivna protivdejstva PVO, problemi koji se odnose na vremenska odlaganja, interpretaciju podataka, identifikaciju cilja, uključujući i otkrivanje civilnog stanovništva u određenim zonama. Takođe, velika pokretljivost ciljeva i prikrivena dejstva znatno smanjuju verovatnoću uništenja ukoliko je dugo vreme između otkrivanja cilja i dejstva po njemu. Smatra se da se ti problemi mogu rešiti razvojem veoma pokretnih automatizovanih izviđačkih vozila kao što je, na primer, budući izviđački sistem FSCS (the Future Scout and Cavalry System) koji razvijaju SAD i Velika Britanija od 1996. godine. Korišćena za taktičke po-

trebe, ta vozila, velike brzine i sposobnosti manevra, razvijana u steli tehnologiji, biće opremljena, verovatno, i sistemima za prikupljanje, obradu i prenos podataka, a imaće savremeno naoružanje i zaštitu posade.

Vozila razvijena prema tim principima omogućiće reviziju starih taktika korišćenja osnovnih borbenih tenkova, kao i oklopnih snaga namenjenih za prodor kroz protivničku odbranu i razvoj novih pristupa po kojima su laki tenkovi opremljeni sistemima za gađanje velike tačnosti i, ako je potrebno, sistemima vrlo preciznog oružja, pa mogu da dejstvuju u „automatizovanim borbenim“ uslovima. Ta vozila mogu biti veoma značajna za sukobe niskog i srednjeg intenziteta, zadatke patroliranja u zonom fronta i za upade u dubinu teritorije protivnika.

Sledeći taj koncept, kompanija Monitor-Service iz Belorusije, zajedno sa ruskim i beloruskim projektnim biroima i vojnim institucijama, razvila je vozilo za izviđačke i specijalne namene RDM. Novo vozilo, poznato po oznaci 2T, podvrgnuto je fabričkim ispitivanjima, a nekoliko verzija ovog vozila razvija se za rad u raznim geografskim i klimatskim uslovima.

Modularna izrada vozila omogućava izmene konfiguracije njegovog naoružanja, sistema za otkrivanje cilja i komunikacija.

Prikupljanje i obrada podataka izvršava se pomoću sistema višekanalne optičke lokacije koji ima optički (dnevni) i pasivni termički (noćni) kanal za prikaz slike. Sistem može da otkrije, identifikuje, selektira i automatski prati zemaljske i vazdušne ciljeve pomoću njihovih koordinata ugla. Daljina selektiranih ciljeva određuje se optičkim ili laserskim daljinomerima.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001.

Navigacioni sistem velike tačnosti, koji uključuje satelitski navigacioni terminal GLONASS/GPS, omogućava posadi da tačno odredi poziciju cilja i prenese na komandno mesto podatak o cilju putem kodirane veze velikog kapaciteta.

Podaci za gađanje mogu se koristiti sistemom za upravljanje vatrom naoružanja vozila koji se sastoji od stabilisanog automatskog topa 30 mm sa spregnutim mitraljezom 7,62 mm, automatskog bacača granata 30 mm, kao i raketnih sistema Ataka (protivoklopni) i Igla (PVO). Raketni lanseri montirani u kupoli doprinose smanjenju radarske slike vozila i povećavaju mogućnost njegovog prikrivanja. Oprema sadrži i 12 protivtenkovskih mina, koje se postavljaju ručno, kao i kontejnere za specijalnu opremu.

Rezerve municije, goriva, vode i hrane obezbeđuju autonomiju rada za nekoliko dana. Sistem višestruke zaštite vozila sadrži nekoliko uređaja i projektnih rešenja, uključujući i to da su fizička polja vozila u optičkom, radarskom i IC spektru, kao i njihova akustička slika, smanjeni približno za jedan red veličina u odnosu na druga vozila iz te klase. Za te potrebe specijalno su proračunati struktura i oblik oklopa i korišćeni premazi za apsorbovanje energije. Sistem zaštite od laserskog zračenja upozorava posadu i izbacuje zaslepljujuće dimne granate u pravcu izvora laserskog zračenja. Čeonni oklop obezbeđuje zaštitu od oklopno-pancirnih zrna 35 mm, ispaljenih sa udaljenosti od 300 m pod uglom od 40°. Protivminka zaštita slična je onoj za druga savremena oklopna sredstva.

Mogućnost opstanka vozila na bojištu obezbeđena je visokom sposobnošću manevra i brzinom. Snažni dizel motor, hidrodinamička transmisija, mehanizam hidrauličkog upravljanja i aktivno hidro-

pneumatsko ovešanje omogućavaju vozilu da razvije brzinu od 90 km/h po zemljanim putevima. Uprkos njegovoj znatnoj masi vozilo ubrzava do maksimalne brzine za nekoliko sekundi. Savlađava sve prirodne i veštačke prepreke i čini skokove dužine 10 m na odgovarajućem terenu. Za kretanje unazad i manevrisanje koristi se TV sistem. Dve osobenosti čine ovo vozilo ključnim u razvoju ruske vojne tehnologije. Pre svega, to je prvo oklopno vozilo razvijeno isključivo uz korišćenje sopstvenih proizvodnih resursa, tj. bez budžetskih sredstava, a pošto je njegov razvoj započeo nekoliko godina pre razvoja takvog vozila kod inostranih suparnika ima izvanredne šanse za izvoz.

M. Krbavac

<<<◇>>>

RADIO-OSMATRAČKI SISTEM VEGA 3D*

Vojni sukobi u Iraku i Jugoslaviji pokazali su da se vazdušne operacije izvršavaju uglavnom stelt (stealth) avionima i oružjem velike preciznosti, sposobnim za samonavodenje na zračće ciljeve, dok se vazdušni udari podržavaju aktivnim ometanjem visoke gustoće šuma. Posledica takvog stanja jeste da se borbena efikasnost PVO smanjuje zbog smanjenih zona radarske aktivnosti, mogućnosti opstanka i stabilnosti podsistema PVO.

Znatno povećanje efikasnosti PVO može se postići uvođenjem višepozicionih pasivnih sistema projektovanih da lociraju radarska zračenja opasnosti iz vazdušnog prostora, obezbede rano otkrivanje

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001.

cilja, identifikaciju, distribuciju i prenos podataka o cilju do raketa – topova PVO i sredstava za PED.

Radio-osmatrački sistem 85V6-A Vega 3D potpuno zadovoljava zahteve postavljene pred savremene pasivne sisteme lokacije. Sistem Vega 3D projektovan je za detekciju, određivanje koordinata, identifikaciju i praćenje putanja zemaljskih, pomorskih i vazdušnih ciljeva pomoću njihovih radio-elektronskih zračenja.

Sistem može da se razvije sa grupom PVO radi obezbeđenja informacione podrške za raketne sisteme PVO, presretače, radio-osmatračke jedinice i jedinice za PED, za rano obaveštavanje, ATC, radio-elektronski monitoring i sisteme otkrivanja radio-ometanja.

U standardnoj konfiguraciji, Vega se sastoji od tri radio-osmatračke stanice 85V6 Orion i komandnog mesta. Stanice Orion razmeštaju se na rastojanju 30 km jedna od druge. Nalaženje pravca i informacija o drugim parametrima, prenosi se putem povezivanja podataka sa komandnim mestom gde se lokacija ciljeva i njihove putanje određuju triangulacijom.

Sistem može istovremeno da prati do 60 ciljeva i prenosi podatke do korisnika. Greške pri određivanju koordinata cilja na udaljenostima od 100 km, pri razmeštaju stanica Orion na rastojanju 30 km jedna od druge, iznosi 2 km. Sistem Vega u kompletu ima četiri vozila, a maksimalno vreme prelaska iz pokreta u operativno stanje iznosi 40 minuta.

Radio-osmatračka stanica Orion može se koristiti nezavisno ili kao komponenta sistema. Stanica ima visok stepen obrade podataka. Na primer, za vreme jednog obrtaja antene stanica primi i obradi podatke za 60 ciljeva.

Kada je stanica razvijena njen antenski sistem je podignut na visinu od 13,5 m

i daje sliku koja obezbeđuje jednoimpulsni pravac nalaženja izvora zračenja po azimutu i u vertikalnoj ravni. Radi obezbeđenja širokopojasne obrade radio-signala velikog potencijala, prijemni kanali stanice imaju ugrađene širokopojasne Furierove procesore, sa ekvivalentom prenosa šuma od najmanje 1 MHz. To obezbeđuje da sistem primi i obradi u realnom vremenu sve tipove radio-zračenja, uključujući kratke, kompleksno vremenski-frekventne i signale šuma.

Identifikacija izvora zračenja i klasifikacija njihovih nosača obezbeđena je upoređivanjem izmerenih parametara vektora radio-signala sa bazom podataka signala. U osnovnom režimu stanica nalaži pravac izvora zračenja i meri parametre vektora signala u procesu kružnog kretanja antene. Prenos podataka do komandnog mesta i drugih korisnika obavlja se za 6 do 10 sekundi. Stanica obezbeđuje i ručno pokazivanje izvora zračenja i njihovo dalje automatsko praćenje, a poseduje i režime funkcionalne provere za trenaz i izveštavanja.

Stanica Orion ugrađena je na jedno transportno vozilo, a opslužuje je jedan operator. Za pogon koristi pripadajući dizel-električni generator, ugrađeni pogon ili električnu mrežu.

M. Krbavac

<<<◇>>>

ELEKTRONSKI POLIGON – UNIVERZALNA TEHNOLOGIJA ZA TRENAŽ, SIMULACIJE I PROJEKTOVANJE*

Preoružavanje mornarica savremenim sistemima naoružanja, stalna modernizacija postojećih sistema, širenje njenih

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2001.

borbenih zadataka i operativnih uslova dovelo je do novih koncepcija razvoja mornaričkih radio-elektronskih sistema i obuke ljudstva. Takav koncept primenio je Centralni istraživački institut Granit pri stvaranju centra za simulacije i trenaž. Instrumentalno, centar je izgrađen po tehnologiji distribuirane interaktivne simulacije (DIS) koja sadrži internacionalne standardne tehnike, metodologije, algoritme, programe, tehnička rešenja i instrukcije namenjene za simulaciju različitih uslova, događaja i aktivnosti integrisanih u jedinstveni virtuelni „elektronski poligon“, u kojem sistemi realnih objekata, njihovi operativni modeli i modeli spoljnih procesa mogu da se simuliraju i da se njima manipuliše.

Centar obezbeđuje individualni i grupni trenaž, uključujući i rad sa izdvojenim instrumentima, razvijanje veština i modela odlučivanja potrebnih za upravljanje brodom ili pomorskim taktičkim sastavima u okviru celovitog ambijenta taktičke situacije.

Široki trenažni uslovi omogućavaju da se reše složeni trenažni zadaci na ratištu i simulira bilo koja taktička situacija. Trenaž u uslovima elektronskog poligona zasnovan je na metodi simulacionog trenaža po kojoj se koriste instrumenti, sistemi, postupci, događaji i aktivnosti u prostoru virtuelne realnosti.

Elektronski poligon je namenjen za:

- simulaciju celokupnog kompleta tabli, instrumenata i uređaja broskog sistema za upravljanje i praktičan rad posade sa instrumentima i uređajima;
- obezbeđenje zvučne i virtuelne prezentacije taktičke situacije;
- analizu rasporeda svojih i protivničkih snaga i sredstava i obezbeđenje rukovođenja s njima;

– prikaz zone borbenih operacija sa ucrtavanjem informacija i rezultata upotrebe oružja;

– kontrolu i upravljanje procedurama trenaža;

– analizu rezultata trenaža i uvežbavanje.

U tehničkom smislu elektronski poligon koristi:

– sisteme za održavanje komunikacija i međusobnu povezanost obučavajućih, radi optimizacije informacija između distribuiranih trenažnih subjekata i objekata;

– sisteme koji obezbeđuju zajednička dejstva trenažnih grupa, subjekata i objekata;

– sisteme koji podržavaju koordinaciju i upravljanje dejstvima individualnih subjekata i objekata, kao i trenažnih grupa;

– sisteme za distribuciju baza podataka;

– sisteme virtuelnih prototipova;

– sisteme multimedija i hipermedija;

– sisteme orijentisane ka objektu i sisteme koji podržavaju tehnologije klijent-server;

– sistem za simulaciju višestrukih paralelnih procesa u režimu vremenskog izdvajanja.

Elektronski poligon je spoj univerzalnih i specifičnih komponenta sistema. Univerzalna komponenta obezbeđuje za distribuirani interaktivni režim trenaža simulacije po primenjenim programima u skladu sa principima arhitekture klijent-server, grafičke mogućnosti i ugrađene uređaje za daljinski monitoring i upravljanje. Suštinu univerzalne komponente čini njegov simulacioni model i „pametni“ sistem upravljanja zasnovan na postupcima dinamičkih ekspertskih sistema u realnom vremenu.

Specifična komponenta sistema integriše komplet simulacionih modela, realnih instrumenata i sistema i dobro razvijene baze podataka. Ona generiše grafički ambijent i forme jasnoorijentisanih podsistema simulacije radi kreiranja postupaka za određivanje i merenje vremena, tačnosti i drugih parametara efikasnosti simulacije borbenih dejstava i procedura trenaža. Sistem automatski „oživljava“ simulacioni model, olakšava vizualizaciju i obezbeđuje automatsko snimanje, vodeći računa o trenažu ljudstva i eksperimentima sa različitim organizacionim i tehničkim objektima, upoređujući njihove performanse po parametrima vremena, tačnosti i kvantiteta. Osim toga, širok spektar postupaka faktorske analize korišćen je za brzo određivanje efekata pridodatih izvora na ključne tačke procesa.

Pametni sistem za upravljanje računa interaktivna i dinamička dejstva stvarnosti bilo kog broja aplikacionih programa i njihove integracije u simulirani ambijent „elektronskog poligona“.

Centar za simulaciju i trenaž sastoji se od nekoliko radnih stanica i desetine kompjutera velikih mogućnosti, snabdevenih simulacijama, pametnim upravljanjem, početnom pripremom podataka, sistemima za ucrtavanje karata i monitoringom. Svi kompjuteri imaju pristup bazi podataka servera koji sadrži podatke o svetskim mornaricama, ucrtane karte baza podataka i protokola modela. Modeli borbenih sistema su distribuirani preko radnih stanica LAN. Sistem za generisanje spoljašnjeg ambijenta formira ratište sa potrebnim kartama i hidrometeorološkim podacima.

Taktički scenario je kolekcija sa podacima o svetskim mornaricama, prikazuje se na ratištu, a ako je potrebno može se preuređivati. Poredak protivničkih

snaga izdvojeno je predstavljen na ratištima.

Promene borbene situacije praćene su ažurnim informacijama dobijenim iz baze podataka elektronskog poligona za sve učesnike. Tokom simulacije i trenaža, parametri bilo kojeg objekta ili procesa mogu se menjati korišćenjem faktorskih analiza dejstva borbenih sistema u režimu „šta-ako“.

Razvoj procesa se grafički prikazuje na ratištima i zapisuje u bazi podataka radi budućih analiza i upotrebe u elektronskom poligonu. Elektronski poligon sadrži najnovija dostignuća u oblasti veštačke inteligencije. Namenjen je za projektovanje, simulaciju i testiranje brodskih sistema za upravljanje, kao i trenaž i uvežbavanje brodskih posada i tehničkog osoblja.

Elektronski poligon je sistem otvorene arhitekture internacionalnog standarda, koji može da se zasniva na širokoj lepezi kompjuterskih platformi i integriše sa postojećim sistemima zbog dobro razvijenog interfejsa, sa bilo kojom bazom podataka i kompjuterskim jezicima. On se može lako prilagoditi za simulacije i trenažne zadatke u bilo kom primenjenom polju.

DIS tehnološke alatke mogu proširiti funkciju elektronskog poligona uz minimalne i tačno locirane informacione veze između modela i objekata. Dodavanje novih modela u bilo koji simulacioni model ili modifikacija postojećih modela zahteva minimalnu modifikaciju kompjuterskih sistema namenjenih za integraciju simulacionih modela.

Distribucija celokupnog seta modela preko LAN-ovih radnih stanica omogućava povećanje kompjuterskih resursa, kao i broja i kompleksnosti modela.

M. Krbavac



tehničke novosti i zanimljivosti

GEORADAR ZA OTKRIVANJE MINA*

Kompanija „Radioavionika“ iz St. Petersburga uključena je u razvoj novih terenskih izviđačkih tehničkih sistema, zasnovanih na vertikalnom superširokopojasnom radarskom sondiranju. Visoko senzitivni, superširokopojasni radari mogu da služe za razvoj sistema namenjenih za rad u radio-transparentnim medijama.

„Radioavionika“ se bavi tim problemom od 1993. godine, kada je započela fundamentalna istraživanja na superširokopojasnim radarskim minskim detektorima. Sada su u razvoju prenosni detektori, montirani na vozilu, kao i helikopterske verzije. Do sada je, po programu geoeksperimentalnog istraživanja, kompanija razvila vertikalne sondirajuće radare. Prototip Geo-3 imao je već praktična ispitivanja za vreme čišćenja mina blizu Groznog u Čečeniji, decembra 1999. godine. Rezultati su bili visoko ocenjeni od strane Centralnog instituta za inženjerska istraživanja.

Sistem Geo-3 sposoban je da otkrije i metalne i nemetalne eksplozivne objekte. Sondirajući signali koje je proizveo

Geo-3 ne iniciraju elektronske upaljače mina. Baza podataka detektora može se ažurirati kako bi se obezbedila njihova upotreba u raznim uslovima, i povećao broj eksplozivnih objekata koji se mogu otkriti. Geo-3 ima jedinstvene sposobnosti za sondiranje i vizuelnu procenu strukture objekata, a može se koristiti u uslovima kada je teško ili nemoguće upotrebiti postojeće sisteme za inženjersko izviđanje terena. Na primer, u slučaju konkretnih ispitivanja terena detektor je iskorišćen za utvrđivanje dimenzija zemljom prekrivenog dela neeksplozivne avio bombe, kao i veličine prodora u šupljinu iza zida u zidanom objektu. Trenutno sprovode se dodatna ispitivanja prototipa prenosnog radarskog detektora.

„Radioavionika“ je, takođe, pronašla načine za razvoj širokoskenirajućeg vertikalnog sondirajućeg georadara ugrađenog na vozilu, namenjenog za otkrivanje municije i eksplozivnih objekata prekrivenih zemljom, proveru uslova na nasipima, raskrscnicama i pistama aerodroma.

Analize istraživanja i tehnoloških podataka, dostupnih u inostranim i ruskim izvorima, potvrđuju da Geo-3 superširokopojasni detektor nadmašuje po karakteristikama slične u svetu.

* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar 2000.

Kompanija „Radioavionika“ nastavlja radove na prenosnom detektoru, ugrađenom na vozilu i na helikopterskoj verziji izviđačkih sistema za istraživanje minskih polja.

M. K.

<<<◇>>>

NOVA OPREMA ZA RAZMINIRANJE

Kanadski proizvođač zaštitne opreme Med-Eng Systems Inc., čiji se proizvodi koriste u 120 zemalja, proizveo je nove zaštitne modularne komplete odeće HDE i SRS-5 za razminiranje minskih polja i deaktiviranje eksplozivnih naprava, kao i sistem za zaštitu nogu („pauk-čizme“). Pri njihovoj izradi korišćena je najsavremenija tehnologija iz oblasti lične zaštite koja korisnicima obezbeđuje najviši nivo zaštite.

Komplet odeće HDE čine: kecelja za zaštitu grudnog koša, oba rukava, pantalone, zaštitnik za leđa, garnitura rukavica OHP-100 i dva tipa zaštitnih balističkih šlemova sa vizirima.

Za najopasnije pirotehničke zadatke proizvođač nudi vrhunski komplet zaštitne odeće SRS-5 sa odgovarajućim šle-mom sa viziorom.

Oba kompleta omogućavaju korisnicima upotrebu u svim klimatskim uslovima, brzu kombinaciju delova opreme i sigurnu zaštitu od hemijske i biološke opasnosti. Za dugotrajniji rad i aktivnosti u toplijim područjima proizvođač nudi i pododeću sa sistemom za hlađenje tela.

Novinu predstavljaju „pauk-čizme“ FPS koje pružaju sigurnu zaštitu od dejstva parčadi eksplodiranih mina, jer su donovi izdignuti od površine tla za oko 15 do 20 cm.



Komplet HDE

Dva šlema sa vizirima (oznake LDH i HDH), obezbeđuju korisniku sigurnu balističku zaštitu od dejstva parčadi eksplodiranih mina, dok je u rukavicu OPH-100 pričvršćen štitnik sa ugrađenim šilom za pretraživanje (pipanje).

S. A.

<<<◇>>>

PRVI GPWS ZA EVROFAJTER*

Firma „Bae Systems“ isporučila je prve zemaljske sisteme za blizinsko upozoravanje GPWS (Ground Proximity Warning System) koje treba da koriste

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 23. 11. 2000.

avioni Evrofajter (Eurofighter). Ukupno će biti isporučen 151 komplet u naredne četiri godine, čime bi se pokrila prva faza programa izgradnje ovog borbenog aviona.

Isporučka je izvršena 21 mesec nakon dobijanja ugovora za razvoj, januara 1999. godine, a samo 9 nedelja posle konačnog odobravanja ugovora za proizvodnju.

Specifikacija, razvoj, izrada, integrisanje i kodifikacija ovog sistema, zasničaju se na sistemu navigacije praćenjem terena TERPROM koji je proizvela ista firma. Softver TERPROM GPWS sličan je onom koji se koristi za program Tornado LINS 764, ali sa drugim elementima razvijenim specijalno za avion Evrofajter. Poboljšanje GPWS za Evrofajter sadrži razvijeni modul interfejsa za EFABus

koji koriste fiber optiku velikih brzina i komunikacije malih brzina tipa 1553 i kooperaciju sa „Roband Electronics“ u razvoju elektroenergetskog modula.

Osnovni TERPROM sistem je, takođe, znatno usavršen, uključivši dodatne funkcije zahtevane za Evrofajter. Takođe, novi softver za EFABus interfejs daje pilotu dodatnu mogućnost upozorenja radi poboljšanja saznanja o situaciji pri GPWS pronalaženju. Tako je usavršen sistem GPWS pri visokom obrušavanju, a dodatno je ugrađen obimni test funkcionalnosti. Za te zadatke modifikovano je ili dodato oko 10 000 linija ADA softverskog koda. Pored toga, program obuhvata razvoj i isporuku specijalne opreme za podršku jedinica u njihovim bazama pri izvršenju probnih letova.

M. K.



F-16 TESTIRA NOVE SISTEME PRI SUPERSONIČNIM BRZINAMA*

Avion F-16 opremljen sa J/IST (JSF Integrated Subsystems Technology) sistemom za upravljanje letom i sistemom za elektropogon probio je zvučnu barijeru na svom trećem letu, demonstrirajući tako sve nove sisteme, određene za Lokid Martinov lovac, pri supersoničnim brzinama.

Novi sistem uključuje namenski električni sistem i električno aktiviranje upravljanja letom, umesto glomaznog, teškog i remontu podložnog hidrauličkog sistema na današnjim avionima. Studije pokazuju da će se kombinovanim tehnologijama smanjiti poletna masa, povećati

mogućnost opstanka u vazдушnom prostoru i smanjiti cena obuke. Lokid Martin se obavezao da će ugraditi J/IST sistem u proizvodnu verziju svojih JSF jurišnih lovaca.

Supersonični let u Lokid Martinovom pogonu Fort Worth, koji je izvršen 9. novembra, trajao je 40 minuta. Lovac usavršene integralne tehnologije F-16 (The Advanced Fighter Technology Integration), korišćen za demonstraciju paketa J/IST opreme, dostigao je visinu od 30 000 stopa (9144 m) i maksimalnu brzinu od 1,3 Maha. Za vreme leta pilot je isprobao mogućnosti aviona pri visokom aerodinamičkom pritisku sa novim sistemom za električno aktiviranje. Uspešnost aviona isprobana je pri različitim oblicima manevra i supersoničnih brzina, uključujući i opterećenje od 5 g, pikanje, valjanje, dvostruko skretanje i bočno kretanje.

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 22. 11. 2000.

Performanse su, prema izjavama probnih pilota, jednake performansama aviona F-16 iz redovne proizvodnje.

Sledeći letovi određivaće kvalitete upravljanja avionom, ciklus kompleksa aktiviranja i toplotne podatke za podršku programima u fazi tehničkog i proizvodnog usavršavanja.

J/IST supersonični let važan je elemenat uspeha ukupnog programa probnih letova Lokid Martinovog jurišnog lovca. Naredni probni letovi biće usmereni na smanjenje tehničkog rizika i obezbeđenje raspoloživosti JSF.

M. K.

<<<◇>>>

LOVAC F-16 ZA ITALIJANSKO VAZDUHOPLOVSTVO*

Italijanska vlada i RV (AMI – Aeronautica Militare Italiana) izabrali su F-16A kao svoj privremeni lovac. Američka vlada obavezala se da će u periodu od 2003. do 2004. godine obezbediti isporuku 35 aviona F-16A koji će italijanskom vazduhoplovstvu biti na raspolaganju sve do 2010. godine, kada bi Eurofighter EF2000 trebalo da postane potpuno borbeno operativan. Čitav program omogućiće zamenu lovaca presretača F-104, dok će avioni Tornado F3, po isteku ugovora o iznajmljivanju, biti vraćeni britanskom vazduhoplovstvu u periodu od 2004. do 2006. godine.

U konkurenciji za privremeni italijanski lovac bio je i francuski Mirage 2000-5, ali je, pored ostalog, odbačen zbog cene i nekompatibilnosti ubojnih sredstava.

S. V.

* Prema podacima sa www.flug-revue.rotor.com

<<<◇>>>

NOVI AVIONI ZA SEVEROZAPADNU FLOTU*

Severozapadna flota (Northwest Airlines) dobiće 24 aviona Airbus A330-300, 20 aviona Boeing B757-300, dva B747-400 i šest A319. Avioni A330 koristiće se u severozapadnim transatlantskim operacijama, kao zamena za avione DC10-30 koji su danas aktuelni na tom prostoru. Isporuke aviona A330 počće 2003. godine i trajaće do 2006. godine. Avioni B757 i A319 zameniće DC10-40 koji danas obavljaju unutrašnji prevoz, a B747 će koristiti Pacifička divizija. Isporuke B757 počće 2002. godine i trajaće do 2004. godine, a A319 i B747 biće isporučeni u 2002. godini.

Northwest flota povlači svoje DC10-40 početkom 2002. godine. Flota sada koristi i 24 aviona DC10-30, prvenstveno za svoj transatlantski sistem i planira da povuče neke od tih aviona, a ostatak da upotrebi za unutrašnji sistem prevoza. Flota je imala troškove od 125 miliona dolara za četvrti kvartal 2000. godine za održavanje i rezervne delove aviona koji se povlače.

Prema najnovijim najavama predviđeno je potvrđivanje i preplaniranje postojećih ugovora sa kompanijama Boeing i Airbus Industrie.

M. K.

<<<◇>>>

PRVI LET HELIKOPTERA EC 725**

Poslednji iz serije francuskih helikoptera Cougar, namenjen za izvođenje zadataka borbenog traganja i spasavanja,

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 18. januar 2001.

** Prema podacima sa www.flug-revue.rotor.com



Helikopter EC 725

izvršio je prvi let novembra 2000. godine. Prvobitno označen kao Cougar Mk.II+ naknadno je preimenovan u EC 725. Pored brojnih tehnoloških poboljšanja EC 725 je nasledio sve prednosti prethodnika, koji su dosad isporučeni velikom broju kupaca.

Ova varijanta urađena je po zahtevu francuskih oružanih snaga koje su poručile 14 helikoptera. Prvi serijski helikopteri biće isporučeni 2003. godine, dok će prethodno isporučeni modeli serije Mk.II takođe biti modifikovani i prilagođeni standardu EC 725.

S. V.

<<<◇>>>

PRVI LET HELIKOPTERA AH-1Z*

Helikopter AH-1Z Super Cobra izvršio je svoj prvi let decembra 2000. godine u Centru za letačka istraživanja u Arlingtonu, u državi Teksas. Let je trajao 15 minuta i uglavnom se sastojao od ispitivanja njegovih karakteristika u fazi lebdenja. Ovaj prototipski primerak označen kao Z1, svoja tridesetomesečna ispitivanja nastaviće u martu 2001. u bazi Patuxent River.

* Prema podacima iz časopisa Air forces monthly 2/2001.

Pretpostavlja se da će biti potrebno ukupno 1300 sati naleta da bi se utvrdila podobnost helikoptera AH-1Z Super Cobra, kao i usavršavanog modela UH-1Y. Projekti oba helikoptera, koji se paralelno razvijaju, sastavni su delovi programa PMA-276 Marinskog korpusa, prema kojem se razvija novi jurišni i višenamenski helikopter. Poletanje prototipa UH-1Y očekuje se, takođe, u 2001.



Helikopter AH-1Z

godini. Kompletan program ispitivanja obe letelice trebalo bi da bude završen tokom 2003. godine.

S. V.

<<<◇>>>

BRITANSKA OKLOPNA IZVIĐAČKA VOZILA CVR(T) NA DIZEL POGON*

Ministarstvo odbrane Velike Britanije donelo je program prelaska oklopnih izviđačkih vozila CVR(T) britanske vojske sa benzinskog na dizel pogon, tako da ta vozila ostanu na upotrebi do 2015. godine. Efektivnost modifikacije koju je

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 20. 11. 2000.

projektovale i realizovala firma Alvis Vehicles, nedavno je demonstrirana sa 69 vozila sa dizel motorom na poligonu britanske armije u Kanadi, kada su ona prešla ukupno 72 242 km. Vozila su postigla znatno povećanje operativne efikasnosti u odnosu na ona sa benzinskim motorom.

Firma Alvis preuzela je posao konverzije prvih 200 vozila početkom 2000. godine, a uskoro će se završiti isporuka oko 1100 kompleta. Dizel konverzija se zasniva na scrijskim motorima Cummins B, zapremine 5,9 litara. U fazi razvoja vozila su prešla preko 40 000 km radi ispitivanja pouzdanosti i tada nije otkazao nijedan motor. Performanse su potvrđene i kada je armija izvršila sopstvene testove pouzdanosti na prvoj isporučenoj seriji kada su vozila ponovo prešla 40 000 km.

M. K.



RAZVOJ AUTOMATIZOVANOG BRODSKOG SISTEMA ZA UPRAVLJANJE*

Firma Rokvel (Rockwell) i američki Mornarički biro za pomorska istraživanja ugovorili su razvoj i demonstraciju automatizovanog sistema za upravljanje brodovima mornarice.

Cilj programa je da, zajedno sa Rokvelovim Naučnim centrom i Rokvel automatizacijom, razviju integrisani automatizovani sistem kojim bi se upravljalo glavnim sistemima broda (propulzija, tehničko održavanje, upravljanje naoruža-

njem, itd.) pod promenljivim uslovima. Integrisani sistem daje brodu dodatnu fleksibilnost u sistemskim usavršavanjima i obezbeđuje lakoću upotrebe u poređenju sa fizički odvojenim upravljačkim mrežama koje postoje na današnjim brodovima.

Ovaj program karakterisaće znatno povećanje mogućnosti opstanka brodova u borbenim uslovima, veće uštede zbog smanjenja rada posada, akvizicijske opreme i održavanja, kao i brzog globalnog pristupa rezervnim delovima i službi za održavanje.

Implementacija industrijskih sistema za upravljanje na brodove mornarice treba, takođe, da doprinese poboljšanju kvaliteta života na brodu jer će se automatizovati velik broj inače zamornih postupaka u osmatranju i stražarskoj službi.

Brodski automatizovani sistemi biće komponovani od komercijalnog hardvera i savremenog inteligentnog softvera za upravljanje brodskim tehničkim pogonom. Hardver će se bazirati na mrežama otvorene arhitekture koje se široko koriste u industrijskoj automatizaciji.

Inovacije uključuju inteligentne dijagnostičke i upravljačke softvere koji rade na svim brodskim sistemskim nivoima, kao i radio-senzorske mreže za uslovni monitoring, koja će biti kompletna konvencionalnoj stabilnoj mreži i sposobna da se uključi u slučaju da ona bude oštećena. Upravljački softver će se distribuirati između upravljačkih mreža i optimalno će izmeniti brodski mašinski pogon u skladu s promenama zadataka broda.

M. K.



* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 21. 11. 2000.

IBM – SUPERKOMPJUTER ZA IDENTIFIKACIJU OBJEKATA U KOSMOSU*

Kompjuterski centar MHPCC (Maui High Performace Computing Centre) izabrao je snažni IBM SP superkompjuter za identifikaciju objekata u kosmosu, uključujući stare satelite, kosmičke brodove i neidentifikovane objekte. Kompjuter IBM SP prikuplja fotografije objekata koji se prate teleskopima vazduhoplovnih snaga SAD.

Novi IBM SP superkompjuter može da obavi 480 biliona računskih operacija u sekundi i predstavlja jednu od najsnažnijih mašina iz istraživačkog i razvojnog arsenala Ministarstva odbrane SAD (40 puta je brži od superkompjutera IBM Deep Blue). To je elektronski mozak koji podržava kosmički izviđački sistem Ratnog vazduhoplovstva SAD MSSS (Maui Space Surveillance System).

MSSS locira, prati i markira satelite, koristeći za to teleskope smeštene na Zemlji. Slike se, zatim, digitalno povećavaju pomoću superkompjutera IBM SP. Sa ogromnim mogućnostima obrade podataka, kompjuter IBM SP koristi kompleks algoritama za povećanje slike za samo tri do pet sekundi. Fotografisani objekti mogu biti i lutajući komunikacioni sateliti, kosmički otpad, kao i kosmički brodovi koje lansiraju druge zemlje. Kvalitet slike koju generiše IBM SP superkompjuter omogućava identifikaciju kosmičkih objekata. Uz to snimci oštećenog kosmičkog broda mogu da pomognu i pri određivanju veličine štete.

Raniji superkompjuter korišćen je za izradu fotografija samo nekih od oko 9000 objekata koji se nalaze u orbiti naše

planete. Tu su, pored mnogih vrsta satelita, na primer, i kosmičke rukavice i alatke slučajno ostale iza posada ranijih kosmičkih letova.

Novi superkompjuter obavlja 480 biliona operacija u sekundi, korišćenjem računara od 320 IBM POWER 3-II mikrop procesora, 224 gigabajta memorije i 2,9 terabajta IBM diska. Mikrop procesori su zasnovani na IBM-ovoj bakar-tehnologiji, i poseduju bolje performanse od tradicionalnih aluminijumskih procesora.

M. K.

<<<◇>>>

PROTIVTENKOVSKA RAKETA MOKOPA ZA HELIKOPTER TIGAR*

Evropski konzorcijum EUROCOP-TER inicirao je analizu mogućnosti ugradnje poluaktivne laserski vođene protivtenkovske rakete MOKOPA, južnoafričke kompanije Kentron, kao alternativne raketi velikog dometa LR TRIGAT ugrađene na ofanzivnom helikopteru Tigar.

Maksimalni domet rakete MOKOPA od 10 km je dvostruko veći od maksimalnog dometa rakete LR TRIGAT. Prva ispitivanja letnih karakteristika rakete MOKOPA, kao i kasnija balistička ispitivanja izvedena su tokom 1999. godine. Raketa je lansirana sa ofanzivnog helikoptera južnoafričkih oružanih snaga ROOIVALK, a za vođenje na ciljeve korišćeni su vazdušni i zemaljski laserski označivači.

Takođe, za raketu MOKOPA razmatrane su mogućnosti ugradnje fragmentacione i bojne glave za probijanje

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 23. 11. 2000.

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/2000.

bunkera. Standardna tandem kumulativna bojna glava, čiji je spoljašnji prečnik 172 mm i ima prednje punjenje prečnika 75 mm, demonstrirala je probojnost homogenog valjanog čeličnog oklopa debljine 1,5 m.

Sadašnje IC vođenje i vođenje u milimetarskom talasnom području zadržano je kao opciono, ali kompanija Kentron neće preduzimati nikakve zahvate u tom domenu bez potencijalnog projektnog partnera. Predstavnici državne agencije za nabavku ARMSCOR izjavili su da na tom planu postoje kontakti sa Rusijom, a nemački predstavnici su zainteresovani za saradnju u sklopu kooperativnog tima.

V. R.



NAJNOVIJA RUSKA RAKETA ISKANDER-E*

Ruske kompanije CNHAG i KBM obelodanile su karakteristike nove taktičke rakete kratkog dometa ISKANDER-E.

Raketa ISKANDER-E može da ostvari domete od 50 do 280 km, mada je donedavno prikazan samo model lansera za dve rakete. Lanser za lansiranje jedne rakete prikazan je na vojnoj izložbi naoružanja „Ural“.

Raketa ISKANDER-E ima masu pri lansiranju od 3700 kg i „visoku otpornost“ prema svim savremenim raketnim sistemima PVO. Opremljena je inercijalnim sistemom vođenja, koji je razvijen u institutu CNHAG za balističke i krstareće rakete. Sistem može dobijati podatke za vođenje rakete od satelitskog navigacionog sistema ili drugih izvora, kao što su radari, optički ili TV senzori. Na primer,

institut CNHAG prikazao je model optičke sekcije za vođenje, za koju se smatra da će biti korišćena i u raketi ISKANDER-E. Takođe, ovaj institut je odgovoran i za razvoj sistema za informatičku podršku i automatizovanu kontrolu vatre za raketne jedinice ruske armije.

Kao osnova vozila za podršku koristi se KamAZ43101 6 × 6, a biće razvijena još tri specijalizovana vozila za podršku operacija ISKANDER-E. Sistem sadrži module za prikupljanje izviđačkih podataka i njihovu analizu (radiće sa strategijskim izviđačkim satelitima i avionima), za prepoznavanje cilja i komandnu i upravljačku stanicu. Moduli će biti povezani preko linije za predaju podataka sa lansirnim vozilom.

Vozilo za komandovanje i upravljanje namenjeno je za operativnu kontrolu, promenu, čuvanje i prezentaciju dobijenih podataka. Opremljeno je nezavisnim sklopom za napajanje, a može da deluje u temperaturnom opsegu okoline od -50° do +60°C. Postoje i četiri umrežene radne stanice sa računarima, opremljene ravnim panel-displejima i sistemom za zaštitu podataka. Sistem je opremljen i geoinformacionim sistemom Panorama koji obezbeđuje digitalne karte. Sistemi za topografiju i navigaciju rade na kanalima GPS, tako da tačnost pozicioniranja iznosi oko 30 m. Standardnu opremu čini set za komunikaciju od 16 kb/s.

V. R.



JUŽNOAFRIČKI ARTILJERIJSKI SISTEMI 105 mm*

Oružane snage Južnoafričke Republike analizirale su model haubice velikog dometa LIW G7 kalibra 105 mm. Oznaka

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/2000.

* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 11/2000.

ovog oružja je i eksperimentalno oružje male mase LEO (Lightweight Experimental Ordnance), o kojem su prvi podaci objavljeni u septembru 2000. godine. Oružje će se montirati na šasiji kamiona Tatra 6×6.

U sadašnjoj vučnoj varijanti artiljerijski sistem ima masu 3800 kg, što odgovara mogućnostima vazdušnog transporta i nosivosti helikoptera Puma. Smatra se da se sadašnja masa oružja može smanjiti za oko 1000 kg, pored ostalog korišćenjem aluminijuma visoke čvrstoće umesto čelika (titan bi bio suviše skupa investicija).

Maksimalna brzina gađanja iznosi 6 metaka u minuti. Eksperimentalno oružje male mase ima 52-kalibarsku cev i 12-litarsku komoru sa dvostrukim forsirnim konusom, koji obezbeđuje postepen proces urezivanja. Razornom municijom XM9759A1 može da ostvari domet od 24 km, sa početnom brzinom od 950 m/s.

Preliminarnim ispitivanjima ustanovljeno je da se može ostvariti probojnost homogenog valjanog čeličnog oklopa debljine 150 mm, pod uglom od 60° na rastojanjima od 500 m korišćenjem protivtenkovskih projektila APFSDS kalibra 105 mm. Ostvarena je i početna brzina od 1300 m/s korišćenjem standardnog modularnog punjenja Z5 i brzina od 1600 m/s korišćenjem specijalno adaptiranog superpunjenja firme Somchem.

V. R.

<<<◇>>>

NOVA SUPERLAKA BESPILOTNA LETELICA*

Holandska firma Fokker Space prikazala je novu superlaku bespilotnu letelicu. Poznat pod nazivom MATE (Manportable Aerial Terrain Explorer – prenosni vazdušni istraživač terena) ovaj koncept je prvi

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, 12/2000.

put prikazan u oktobru prošle godine na godišnjem simpozijumu Udruženja obrambene industrije Holandije u Hagu.

MATE je jeftina, laka letelica čiji let traje 30 minuta, sa operativnim dometom od 5 km. Projektovana je da poboljša uvid u taktičku situaciju za nivo čete ili voda. Dužina letelice je 90 cm, obložena je mekim metalom, sa sklapajućim krilima i stabilizatorom, a izbacuje se na visinu od 50 do 60 m pod vazdušnim pritiskom iz cevi slične minobacačkoj. Pri izbacivanju delovi mekog metala otpadaju, aktivira se propeler elektromotora, a krila i repni stabilizatori razvijaju se do punog raspona od 2,4 m. Letelica MATE projektovana je da leti po ranije programiranoj putanji ispod visine 300 m (1000 ft), koristeći GPS prijemnik za navigaciju. Posle izbacivanja letelica treba da, putem radija, šalje snimke prikupljene svojim malim stabilizovanim ogledalima sa CDC kamerama do zemaljske stanice, uz unošenje GPS lokacije letelice u izviđački snimak.

Takođe, može da se ugradi senzor za noćno osmatranje, što bi prouzrokovalo smanjenje vremena leta za 5 minuta zbog povećanja mase letelice. Letelica MATE može da se stavi u dejstvo za manje od 10 min, uključujući zadatke planiranja koje predviđa unošenje lokacija na digitalnoj mapi vidljivoj na operatorovom laptop-kompjuteru.

Vraćanje letelice moguće je nastavkom njenog leta na prethodno programiranoj putanji, ali je ipak treba smatrati potrošnim sredstvom.

Cena ovog sistema (lanser plus bespilotna letelica) trebalo bi da iznosi oko 20 000 dolara, a zasnovana je na zahtevu Holandske Kraljevske Armije za 600 do 800 letelica po dekadi.

M. K.

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem integralnog tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, tehnologiju, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, kao i 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, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, 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 doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled 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 u pogodnoj računarskoj grafici. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike – crteža i nazive pozicija.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopise slati na adresu: Redakcija „Vojnotehničkog glasnika“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Branko Marković

Lektor
Dobрила Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 100,00 dinara
Tiraž 1200 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.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)