

GENERALŠTAB VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik
SLAVOLJUB JOVANČIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

General-major
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

General-major
PAVLE GALIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr VASILJE MIŠKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr DRAGOSLAV UGARAK, dipl. inž.

Pukovnik
dr LJUBIŠA TANČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILJKO ERIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Glavni i odgovorni urednik

Pukovnik
sc Stevan Josifović, dipl. inž.
(tel. 300-60-23)

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 2641-795, vojni 22-431)

Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53

E-mail: vtg@viz.vj.yu

Pretplata tel.-fax: 3612-506, tekući račun:
840-51845-846 RC SMO Topčider – za VIZ,
poziv na broj 054/963

Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štampanija – Beograd, Resavska 40b

ISSN: 0042-8469

UDC: 623 + 355/359

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS MINISTARSTVA ODBRANE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K



Vojnotehnički glasnik je,
povodom 50 godina rada,
odlikovan Ordenom VJ
trećeg stepena

5

GODINA LIII • SEPTEMBAR–OKTOBAR 2005.

SADRŽAJ

Dr Zoran Ristić, pukovnik, dipl. inž. sc Slobodan Ilić, major, dipl. inž. Aleksandar Kari, kapetan, dipl. inž.	MEHANIZAM TRENJA I TROŠENJA VODEĆEG PRSTENA PROJEKTILA	397
Dijana Damljanović, dipl. inž. dr Slavica Ristić, dipl. inž.	EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AERODINAMIČKIH KARAKTERISTIKA MODELA LASERSKI VOĐENE BOMBE	406
Mr Saša Veselinović, major, dipl. inž. Srdan Milenković, potpukovnik	PRAVCI RAZVOJA AUTOMATIZACIJE INFORMACIO- NOG SISTEMA ODRŽAVANJA U VOJSCI SCG	418
Profesor dr Miloško Jevtović, dipl. inž.	ZAŠTITA RAČUNARSKIH MREŽA	430
Mr Luka Grbović pukovnik, dipl. inž. Slaviša Stoiljković major, dipl. inž.	KORELACIJA REZULTATA ISPITIVANJA HEMIJSKE STABILNOSTI PRIRODNO I UBRZANO STARENIH BA- RUTA	442
Dr Mladen Vuruna, potpukovnik, dipl. inž. profesor dr Dušan Antonović, dipl. inž.	MIGRACIJA DIZEL GORIVA IZLIVENOG U POVRŠIN- SKE SLOJEVE ZEMLJIŠTA	451
Mr Mitar Konjević, dipl. inž.	VODONIK KAO ENERGETSKI VEKTOR BUDUĆNOSTI – HIDRIDI I BATERIJE NA VODONIK	461
Mr Živojin Petrović, kapetan I klase, dipl. inž. mr Radosav Nikolić, pukovnik, dipl. inž. mr Dragan Trifković, kapetan I klase, dipl. inž.	OPREMA I METODOLOGIJA ENDOSKOPSKE DIJAGNOSTI- KE	472
Dr Slavko Pokorni, pukovnik, dipl. inž.	VIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM 2005 – prikaz naučnog skupa –	482

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA

Sistem za samozaštitu borbenih vozila – M. K.	486
Buduća evropska modularna raketa – M. K.	488
Sistemi za brzi globalni udar – M. K.	489
Napredak u razvoju laserskog oružja – M. K.	489
Razvoj turskih PT vođenih raketa – M. K.	490
Kineski sistem PVO FB-6A – M. K.	491
Indijsko borbeno vozilo pešadije ABHAY	491
Dodatna zaštita za ukrajinske tenkove – M. K.	492
Testiranje opreme za borbu u urbanim sredinama – M. K.	492
Vozilo visoke pokretljivosti 4×4 Al-Dhabi – M. K.	494
Veća vatrena moć za laki tenk PT-76 – M. K.	495
Sistem za popunu helikoptera gorivom – M. K.	496
Borbena bespilotna letelica Sky-X – M. K.	496
Koaksijalni helikopter Sikorsky – M. K.	497
Inženjersko borbeno vozilo Terrier – M. K.	498
Armija SAD preispituje nabavke streljačkog naoružanja – M. K. ..	498
Razvoj projektila Vulcano – M. K.	499
Testiranje sistema oružja Twister – M. K.	500
Aktivna zaštita za tenk Merkava – M. K.	500
Hibridno električno vozilo 6×6 – M. K.	501
Sistem aktivnog ovešenja za borbeno vozila – M. K.	502
Višenamenski dvogled – M. K.	503
Ručne bombe Perla – M. K.	503
Novi reaktivni oklop CLARA – M. K.	504
Vatrena ispitivanja topa NLOS-C – M. K.	505
Protivtenkovsko oružje SRAW-MPV – M. K.	506
Oklopni transporter Terrex 8×8 – M. K.	506
Nova familija adaptivnih oklopnih vozila točkaša – M. K.	509
Familija borbenih sistema Galaxi – M. K.	511
Neposredna zaštita za borbeno vozila – M. K.	512
Nemački višenamenski brod MRV 7500 – M. K.	513
Helikopter Bell 407.ARH – M. K.	514

Dr Zoran Ristić,
pukovnik, dipl. inž.
sc Slobodan Ilić,
major, dipl. inž.
Aleksandar Kari,
kapetan, dipl. inž.
Vojna akademija –
Odsek logistike,
Beograd

MEHANIZAM TRENJA I TROŠENJA VODEĆEG PRSTENA PROJEKTILA

UDC: 531.43 : 623.51

Rezime:

U radu je opisan mehanizam trenja i trošenja vodećeg prstena projektila usled zagrevanja i topljenja kontaktne površine projektila. Primenjen je model hidrodinamičkog klizanja vodećeg prstena i postavljena Reynoldsova jednačina za „fluid“ (otopljeni film). Pretpostavlja se da je temperatura fluida konstantna i jednaka temperaturi topljenja na kontaktnim površinama. Na osnovu ukupnog prelaza toplote sa filma koji je stvoren između topljive i ne-topljive površine (model Landan) određeni su rezultati za debljinu filma, koeficijent trenja i trošenje materijala. U radu je određena veličina trošenja vodećeg prstena i uticaj nekih parametara na silu trenja i debljinu filma otopljenog materijala prstena. Dobijeni rezultati ilustrovani su na odabranom primeru.

Ključne reči: vodeći prsten, trošenje, trenje, topljenje, koeficijent trenja, klizanje, toplotne karakteristike.

FRICION AND WEAR MECHANISM OF THE PROJECTILE ROTATING BAND

Summary:

Friction and wear model of rotating band, due to, heating and melting material between the contact surface of a bore and projectile is described in this paper. The hydrodynamic slider-bearing model of the metal rotating band is applied and the Reynold's equation for the „fluid“ (melting film) has been used in this work. The fluid temperature was assumed to be constant and equal to the melting temperature on the contact surface. Based on the total heat transfer from the film, which is made, between the melting on the non-melting surface (Landan model) and certain results of the film thickness, the coefficient of melt friction and the material wear were achieved. The size wears of the projectile rotating band and influence of certain parameters on the friction force and the film thickness are given in this paper. The achieved results have been illustrated by chosen example.

Key words: rotating band, wear, friction, melting, friction coefficient, sliding, thermal properties.

Uvod

Trenje i trošenje vodećeg prstena projektila stalna je i neizbežna pojava u toku procesa opaljenja. Ona nastaje interakcijom između projektila i cevi, na njihovim kontaktnim površinama za vreme kretanja u vodištu cevi. U fizičkom i ma-

tematičkom smislu stvarni mehanizam trenja i trošenja vodećeg prstena projektila vrlo je složen i još uvek neistražen. Kod nas postoji mali broj radova o ovom problemu.

Na osnovu teorije trenja i topljenja materijala vodećeg prstena [1], u ovom radu su određeni parametri i veličine tro-

šenja vodećeg prstena projektila, i njihov uticaj na silu trenja i debljinu filma, tj. skinutog materijala prstena topljenjem između kontaktnih površina čelika (kanal cevi) i rotirajućeg projektila. U tačkama dodira površina koje klizaju jedna po drugoj, projektil sa vodećim prstenom se razmatra kao klizač koji se kreće velikom brzinom klizanja bez urezivanja. Zbog velikog opterećenja na kontaktnim površinama i razmene količine toplote po jedinici površine u zoni kontakta, potpuno topljenje materijala pri velikim brzinama klizanja je verovatna pojava.

Na to ukazuju Sternlicht i Apkarian [5], koji su eksperimentalno pomoću pin-disk mašine merenjem trenja i habanja dokazali da dolazi do topljenja. Slično su pokazali Bowden i Freitag [6] između kontaktnih površina čelika i rotirajućeg projektila, odnosno Montgomeri [4], koji je dokazao potpuno topljenje materijala vodećeg prstena.

Osim u slučaju velikih opterećenja, što je inače realno za interakciju cevi sa projektilom, istopljeni sloj može da se javi i pri malim brzinama klizanja. O tome svedoče radovi Tanake u slučaju trenja sa čeličnom i staklenom površinom pri relativnoj brzini trenja od 2,5 m/s i Clerica u slučaju rotirajućeg poliacetatnog diska i brzini trenja od 0,76 m/s. Na kraju, dobar dokaz da se materijal troši usled topljenja u tačkama dodira površine koje klizaju jedna po drugoj, dali su Bowden i Tabor [7].

U svakom slučaju između paralelnih površina materijala u kontaktu dolazi do podmazivanja topljenjem materijala i formiranja tankog filma otopine, kao i provođenja toplote sa površine na film. Za ovakav model hidrodinamičkog klizanja vodećeg prstena u [1] date su osnovne

jednačine modela i definisane relacije za debljinu filma, koeficijent trenja, temperature površina u kontaktu i Rejnoldsov broj. Proračunski rezultati modela ilustrovani su na primeru klizača od metala.

U ovom radu prikazane su samo najvažnije relacije matematičkog modela radi utvrđivanja uticaja pojedinih parametara na mehanizam trenja i trošenja vodećeg prstena projektila. Analiza uticaja relevantnih veličina je preko programskog rešenja u MATLAB-u i datog algoritma ilustrovana na odabranom primeru sa komentarom dobijenih rezultata.

Opis modela

Mehanizam trenja i trošenja materijala, usled klizanja i formiranja tankog filma otopljenog materijala u zoni kontakta, opisan je poznatim jednačinama hidrodinamičke teorije [1]. U modelu su korišćene sledeće polazne pretpostavke:

- strujanje fluida (otopljenog materijala) laminarno je i nestišljivo;
- pritisak je konstantan po celoj površini tankog filma;
- debljina filma je mala u odnosu na dimenzije klizajućeg tela;
- do otapanja materijala dolazi samo na jednoj površini;
- važi uslov neprekidnosti tankog filma.

Ako se otopljeni materijal između paralelnih površina klizača i oslonca razmatra kao tanak film ili fluid konstantne mase i viskoznosti, onda za opterećenje po jedinici površine (naprezanje) važi relacija:

$$\sigma = \mu \dot{m} l^2 \delta / \rho h^3 \quad (1)$$

gde je:

μ – dinamička viskoznost materijala,
 \dot{m} – konstantna brzina topljenja mase po jedinici površine za nepokretnu ili klizajuću površinu,
 l – dužina kontakta,
 $\delta \cong 1$ – za velike vrednosti faktora β [1],
 ρ – gustina materijala,
 h – debljina filma.

U zoni ostvarenog kontakta klizajuće i nepokretne površine, prema jednačini energije kada raste gradijent pritiska, dolazi do viskoznog zagrevanja putanje utiskivanja materijala i prelaza toplote. Količina toplote q po jedinici površine u zoni bez tankog filma može se dobiti iz gradijenta temperature po površini [1]. U isto vreme, količina toplote po površinama zavisi od toga da li je došlo, ili nije, do topljenja površina.

Problem privremenog odvođenja toplote za telo čija se površina topi u slučaju da se otopina stalno skida, opisao je u svojim radovima Landau [8], dokazujući da topljenje materijala počinje u trenutku:

$$t_m = \alpha \sqrt{\rho H a} / q \quad (2)$$

gde je:

α – kinematska viskoznost,
 H – latentna toplota kontaktnih površina materijala,

$$a = c (T_m - T_0) \sqrt{\pi} / 2H$$

c – specifični toplotni kapacitet,
 T_m – temperatura topljenja (T_0 – početna temperatura).

Za tela u kontaktu (trenje tela) količina toplote je:

$$q = f \cdot \sigma \cdot u \quad (3)$$

gde je:

f – koeficijent trenja,
 σ – opterećenje po jedinici površine (naprezanje),
 u – brzina klizača.

Za dobro pritisnute klizajuće površine, vreme topljenja obično iznosi $t_m \approx 10^{-8}$ s. Stanje neprekidnosti tankog filma ostvareno je za $a \geq 1$ i $t = 10 t_m$ pri konstantnoj brzini zagrevanja tela od površine ka unutrašnjosti sa količinom toplote:

$$q_m = \dot{m} [H + c(T_m - T_0)], \text{ za otopljenu površinu}$$

gde je:

\dot{m} – konstantna brzina topljenja mase po jedinici površine za klizajuću ili nepokretnu površinu.

Koristeći srednju količinu toplote, i karakteristično vreme kontakta dodirnih površina, $t_c = l_c / u$, količina toplote za trenutno provođenje na površini tela je:

$$q_{nm} = \frac{2k'(T_{s,f} - T_0)}{\sqrt{\pi \alpha' l_c} / u}, \text{ za neotopljenu površinu}$$

gde je:

k, k' – toplotna provodljivost,
 T_s, T_f – temperature klizajuće i nepokretne površine, respektivno.

Prema poslednjoj relaciji sledi da netopljivi klizač, izložen ekstremno veli-

kim dužinama klizanja, treba modelovati kao problem neprekidnog provođenja toplote sa koeficijentom prelaza toplote koji je na granici.

U slučaju topljive nepokretne površine ili topljivog klizača mogu se primeniti sledeće jednačine [1]:

$$(T_{s,f} - T_0) = [(T_m - T_0) + F_3] / (1 + b_2 h) \quad (4)$$

$$b_1 b_2 h^5 + b_1 h^4 + b_2 [(T_m - T_0) - F_3] h - 2F_3 = 0 \quad (5)$$

gde su koeficijenti:

$$b_1 = \sigma [(H/c) + (T_m - T_0)] / (\alpha \mu l^2 \delta)$$

$$b_2 = 2k'(\pi \alpha' l_c / U)^{-1/2} / k$$

$F_3 = \mu u^2 / 2k$, funkcija gubitaka (disipacije) energije.

Ukupni odnos prelaza toplote, posle sređivanja izraza, može se izraziti u obliku:

$$q_m / q_{nm} = \sqrt{\pi \alpha' l_c / u} \cdot \rho \sigma h^3 [H + c(T_m - T_0)] / 2\mu l^2 \delta k'(T_m - T_0) \quad (6)$$

Analizom relacije (6) mogu se definisati dva ekstremna slučaja: $q_m / q_{nm} \ll 1$, gde je najveći deo toplote odveden na netopljivu površinu i $q_m / q_{nm} \gg 1$, gde najveći deo toplote odlazi u otopinu suprotne površine.

Na osnovu dva granična slučaja mogu se odrediti odgovarajuće debljine filma otopine. Ako je odnos q_m / q_{nm} mali, a koriste se površine visoke termičke provodljivosti (metali), jednačina (4) pojednostavljuje se i postaje:

$$(T_{s,f} - T_0) = (T_m - T_0) \quad (7)$$

Tada debljina filma za provodljivu, netopljivu površinu [1] iznosi:

$$h = \mu u^2 \sqrt{(\pi \alpha' l_c / u)} / [2k'(T_m - T_0)] \quad (8)$$

Ako je odnos q_m / q_{nm} veliki, debljina filma za neprovodljivu, netopljivu površinu je:

$$h = \{(\mu u l)^2 \delta / \rho \sigma [H + c(T_m - T_0)]\}^{1/4} \quad (9)$$

Ako je odnos $q_m / q_{nm} \cong 1$, debljina filma se određuje rešavanjem polinoma petog reda, prema relaciji (5).

Sila trenja klizača po jedinici površine (ako se zanemari uticaj gradijenta pritiska u oblasti tečenja materijala), glasi:

$$\tau = \mu U / h, \quad (10)$$

a koeficijent trenja po otopini je:

$$f = \mu u / h \sigma \quad (11)$$

S obzirom na debljinu filma za oba granična slučaja i relaciju (11) dobija se:

$$f = 2k'(T_m - T_0) / [\sigma u \sqrt{\pi \alpha' l_c / u}] \quad (12)$$

za provodljivu površinu, a

$$f = \{ \mu^2 u^2 \rho [H + c(T_m - T_0)] / l^2 \sigma^3 \delta \}^{1/4} \quad (13)$$

za neprovodljivu površinu.

Dobijene relacije (12) i (13) jasno ukazuju na značaj termičkih osobina materijala i njihov uticaj na koeficijente trenja. Naime, male brzine klizanja (13) zahtevaju sve veći koeficijent trenja sa

brzinom, dok velike brzine klizanja (12) zahtevaju sve manji koeficijent trenja sa brzinom.

Sila trošenja materijala topljenjem na kontaktnoj površini manifestuje se istiskivanjem otopine izvan kontaktnog područja, pri konstantnoj brzini topljenja mase po jedinici površine (\dot{m}), i dato je jednačinom:

$$W = \sigma A = \mu \dot{m} l^2 \delta / \rho h^3 \quad (14)$$

Istisnuta zapremina otopine po dužini puta je:

$$V(m^3/m) = Wh^3/l^2 \mu \dot{m} \delta \quad (15)$$

Brzina trošenja ili habanja klizača konačno se određuje relacijom [2]:

$$T_R = hu/l \quad (16)$$

gde je l – dužina kontaktne površine.

Ukupna veličina trošenja prstena može se odrediti integriranjem relacije (16) po vremenu.

Primena modela i analiza rezultata

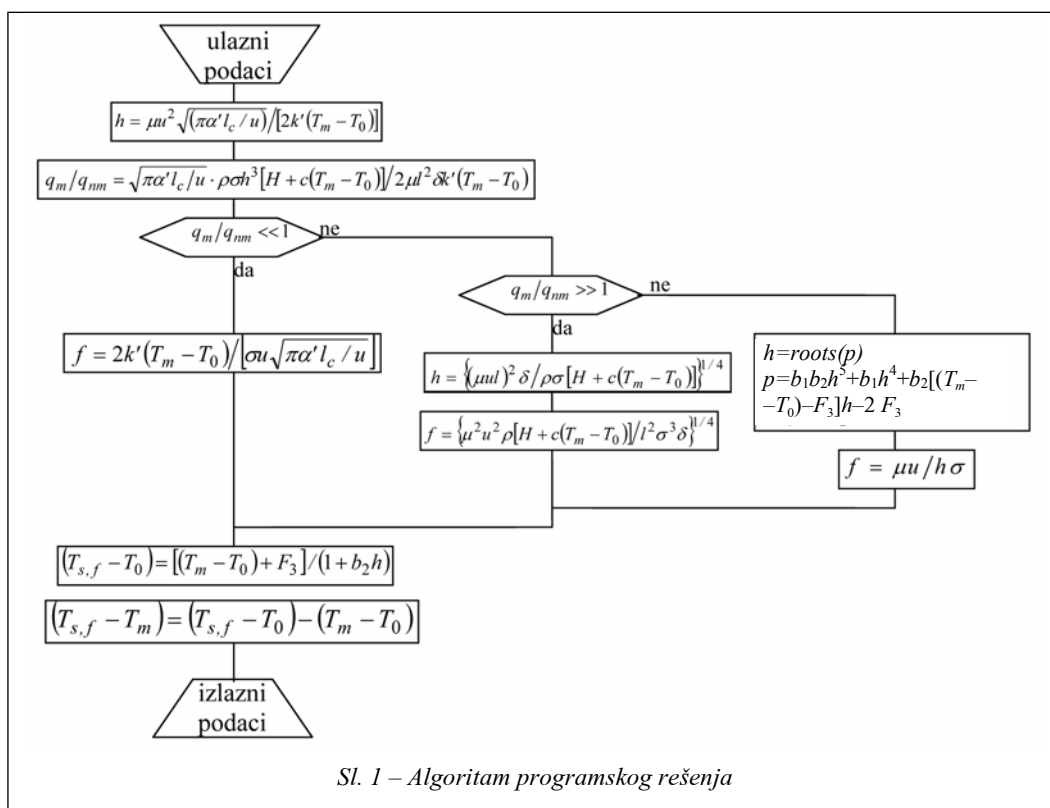
Opisani model trenja i trošenja materijala usled klizanja ilustrovan je na primeru vodećeg prstena koji kliza i topi se u čeličnoj cevi oruđa, a izrađen je od nekoliko vrsta materijala (tabela 1). Vodeći prsten, kao provodljiva i topljiva površina, nema protok u obodnom pravcu, dok netopljivi čelik cevi ima karakteristiku kontaktne dužine (l_c) jednaku širini vodećeg prstena za vreme kretanja u cevi, odnosno kontaktnu dužinu jednaku hodu klizača kada je na klizajućoj površini.

Osobine vodećeg prstena uzete su prema [2], a odgovarajuće vrednosti promenljivih veličina i parametara prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1

Veličine i polazni podaci materijala

Parametar	Rastopljeni bakar	Čvrst čelik	Mesing	Bakar	Aluminijum bronza
u (m/s)	100–700		100–700	100–700	100–700
σ (Pa)	$3,4 \cdot 10^8$		$3,8 \cdot 10^8$	$3,1 \cdot 10^8$	$2,4 \cdot 10^8$
H (J/kg)	$11,7 \cdot 10^4$		$15,4 \cdot 10^4$	$10,5 \cdot 10^4$	$14,3 \cdot 10^4$
$T_m - T_0$ (K)	1055		1037	888	1025
α (m ² /s)	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$0,09 \cdot 10^{-4}$	$0,656 \cdot 10^{-4}$	$0,362 \cdot 10^{-4}$	$0,213 \cdot 10^{-4}$
c (J/kgK)	$4,3 \cdot 10^2$		$4,61 \cdot 10^2$	$5,07 \cdot 10^2$	$5,32 \cdot 10^2$
k (W/mK)	354	33	262	153	88
ρ (kg/m ³)	$8,9 \cdot 10^3$		$8,71 \cdot 10^3$	$8,37 \cdot 10^3$	$7,75 \cdot 10^3$
μ (Pa·s)	$3,3 \cdot 10^{-3}$				
l (m)	$0,7 \cdot 10^{-2}$				
l_c (m)		$0,7 \cdot 10^{-2}$			
b_1 (K/m ⁴)	$2,6 \cdot 10^{14}$				
b_2 (m ⁻¹)	72				
F_3 (K)	0,42				



Testiranje modela i proračun traženih veličina izvršeno je pomoću programskog rešenja radenog u MATLAB-u, prema algoritmu sa slike 1. Za svaki navedeni materijal vodećeg prstena varirana je brzina klizanja u u dijapazonu od 100 do 700 m/s.

Tabela 2
Rezultati proračuna (za rastopljeni bakar)

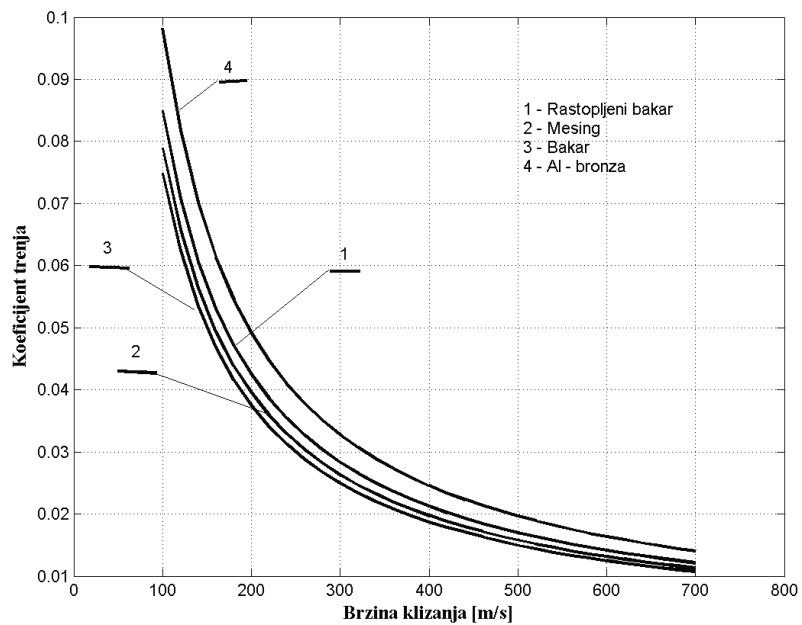
U (m/s)	h (m)	$T_{s,f} - T_m$ (K)	f	T_R
100	2,1079e-006	0,0466	0,0849	0,0301
200	5,9621e-006	0,1864	0,0425	0,1703
300	1,0953e-005	0,4192	0,0283	0,4694
400	1,6863e-005	0,7447	0,0212	0,9636
500	2,3567e-005	1,1627	0,0170	1,6834
600	3,0980e-005	1,6726	0,0142	2,6554
700	3,9039e-005	2,2741	0,0121	3,9039

Rezultati proračuna i uticaj relevantnih parametara na tražene veličine prikazani su u tabeli 2 za jedan od materijala,

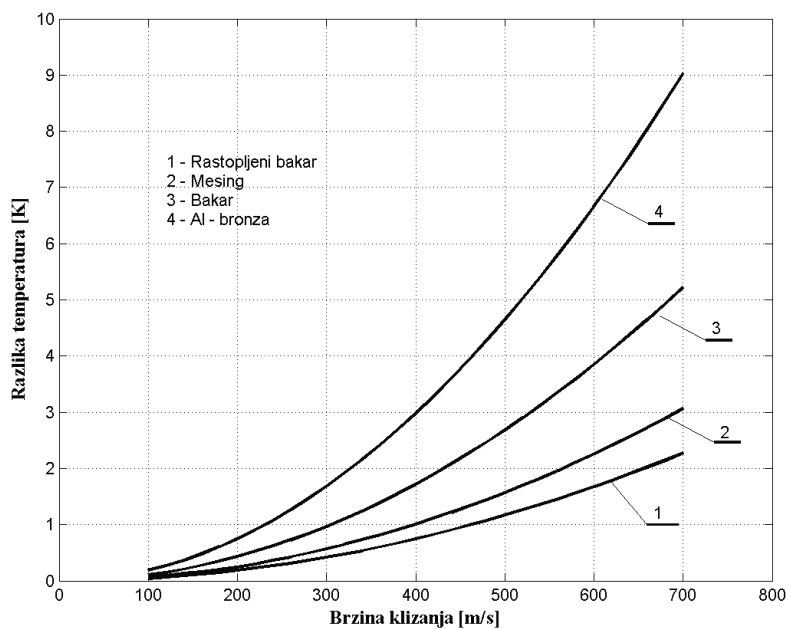
zani su u tabeli 2 za jedan od materijala, a za ostale materijale vodećeg prstena na slikama 2, 3, 4 i 5.

Termičke osobine materijala, od kojih je izrađen vodeći prsten, znatno utiču na koeficijent trenja sa brzinom klizanja, slika 2. Male brzine klizanja pretpostavljaju veći koeficijent trenja sa brzinom, jednačina (13), a velike brzine klizanja manji koeficijent trenja, jednačina (12). Promena koeficijenta trenja najmanja je u slučaju klizanja bakra, a najveća za klizač od legure aluminijuma i bronzne.

Prema Montgomeriju, koeficijent trenja za legirani materijal (90% Cu, 10% Zn) vodećeg prstena u cevi haubice 155 mm brzo opada do $f = 0,02$ na oko 0,12 m



Sl. 2 – Dijagram promene koeficijenta trenja za različite materijale



Sl. 3 – Dijagram promene razlike temperature kontaktne površine klizača i temperature topljenja za različite materijale

puta klizanja. Sa povećanjem dužine puta iza ove tačke, zbog zanemarenja trošenja vodećeg prstena, isti autor napominje da koeficijent trenja polako opada.

Ovaj fenomen trebalo bi da se očekuje kada se projektil ubrzava niz vodište cevi.

Prema slici 3, temperatura sa jedne i druge strane otopine filma relativno se malo razlikuje od temperature topljenja materijala, tako da su polazne pretpostavke u modelu potvrđene. Slično se može zaključiti i u slučaju promene debljine otopljene površine razmatranih materijala prema slici 4.

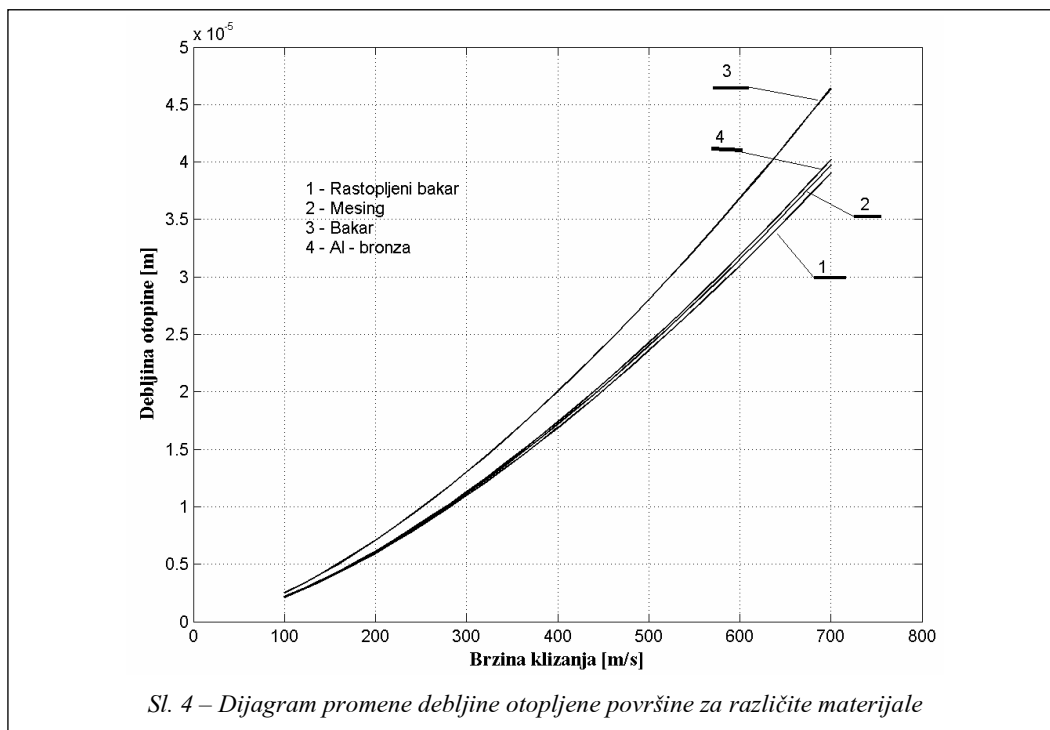
Na slici 5 prikazani su rezultati proračuna brzine trošenja vodećeg prstena usled topljenja (zagrevanja) materijala. Veličina trošenja prstena za date materijale povećava se sa putem njegovog kretanja i brzinom kretanja u cevi. Prema iz-

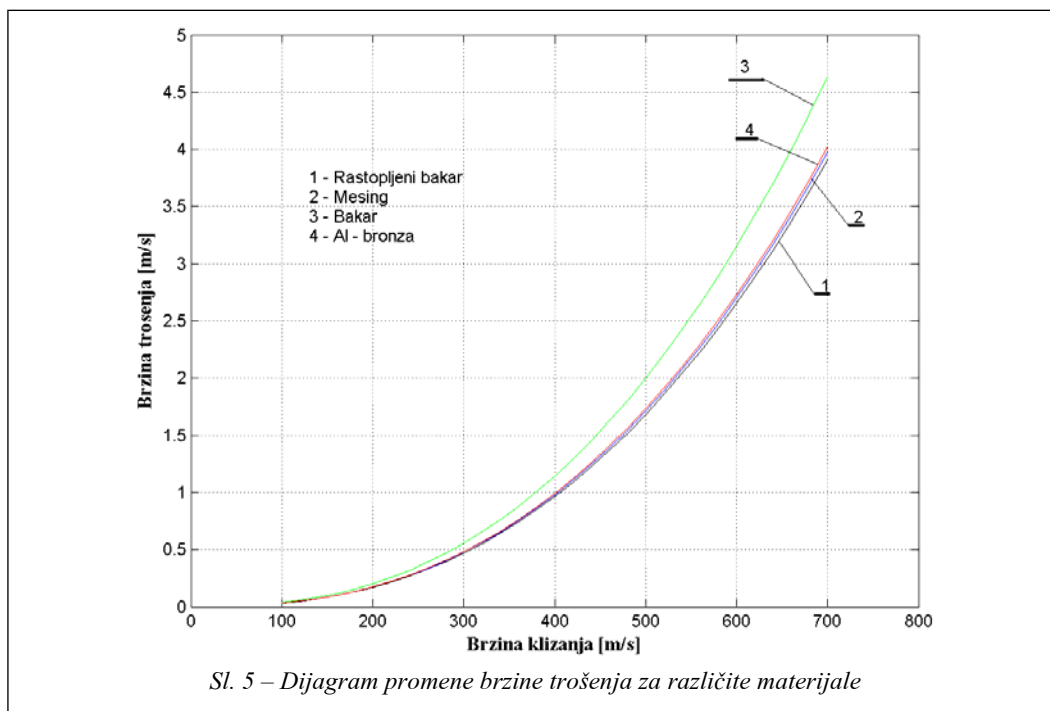
loženom teorijskom modelu, materijal (mesing), sa visokim vrednostima toplotnih karakteristika, pokazuje veći otpor na trošenje usled zagrevanja od ostalih materijala, što je saglasno zaključcima prema [2, 4].

Zaključak

Izloženi teorijski model omogućuje kvantitativnu analizu mehanizma trenja i trošenja vodećeg prstena u zavisnosti od brzine klizanja i karakteristika materijala. Za kompletnu fizičku sliku realnog ponašanja projektila u cevi, model treba doraditi i proširiti mehanizmom urezivanja prstena u olučeno vodište cevi.

Dobijeni rezultati teorijsko-numeričkog modela potpuno su saglasni i u korelaciji sa teorijskim radovima u ovoj oblasti [1, 2, 4].





Potvrđeno je, takođe, da je, među razmatranim materijalima vodećeg prstena koji imaju veće vrednosti termičkih karakteristika, mesing najpogodniji za vodeći prsten sa aspekta otpornosti na trošenje usled zagrevanja (topljenja).

Literatura:

- [1] Stiffler, A. K.: Friction of plastic rotating bands, Mississippi state university, 1984.
- [2] Matsuyama, T.: Friction and wear mechanism at high sliding speeds, 19. International Symposium of ballistics, 7–11. 05. 2001, Interlaken, Switzerland.
- [3] Chung, K. Y.: Rotating Band/Obturator Concept for Extended Range, 1997.
- [4] Montgomery, R. S.: Friction and Wear at High Sliding Speeds, 1976.
- [5] Sternlicht, B.; Apkarian, H.: Investigation of melt lubrication, ASLE Trans., 2, 1960.
- [6] Bowden, F. P.; Freitag, E. H.: The friction of solids at very high speeds, Proc. Roy. Soc., London, A248, 1958.
- [7] Bowden, F. P.; Tabor D.: Friction and lubrication of solids, Clarendon press, Oxford, 1964.
- [8] Landau, H. G.: Heat conduction in melting solid, 1950.

Dijana Damljanović,
dipl. inž.
dr Slavica Ristić,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

EKSPERIMENTALNO ISPITIVANJE AERODINAMIČKIH KARAKTERISTIKA MODELA LASERSKI VOĐENE BOMBE

UDC: 533.665 : 623.451.74

Rezime:

U radu su prikazani rezultati merenja aerodinamičkih sila i momenata, kao i vizualizacija strujanja u graničnom sloju na krlima i krmilima modela laserski vođene bombe. Ispitivanje je izvršeno u aerotunelu T-38. Analiziran je uticaj rastojanja vrha konusa tela, u odnosu na sekciju krmila, na aerodinamičke karakteristike modela za dva Mahova broja $M_\infty = 0,8$ i $0,9$ i otklon krmila $\delta = 15^\circ$. Normalne sile koje se javljaju na modelu i krmilu merene su unutrašnjim aerovagama. Dobijeni rezultati merenja normalne sile na modelu i posebno na krmilu povezani su sa rezultatima vizualizacije strujanja metodom uljnih premaza. Priložene fotografije vizualizacije strujanja ilustruju promene strujanja oko modela i potvrđuju rezultate aerodinamičkih merenja.

Ključne reči: aerotunel, laserski vođena bomba, aerodinamički koeficijenti, vizualizacija strujanja.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE LASER GUIDED BOMB MODEL

Summary:

Aerodynamic test results and boundary layer flow visualization on the wings and fins of laser guided bomb model are presented in this article. Test was performed in the T-38 wind tunnel. Influence of fin position relative to conic top of the model on aerodynamic characteristics was analyzed. Analysis was performed on aerodynamic characteristics of the model for two Mach numbers $M_\infty = 0,8$ and $0,9$ and fin deflection $\delta = 15^\circ$. Normal forces present on the model and fin were measured by internal strain gauge balances. Obtained test results of normal force on the model and especially on the fin were associated with flow visualization results, which were performed by oil emulsion method. Presented images of flow visualization show changes of the flow around the model and confirm the results of the aerodynamic measurements.

Key words: wind tunnel, laser guided bomb, aerodynamic coefficients, flow visualization.

Uvod

Razvoj savremenih letelica i projektila zahteva široku paletu teorijskih, numeričkih i eksperimentalnih metoda ispitivanja u svim fazama projektovanja, izrade i testiranja letelica. U svetu se, i pored brze ekspanzije numeričkih metoda podržanih moćnim računarima, značajna

pažnja i ulaganja posvećuju eksperimentalnim ispitivanjima, koja se vrše u slobodnom letu ili u aerodinamičkim tunelima [1–12].

U aerodinamičkom tunelu T-38 Vojnotehničkog instituta (VTI) izvršena su eksperimentalna ispitivanja modela laserski vođene bombe (LVB) u podzvučnoj i okozvučnoj oblasti brzina strujanja

u opsegu napadnih uglova -12° do $+15^\circ$ [12]. Cilj ispitivanja bio je da se odrede aerodinamički koeficijenti modela i posebno krmila. Početna ispitivanja ukazala su na to da je potrebno izvršiti određene modifikacije na modelu, pa je on ispitan u dve različito formirane konfiguracije (osnovna i modifikovana) koja uključuje montirani prsten ispred upravljačke sekcije krmila. U ovom radu prikazani su rezultati dobijeni za koeficijente normalne sile C_z modela, C_{zk} krmila i koeficijent momenta propinjanja C_m modela.

Eksperiment je pokazao da, za osnovnu konfiguraciju modela, zavisnost koeficijenta normalne sile krmila C_{zk} od napadnog ugla modela α i ugla otklona krmila δ_4 na $M_\infty=0,8$, karakteriše glatkost krivih i jasno izražen gubitak uzgona, a na $M_\infty=0,9$ krive zavisnosti $C_{zk}=f(\alpha, \delta_4)$ nisu glatke, a gubitak uzgona se javlja na mnogo manjim napadnim uglovima.

Eksperimentalne krive zavisnosti koeficijenta normalne sile C_z osnovne konfiguracije modela LVB od napadnog ugla na Mahovim brojevima $M_\infty=0,8$ i $0,9$ ne pokazuju odstupanja u pogledu linearnosti i gubitka uzgona. Međutim, odstupanja se javljaju na koeficijentu momenta propinjanja C_m modela.

Pod pretpostavkom da je karakter krivih aerodinamičkih koeficijenata krmila i modela, u zavisnosti od napadnog ugla, posledica uticaja položaja konusnog vrha u odnosu na upravljačku sekciju krmila, izvršeno je ispitivanje modifikovane konfiguracije modela.

U program ispitivanja uključena je i vizualizacija strujanja u graničnom sloju kako bi se dobio uvid u strujanje oko modela, posebno na krmilima. U radu je

prikazana komparativna analiza rezultata merenja aerodinamičkih koeficijenata i snimaka strujnog polja.

U radu su korišćene sledeće oznake:

M_∞ – nominalni Mahov broj u radnom delu aerotunela T-38,

d – referentni prečnik modela (m),

P_o – zaustavni pritisak u radnom delu aerotunela T-38 (bar),

α_n – nominalni ukupni napadni ugao modela ($^\circ$),

α – ukupni napadni ugao modela ($^\circ$),

δ – ugao otklona krmila ($^\circ$),

δ_4 – ugao otklona mernog krmila ($^\circ$),

$\delta_{2,4}$ – ugao otklona horizontalnih krmila ($^\circ$),

C_z – koeficijent normalne sile modela,

C_{zk} – koeficijent normalne sile krmila,

C_m – koeficijent momenta propinjanja modela,

POZPRS – parametar modela,

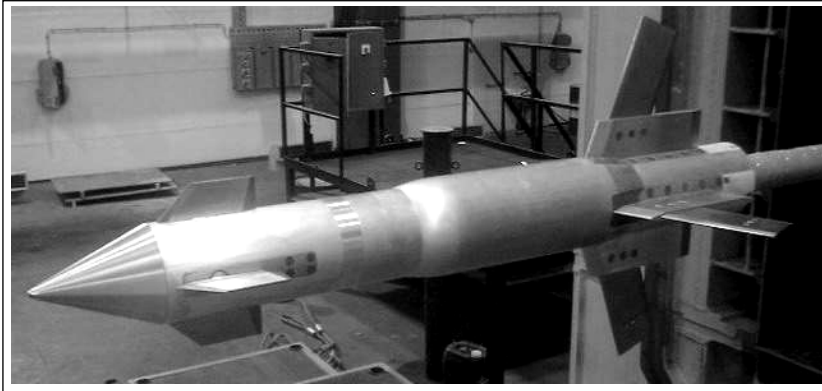
LVB – laserski vođena bomba,

∞ – oznaka za parametre neporemećenog strujanja.

Opis eksperimenta

Model LVB

Model LVB se sastoji od trostepenog cilindričnog tela sa konusnim vrhom, upravljačkom sekcijom i krilnom sekcijom [1]. Fotografija modela u radnom delu aerotunela T-38 prikazana je na slici 1. U upravljačkoj sekciji nalaze se četiri krmila sa mogućnošću diskretnog otklanjanja oko svoje šarnirne ose. Omogućeno je fiksno postavljanje upravljačkih krmila na sedam pozicija definisanih otklona δ u intervalu $\pm 15^\circ$ sa korakom 5° u odnosu na osu modela. Zadnja sekcija modela sastoji se od četiri nosača krila i krila postavljene



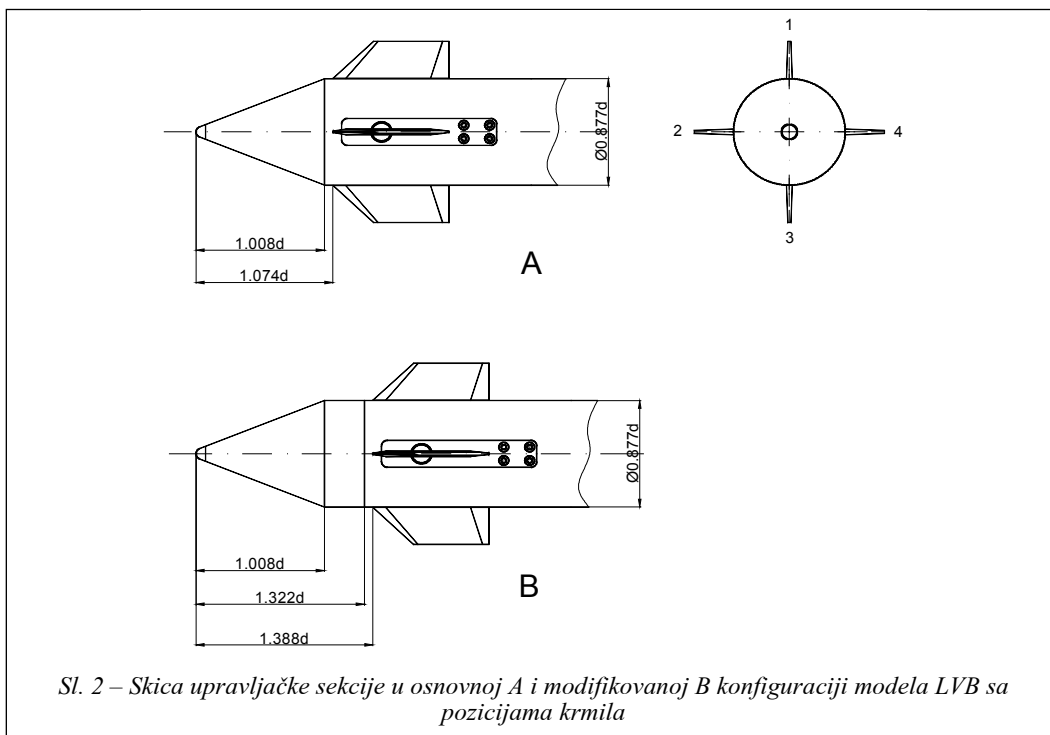
Sl. 1 – Osnovna konfiguracija modela LVB u radnom delu aerotunela T-38

nih na 90° po obimu trupa. Krilna sekcija je fiksna bez mogućnosti otklanjanja. Za nulti postavni ugao valjanja model je u tzv. „+“ poziciji.

Model je modularne konstrukcije i moguće je ispitivanje različito formiranih konfiguracija. Na slici 2 date su upravljačke sekcije krmila u osnovnoj A i

modifikovanoj B konfiguraciji modela sa pozicijama krmila.

Parametar konfiguracije modela koji označava prisustvo prstenova koji obezbeđuju potrebnu dužinu modela POZPRS je različit za ispitivane konfiguracije. Parametar POZPRS ima oznaku 23 za osnovnu (položaj upravljačke sekcije u



Sl. 2 – Skica upravljačke sekcije u osnovnoj A i modifikovanoj B konfiguraciji modela LVB sa pozicijama krmila

odnosu na vrh modela je 1,074d) i 123 za modifikovanu konfiguraciju modela (položaj upravljačke sekcije u odnosu na vrh modela je 1,388d). Prsten prečnika 0,877d i širine 0,314d montiran je ispred upravljačke sekcije i uključen je u konfiguraciju modela radi utvrđivanja uticaja konusnog vrha na aerodinamičke karakteristike krmila.

Model LVB projektovan je, proizveden, proveren i sastavljen u Vojnotehničkom institutu.

Model je preko stinga postavljen na mehanizam za promenu ugla propinjanja i valjanja u radni deo aerotunela T-38.

Aerotunel T-38

Aerotunel T-38 u VTI je prekidnog dejstva sa natpritiskom i radnim delom kvadratnog poprečnog preseka dimenzija 1,5 m x 1,5 m [2]. Opseg Mahovih brojeva koji se može postići u radnom delu je od 0,2 do 4,0 s Rejnoldsovim brojem do 115 miliona po metru. Regulacija i održavanje Mahovog broja je $\pm 0,3\%$ od zadate nominalne vrednosti.

Zaustavni pritisak P_0 u radnom delu može biti između 1,1 bar i 15 bar, što zavisi od Mahovog broja, sa tačnošću regulacije $\pm 0,3\%$ nominalne vrednosti. Vreme duvanja (rafala) t je od 6 s do 60 s i zavisi od Mahovog broja i pritiska duvanja.

Model je preko stinga fiksiran za sistem za promenu napadnog ugla i ugla valjanja. Ovaj mehanizam omogućava promenu napadnog ugla od -12° do $+21^\circ$ u propinjanju i od 0° do 360° u valjanju. U toku rafala model može da se kreće u kontinualnom modu ili modu „korak po korak“ (od ugla do ugla).

Instrumentacija i prikupljanje podataka

Potrebni pritisci mere se apsolutnim i diferencijalnim davačima tipa Mensor i Druck različitog opsega. Nelinearnost i histerezis ovih davača je oko 0,02% punog opsega.

Precizni davači pozicije, tzv. rizoverti, montirani su u mehanizam za promenu napadnog ugla i ugla valjanja. Tačnost sistema za očitavanje napadnog ugla je $\pm 0,05^\circ$, a za ugao valjanja $\pm 0,25^\circ$.

Za merenje aerodinamičkih sila i momenata na modelu korišćena je šestokomponentna aerovaga VTI40A, koja je montirana na sting prečnika 48 mm. Njena tačnost iznosi 0,3% punog opsega, a baždarena je pre testa [3].

Normalna sila, moment savijanja i šarniri moment na horizontalnom upravljačkom krmilu, pozicija 4 (slika 2), mereni su trokomponentnom aerovagom. Njena tačnost je 0,2% punog opsega, a baždarena je pre testa [4].

Sistem za prikupljanje podataka sastoji se od 64-kanalnog sistema tipa Teledyne pod kontrolom računara PC Compaq. Izabrano je odgovarajuće pojačanje i postavljeni su filteri odgovarajuće granične učestanosti. Podaci sa svih analognih kanala digitalizuju se A/D konvertorom rezolucije 16 bita. Svi kanali očitavani su istom brzinom od 200 podataka u sekundi.

Digitalizovani podaci primaju se na računar Compaq Alpha Server DS20E i zapisuju na disk za kasniju obradu.

Obrada podataka

Obrada podataka vrši se posle svakog duvanja standardnim softverskim pa-

ketom T38-APS za obradu merenja u aerotunelima VTI. Obrada se izvodi u nekoliko faza: čitanje zabeleženih sirovih podataka, normalizacija i prevođenje u standardni format, određivanje parametara strujanja, položaja modela i aerodinamičkih koeficijenata. Svaka faza obrade izvodi se posebnim softverskim modulom.

Aerodinamički koeficijenti modela i posebno krmila prikazani su u vezanom koordinatnom sistemu. Koordinatni početak ovog sistema je u izabranoj referentnoj tački modela, odnosno krmila. Ose X_B , Y_B , Z_B su paralelne odgovarajućim osama koordinatnog sistema aerovaga koje su vezane za model. Osa X_B je paralelna sa uzdužnom osom modela i usmerena prema njegovom zadnjem delu. Osa Z_B je paralelna sa ravni simetrije modela i usmerena nagore. Y_B osa je usmerena prema levoj strani modela i sa druge dve ose čini levi koordinatni sistem. Ugao α je ugao između X_B ose i projekcije vektora brzine strujanja na $X_B Z_B$ ravan. Ugao α je pozitivan kada je projekcija brzine vazduha na Z_B osu pozitivna.

Ugao između ravni simetrije krmila i $X_B Y_B$ ravni vezanog koordinatnog sistema krmila odgovara uglu otklona krmila δ . Otkloni upravljačkih krmila δ definisani su kao pozitivni ako se, posmatrano duž pojedinačne šarnirne ose, krmila otklanjaju suprotno od kretanja kazaljke na časovniku.

Vizualizacija strujanja

Izabrana metoda vizualizacije strujanja u graničnom sloju zasniva se na uljnim premazima. Metoda ima dugu tradiciju u eksperimentalnoj aerodinamici [5–11]. Da bi se obezbedila maksimalna vidljivost

efekata vizualizacije strujanja na ispitivnom modelu, bilo je neophodno da se model pripremi tokom izrade, odnosno da se njegova površina zacrni. Kako je vizualizacija naknadno dodata programu ispitivanja bilo je nepraktično menjati postavku i doradivati model. Zbog toga se pristupilo vizualizaciji bez prethodne pripreme modela, iako se unapred znalo da će dobijeni efekti biti manje uočljivi na fotografijama. U eksperimentu su korišćena tri tipa pigmenata: prah titanijum oksida TiO_2 , prah titanijum oksida TiO_2 sa dodatkom anilinske, ljubičaste boje i grafit.

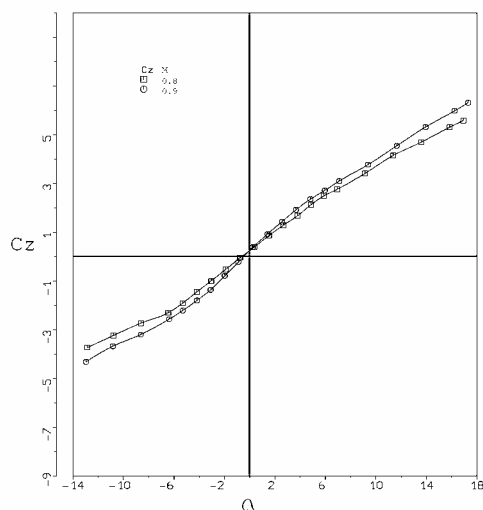
U osnovi svih premaza je parafinsko ulje i oleinska kiselina. Vizualizacija strujanja vršena je po površini celog modela. Premaz se nanosio tačkasto, diskretno pomoću četkice na desnu stranu modela i kontinuirano sunderom na levu stranu modela [11].

Izabrana su dva napadna ugla modela $\alpha_n=0^\circ$ i $\alpha_n=7^\circ$. Model se postavljao u željeni položaj pre nego što krene struja vazduha. U tom položaju ostaje za vreme rafala i nakon završetka rada aerotunela. Model je bio na nultom uglu valjanja tokom kompletnog ispitivanja. Ukupno vreme duvanja bilo je 25 s, što je dovoljno za razmazivanje uljnih premaza. Vizualizacija je izvršena za Mahove brojeve $M_\infty=0,8$ i $0,9$. Posle svakog rafala aerotunel se otvarao i model fotografisao digitalnim fotoaparatom.

Analiza rezultata

Analiza rezultata merenja aerodinamičkih sila i momenata

Tokom eksperimenta određeni su svi relevantni aerodinamički koeficijenti



Sl. 3 – Dijagram koeficijenta normalne sile $C_z=f(\alpha)$ za osnovnu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,8$ i $0,9$

modela, a u ovom radu analizirani su samo koeficijenti C_z , C_{zk} i C_m . Pretpostavljeno je da je poremećaj strujanja, koji se javlja oko krmila u osnovnoj konfiguraciji modela na Mahovom broju $M_\infty=0,9$, posledica uticaja konusnog vrha modela. Izvršena su ispitivanja modifikovane konfiguracije modela, sa prstenom ispred sekcije krmila, na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ i maksimalnim otklonom horizontalnih krmila $\delta_{2,4}=\pm 15^\circ$ da bi se ustanovili registrovani efekti interferencije. Slike 3 do 8 prikazuju rezultate aerodinamičkih merenja u formi dijagrama.

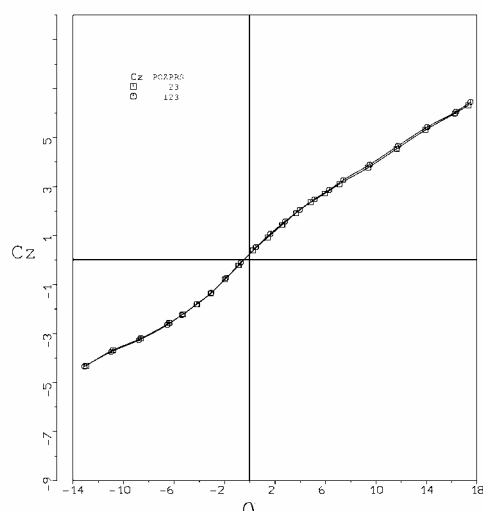
Na slici 3 prikazane su krive zavisnosti koeficijenta normalne sile modela C_z od napadnog ugla α na Mahovim brojevima $M_\infty=0,8$ i $0,9$ za osnovnu konfiguraciju modela sa otklonjenim horizontalnim krmilima $\delta_{2,4}=\pm 15^\circ$. Dobijene eksperimentalne krive su glatke i približno linearne u opsegu malih napadnih uglova.

Na slici 4 prikazane su krive zavisnosti koeficijenta normalne sile modela C_z od

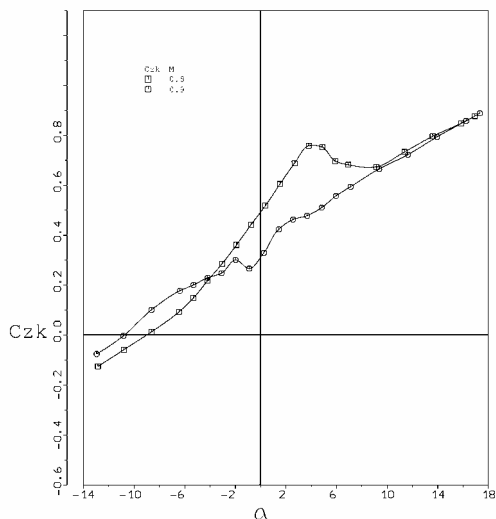
napadnog ugla α na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ za osnovnu i modifikovanu konfiguraciju modela sa otklonjenim horizontalnim krmilima $\delta_{2,4}=\pm 15^\circ$. Dobijene eksperimentalne krive ne pokazuju značajna međusobna odstupanja. Montiran prsten ispred sekcije krmila u modifikovanoj konfiguraciji modela LVB ne utiče značajno na koeficijent normalne sile modela.

Na slici 5 prikazani su uporedni dijagrami aerodinamičkog koeficijenta C_{zk} mernog krmila sa otklonom $\delta_4=-15^\circ$ na Mahovim brojevima $M_\infty=0,8$ i $0,9$ za osnovnu konfiguraciju modela. Analiza ovih dijagrama pokazuje da je dobijena eksperimentalna kriva za $M_\infty=0,8$ glatka, približno linearna u opsegu malih napadnih uglova i sa jasno izraženim gubitkom uzgona na oko $\alpha=4^\circ$. Eksperimentalnu krivu za $M_\infty=0,9$ karakteriše promenljiv gradijent i raniji pad C_{zk} .

Na slici 6 prikazani su uporedni dijagrami aerodinamičkog koeficijenta C_{zk} krmila sa otklonom $\delta_4=-15^\circ$ na Maho-



Sl. 4 – Dijagram koeficijenta normalne sile $C_z=f(\alpha)$ za osnovnu i modifikovanu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,9$

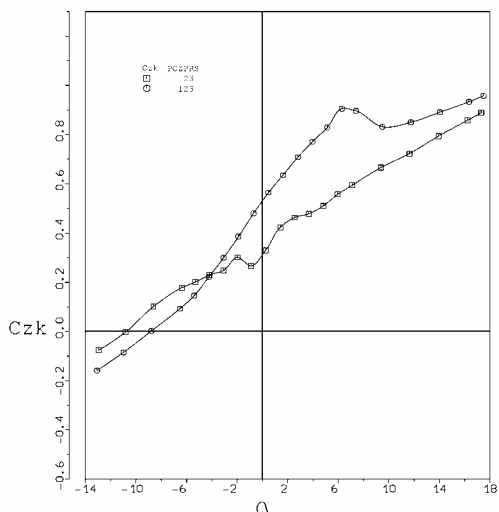


Sl. 5 – Dijagram koeficijenta normalne sile krmila $C_{zk}=f(\alpha)$ sa uglom otklona $\delta_4=-15^\circ$ za osnovnu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,8$ i $0,9$

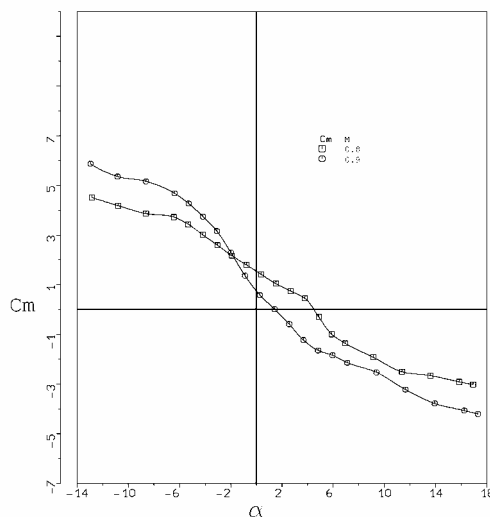
vom broju $M_\infty=0,9$ za osnovnu i modifikovanu konfiguraciju modela. Dobijene eksperimentalne krive pokazuju značajna međusobna odstupanja. Eksperimentalna kriva aerodinamičkog koeficijenta C_{zk} kr-

mila u modifikovanoj konfiguraciji modela je glatka, linearna u opsegu malih napadnih uglova i sa jasno izraženim gubitkom uzgona na oko $\alpha=7^\circ$. Gubitak uzgona na krmilu na $M_\infty=0,8$ u osnovnoj konfiguraciji modela koji se javio na $\alpha=4^\circ$ odložen je na $\alpha=7^\circ$ na $M_\infty=0,9$ u modifikovanoj konfiguraciji modela.

Na slici 7 prikazane su krive zavisnosti koeficijenta momenta propinjanja modela $C_m=f(\alpha)$ na Mahovom broju $M_\infty=0,9$. Poremećaj sile na otklonjenim krmilima uticao je na moment propinjanja modela. Dobijena eksperimentalna kriva $C_m=f(\alpha)$ na $M_\infty=0,9$ u odnosu na $M_\infty=0,8$ je blago translirana ka nižim vrednostima C_m . Za $\alpha=0^\circ$ na $M_\infty=0,9$ vrednost C_m je oko 0,8 i znatno je manja nego na $M_\infty=0,8$ gde iznosi oko 1,6.



Sl. 6 – Dijagram koeficijenta normalne sile krmila $C_{zk}=f(\alpha)$ sa uglom otklona $\delta_4=-15^\circ$ za osnovnu i modifikovanu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,9$



Sl. 7 – Dijagram koeficijenta momenta propinjanja $C_m=f(\alpha)$ za osnovnu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,8$ i $0,9$

Na slici 8 prikazane su krive zavisnosti koeficijenta momenta propinjanja modela C_m od napadnog ugla α na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ za osnovnu i modificovanu konfiguraciju modela. Dobijene eksperimentalne krive pokazuju međusobna odstupanja. Montiran prsten ispred sekcije krmila u modificovanoj konfiguraciji modela LVB utiče na karakter krive koeficijenta momenta propinjanja modela. Krive su glatke u opsegu malih napadnih uglova. Za $\alpha=0^\circ$ na $M_\infty=0,9$ vrednost C_m osnovne konfiguracije modela je oko 0,8 dok u modificovanoj konfiguraciji iznosi oko 1,6.

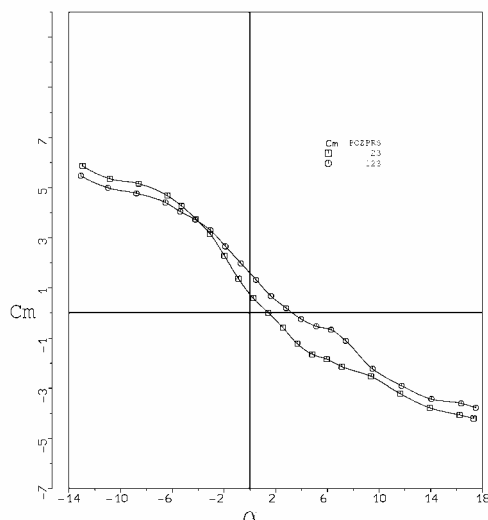
Gradijent krive koeficijenta momenta u modificovanoj konfiguraciji na $M_\infty=0,9$ je veći nego u osnovnoj konfiguraciji modela na $M_\infty=0,8$. Za $\alpha=0^\circ$ na $M_\infty=0,9$ dobijena vrednost C_m modificovane konfiguracije modela je bliska vrednosti C_m osnovne konfiguracije modela na $M_\infty=0,8$ i iznosi oko 1,6.

Analiza ovih dijagrama navodi na zaključak da su poremećaji strujnog polja izraženiji sa porastom Mahovog broja, kada se krmila nalaze bliže vrhu modela. Poremećaji strujnog polja, koji se javljaju u zoni sekcije krmila, znatno utiču na aerodinamičke karakteristike krmila i modela. Doprinos krmila ukupnom uzgonu modela je mali, ali znatno utiče na ukupni moment propinjanja.

Merenjem aerodinamičkih sila i momenata ne može se doći do preciznog uvida u fenomenologiju pojave. Zbog toga je program ispitivanja proširen uvođenjem dopunske metode koja vrši vizualizaciju strujanja oko modela LVB.

Analiza snimaka efekata vizualizacije strujanja

Radi sagledavanja fizikalnosti promena strujanja koje nastaju u graničnom



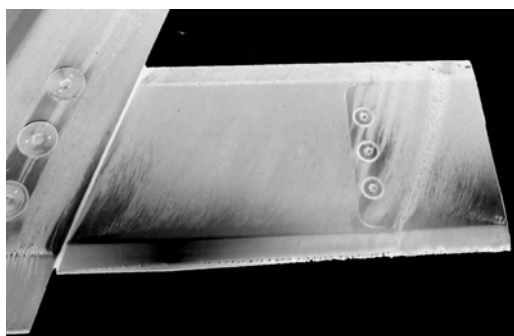
Sl. 8 – Dijagram koeficijenta momenta propinjanja $C_m=f(\alpha)$ za osnovnu i modificovanu konfiguraciju modela LVB na $M_\infty=0,9$

sloju oko modela LVB, vizualizacija strujanja izvršena je za dva Mahova broja $M_\infty=0,8$ i $0,9$ i dve konfiguracije modela LVB, osnovnu i modificovanu. Zbog tehnologije merenja aerodinamičkih sila i momenata, s jedne strane, i vizualizacije, s druge strane, ove dve metode nisu mogle biti korišćene istovremeno.

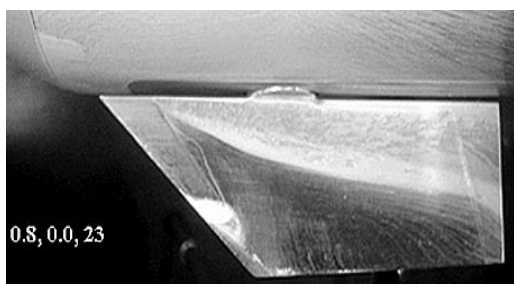
Otklon δ horizontalnih krmila u svim duvanjima tokom vizualizacije bio je 15° (izlazna ivica krmila nadole), odnosno isto kao i u ispitivanjima sa aerodinamičkim merenjima.

Za analizu strujanja oko modela LVB izabrane su vizualizirane strujne slike na gornjaci horizontalnog krila i horizontalnih krmila sa pozicijom 4 (slika 2).

Strujne slike na gornjaci krila i krmila u osnovnoj konfiguraciji modela na Mahovom broju $M_\infty=0,8$ prikazane su na slici 9 za $\alpha=0,42^\circ$ i na slici 12 za $\alpha=7,07^\circ$, na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ prikazane su na slici 10 za $\alpha=0,29^\circ$ i na slici 13 za



a



b

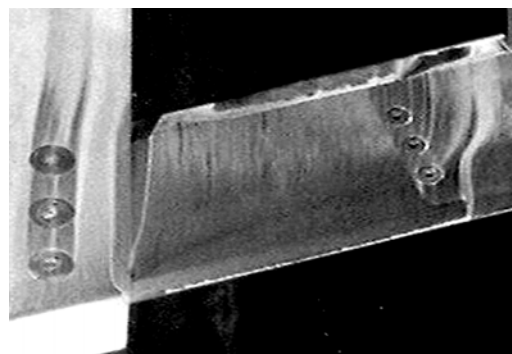
Sl. 9 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,8$; $P_o=2,3$ bar; $POZPRS=23$; $\alpha=0,42^\circ$

$\alpha=7,22^\circ$. Na slici 11 prikazane su fotografije vizualizacije strujanja na gornjaci krila i krmila u modifikovanoj konfiguraciji modela na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ za $\alpha=0,50^\circ$ i na slici 14 za $\alpha=7,56^\circ$.

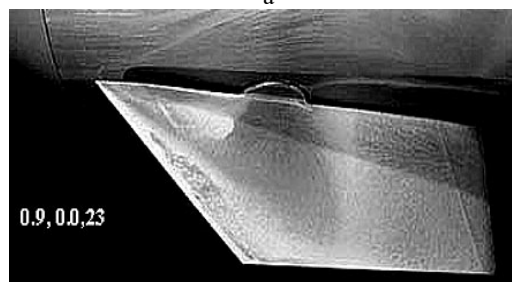
Analiza strujnih slika veoma je kompleksna. U radu su prikazani snimci strujanja oko horizontalnog krila i krmila na kojem su vršena merenja koeficijenta normalne sile C_{zk} . Treba naglasiti da se radi o trodimenzionalnom, transoničnom $M_\infty=0,8$ i $0,9$ strujanju. Krila i krmila nalaze se u zoni uticaja trupa modela i ekspanzionih talasa koji se formiraju na krajevima konusnog vrha modela.

Strujne slike na fotografijama 9, 10 i 11 razlikuju se, što je u saglasnosti sa rezultatima aerodinamičkih merenja. Posebno je izražena razlika strujnih slika na gornjaci krmila. Za nulti napadni ugao

(slika 9b) postoji veoma široka površina laminarnog strujanja (na dijagramu na slici 5 se vidi da je za $\alpha=0,42^\circ$ na $M_\infty=0,8$ C_{zk} u linearnom delu krive sa pozitivnim gradijentom). Za osnovnu konfiguraciju modela na $M_\infty=0,9$ strujanje je u najvećoj meri turbulentno. Na slici 10b se vidi da postoje dve zone otcepljenja struje, jedna na napadnoj ivici, a druga oko 50% tetive. Na dijagramu na slici 5 može se primetiti da oko ugla $\alpha=-1^\circ$ dolazi do pojave gubitka uzgona. Za modifikovanu konfiguraciju modela vrednosti C_{zk} za $\alpha=-1^\circ$ nalaze se u linearnom delu krive sa pozitivnim gradijentom (slika 6). Na slici 11b vidi se da je strujanje u najvećem delu laminarno, osim oko napadne ivice, i da je veoma slično strujanju za $M_\infty=0,8$, kada je model u osnovnoj konfiguraciji (slika 9b).

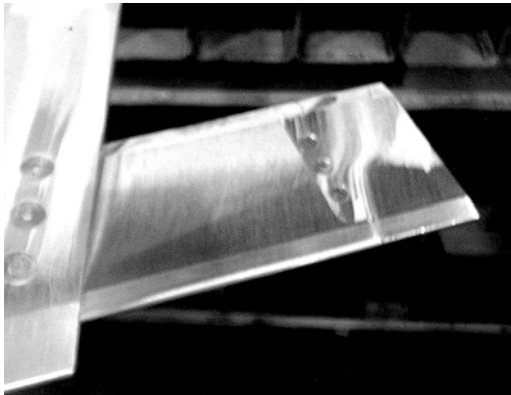


a

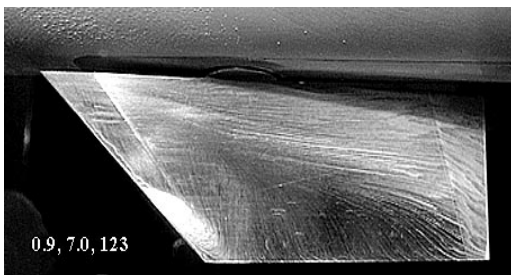


b

Sl. 10 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,9$; $P_o=2,3$ bar; $POZPRS=23$; $\alpha=0,29^\circ$



a



0,9, 7,0, 123

b

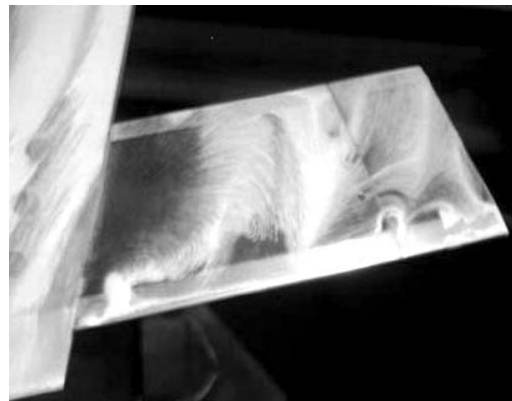
Sl. 11 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,9$; $P_o=2,3$ bar; $POZPRS=123$; $\alpha=0,50^\circ$

Time se potvrđuje da je ubačeni prsten ispred krmila odložio gubitak uzgona. Analiza strujne slike na krilima (slike 10a–11a), pre i posle ubacivanja prstena, pokazuje da ne postoji značajan uticaj na strujanje oko krila, što je u saglasnosti sa rezultatima merenja normalne sile na modelu (dijagram na slici 4).

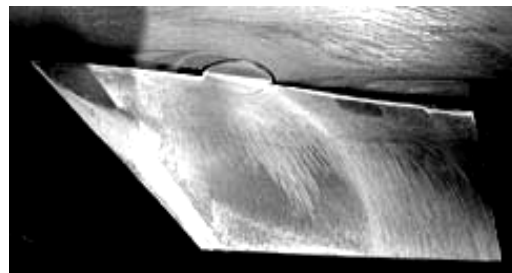
Na slici 5 vrednost C_{zk} krmila u osnovnoj konfiguraciji modela na $M_\infty=0,8$ i uglu $\alpha=0,42^\circ$ iznosi 0,519. Na slici 6 vrednost C_{zk} krmila u modifikovanoj konfiguraciji modela na $M_\infty=0,9$ i uglu $\alpha=0,50^\circ$ iznosi 0,565. Sličnost strujanja na priloženim fotografijama (slike 9b i 11b) potvrđuje malu razliku numeričkih vrednosti C_{zk} .

Za $M_\infty=0,8$ i $0,9$ na $\alpha=7,07^\circ$ strujanje je komplikovanije, kako na krilima, tako i na krmilima u odnosu na strujanje kada je $\alpha\sim 0^\circ$. Slike 12a–14a pokazuju da je strujanje na gornjaci krila u najvećem delu turbulentno, da se javljaju lokalni udarni talasi i da ne postoji znatna razlika između osnovne i modifikovane konfiguracije. Na dijagramu na slici 4 takode se vidi da ne postoji razlika u koeficijentu C_z za ispitivane konfiguracije.

Strujanje na gornjaci krmila koje je prikazano na slikama 12b–14b, pokazuje da odvajanje graničnog sloja nastaje na samoj napadnoj ivici. Granični sloj je turbulentan na najvećem delu površine krmila. Prelivanje sa donjake izraženo je na izlaznoj ivici i sve to doprinosi padu koeficijenta C_{zk} koji se može uočiti i na dijagramu na slici 5.



a

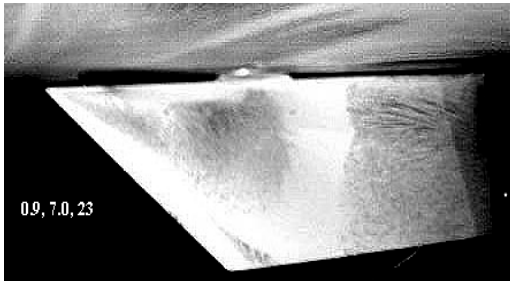


b

Sl. 12 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,8$; $P_o=2,3$ bar; $POZPRS=23$; $\alpha=7,07^\circ$



a



b

Sl. 13 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,9$; $Po=2,3$ bar; $POZPRS=23$; $\alpha=7,22^\circ$

Koeficijent normalne sile krmila C_{zk} (slika 6) na $M_\infty=0,9$ i uglu $\alpha=7,22^\circ$ ima vrednost 0,594 za osnovnu i na uglu $\alpha=7,56^\circ$ vrednost 0,896 za modifikovanu konfiguraciju modela. Na fotografijama se vidi da je strujanje u graničnom sloju laminarno na većoj površini krmila u modifikovanoj konfiguraciji (slika 14b) u odnosu na strujanje na krmilu u osnovnoj konfiguraciji (slika 13b). Slike strujanja (13b i 14b) potvrđuju razliku numeričkih vrednosti C_{zk} .

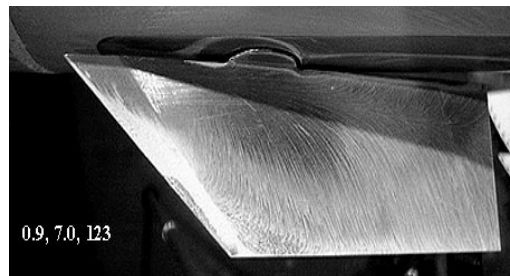
Detaljnija analiza strujne slike zahteva variranje većeg broja parametara tokom eksperimenta i mogućnosti da se koriste i upoređuju rezultati bar dve metode vizualizacije strujanja. To bi olakšalo tumačenje eksperimentalnih slika, identifikaciju svih pojava i otklanjanje nedostataka svake metode.

Zaključak

Eksperimentalna ispitivanja u aerotunelu omogućila su određivanje aerodinamičkih koeficijenata modela LVB i vizualizaciju strujanja. Rezultati su još jednom pokazali da su eksperimentalna ispitivanja nezaobilazni deo razvoja novih sredstava naoružanja. Merenje aerodinamičkih sila i momenata modela vršeno je savremenim unutrašnjim aerovagama. U ovom radu razmatrani su rezultati dobijenih koeficijenata normalne sile C_z na modelu i C_{zk} na horizontalnom krmilu za različite konfiguracije modela. Pokazano je da karakter eksperimentalno dobijenih krivih $C_z=f(\alpha)$ za ceo model LVB ne pokazuje odstupanja, dok $C_{zk}=f(\alpha)$ za krmilo u osnovnoj konfiguraciji modela na Mahovom broju $M_\infty=0,9$ odstupa od karaktera krive na



a



b

Sl. 14 – Strujna slika na krilu i krmilu modela LVB, $M_\infty=0,9$; $Po=2,3$ bar; $POZPRS=123$; $\alpha=7,56^\circ$

$M_\infty=0,8$. Odstupanja se manifestuju promenljivim gradijentom, nelinearnošću u opsegu malih napadnih uglova i ranijim padom uzgona. Poremećaji strujnog polja na $M_\infty=0,9$ utiču na koeficijent momenta propinjanja modela C_m .

Pretpostavka da su odstupanja aerodinamičkih koeficijenata krmila i modela rezultat uticaja konusnog vrha, odnosno pozicije upravljačke sekcije, pokazala se tačnom, jer je montaža prstena između konusnog vrha i sekcije krmila delimično eliminisala poremećaje strujanja. Za ovu konfiguraciju, za $M_\infty=0,9$, dijagram koeficijenta normalne sile na krmilu približio se očekivanom obliku.

Vizualizacija strujanja u graničnom sloju metodom uljnih emulzija dala je kompletnu sliku strujanja oko modela u graničnom sloju i potvrdila rezultate dobijene merenjima aerovagom. Fotografije snimljene pri uslovima pada C_{zk} , pokazuju da je strujanje na gornjaci krmila veoma složeno i većim delom turbulentno. Zone otcepljenja strujanja, za $M_\infty=0,9$, veoma su blizu napadne ivice krmila. Veliki deo krmila nalazi se u zoni ekspanzionih talasa formiranih na kraju konusnog vrha. Strujne slike na krilima ne pokazuju znatne razlike za promenu M_∞ i za promenu konfiguracije dodavanjem prstena.

Uporedna primena više komplementarnih tehnika tokom eksperimentalnog ispitivanja modela u aerotunelima i u ovom slučaju pokazala se veoma korisnom. U nastavku istraživanja modela LVB planira se uvođenje šliren-metode za vizualizaciju kompletnog strujnog polja i numerička obrada komercijalnim paketima proračunske dinamike fluida.

Literatura:

- [1] Damljanović, D.: Ispitivanje modifikovanog modela laserski vođene bombe na Mahovim brojevima 0,5 do 0,9 u aerotunelu T-38, VTI, Beograd.
- [2] Elfstrom G. M., Medved, B.: The Yugoslav 1,5m Trisonic Blowdown Wind Tunnel, AIAA Paper 86-0746-CP.
- [3] Janjikopani G.: Baždarenje aerovage VTI40A, Vojnotehnički institut, Beograd.
- [4] Marinkovski, D., Damljanović, D.: Proračun i baždarenje trokomponentne aerovage na krmilu modela laserski vođene bombe, Vojnotehnički institut, Beograd.
- [5] Marzkirich, W.: Flow visualization, Academic Press, New York, 1977.
- [6] Yang, W. J.: Flow visualization III proc. of 3. International Symposium, An Arbor MI, 1983, Hemisphere, New York, 1985.
- [7] Ristić, S.: Flow Visualization Technics in wind tunnels, VTI VJ 1996, skripta.
- [8] Ristić, S.: Vizualizacija strujanja u aerodinamičkim tunelima, Glasnik RV i PVO, 1990, 1, 16–24.
- [9] Ristić, S.: Pregled metoda za vizualizaciju strujanja u aerodinamičkim tunelima, kumnti, VTI VJ, 1999.
- [10] Ristić, S.; Vitić, A.; Matić, D.: Vizualizacija i numerička simulacija oko prednjeg dela modela torpeda, 29. Hipnef 2004, Zbornik radova, str. 267–273.
- [11] Ristić, S.: Vizualizacija strujanja oko modela laserski vođene bombe u aerotunelu T-38 uljanim premazima, VTI, 2004.
- [12] Ristić, S.; Damljanović D.: Normal force coefficient C_z determination and flow visualization on fin of laser guided bomb model in wind tunnel T-38, STR (in printing).

Mr Saša Veselinović,
major, dipl. inž.
Srdan Milenković,
potpukovnik
Uprava za organizaciju MO,
Beograd

PRAVCI RAZVOJA AUTOMATIZACIJE INFORMACIONOG SISTEMA ODRŽAVANJA U VOJSCI SRBIJE I CRNE GORE

UDC: 62-7 : 004.38 : 004.4

Rezime:

Postojeći informacioni sistem održavanja u Vojsci je, uz određene modifikacije, zadržan još iz perioda posle Drugog svetskog rata. Bilo je nekoliko pokušaja da se izvrši automatizacija, ali su svi pokušaji propali, bilo zbog pogrešnog pristupa ili pogrešnog izbora programskih alata. Reforme u Vojsci imaju značajan uticaj na organizaciju sistema održavanja, ali je uticaj na informacioni sistem održavanja neznatan. Prvi korak u automatizaciji predstavlja detaljna analiza procesa i tokova podataka čiju obradu treba automatizovati. Da bi automatizacija bila uspešna, analiza i deskripcija procesa i tokova podataka treba da bude rađena u nekom od savremenih paketa za izradu informacionih sistema. Model informacionog sistema održavanja, opisan sa 19 potprocesa, nudi jedan od mogućih načina za automatizaciju, što je i potvrđeno kroz program „Automatizovani informacioni sistem održavanja – trupni nivo“. Ukoliko sistem odbrane naše zemlje teži međunarodnim integracijama, mora imati kompatibilne informacione sisteme, koji se mogu projektovati, kupiti ili ih mogu nametnuti međunarodne organizacije.

Ključne reči: informacioni, održavanje, automatizacija, program, proces, trupni, model.

AUTOMATIZACION DEVELOPMENT DIRECTIONS OF MAINTENANCE INFORMATION SYSTEM IN THE MILITARY FORCES OF SERBIA AND MONTENEGRO

Summary:

Available maintenance information system in the military forces is, with some modification, retained from the period after the World War II. There were several attempts of automatization of maintenance information systems, but all the attempts failed, whether because of the wrong approach or the wrong choice of program tools. A reform in military forces has got an important influence on organization of maintenance system, but the influence on the maintenance information system is minor. The first step in automatization is detailed analysis of processes and the data flow that should be automated. For successful automatization, the analysis and process description ND data flow should be made in some of the modern systems for information systems production. The model of maintenance information system, described with 19 sub-processes, offers one of the many possible ways for automatization, which is verified through the program „Automatization informational system of maintenance – troop level“. If system of national defence wants to enter the international integrations, it must have compatible information systems that can be made, bought or imposed by the international organizations.

Key words: informacional, maintenance, automatization, program, process, troop, model.

Uvod

Održavanje tehničkih materijalnih sredstava u našoj vojsci prvobitno je organizovano po ugledu na oružane snage

SSSR-a. U kasnijem razvoju detaljno su analizirana sopstvena dostignuća i dostignuća savremenih armija (pre svega SSSR i SAD), a pozitivna iskustva, primenjiva u našoj praksi, implementirana su u sistem.

Izmene su se, uglavnom, odnosile na razvoj organizacione šeme, a uslovljavane su uvođenjem novih sredstava i novih tehnologija. Izuzetno, promene su se odnosile i na informacione tokove, a bile su posledica promena organizacione strukture Vojske. Bez obzira na sve promene, kako samog sistema, tako i okruženja, struktura funkcija informacionog sistema održavanja i organizacija rada ostajali su nepromenjeni.

Informacioni sistem održavanja (ISOd) u Vojsci Srbije i Crne Gore zasnovan je na prikupljanju podataka, izradi sumarnih pregleda i pisanih analiza i njihovom dostavljanju pretpostavljenoj komandi. Svaki nivo komandovanja, u skladu sa sopstvenom nadležnošću, a na osnovu izvršenih analiza, preduzima upravljačku akciju koja je usmerena na otklanjanje uočenih odstupanja od željenog stanja.

Ovakva organizacija rada održala se dugo, jer bez većih problema obezbeđuje prelazak na ratnu organizaciju, ne zahteva velika materijalna ulaganja, obezbeđuje potrebne podatke za upravljanje sistemom i dozvoljava „korigovanje“ rezultata.

Međutim, upravljačke akcije koje se preduzimaju u ovakvom sistemu najčešće su neadekvatne, kako po sadržaju, tako i po vremenu.

Razvoj i uvođenje u operativnu upotrebu savremenih borbenih sistema, zasnovanih na računarskoj tehnologiji, pokazao je niz slabosti informacionog sistema održavanja na koji se oslanjao. Uočeno je da je ovakav sistem zastareo i da ne zadovoljava zahteve savremenih armija, a pre svega zbog: male brzine obrade po-

dataka, niske pouzdanosti sistema, usporenih informacionih tokova, kasnih i neadekvatnih upravljačkih akcija.

Analizom aktuelnog sistema ustanovljeno je da je odnos kvaliteta i cene znatno nepovoljniji nego kod većine savremenih armija, pa je trebalo, primenom novih sistema za podršku odlučivanju i računara, razviti automatizovani informacioni sistem održavanja kojim bi bili sniženi troškovi funkcionisanja sistema, a zadržana zahtevana borbena gotovost jedinica.

U skladu sa proklamovanim ciljem, početkom 1990. godine, na nivou Vojske, formiran je stručni tim iz oblasti održavanja, koji je trebalo da izradi projekat „Automatizovani informacioni sistem održavanja“, koji bi bio element tehničkog informacionog sistema, podsistema pozadinskog informacionog sistema. Projekat je urađen, ali zbog raspada države i hronične ekonomske krize u Vojsci, nije nikada zaživeo. Kada su se ponovo stekli uslovi za njegovo uvođenje, već je bio zastareo u pojedinim delovima.

Sredinom 1997. godine pokrenut je novi projekat pod nazivom „Informacioni sistem održavanja – ISOd“. Izvršena je analiza sistema, ali projekat nikad nije završen do kraja, uglavnom zbog paralelnog (istovremenog) pristupa u projektovanju, što je zahtevalo visoke materijalne troškove razvoja i uvođenja u eksploataciju. I pored toga što je projekat ostao u sferi teoretskih razmatranja i nije rezultirao realnim modelom, neki od zaključaka iz analize funkcionisanja sistema održavanja mogu se smatrati opštim i trajno važećim.

Pre svega, za razliku od Vojske koja ima organizacionu strukturu, na tri nivoa, sistem održavanja ima organizacionu šemu koja se sastoji od četiri nivoa, a to su: nivo korisnika, taktički (trupni), operativni i stratejski nivo.

Analizom sistema održavanja tehničkih sistema uočava se da je on na trupnom (taktičkom) nivou relativno jednostavan, a ujedno i zaokružen, i da se ponavlja u svakoj jedinici sa samostalnom formacijom. Na ovom nivou vrši se direktna komunikacija između korisnika i sistema održavanja, kao i evidentiranje i početna obrada podataka. Evidentno je da bi se najveći pomak u automatizaciji učinio ako bi se razvoju novog informacionog sistema pristupilo po principu serijske realizacije „odozdo nagore“ (down-up), čime bi prednosti sistema bile odmah uočljive na trupnom nivou, a zahtevana materijalna sredstva bila bi najmanja. Problem ovakvog pristupa, moguća raznorodnost tehničke platforme i programskih paketa, bio bi otklonjen tako što bi se upravljanje razvojem obavljalo sa jednog mesta.

Operativni i stratejski nivo rukovode i upravljaju snagama i sredstvima u sistemu održavanja. Za realizaciju svojih osnovnih funkcija oni treba da raspolazu validnim informacijama. Zato je u svim informacionim tokovima neophodno razviti visok nivo integriteta podataka, potrebnu brzinu i kapacitet prenosa kako bi sistem delovao u realnom vremenu, i posebno pouzdan informacioni sistem u kojem bi broj i vreme otkaza bili svedeni na najmanji mogući nivo.

Pri projektovanju novog informacionog sistema potrebno je proučiti i način

organizovanja i funkcionisanja sistema održavanja u savremenim armijama kao i njihova iskustva.

Savremeni inostrani informacioni sistemi održavanja koncipirani su na nivou servisa (tehničke radionice) i omogućavaju povezivanje sa korisnicima putem Interneta. Njima se omogućava automatizovano planiranje održavanja na osnovu eksploatacionih parametara i statističkog predviđanja otkaza, i automatizovano praćenje stanja rezervnih delova.

Vojna primena ovih aplikacija odnosi se na povezivanje automatizovanog informacionog sistema održavanja sa Globalnim sistemom pozicioniranja (GPS). Time se omogućava da sredstvo izvrši samodijagnostiku, prijavi neispravnost i vlastitu poziciju na bojištu.

Uticaj organizacijskih promena Vojske na informacioni sistem održavanja na trupnom nivou

Započete reforme Vojske mogu imati manji ili veći uticaj na funkcionisanje sistema održavanja, a samim tim i informacioni sistem održavanja. S obzirom na to da reforma predstavlja korenite promene odnosa sistema i okruženja, kao i promene organizacione strukture samog sistema, nesumnjivo je da će ona imati značajan uticaj i na sistem održavanja. Generalno opredeljenje da logistika u Vojsci bude zasnovana na funkcionalnom pristupu upućuje i na promene u sistemu održavanja. Promena organizacione strukture jedinica za održavanje tehničkih materijalnih sredstava (TMS) eksplicitno će se odraziti i na promenu strategije održavanja.

Osnovni cilj reforme jeste da bude stvorena dobro naoružana i efikasna Vojska, sposobna da odgovori svim eventualnim izazovima, rizicima i pretnjama koji su usmereni na bezbednost državne zajednice, ali i da svoju organizacionu strukturu prilagodi savremenim zahtevima i pripremi se za priključenje Evroatlantskim bezbednosnim asocijacijama.

Armije zemalja koje su pristupile Evroatlantskim asocijacijama svoju organizacionu šemu zasnivaju na bataljonu – divizionu, kao osnovnoj jedinici, a puk – brigada su modularnog tipa. Bataljoni – divizioni formirani su kao potpuno samostalne jedinice i u miru su potčinjeni rodovskim mirnodopskim komandama koje vrše obuku jedinica. Takođe, u miru postoje i ratne komande brigada koje nemaju potčinjene sastave. Za izvršenje konkretnih zadataka formiraju se privremeni sastavi organizovani od bataljona – divizona (iz organizacijskog sastava mirnodopskih rodovskih brigada) i upućuju na zadatak ili se pretpotčinjavaju ratnim komandama brigada. Ovakav pristup podrazumeva visok stepen profesionalizacije i opremljenost savremenim naoružanjem i opremom. Prelazak Vojske na ovakvu organizaciju predstavlja realnu mogućnost.

Kada je u pitanju tehničko održavanje (TOd), to bi značilo da svaki bataljon mora biti samostalan u održavanju. U organizacijskom smislu to pretpostavlja da svaki bataljon u svom ograničenom sastavu mora da ima tehnički vod sastavljen od odeljenja za održavanje i odeljenja za snabdevanje. Na brigadnom nivou bila bi formirana manja jedinica za održavanje koja bi obavljala samo određene radove: opravku i pregled precizne mehanike, optike, centralizovan dotur rezerv-

vnih delova i potrošnog materijala, itd. Nosilac TOd u ovom slučaju bio bi bataljon – divizion.

Druga mogućnost je da se u miru od vodova za tehničko održavanje formira privremena jedinica na nivou rodovskog puka – brigade, kada bi nosilac tehničkog održavanja bila komanda puka – brigade.

Promene u strategiji održavanja, za razliku od organizacijskih promena koje se usklađuju sa društvenim zahtevima, zasnovane su na težnji da se smanji broj preventivnih radnji održavanja i produži korišćenje delova i sklopova do krajnje granice, a da se zamena vrši neposredno pred otkaz (to se odnosi na skupa sredstva i sredstva bitna za borbenu gotovost). Da bi se to postiglo potrebno je jedinice opremiti savremenim sofisticiranim sredstvima koja imaju mogućnost samodijagnostike ili mogućnost da se priključkom na računarsku opremu izvrši očitavanje eksploatacionih parametara koji mogu ukazivati na dotrajalost ili neispravnosti vitalnih sklopova. Ovakav pristup uslovljava i promene u sistemu obučavanja, pa je potrebno stručnospecijalističko školovanje kadrova usmeriti prema opremi, a ne prema strukama radne snage.

Bez obzira na izabranu organizacionu šemu Vojske, u svakom od mogućih organizacionih oblika i strategija održavanja, uvek postoji jedinica za TOd i njoj pretpostavljena komanda koja je nosilac TOd. Bilo da se radi o jedinici za tehničko održavanje u sastavu samostalnog bataljona – divizona ili o koncentraciji tih jedinica u mirnodopskoj rodovskoj brigadi, uvek postoji komandir jedinice i odeljenja koje izvode radove tehničkog održavanja, kao i preventivno održavanje –

kontrolu stanja, a korisnici mogu zahtevati tehničko održavanje na osnovu eksploatacionih parametara. Sagledavanjem uticaja reformi oružanih snaga na informacioni sistem održavanja na trupnom nivou uočava se da je on neznatan.

Procesi informacionog sistema održavanja na trupnom nivou

Osnovni preduslov automatizacije informacionog sistema održavanja jeste kvalitetna analiza sistema.

Analizom funkcionisanja organizacije održavanja na trupnom nivou, sa stanovišta informacionog sistema, uočava se da se u informacionom sistemu odvija dvadeset međusobno zavisnih procesa, i to [3]:

1. Prijava sredstva u sistem TOd
2. Ažuriranje evidencija i šifarnika
3. Izrada godišnjeg plana održavanja
4. Izrada zahteva za TOd i ispomoć osnovnom održavanju
5. Izrada Mesečnog plana rada jedinice za TOd
6. Izrada nedeljnog plana rada jedinice za TOd
7. Pozivanje i obaveštavanje jedinica korisnika
8. Poručivanje rezervnih delova i potrošnog materijala
9. Izrada dnevnog plana rada jedinice za TOd
10. Prijem sredstva na tehničko održavanje
11. Otvaranje radioničke dokumentacije
12. Trebovanje i izuzimanje rezervnih delova i potrošnog materijala
13. Realizacija tehnološkog programa održavanja

14. Ažuriranje radioničke dokumentacije

15. Predaja sredstva korisniku

16. Zaključivanje radioničke dokumentacije

17. Izrada prijave za srednji remont, generalni remont i ispomoć TOd

18. Prijem nabavljenih rezervnih delova i potrošnog materijala

19. Izrada izveštaja TOd

20. Arhiviranje.

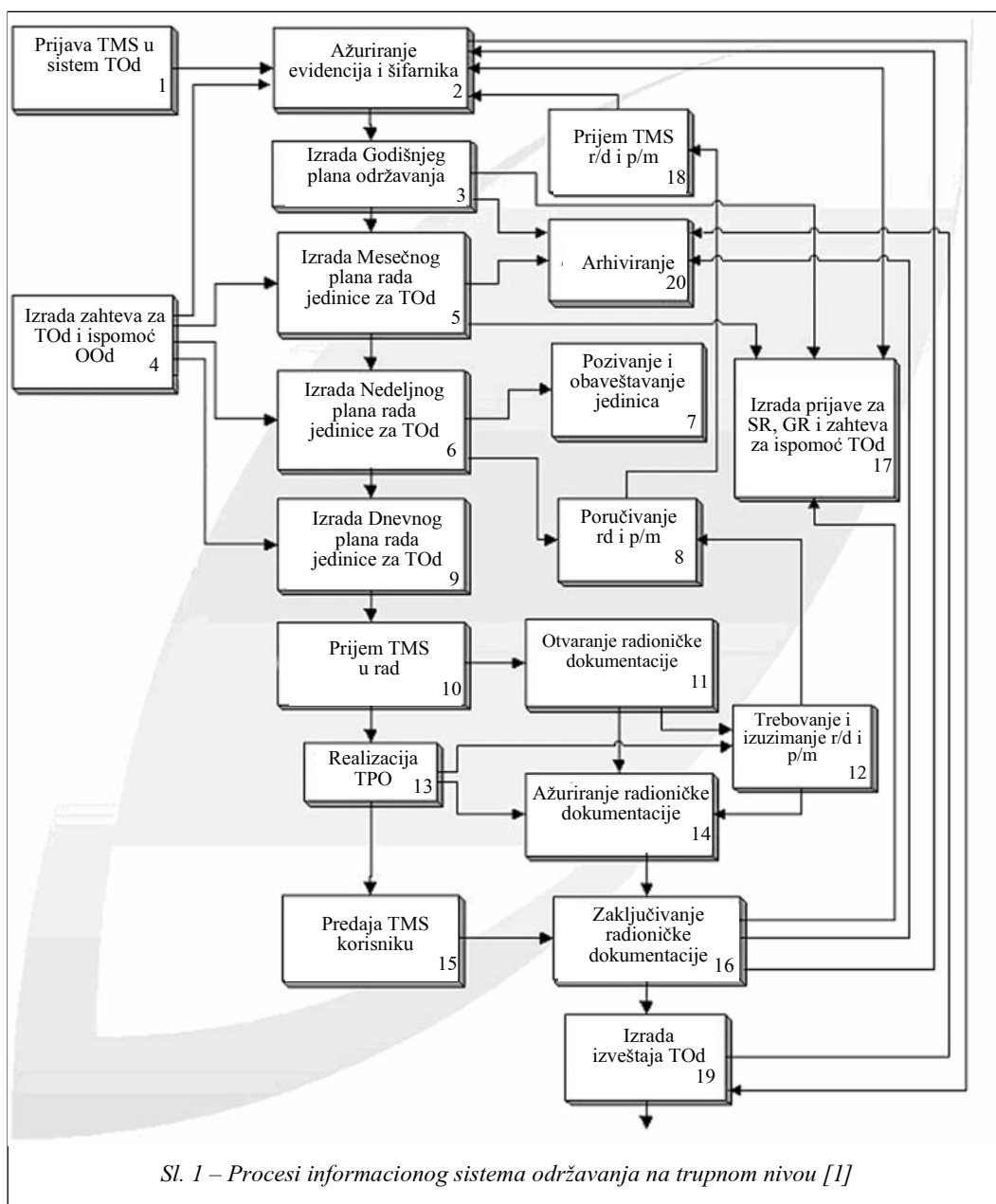
Redosled i međuzavisnost ovih procesa u informacionom sistemu održavanja, na trupnom nivou, prikazani su na slici 1.

Analizom navedenih procesa dolazi se do informacionih tokova koje treba automatizovati, ali i do problema čije rešavanje mora da prethodi automatizaciji procesa. Neki od tih problema su da ne postoji jedinstveni standard za nomenklaturu TMS, veliki broj sredstava u sistemu održavanja nema fabrički – serijski broj, ne postoji normativ za veliki broj TMS, postojeći obrasci su predviđeni za centralizovanu obradu podataka, itd.

Pored analize sistema održavanja na trupnom nivou, za automatizaciju je bitna i analiza podataka potrebnih za upravljanje na svim nivoima komandovanja. Analizom se može ustanoviti da je deo potrebnih izveštaja već propisan i izrađuje se, deo je propisan, ali se ne izrađuje, a jedan deo je predviđen nekim projektima, ali njihova izrada postojećim načinom rada nije moguća.

Izveštaji u sistemu tehničkog održavanja na trupnom nivou

Analizom postojećih izveštaja i anketiranjem komandnog kadra ustanovljeno je da su izveštaji koje je u automatizo-



vanom informacionom sistemu održavanja moguće izraditi, kako bi zadovoljili potrebe svih nivoa upravljanja održavanjem, sledeći [2]:

- realizacija Godišnjeg plana tehničkog održavanja,

- realizacija Mesečnog plana rada jedinice za TOd,

- pregled radnih naloga u određenom periodu,

- pregled nedostajućih rezervnih delova i potrošnog materijala,

- pregled rezervnih delova koji su uzrokovali neispravnosti i nedostajali su u procesu održavanja tehničkih sistema u određenom periodu,
- pregled utrošenih rezervnih delova u procesu održavanja tehničkih sistema,
- pregled realizacije trebovanja rezervnih delova, pneumatika, cerada,
- pregled neispravnih tehničkih sistema,
- pregled tehničke ispravnosti tehničkih sistema,
- reklamacija,
- izveštaj o vanrednom oštećenju tehničkih sistema,
- pregled vanrednih oštećenja tehničkih sistema,
- pregled stanja resursa tehničkih sistema za srednji remont,
- pregled stanja resursa tehničkih sistema za generalni remont,
- pregled realizacije plana T0d tehničkih sistema,
- pregled strukture ostvarenog kapaciteta i gubitaka u tehničkim radionicama,
- pregled angažovanja kapaciteta izvan jedinice (za ispomoć),
- pregled popunjenosti ljudstvom za tekuću godinu,
- pregled potrebnih i raspoloživih kapaciteta za održavanje i remont u tekućoj godini,
- izvod nepokrivenih količina tehničkih sistema u periodu,
- izvod nepokrivenih specijalnosti iz sistema održavanja u određenom periodu,
- pregled parametara održavanja TMS,
- izveštaj o parametrima eksploatacije, održavanja i remonta tehničkih sistema ranga 1,
- izveštaj o stanju održavanja tehničkih sistema.

Pored ovih izveštaja, moguće je uvesti i druge pomoćne izveštaje koji su potrebni u sistemu, kao što su: pregled angažovanja mehaničara po danima i zbirno za određeni period, pregled reklamacija na radove po mehaničarima, pregled radioničkih lista za naplatu, itd.

Automatizacija procesa održavanja

Programski paket koji treba da automatizuje procese održavanja na trupnom nivou trebalo bi da zadovolji nekoliko zahteva.

Prvi i osnovni zahtev jeste da odnos kvaliteta i cene bude na nivou savremenih programskih paketa, a da finansijski troškovi budu usaglašeni sa realnim mogućnostima Vojske. U troškove spadaju cene: izrade programa, obezbeđenja potrebnog hardvera, implementacije programa, obuke kadrova za rad na sistemu, održavanja i dogradnje i razvoja automatizovanog informacionog sistema.

Drugi zahtev jeste da program u realnom vremenu daje izveštaje koji mogu da se koriste za adekvatno upravljanje sistemom održavanja na trupnom nivou.

Treći zahtev je da razvoj programa ne traje predugo. Postoje programi koji se razvijaju godinama i stalno se dograđuju, ali od njih nema nikakve koristi, jer ne ulaze u primenu. To znači da nije izvršena kvalitetna sistemska analiza [1] ili da je izabran pogrešan alat za razvoj programa.

Da bi programski paket odgovarao informacionom sistemu, kao i da je moguće buduće promene implementirati, potrebno je, u nekom od alata za projektovanje, opisati proces koji se automati-

zuje. Prednost primene ovih alata je u tome što omogućavaju da eksperti iz oblasti informatike shvate proces koji treba da automatizuju, da korisnici ukažu na nedostatke programa, a da sistem-inženjeri uoče nedostatke postojeće organizacije. Takođe, ovi alati omogućavaju i automatsko kreiranje baze podataka u nekom od paketa koji služi za izradu relacionih i objektnih baza podataka, kao i sinhronizaciju u slučaju izmene u modelu procesa.

Izbor programa za automatizaciju informacionih sistema održavanja zavisi od više faktora, od kojih su najbitniji: cena, mogućnost prilagođavanja potrebama korisnika, tehnička podrška, ponudene beneficije. Ipak, razliku između isplativog i neisplativog informacionog sistema čini kompromis između cene i mogućnosti da sistem obezbedi kvalitetne podatke za upravljanje sistemom.

Dobri informacioni sistemi imaju karakteristiku da, pored praćenja održavanja, kao neodvojivi deo procesa, prate i promet rezervnim delovima. U programima koji su analizirani, veliki deo svakog od njih posvećen je praćenju stanja u skladištu, utrošku, poručivanju i prijemu rezervnih delova.

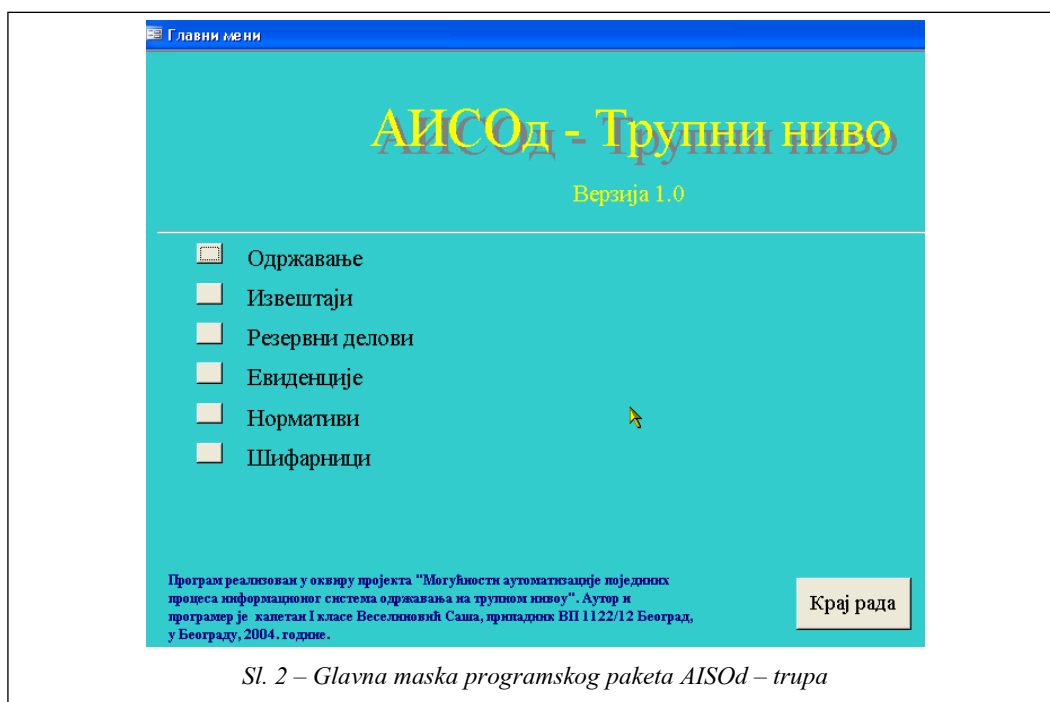
Druga karakteristika dobrih informacionih sistema održavanja jeste da omogućavaju planiranje preventivnog održavanja na osnovu vremenskih resursa i na osnovu eksploatacionih merenja. Pojedini programi omogućavaju i statističko predviđanje eksploatacionih parametara i, na osnovu toga, može se zakazati aktivnost preventivnog održavanja.

Sagledavanjem važeće normativno-pravne regulative, potreba komandi na raznim nivoima komandovanja, kao i mogu-

ćih promena u sklopu reforme Vojske, može se videti da većina informacija koje su potrebne za upravljanje postoje u sistemu održavanja. Deo ulaznih dokumenata iz projekta AISO implementiran je u postojeći informacioni sistem održavanja na trupnom nivou. Problemi nastaju u praksi, jer su obrasci prilagođeni automatizovanoj obradi podataka čija automatizacija nikada nije izvršena. Drugi problem je funkcionisanje sistema održavanja u realnim uslovima, koji izlazi iz okvira propisanog.

Alati koji se najčešće koriste za ove potrebe su programski paket BPWin i ERWin ili programski paket Rational Rose. BPWin služi za opisivanje procesa, a ERWin za kreiranje logičkog i fizičkog modela podataka, (to su programi starije generacije), dok je Rational Rose noviji paket i umnogome složeniji, jer objedinjava funkcije oba ova programa.

Sledeći paket koji je potrebno izabrati je paket u kojem će biti baza podataka. Budući da je u pitanju složen sistem sa više nivoa grupisanja podataka i više korisnika, alat mora podržavati baze podataka u višekorisničkom režimu rada. Ovakvih paketa ima više, a najpoznatiji su ORACLE, MS SQL i ACCESS. ORACLE i MS SQL mogu da služe za razvoj klijent-serverских aplikacija, dok ACCESS to ne može. Međutim, ACCESS omogućava da do 5 korisnika istovremeno rade nad istom bazom podataka i omogućava brz razvoj aplikacija pomoću veoma kvalitetnih i intuitivnih „čarobnjaka“. Razvoj aplikacija uključuje i izradu potrebnog interfejsa i izveštaja u obliku tabela ili dijagrama, kao i alata za administriranje baze, a nije potrebna kupovina posebnog softvera, jer je on već uključen u registrovane pakete MS Office.



U literaturi [3] dat je model podataka koji opisuje informacioni sistem održavanja na trupnom nivou, na način koji omogućava njegovu automatizaciju. U istom radu urađena je i aplikacija (AISOd – trupni nivo) koja u osnovnom obliku eksperimentalno dokazuje da je moguća automatizacija predloženog informacionog sistema.

Automatizovani informacioni sistem održavanja – trupni nivo

Pri startovanju programa AISOd – trupa 1.0, pokreće se uvodna maska prikazana na slici 2. Podmaske su grupisane prema funkcijama: održavanje, izveštaji, rezervni delovi, evidencije, normativi i šifarnici.

Podmeni „održavanje“ ima sledeće opcije: proizvodno ljudstvo, planovi održavanja, radionička lista, zahtevi – zaga-

vlja, zahtevi stavke, reklamacija, vanredno oštećenje.

U podmeniju „održavanje“ omogućeno je unošenje podataka o proizvodnom ljudstvu, zahtevima prema jedinici za TOd, izrada planova (dnevni, nedeljni, mesečni – slika 3 i godišnjih), analize planova, radioničke dokumentacije i izveštaja o reklamaciji i vanrednom oštećenju.

Izrada planova i analiza je poluautomatizovana kao i izrada radioničke dokumentacije. Iz radioničke dokumentacije moguće je kreirati ML-LIP i u njega uneti podatke o rezervnim delovima jednostavnim izborom iz imenika.

Radionička lista (slika 4) sačinjena je tako da sadrži sve podatke o eksploataciji svih sredstava koja dođu na održavanje, ali se podrazumeva da sva sredstva imaju serijski ili registarski broj. Radioničke liste povezane su sa stavkama plana, a ako nisu povezane onda se tretiraju

ОД ОБРАВА:		План одржавања: МП				Од датума		1.2.2004		
пшк: Мирковић Богдан						До датума		28.2.2004		
ВПШедОд		1552/32								
Назив		Технички воД								
ОдСт	ВП Кор	Назив ТМС	ТПО	Опис захтеване активности	ДатумОд	Ком	РКап	РПНЧ	ТрМ	%Real
Основе	Приорит	Складиски бр	Рег/Фабр.	Исправност	ДатумДо	ПНЧ		ОЕЧ	ТрРС	Прод.
0	1552/16	Тел коре дна ИБ4	ЛР	Оправк везла	13.2.2004	1	1	10		100%
	0	7569-9636-9339-9	БС		15.2.2004	0		17	5.443,40 Dn.	99%
1	1552/03	Пилољ 7,65 ■■ ЦР МПО	ИТП	ИТП	1.1.2004	2				
3П	0	1111-1111-1111-1	БС		28.1.2004	0,4				
2	1552/05	Пилољ 7,65 ■■ ЦР МПО	ИТП	ИТП	1.2.2004	1				
ГП	0	1111-1111-1111-1	БС		28.2.2004	0,2				
3	1552/05	Пилољ 7,65 ■■ ЦР МПО	ИТП	ИТП	1.1.2004	3				
3П	0	1111-1111-1111-1	БС		28.1.2004	0,6				
4	1552/05	Аутомобил за средства везе AP-65	ИТП	ИТП	1.1.2004	1	1	7	7.106,60 Dn.	100%
3П	0	1111-4555-6666-6	БС		28.1.2004	7		7	2.241,40 Dn.	100%

Sl. 3 – Izgled dela izveštaja o realizaciji Mesečnog plana održavanja TMS

Радионишка листа

БројРЛ: 000001 | ДатумРЛ: 1.2.2004 | ОдТод: Н1; 1552/32 | ОзСтПл: 4/2/2004; 1552/32 | ИДПлана: 1552/32; Технички воД, МП, 1.2.2004; 28.2.2004

Подаци о ТМС | Подаци о Рег/Фабр бр | Одржавање ТМС | Пријем-Предаја ТМС | Остало

ВП Кор	Складиски број	Назив ТМС
1552/05	1111-4555-6666-6	Аутомобил за средства везе AP-55
ЈМ рес	Подгр СлТМС	
km		

Карактеристична неисправност
Прекиди / нестабилност у раду

Сместај ТМС у тренутку појаве неисправности - испуњења ресурса
У стационарним објектима

Услови употребе под којима је установљена неисправност - испуњење ресурса
Вожња неоптерећеног ТМС по коповозу

Рађња при којој је установљена појава неисправности - испуњења ресурса
Нормалан рад / дневни преглед за време контроле

Саставно: срлк Јанковић Г | Контролисано: кап Маринковић Д | Обрађено: срл Радиновић А | Закључена

Sl. 4 – Maska za unos podataka u obrazac radioničke liste

kao vanplanske. Pri svakom otvaranju stavki plana, realizacija se ažurira.

U podmeniju „izveštaji“ svi izveštaji su grupisani u tri podmenija: analiza stanja, realizacija održavanja i izveštaji – rezervni delovi.

Podmeni „analiza stanja“ omogućava izradu sledećih izveštaja:

- pregled broja vanrednih oštećenja,

- pregled nepokrivenih količina tehničkih sistema,

- pregled nepokrivenih struka u sistemu održavanja,

- pregled popune proizvodnim kapacitetima,

- pregled potrebnih i raspoloživih godišnjih kapaciteta,

- izveštaj TSI-2.

Podmeni „realizacija održavanja“ omogućava izradu izveštaja koji su vezani za održavanje, a to su:

- pregled angažovanih kapaciteta van jedinice (za ispomoc),
- pregled nezaključenih radioničkih lista,
- pregled parametara održavanja tehničkih sredstava,
- pregled radioničkih lista,
- pregled realizacije tehničkog pregleda i konzervacije,
- realizacija kapaciteta (slika 5).

U podmeniju „izveštaji – rezervni delovi“ grupisani su izveštaji koji su vezani za rezervne delove, i to:

- pregled nedostajućih rezervnih delova i potrošnog materijala,
- pregled rezervnih delova uzročnika neispravnosti koji su nedostajali,
- pregled realizacije trebovanja rezervnih delova i potrošnog materijala,
- pregled utrošenih rezervnih delova i potrošnog materijala.

Podmeni rezervni delovi sadrži određene potceline. To su: imenik delova, ML-LIP, evidencija rezervnih delova, identifikacione kartice rezervnih delova,

porudžbenice rezervnih delova i proizvođači rezervnih delova.

Ovaj deo programa omogućava unos šifarnika rezervnih delova, prati stanje u skladištu i omogućava poručivanje, zaduživanje i razduživanje rezervnih delova. Takođe, omogućena je automatska izrada porudžbenice za rezervne delove, čija je količina ispod definisane tačke naručivanja.

Podmeni „evidencije“ sadrži šifarnike koji su potrebni za rad automatizovanog informacionog sistema održavanja. U ovom delu programa unose se podaci o jedinicama – ustanovama koje vrše održavanje, sledejućem stanju tehničkih materijalnih sredstava, kao i podaci iz tehničke knjižice – kartona tehničkih materijalnih sredstava.

Podmeni „normativi“ omogućava unošenje i ažuriranje propisanih normativa za aktivnosti održavanja i vremenskih i eksploatacionih resursa po sredstvima i vidovima održavanja.

Zaključak

Uporedo sa razvojem informacionih tehnologija razvijali su se i informacioni sistemi održavanja, koji imaju zadatak da obezbede kvalitetne informacije potrebne za upravljanje sistemom održavanja.

U Vojsci je, i pored više pokušaja automatizacije, u funkciji manuelni način obrade podataka u informacionom sistemu održavanja na trupnom nivou. Ovakav sistem ne zadovoljava ni minimalne potrebe za kvalitetnim upravljačkim informacijama. Ostvarenje cilja ovog rada postignuto je kroz: sagledavanje nivoa dostignute automatizacije informacionog sistema održavanja u Vojsci; analizu postojećeg informacionog sistema održava-

Реализација капацитета за период од 1.2.2004 до 29.02.2000 године		
Војна пошта	1552/32	
Формацијски капацитет	2070	100%
Планирани губици	37,5	1,8%
Расположиви капацитет	2032,5	98,2%
Остварено ЕЧ	43	100,0%
Реализација капацитета		
I ТП	7	16,3%
II ТП	19	44,2%
ЛР	17	39,5%
Губици ЕЧ	0	0,0%
Губици ЕЧ по развојима		
Искористеност капацитета		2,1%
Продуктивност		79,1%
Прев/Кор	26 / 17	152,9%
План/ВанПлан	26 / 17	152,9%

Sl. 5 – Izveštaj o realizaciji kapaciteta

nja (kroz model procesa, model podataka i model resursa) sa predlogom procesa koje je moguće automatizovati bez ili uz izmenu važeće normativno-pravne regulative, i prezentaciju jednog od mogućih pravaca u automatizaciji procesa održavanja na trupnom nivou. I, na kraju, dat je praktičan prikaz mogućeg modela programa za automatizaciju informacionog sistema održavanja na trupnom nivou.

U svetu postoje mnogi programi za automatizaciju informacionih sistema održavanja. Oni su koncipirani tako da automatizuju rad na nivou servisa za održavanje, bez obzira na to da li je sistem održavanja osnovna ili sporedna delatnost. Veliki industrijski kompleksi ulažu ogromna novčana sredstva u razvoj informacionih sistema održavanja, jer im oni omogućavaju adekvatnu reakciju na stanje sistema i okruženja, a sve u funkciji snižavanja troškova proizvodnje i obezbeđivanja konkurentnosti na tržištu.

Zbog toga je potrebno sagledati realne uslove i izmeniti propise koji regulišu predaju tehničkih sistema na popravku po prioritetu, kriterijuma za ustanovljavanje ispravnosti sredstava, način izdavanja rezervnih delova, pozivanja jedinica

na održavanje, načina otvaranja i čuvanja tehničke dokumentacije i dr. Ove probleme potrebno je rešiti bez obzira na način obrade podataka. Bez njihovog rešavanja, kao i formalizacije i drugih procesa u sistemu održavanja, razvoj informacionog sistema praktično je nemoguć.

Ukoliko naša zemlja i Vojska želi u Evroatlantske integracije, mora se automatizovati informacioni sistem održavanja, tako da bude kompatibilan sa informacionim sistemima zemalja članica NATO. To se može uraditi onako kako nama odgovara ili će se sačekati trenutak kada će rešenje za automatizaciju biti nametnuto i kada će čitav sistem morati da se prilagođava nametnutim aplikacijama.

Literatura:

- [1] Pavlič, M.: Sistem analiza i modeliranje podataka, Naučna knjiga, Beograd, 1990.
- [2] Grupa autora: Automatizovani informacioni sistem održavanja, Projekat, 1, vojna oblast, Beograd, 1990.
- [3] Veselinović, S.: Mogućnosti automatizacije pojedinih procesa informacionog sistema održavanja na trupnom nivou, magistrski rad, ŠNO, Beograd, 2004.
- [4] Phillippi, N.: Avoid the Hype in CMMS Selection, Application Resource Consulting Inc., http://www.cmmcity.com/articles/avoid_cmms_hype.htm, 2003.
- [5] Stanojević, P.; Mišković, V.: Mogućnosti i problemi primene savremenih strategija održavanja u vojnim sistemima, VA ŠNO, radni materijal, 2003.

Profesor dr Miloško Jevtović,
dipl. inž.
Elektrotehnički fakultet,
Banja Luka

ZAŠTITA RAČUNARSKIH MREŽA

UDC: 004.738 : 65.012.8

Rezime:

U radu su obrađene metode napada, oblici ugrožavanja i vrste pretnji kojima su izložene računarske mreže, kao i moguće metode i tehnička rešenja za zaštitu mreža. Analizirani su efekti pretnji kojima mogu biti izložene računarske mreže i informacije koje se preko njih prenose. Opisana su određena tehnička rešenja koja obezbeđuju potreban nivo zaštite računarskih mreža, kao i mere za zaštitu informacija koje se preko njih prenose. Navedeni su standardi koji se odnose na metode i procedure kriptozastite informacija u računarskim mrežama. U radu je naveden primer zaštite jedne lokalne računarske mreže.

Ključne reči: računarske mreže, ugrožavanje mreža, pretnje mreži, protivmere, zahtevi za zaštitu, tajnost informacija, autentičnost, integritet, autorizacija prava korisnika, tehničke mere zaštite, standardi metoda zaštite.

PROTECTION OF COMPUTER NETWORKS

Summary:

In this paper different methods of attacks, threats and different forms of dangers to the computer networks are described. The possible models and technical solutions for networks protection are also given. The effects of threats directed to the computer networks and their information are analyzed certain technical solutions that provide necessary protection level of the computer networks as well as measures for information protection are also described. The standards for methods and security procedure for the information in computer networks are enlisted. There is also an example of protecting one local data network (in this paper).

Key words: computer networks, endanger of networks, network threats, countermeasures, protection demands, information confidentiality, authenticity, integrity, authorization of the user's rights, technical protection measures, standard methods of protection.

Uvod

Pri projektovanju računarskih mreža, najteži i najsloženiji problem predstavlja zaštita mreže i informacija koje se preko nje prenose. Iskustva pokazuju da problem predstavlja izbor tehničkih rešenja (softverska, hardverska) kojima se može obezbediti zahtevani nivo zaštite. Problemi često nastaju zbog toga što budući korisnik mreže u projektnom zadatku nije precizno definisao nivo i kvalitet

zaštite. Takođe, problem predstavlja definisanje tehničkih zahteva za zaštitu, zbog toga što se oni moraju zasnivati na proceni (analiza, studija pretnji) realno mogućih pretnji i oblika ugrožavanja mreže i informacija.

Značaj zaštite i bezbednosti informacija u telekomunikacijama rapidno se povećava, kako u vojnim tako i u javnim mrežama, među kojima su i računarske mreže. Evropska unija izdala je niz različitih direktiva koje se odnose na uputstva

za obezbeđenje tajnosti i zaštite informacija u javnim telekomunikacionim mrežama. Institut za evropske telekomunikacione standarde – ETSI (European Telecommunications Standards Institute) formirao je savetodavnu grupu za problematiku zaštite i bezbednosti mreža, a radi i na algoritmima za zaštitu informacija u javnim mrežama [1].

Pri analizi metoda napada i zaštite računarske mreže važno je znati šta je to računarska mreža. Resursi telekomunikacionog sistema određenog kapaciteta, propusnog opsega, bitskog protoka i kvaliteta, angažovani za povezivanje i komunikaciju računara i terminala, čine računarsku mrežu. Drugim rečima, računarska mreža predstavlja telekomunikacionu mrežu koja zadovoljava posebne zahteve koji se odnose na prenos podataka, odnosno komunikaciju između povezanih računara i terminala. Računarska mreža formira se korišćenjem kanala prenosnih sistema (žičnih, optičkih, VF/VVF/UVF radio, radio-relejnih i satelitskih sistema) i telekomunikacionih uređaja (opreme), kao što su: komutatori, modemi, multiplekseri, adapteri, mrežne kapije, ruteri (TCP/IP; X.25; ISDN; MPLS, ATM ili multiprotokolski ruteri), mostovi, repetitori, priključne kutije, uređaji za upravljanje multipoint vezama, itd. Funkcije računarske mreže obezbeđuju mrežni operativni sistemi (na serverima i radnim stanicama), koji omogućavaju komunikaciju preko mreže korišćenjem određenih komunikacionih protokola.

Zaštita predstavlja jedno od najznačajnijih pitanja u realizaciji buduće generacije mreža (Next Generation Networks – NGN), posebno onih koje za prenos budu koristile Internet protokol [2], od-

nosno njegov podsistem za multimedijalnu komunikaciju (Internet Multimedia Subsystem – IMS).

Težišno pitanje razmatrano u ovom radu jeste analiza mogućih pretnji i napada na računarsku mrežu, kao i tehničke mogućnosti zaštite mreža i informacija.

Vrste i oblici pretnji i napada na računarske mreže

Pretnje računarskim mrežama

Savremene računarske mreže, kao i buduća generacija telekomunikacionih mreža, mogu biti izložene nizu ozbiljnih pretnji (threats) ili napada, koje uzimaju u obzir različite mrežne konfiguracije (arhitektura, topologija), komunikacione protokole i načine prenosa signala. To su, najčešće, sledeće pretnje:

- odbijanje usluge (denial of service). Ovim tipom napada elementi računarske mreže se blokiraju kontinualnim bombardovanjem podacima, tako da se zauzimaju svi mrežni resursi, pa mreža nije u stanju da korisnicima pruža usluge;

- prisluškivanje (eavesdropping). Ovom pretnjom prikriveno ili potpuno tajno prisluškuju se signali koji se preko mreže prenose između predajnika i prijemnika;

- maskiranje (masquerade). Izvršilac napada koristi maskiranje kako bi simulirao lažnu identifikaciju radi pristupa mreži;

- neautorizovani pristup (unauthorized access). Pristup ulazima u mrežu mora biti veoma restriktivan u skladu sa politikom zaštite. Ako napadač pokuša da realizuje neautorizovan pristup na bilo kom ulazu u mrežu, drugi različiti napadi mogu uporedo proći neprimećeni;

– modifikacije informacije (modification of information). U ovom slučaju podaci mogu biti izmenjeni, uništeni ili oštećeni korišćenjem deliberalizovane manipulacije porukama u datoj mreži;

– odricanje (repudiation). Jedan ili više korisnika uključenih u komunikaciju može odbiti, u celini ili parcijalno, učesće u komunikacionom procesu sa drugim korisnicima ili serverima. Moguće metode napada uključuju odbijanje predaje podataka ili prijema podataka, pristup podacima ili modifikaciju podataka.

Suzbijanje ovih pretnji, odnosno napada na računarsku mrežu, realizuje se protivmerama. Protivmere (countermeasures) za suzbijanje pretnji ili napada generalno se mogu okarakterisati kao preventivne ili detekcione. U te mere spadaju:

– autentifikacija (authentication) – komunikacioni proces koji omogućava, odnosno obezbeđuje pouzdanu informaciju o identifikaciji učesnika u vezi;

– autorizacija (authorization) – dozvola za uvid ili modifikaciju (promene) podataka ili obavljanje nekih drugih aktivnosti u računarskoj mreži;

– zaštita tajnosti informacija (confidentiality) – zaštita sadržaja poruke od nedozvoljenog uvida i korišćenja;

– neporicanje (non-repudiation) – proces kojim se štite sistemi u komunikaciji tako što se osigurava predaja poruka, prijem poruka i obrada podataka;

– integritet (integrity) – procedure koje omogućavaju da informacija ne bude menjana u toku prenosa od izvora do odredišta;

– digitalni potpis (digital signature) – poruka koja potvrđuje identitet njenog pošiljaoca, kao i autentičnost i

integritet poruke koja se prenosi. To znači da se digitalni potpis razmenjuje između učesnika u komunikaciji radi provere autentičnosti prenete informacije i identifikacije entiteta koji međusobno komuniciraju;

– kontrola pristupa (access control) – procedura kontrole kojom se utvrđuje pravo nekoj osobi da pristupi resursima računarskog sistema ili računarske mreže;

– virtuelna privatna mreža (Virtual Private Network – VPN) – metodama kriptozastite osigurana veza dva učesnika u IP računarskoj mreži;

– kriptozastita poruka (encryption) – algoritmi i metode (permutacija, supstitucija i sabiranje po modulu 2) kojima se obezbeđuje šifrovanje – dešifrovanje poruka u komunikaciji;

– otkrivanje napada (intrusion detection) – mere koje omogućavaju da se otkrije napad na računarsku mrežu i time spreči ugrožavanje;

– provera i presecanje pretnji (auditing and logging) – procedure kojima se proveravaju pristupni kanali veze ka mreži radi otkrivanja i sprečavanja pretnji.

Softverske metode za ugrožavanje računarskih mreža

Za ugrožavanje funkcionisanja Internet mreže i mreža koje su na njega povezane (IP mreže), najčešće se koriste zloćudni programi koji se klasifikuju kao: „virusi“, „trojanski konji“, „bakterije“, „crvi“, „bombe“ i slično. Oni se prenose preko piratskih aplikacionih programa, softverskih alata ili sa porukama elektronske pošte.

Virusi su programi koji „zaraze“ datoteku računara umetanjem svojih umnožaka (kopija), a obično se izvršavaju kada se učitavaju u memoriju računara. Na taj način se prenose i na ostale računare u mreži. Slanjem ogromne količine podataka virusi zagušuju ili sasvim isključuju mrežu. Njihovo delovanje je vrlo štetno, a ogleda se u oštećenju pojedinih delova računara, hard diska i zauzimanju memorijskog prostora operativne memorije računara. U računarskim mrežama u svetu kruži oko 200 hiljada virusa.

Trojanski konji su korisni ili prividno korisni programi koji, kada se uključe odnosno aktiviraju, obavljaju nepoželjne ili rušilačke aktivnosti u računaru. Mogu se koristiti sa ciljem da ispune neke zadatke koje neovlašćeni korisnik nije u stanju da realizuje. Da bi pristupio datotekama određenog računara, program trojanski konj, kada se izvršava, menja redosled ovlašćenja (privilegija, prava) za korišćenje datoteke. Takve datoteke, nakon njihovog delovanja omogućavaju da svako može da ih čita, odnosno ostaju bez zaštite.

Bakterije su programi koji izričito ne oštećuju datoteku, ali imaju ulogu da se intenzivno „razmnožavaju“ (po eksponencijalnom zakonu), zauzimajući, odnosno angažujući vreme procesora i memorijski prostor na disku ili u operativnoj memoriji. Time se onemogućava korišćenje umreženog računara.

Bombe – logičke bombe predstavljaju kodove koji se ubacuju u neki komercijalni program, a postavljeni su da „eksplodiraju“ kada se zadovolje određeni uslovi, kao, na primer, postojanje ili ne-

postojanje pojedinih datoteka, određeni dan u sedmici ili pri pojavi određenog korisnika. Kada se ti uslovi ispune nastupaju rušilačka dejstva čiji je efekat onesposobljavanje računara (operativnog sistema, aplikativnog softvera, memorijskog prostora i dr.).

Problem zaštite od ugrožavanja mreža korišćenjem navedenih softverskih metoda rešava se korišćenjem antivirskog softvera, odnosno, softvera za otkrivanje prisustva zloćudnog programa. Čine se naponi za realizaciju imunog sistemskog softvera za otkrivanje i uništavanje zloćudnih programa, a time programski obezbedi sprečavanje ugrožavanja računara, odnosno računarske mreže.

Standardi koji se odnose na zaštitu informacija

Šifrovanje poruka, odnosno podataka, jedina je pouzdana metoda zaštite podataka pri prenosu preko računarske mreže. Na izvoru se podaci šifruju, a na odredištu dešifruju. Tajnost u prenosu postiže se korišćenjem šifarskih ključeva, kao i određenih algoritama i metoda transformacije podataka, odnosno poruka koje se prenose preko mreže.

Šifarski ključevi su tajni i nisu predmet standardizacije. Predmet standardizacije su metode i algoritmi za kriptozastitu koji se odnose na: simetrično šifrovanje, asimetrično šifrovanje i algoritme za transformaciju poruka.

Pregled najpoznatijih standarda za kriptozastitu podataka prikazan je u tabeli 1. Navedene su oznake i oblast primene standarda za kriptozastitu informacija.

Tabela 1
Pregled standardnih metoda i algoritama za
kriptozaštitu

Standardi metoda za kriptozaštitu		Oznaka	Oblast primene
Simetrično šifrovanje	blok-šifra	DES IDEA CAST SKIPJACK RC2	tajnost poruka; digitalni potpis; provera autentičnosti
	sekvencijalna šifra	RC4	provera autentičnosti
Asimetrično šifrovanje	standardni algoritmi šifrovanja	RSA PKCS DSS	tajnost poruka; ključevi za šifrovanje; digitalni potpis; provera autentičnosti
	standardi za upravljanje ključevima	KERBEROS KEA	ključevi za šifrovanje poruka; digitalni potpis; provera autentičnosti
Algoritmi za transformaciju poruka		MD2 MD4 MD5 SHA	ključevi za šifrovanje poruka; digitalni potpis; provera autentičnosti

U trećoj koloni tabele 1 date su skraćenice tj. oznake pomenutih standarda, koje imaju sledeće značenje:

DES – Data Encryption Standard je standard za šifrovanje – dešifrovanje podataka, usvojen 1977. godine. Definisao ga je Nacionalni biro za standarde (NBS) SAD. Osnovni blokovi algoritma su permutacija, supstitucija i sabiranje po modulu 2. Za primene u kojima se DES smatra nedovoljno sigurnim sistemom (za tzv. blokovske šifre), primenjuje se varijanta DES-a – trostruki DES ili 3DES.

IDEA – International Data Encryption Algorithm je međunarodni algoritam za šifrovanje podataka. To je tzv. blok-šifra u kojoj se koristi šifarski ključ dužine 128 bita. IDEA je evropski standard usvojen 1990. godine. Ovaj algoritam se smatra vrlo sigurnim. Uspešno konkuriše DES standardu po pitanju brzine i efikasnosti ključa.

CAST je američka blok šifra, koja koristi ključ dužine 128 bita.

Skipjack-Capstone je šifra koju je razvila NASA, a koristi ključeve dužine 80 bita. Podržava algoritam digitalnog potpisa (Digital Signature Standard, DSS).

RC 2 i RC 4 su šifre koje koriste šifarske ključeve promenljive dužine. Zamisljene su kao zamena za DES algoritam.

RSA – Riverst-Shamir-Adelman je algoritam šifrovanja zasnovan na činjenici da je lako generisati dva velika prosta broja p i q , pomnožiti ih međusobno, ali je veoma teško izvršiti faktorizaciju rezultata množenja.

PKCS – Public Key Cryptography Standard je standard koji su predložili RSA i konzorcijumi koji čine Microsoft, Apple, Digital Equipment i drugi.

DSS – Digital Signature Standard je šifra koju je kao standard prihvatila Vlada SAD. Dužina ključa može varirati od 512 do 1024 bita. Namenjen je za proizvodnju digitalnih potpisa i ne koristi se za zaštitu podataka.

Kerberos je protokol koji je razvio Massachusetts Institute of Technology. Namenjen je za bezbedno čuvanje tajnih ključeva u bazi podataka. Do tajnog ključa može doći samo njegov vlasnik, koristeći Kerberos protokol.

KES – Key Exchange Algorithm je algoritam za razmenu ključeva, ali se ne koristi za šifrovanje podataka.

MD2, MD4 i MD5 su algoritmi za transformaciju poruka. Svaki od njih proizvodi tzv. Hash vrednost od 128 bita.

Tehnička rešenja zaštite računarskih mreža

Sa velikom sigurnošću može se tvrditi da potpuna, apsolutna zaštita računarskih mreža ne postoji. Postoji sigurna

zaštita određene mreže samo za precizno definisane i procenjene pretnje, odnosno napade, pod uslovom da napadaču nije poznato kako je zaštita tehnički realizovana. Drugim rečima, korisnik ili imalac mreže mora proceniti kojim pretnjama ili napadima mreža može biti izložena, pa se za takve pretnje može realizovati sigurna zaštita. Mora se unapred proceniti šta konkretno može ugroziti mrežu, da bi se definisalo adekvatno tehničko rešenje za njenu zaštitu.

Zaštitu mreža i informacija čini skup pravila, procedura, algoritama, hardversko-softverskih komponenata, kao i skup organizacionih tehničkih mera kojima se obezbeđuju, odnosno štite, funkcije mreže pri izvršavanju mrežnih transakcija. Zaštitom računarske mreže obezbeđuje se: tajnost informacija, integritet i autentičnost informacija, autentifikacija i autorizacija korisnika mrežnih usluga i neporicanje.

Pod zaštitom informacija podrazumeva se zaštita od: neovlašćenog uvida i korišćenja informacija, nekontrolisanog otkrivanja informacija, slučajnog ili namernog oštećenja, izmene ili uništenja.

Zaštita računarske mreže i informacija izvodi se kroz realizaciju niza organizacionih tehničkih mera kao što su:

- mere kadrovske politike, zato što korisnik usluga mreže predstavlja nosioca informacija, ali i najveću potencijalnu opasnost po te informacije;

- organizaciono-administrativne mere, kojima se normativno regulišu prava, obaveze i odgovornosti, uključujući i sankcije korisnika informacionog sistema;

- tehničke mere fizičke, elektronske i protivpožarne zaštite;

- hardversko-softverske mere kojima se obezbeđuju pristupni putevi mreži i resursima mreže koji se štite;

- aplikativno-programске mere koje predstavljaju procedure koje se ugrađuju u aplikativni softver radi zaštite;

- mere kriptozastite radi zaštite podataka u memorijskim resursima u računarima i zaštite na prenosnim putevima.

Fizička i elektronska zaštita računarske mreže

Fizičku zaštitu računarske mreže čini skup mera u koje spadaju: fizičko obezbeđenje, elektronska protivprovalna zaštita, protivpožarna zaštita i zaštita od nestanka i neadekvatnog napajanja električnom energijom.

Fizička i elektronska zaštita odnosi se na zaštitu: objekata, odnosno prostoriya u kojima se nalazi računarska i telekomunikaciona oprema; računarske i telekomunikacione opreme; magnetnih i elektronskih nosilaca podataka, a predstavlja skup pravila i sredstava kojima se vrši kontrola i evidencija kretanja u objektima, kao i kontrola pristupa računarskoj opremi i magnetnim nosiocima podataka.

Obezbeđenje pristupnih tačaka mreži i resursima mreže

Obezbeđenje pristupnih tačaka mreži i pojedinim resursima mreže ostvaruje se nizom hardversko-softverskih mera. Te mere odnose se na identifikaciju korisnika i utvrđivanje prava i ovlašćenja koja su mu data u odnosu na resurse mreže kojima pristupa. Prepoznavanje korisni-

ka, odnosno njegova identifikacija, sastoji se od fizičkog prepoznavanja – korišćenjem hardverskih uređaja i logičkog prepoznavanja – upotrebom određenih softverskih metoda (slika 1).

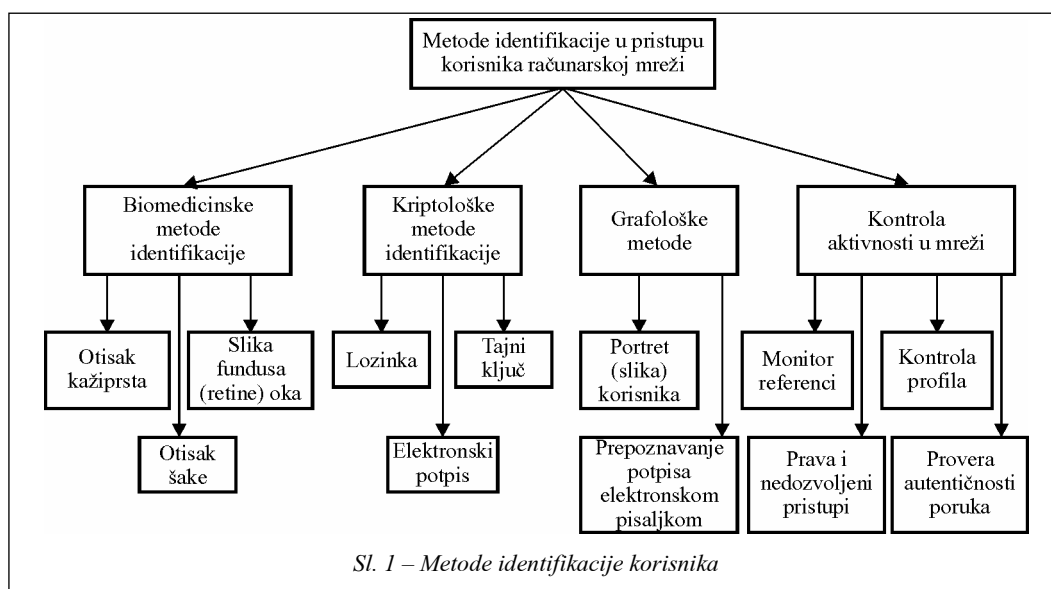
Metode fizičkog prepoznavanja zasnivaju se na: prepoznavanju nekih identifikacionih sredstava koje korisnik poseduje, kao što su inteligentne (smart) kartice, magnetne i optičke kartice, bedževi, žetoni i slično, i prepoznavanju fizičkih, biometrijskih karakteristika korisnika, kao što su: otisak prsta, otisak i oblik šake, oblik uha ili glave, osobine glasa, slika mrežnjače oka i dr.

Fizičke metode prepoznavanja, odnosno identifikacije sredstava koju poseduje isključivo dati korisnik, ne zadovoljavaju u potpunosti zahteve za sigurnu identifikaciju. Razlog je u tome što postoji mogućnost: prenošenja sredstava od jedne do druge osobe (sa ili bez znanja legitimne osobe), oštećenja ili gubitka naprave.

Fizičke metode prepoznavanja, zasnovane na identifikaciji fizičkih biometrijskih karakteristika, obezbeđuju pouzdanu i sigurnu tzv. „pozitivnu personalnu identifikaciju“. Prepoznavanje korisnika i provera njegovih ovlašćenja u korišćenju resursa mreže korišćenjem biometrijskih metoda može se izvršiti sa velikom sigurnošću. Među metodama za biometrijsku identifikaciju korisnika najčešće se koristi otisak prsta (fingerprint). Prepoznavanje korisnika obavlja se putem njegovog otiska prsta, poređenjem sa ranije zapamćenim otiskom.

Metode logičkog prepoznavanja zasnovane su na informacijama koje korisnik u procesu identifikacije i autorizacije ovlašćenja daje sistemu. Te informacije moraju biti jednake informacijama kojima sistem raspolaže. Logičko prepoznavanje obično se realizuje korišćenjem četiri vrste softvera, a to su:

- kontrolni program komunikacionog servera;



Sl. 1 – Metode identifikacije korisnika

– softver za upravljanje sistemskim resursima, realizovan kroz opcije mrežnog komunikacionog softvera, odnosno servera,

– softver za upravljanje bazama podataka, realizovan kroz server baze podataka;

– softver za upravljanje transakcijama, realizovan kroz server baze podataka.

Na bazi pozitivno identifikovanog korisnika ovaj softver omogućava da se za datog korisnika odredi vrsta i širina ovlašćenja pri radu u računarskoj mreži. Kao primer mogućeg rešenja logičke identifikacije može se koristiti operativni sistem AIX 5.2 i softver za upravljanje bazama podataka.

Na strani radnih stanica računarske mreže obično se primenjuje kombinovani sistem fizičkog i logičkog prepoznavanja korisnika, korišćenjem principa lokalne i mrežne identifikacije. Zatim sledi utvrđivanje vrste i širine ovlašćenja kojima korisnik raspolaže, upotrebom verifikacije otiska prsta i lozinke (fingerprint + password). Operativni sistem na radnim stanicama može, na primer, biti Windows 2000 Profesional, koji omogućava implementaciju softvera sistema zaštite na principu „fingerprint + password“. Ovaj operativni sistem omogućava postavljanje računara u režim automatskog izlaska iz mreže nakon određenog perioda neaktivnosti. Time se dodatno osigurava neovlašćeno korišćenje usluga mreže.

Usluga operativnog sistema u zaštiti

Operativni sistem koji se često primenjuje u računarskim mrežama svakako je operativni sistem Microsoft Windows NT Workstation ver. 4.0. Opređenje za

ovo rešenje nastalo je kao rezultat objektivnih performansi, odlika i prednosti u odnosu na druge mrežne operativne sisteme (UNIX, LINUX, Windows 95, Windows 98, OS/2 i drugi). Osobine i prednosti OS Windows NT Workstation ver. 4.0 prikazane su u tabeli 2.

Tabela 2

Osobine OS Windows NT 4.0

Osobine	Prednosti
Desktop performanse	Podržava multitasking (višeprogramski rad) za sve aplikacije (16-bitne i 32-bitne) i rad sa više procesora za prave multitasking performanse
Hardverski profili	Mogućnost kreiranja liste različitih hardverskih konfiguracija da bi se zadovoljili različiti računarski zahtevi
Microsoft Internet Explorer	Poseđuje brz i za upotrebu jednostavan Internet browser, kompatibilan sa svim postojećim standardima
Umrežavanje	Prijem i otprema E-mail poruka, uključujući datoteke i objekte kreirane u drugim aplikacijama
Bezbednost operativnog sistema	Omogućava bezbednost na lokalnom nivou za datoteke, direktorijume, štampače i druge resurse. Korisnika mora da autorizuje lokalni računar ili domen kontroler (server), da bi mu bilo omogućeno da pristupi nekom resursu na računaru, terminalu ili mreži
Stabilnost operativnog sistema	Svaka aplikacija izvršava se u sopstvenom memorijskom adresnom prostoru. Eventualni otkaz neke od aplikacija ne odražava se na ostale aplikacije ili funkcionisanje operativnog sistema

Pomenuti OS (operativni sistem) prošao je uspešnu bezbednosnu kontrolu. Američka vlada je decembra 1999. godine objavila da su Microsoft NT Server i Workstation ver. 4.0 uspešno prošli evaluaciju prema kriterijumima za klasu C2 u skladu sa dokumentom TCSEC (Trusted Computer System Evaluation Criteria). Kriterijumi za kvalitet zaštite OS

prikazani su u tabeli 3. Dokument TCSEC poznat je kao Orange Book i predstavlja najpoznatiju metodologiju vrednovanja od strane američke vlade. Klasa C2 predstavlja najviši stepen sigurnosti koji može dostići operativni sistem opšte namene.

Evaluacija operativnog sistema Windows NT 4.0 odnosila se na servere i radne stanice u šest različitih funkcija (uloga), kako u TCP/IP mrežnom okruženju, tako i u radu van mreže (stand-alone).

Bezbednosni sertifikat za Windows NT 4.0 potvrdila je i NSA – tajna američka agencija za nacionalnu bezbednost, kroz Trust Technology Assesment Program.

Proces evaluacije prema TCSEC definisan je kao skup standardizovanih kriterijuma, u skladu sa formalnom metodologijom, poznatom kao Trusted Product Evaluation Process (TPEP), koja omogućava evaluaciju bezbednosnih osobina koje proizvod (operativni sistem) pruža i potvrdu da ih proizvod korektno i potpuno implementira.

Bezbednosne osobine koje se navode za klasu C2 su sledeće:

- sposobnost sistema da identifikuje autorizovane korisnike i samo njima dozvoli pristup resursima;
- mogućnost da korisnici zaštite sopstvene podatke u skladu sa potrebama;
- sposobnost sistema da detaljno prati i evidentira (beleži) sve akcije korisnika i samog sistema;
- sposobnost sistema da onemogućiti korisnicima pristup informacijama iz resursa koji su prethodno koristili drugi korisnici ili sistemi, memoriji koja je ispražnjena ili obrisanim fajlovima.

Tabela 3
Podela operativnih sistema po kriterijumu zaštite

Klasa	Osobina klase	Opis zaštite
D	Bez zaštite	Sistem bez zaštite ili sa minimalnim nivoom zaštite.
C1	Naglašena zaštita bezbednosti	Zaštita od neovlašćenog upisa po kritičnim delovima memorije (DOS nema tu zaštitu); zaštita sredstava sa nadzorom nad pristupom; provera autentičnosti korisnika sa lozinkama; zaštita lozinki.
C2	Zaštita sa precizno kontrolisanim pristupom	Nadzor nad pristupom za svakog korisnika i grupe korisnika; brisanje memorije posle prestanka njenog korišćenja; pregled funkcija-mogućnosti evidencije svih događaja značajnih za bezbednost; svi podaci o korisnicima su zaštićeni, čuvaju se za svakog korisnika posebno.
B1	Zaštita sa obaveznim označavanjem	Oznake za sve korisnike, procese i datoteke; čitanje informacija sa oznakom višeg nivoa je zabranjeno; sistem mora biti sposoban da raspozna oznake ili da radi samo sa jednom klasom oznaka; svi štampači pri štampanju moraju štampati i oznaku korisnika na svakoj strani.
B2	Strukturirana zaštita OS	Bezbednosno prepoznavanje; korisnikova autoidentifikacija operativnog sistema; izveštavanje o svim promenama bezbednosnih oznaka autorima tih informacija; gradnja sistema na osnovu zaštitnog jezgra; mogući skriveni kanali za oticanje informacija iz sistema moraju biti nadeni; strog nadzor nad promenama u bezbednosno osetljivim delovima operativnog sistema.
B3	Bezbednosna područja OS	Zabrana pristupa slučajnom korisniku; dozvoljen pristup slučajnom korisniku; dozvoljen pristup određenim korisnicima; pregled funkcija tokom rada – određeni događaji ili broj događaja moraju pružiti upozorenje nadzorniku sistema bezbednosti; bezbedni pad sistema – sistem mora obezbediti zaštitu pri padu sistema i ponovnom podizanju.
A1	Proveren razvoj operativnog sistema	Nivo B, ali sa proverenim razvojem operativnog sistema.

Kvalitativna kontrola po C2 kriterijumima obuhvata:

- ispitivanje izvornog koda,
- pregled detaljne projektne dokumentacije;
- ponovno testiranje kao potvrdu da su ispravljene greške primećene pri evaluaciji.

U prošlosti operativni sistem UNIX standardno je korišćen za bezbedne računarske mreže. U poređenju sa njim Windows NT je pouzdaniji, a ima i druge prednosti, kao što je jednostavnija obuka korisnika i efikasna rešenja za zaštitu.

Kriptozaštita na prenosnim putevima

Komunikacione linije predstavljaju najosetljiviji deo računarske mreže zbog toga što se one ne mogu efikasno fizički kontrolisati. Svaki nekontrolisani deo komunikacionih linija predstavlja pristupnu tačku preko koje se mogu pratiti i prislušivati signali koji se prenose kroz računarsku mrežu. Posebno su osetljivi oni delovi mreže koji se realizuju bežičnim prenosom, odnosno radio-vezama. Takve veze mogu se vrlo efikasno prislušivati, ali i ometati. Ove pretnje mogu se najefikasnije eliminisati ili umanjiti primenom kriptozaštite signala na komunikacionim linijama, kao i paralelnim umrežavanjem [6]. Za realizaciju kriptozaštite informacija potrebni su komunikacioni uređaji sa ugrađenim kriptomodulima. Ako se kriptomoduli ugrađuju i u radne stanice, obezbeđuje se zaštita informacija od izvora do odredišta. Jedno od rešenja kriptozaštite može se realizovati primenom IPSEC familije protokola sa 3DES algoritmom. Dodatni nivo zaštite na preno-

snim putevima može se obezbediti primenom tzv. virtualnih privatnih „tunela“ VPN (Virtual Private Network), a ostvaruje se korišćenjem familije VPN protokola. Tim protokolima onemogućava se pristup informacijama, odnosno porukama u čvorovima mreže preko kojih se one prenose.

Pomenute mogućnosti zaštite poseduju ruteri. Tako, na primer, ruteri Cisco System 1720 sa dodatnim VPN protokolima i IPSEC 3DES operativnim sistemom, mogu u potpunosti da zadovolje zahteve za kriptozaštitu podataka u računarskoj mreži. Podrazumeva se da korisnik mreže poseduje sopstvene šifarske ključeve, odnosno algoritme za njihovo generisanje.

Zaštita od nestanka napajanja i neadekvatnog napajanja iz javne distributivne mreže

Napajanje aktivne telekomunikacione i računarske opreme u računarskoj mreži najčešće se obezbeđuje iz javne niskonaponske distributivne mreže 220 V, 50 Hz. U vezi s tim funkcionisanje računarske mreže može biti ugroženo:

- potpunim nestankom napona napajanja, kratkotrajnim i dugotrajnim prekidima u napajanju;
- pojavama prenapona i podnapona u slučaju kada napon napajanja varira izvan opsega zahtevanog za napajanje aktivne elektronske opreme;
- brzim električnim tranzijentima koji se javljaju u distributivnoj mreži;
- dejstvom jakih elektromagnetnih pražnjenja;
- delovanjem jakog elektromagnetnog polja.

Tabela 4

Primer tehničkog rešenja zaštite jedne LAN mreže

Red. broj	Pretnja mreži i informacijama	Zaštitna mera	Tehničko rešenje zaštite	Efikasnost zaštite
1.	Neovlašćeni pristup radnoj stanici ili računaru	Identifikacija osoba kontrolom pristupa proverom otiska prsta	Korišćenje uređaja za identifikaciju korisnika na bazi biometrijskih parametara (otisak prsta ili mrežnjače oka)	Izuzetno sigurna i pouzdana zaštita
2.	Nedozvoljeno korišćenje programa i pristup datotekama	Autorizacija prava korisnika proverom sadržaja inteligentne kartice	Korišćenje lozinke koja se unosi preko uređaja za identifikaciju korisnika sa inteligentnom karticom	Efikasna zaštita
3.	Neovlašćeni pristup centralnom komutatoru, serverima i dr.	Identifikacija osoba, kontrolom pristupa proverom otiska prsta; autorizacija prava inteligentnom karticom	Korišćenje specijalne brave na vratima prostorije ili na ulazu u objekat, koja se otvara identifikacijom otiska prsta ili retine oka korisnika	Izuzetno sigurna i pouzdana zaštita
4.	Ugrožavanje tajnosti podataka (informacija) elektronskim prisluškivanjem	Onemogućeno je prisluškivanje signala pri prenosu u mreži preko kablovske instalacije	Mrežna instalacija izvedena optičkim kablovima i bakarnim paricama, postavljena je u kanale pod zemljom. Nema zračenja signala	Signali pri prenosu nisu dostupni, a time ni informacija koju oni nose
5.	Narušavanje autentičnosti podataka (informacija)	Nedostupnost paketa koji bi se mogli „zameniti“ drugim paketom, tj. informacionim sadržajem	Nema memorisanja paketa u prenosu od izvora do odredišta	Sprečeno je narušavanje autentičnosti informacija
6.	Presretanje i promena integriteta poruke (podataka)	Pri prenosu komutatori ne memorišu pakete, pa je tehnički neizvodljivo presretanje	Ugradnja komutatora preko kojih se povezuju segmenti mreže	Sprečeno je presretanje poruka
7.	Mogućnost zabrane pristupa Internetu i pristupi mreži iz WAN mreža	LAN računarska mreža se uopšte ne povezuje sa Internetom	Za komunikaciju sa Internetom koristi se potpuno odvojena druga mreža	Mreža je potpuno zaštićena
8.	Ugrožavanje reemitovanjem paketa podataka iz drugih mreža	Nema komunikacije sa drugim WAN, odnosno LAN mrežama	Za komunikaciju sa drugim mrežama koristi se druga mreža	Mreža je potpuno zaštićena
9.	Zabrana neograničenog pristupa i prava korisnika iz drugih mreža	Nema komunikacije sa drugim WAN, odnosno LAN mrežama	Za komunikaciju sa drugim mrežama koristi se druga mreža	Mreža je potpuno zaštićena
10.	Naglo povećanje obima saobraćaja u mreži	Kontrola saobraćaja preko programa za nadzor i upravljanje mrežom	Operativni sistem sa programom SNMP i „monitorom referenci“	Permanentno se kontrolišu tokovi saobraćaja

Problemi u napajanju električnom energijom mogu se obezbediti upotrebom uređaja za neprekidno napajanje (UPS) koji moraju obezbediti planiranu autonomiju i imati potrebnu snagu za napajanje aktivne opreme računarske mreže. Da bi se mreža obezbedila od dugotrajnih prekida napajanja iz javne niskonaponske mreže, potrebno je obezbediti pomoćni izvor napajanja (agregat).

Projektovanje zaštite računarske mreže

Problem zaštite mreža u praksi je prisutan pri projektovanju računarske mreže [6]. Glavni, odnosno izvođački projekat računarske mreže, obavezno treba da sadrži tehničko rešenje za njenu zaštitu. Investitor, odnosno korisnik buduće mreže, u projektnom zadatku i tehničkim

zahtevima, koji prethode izradi projekta, definiše projektantu zahteve za zaštitu, kao i nivo kvaliteta zaštite mreže i informacija koje će se preko nje prenositi. Najteži zadatak je definisanje tehničkih zahteva za zaštitu, jer se oni moraju zasnovati na proceni (analiza, studija pretnji) realno mogućih pretnji i oblika napada na mrežu i informacije. Kvalitet tehničkog rešenja predloženog u projektu mreže treba da bude verifikovan u procesu revizije projekta mreže.

Pod verifikacijom se podrazumeva simulacija predloženog rešenja, uključujući simulaciju pretpostavljenih pretnji i oblika napada na mrežu i informacije. Tek nakon ovakve provere može se ići u realizaciju projekta mreže. Primer tehničkog rešenja zaštite jedne lokalne računarske mreže prikazan je u tabeli 4.

Gotovo svakodnevno pojavljuju se mnogi novi oblici pretnji [7]. Za takve pretnje u relativno kratkom periodu nalazi se efikasna zaštita, obično primenom određenih softverski rešenja, tako da se relativno jednostavno mogu implementirati na postojeće mreže, odnosno umrežene računare. Ceo proces neprekidno se odvija, pretnje postaju sve ozbiljnije, a zaštita mreža sve teža i složenija. Problemi zašti-

te mreža i informacija posebno su izraženi u projektovanju i realizaciji multimedijalnih telekomunikacionih mreža [8].

Zaključak

Postojeće i buduće računarske mreže mogu biti izložene čitavom skupu raznovrsnih pretnji i oblika napada. Samo za poznate oblike pretnji ili napada na mrežu može se obezbediti efikasna zaštita računarske mreže i informacija koje se preko nje prenose. Pretnje se moraju unapred proceniti u projektnim zahtevima, odnosno u projektnom zadatku. Na osnovu toga u projektu mreže definiše se tehničko rešenje (softver, hardver) zaštite mreže i informacija.

Literatura:

- [1] B. Gamm, B. Howard, O. Paridaes: Security features required in an NGN, Alcatel Telecommunications Review, 2-nd Quarter 2001, pp. 125–129.
- [2] J. M. Robert, F. Cosquer: Protecting Data Network Availability, Telecommunications Review, 3-d Quarter 2002, pp. 199–203.
- [3] D. I. Pipkin: Information Security, Prentice Hall, 2000.
- [4] www.cert.org
- [5] www.wired.com/news
- [6] Jeftović, M.: Projektovanje računarskih mreža, I i II deo, skripta, Elektrotehnički fakultet, Banja Luka, 2000.
- [7] www.microsoft.com/homepage/ms.htm
- [8] Jeftović, M.: Multimedijalne telekomunikacije; ISBN 86-903281-6-4; izdavač Grafo-Žig, Beograd; 2004.

Mr Luka Grbović,
pukovnik, dipl. inž.
Uprava za odbrambene tehnologije MO,
Beograd
Slaviša Stoiljković,
major, dipl. inž.
Tehnički remontni zavod,
Kragujevac

KORELACIJA REZULTATA ISPITIVANJA HEMIJSKE STABILNOSTI PRIRODNO I UBRZANO STARENIH BARUTA

UDC: 662.312.1 : 543.544.5

Rezime:

Praćenje sadržaja stabilizatora jedna je od savremenih i pouzdanih metoda koja se u svetu, a i kod nas, primenjuje za kontrolu hemijske stabilnosti i prognoziranje veka upotrebljivosti baruta. Radi ocene pouzdanosti metode ispitivani su uzorci prirodno starenog jednobaznog baruta tipa NC i dvobaznog baruta tipa NGB različitih godina proizvodnje. Uzorci su uzimani iz ubojnih sredstava. Određene su konstante brzine reakcije utroška stabilizatora i vremena upotrebljivosti baruta. Ove vrednosti upoređene su sa analognim rezultatima dobijenim za iste barute pre dvadeset godina pri čemu je utvrđeno zadovoljavajuće slaganje kako za prirodno tako i ubrzano starenje. Pored toga, utvrđeno je da NC baruti iz dehermetizovanog pakovanja municije pokazuju znatno manju stabilnost od baruta iz originalnog pakovanja.

Ključne reči: barut, hemijska stabilnost, stabilizator, tečna hromatografija.

CORRELATION OF CHEMICAL STABILITY ESTIMATION RESULTS OF NATURALLY AND ACCELERATED AGGING GUN POWDERS

Summary:

Monitoring the content of the stabilizer is one of the most reliable and modern methods used all over the world as well as in our country for chemical stability control and shelf life prediction of gun powders. For reliability rating of the used method, there has been examined samples of naturally aged single-based gun powder NC type and double-based gun powder NGB type all manufactured in different years. The samples were taken from explosive ordnance. Reaction rates constants of stabilizer consumption and shelf life of gun powders have been determined. These values were compared to analog results taken for the same gun powders tested 20 years ago. Satisfactory agreement either for naturally or accelerating aging gun powders has been confirmed. Beside that, it was determined that NC gun powder from non hermetic munitions cases proved to be considerably less stable than the originally packed NC gun powder.

Key words: gun powder, chemical, stability, stabilizer, liquid chromatography.

Uvod

Osnovne komponente baruta – estri azotne kiseline (nitroceluloza, nitro-glicerin, dietilenglikoldinitrat) – nestabilna su hemijska jedinjenja, podložna dekompoziciji (razgradnji) i na običnim temperaturama. Produkti dekompozicije baruta

su azotni oksidi, koji autokataliziraju dalju razgradnju i tako uzrokuju promenu fizičko-hemijskih osobina baruta. Da bi se usporila razgradnja azotnih estera, barutima se dodaju stabilizatori, supstance koje reaguju sa azotnim oksidima. Reakcije dekompozicije baruta i reakcije stabilizatora sa azotnim oksidima su egzo-

termne – uzrokuju akumuliranje toplote i povećanje temperature u masi baruta, što u određenim kritičnim uslovima može dovesti i do samozapaljenja baruta.

Stabilnost baruta je rezultat uticaja brojnih parametara od kojih neki, još uvek, nisu dovoljno proučeni, pa je postizanje zadovoljavajuće stabilnosti u dužem periodu čuvanja i danas predmet mnogih istraživanja.

Stabilnost i vek trajanja baruta

Od kada je napravljen prvi barut na bazi nitroceluloze (pre više od 150 godina), prisutan je problem njegove stabilnosti i veka trajanja [1, 2]. Pojam „stabilnost“ baruta podrazumeva zadržavanje početnih karakteristika na nivou koji garantuje bezbednu upotrebu i čuvanje bez rizika u uslovima skladištenja, a obuhvata hemijsku, balističku i mehaničku stabilnost.

Pojam „vek trajanja – život baruta“ obuhvata vreme tokom kojeg barut, u uslovima skladištenja, zadržava svoje početne fizičko-hemijske, balističke i mehaničke osobine. U okviru tog pojma posebno se razmatraju period sigurnog skladištenja i period upotrebljivosti (vreme do početka gubitka fizičko-hemijskih, balističkih i mehaničkih osobina).

U barutnoj masi se, vremenom, dešavaju promene koje uzrokuju dekompoziciju – starenje baruta, pri čemu dolazi do sledećih pojava:

- oslobađanja gasova: NO (koji u prisustvu vazduha daje NO₂), CO₂, CO, N₂, N₂O i vodene pare,

- nastajanja ostalih produkata razgradnje (voda, aldehidi, manje ili više složene organske kiseline i sl.),

- gubitka mase,
- promene molarnih masa,
- promene sadržaja azota u nitrocelulozi,
- promene sadržaja stabilizatora,
- oslobađanja toplote.

Hemijska stabilnost baruta bavi se problemom njegove termičke dekompozicije. Produkti razgradnje nitroestera (azotni oksidi) autokataliziraju dalju razgradnju baruta. Budući da se radi o egzotermnim reakcijama, dolazi do akumuliranja toplote (barut je loš provodnik toplote) i povećanja temperature u masi baruta, što može prouzrokovati samozapaljenje. Da bi se usporila autokatalizirajuća razgradnja estera azotne kiseline, barutima se dodaju stabilizatori, centralit (CI) i difenilamin (DPA) – supstance koje akceptiraju produkte razgradnje (azotne okside). Autokataliza odlaže se zahvaljujući tome što NO₂ reaguje oko 20 000 puta brže sa CI i DPA nego sa osnovnim komponentama baruta (nitrocelulozom i nitroglicerinom) [3, 4].

Stabilizatori su aromatska organska jedinjenja sa sledećim karakteristikama:

- ne reaguju sa nitroestrima,
- tačka topljenja im je niža od 100°C,
- ne isparavaju,
- ne stvaraju higroskopna jedinjenja,
- tokom vremena ne utiču na balističke osobine baruta,
- bazičnog su karaktera, pa brzo apsorbuju produkte razgradnje koji su kiseli.

Markrol (Marquerol) je utvrdio da je DPA odličan stabilizator nitroceluloznih baruta, ali samo u količinama do 5%, jer pri većoj količini DPA uzrokuje hidrolizu nitroceluloze [1]. U reakcijama DPA sa azotnim oksidima prvo nastaju mononitro-

derivati DPA (N-nitrozodifenilamin, 2-nitrodifenilamini, 4-nitrodifenilamin), koji su bazičnog karaktera i veoma dobri stabilizatori nitroceluloznih i dvobaznih baruta. Pod daljim uticajem azotnih oksida, nastaju dinitroderivati DPA, a stabilizirajuće dejstvo DPA prestaje nastajanjem trinitrodifenilamina [3, 4].

Šreder (Schoeder) je utvrdio da je dietildifenilkarbamid – centralit I odličan stabilizator za dvobazne i trobazne barute. U prvoj fazi reakcije centralita sa azotnim oksidima nastaju mononitroderivati (2-nitrocentralit, 4-nitrocentralit, N-nitrozo-N-etilnilin) koji imaju stabilizirajuće delovanje (akceptiraju azotne okside). U kasnijim fazama nastaju dinitro i trinitro derivati koji nemaju stabilizirajućih svojstava [1].

Metode za kontrolu hemijske stabilnosti i prognoziranje veka trajanja baruta

Da bi se neka metoda mogla koristiti za ocenu hemijske stabilnosti baruta, ona treba da bude brza, jednostavna, pouzdana, reproduktivna i da omogućava predviđanje ponašanja baruta u toku dugogodišnjeg čuvanja municije u skladištima. Postoji veliki broj metoda koje se koriste za kontrolu hemijske stabilnosti baruta, odnosno za prognoziranje njegovog veka trajanja. U procesu skladištenja ubojnih sredstava prema SNO 8069/91 kod nas se koriste sledeće tri metode [2]:

- metoda grejanja na 100°C,
- metoda praćenja sadržaja stabilizatora,
- metoda merenja toplotne aktivnosti – mikrokalorimetrija.

Metoda grejanja na 100°C

Postoji više klasičnih metoda za kontrolu hemijske stabilnosti baruta, koje se zasnivaju na ubzanoj razgradnji nitroestera grejanjem na povišenim temperaturama, a kvalitet baruta ocenjuje se kvalitativnim i kvantitativnim određivanjem produkata degradacije nitroestera. Naime, iz uzorka nestabilnog baruta će se, za isto vreme grejanja, izdvojiti veća količina azotnih oksida, u odnosu na uzorak nekog stabilnog baruta.

Vremenom je uočeno više nedostataka klasičnih metoda, a najveći su sledeća tri [4]:

- nemogućnost ocene sklonosti baruta prema samozapaljenju,
- kriterijumi za ocenu hemijske stabilnosti baruta po ovim metodama nisu eksperimentalno određeni i naučno potvrđeni,
- nemogućnost predviđanja veka trajanja baruta.

Kriterijum za ocenu hemijske stabilnosti baruta po metodi grejanja na 100°C jeste broj dana i sati od početka stavljanja uzorka baruta u aparat, da se greje na povišenoj temperaturi, do početka izdvajanja okom vidljivih azotnih oksida (gasoivi žuto-smeđe boje).

Metoda grejanja na 100°C je indikativna – barut koji zadovoljava po ovoj metodi hemijski je stabilan i, obrnuto, barut koji ne zadovoljava po ovoj metodi ima narušenu hemijsku stabilnost, u manjoj ili većoj meri zavisno od rezultata. Zbog svoje jednostavnosti i dugogodišnjeg iskustva ona je pogodna za primenu kao indikativna metoda u kontroli hemijske stabilnosti.

Određivanje sadržaja stabilizatora

Reakcija utroška stabilizatora usled termičke dekompozicije baruta može se smatrati nepovratnom reakcijom prvog reda. U tom slučaju konstanta brzine reakcije k izračunava se po obrascu [2, 4]:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{C_0}{C} \quad (1)$$

gde je:

C_0 – početna koncentracija stabilizatora,
 C – koncentracija stabilizatora u nekom vremenu t odvijanja reakcije.

Za reakcije prvog reda, kakva je reakcija utroška stabilizatora, konstanta se ne menja tokom odvijanja reakcije na stalnoj temperaturi. Osim toga, zavisnost $\ln C_0/C$ od t je, u slučaju reakcija prvog reda, linearna i konstanta brzine reakcije može se odrediti iz nagiba pravca. Ako se jednačina (1) izrazi u eksponencijalnom obliku, ona glasi:

$$C = C_0 \cdot e^{-kt} \quad (2)$$

Uočljivo je da se koncentracija stabilizatora tokom vremena eksponencijalno smanjuje.

Zavisnost konstante brzine reakcije od temperature opisuje se Arrheniusovom (Arrhenius) jednačinom:

$$k = A \cdot e^{-E/RT} \quad (3)$$

gde je:

A – predeksponencijalni faktor,
 R – univerzalna gasna konstanta.

Njen logaritamski oblik omogućuje određivanje energije aktivacije:

$$\ln k = -\frac{E}{R} \cdot \frac{1}{T} + \ln A \quad (4)$$

Kako sledi iz jednačine (4), grafički prikaz zavisnosti $\ln k$ od $1/T$ daje pravac s nagibom $-E/R$ iz kojeg se računa energija aktivacije procesa utroška stabilizatora.

Energija aktivacije može se izračunati i kada su poznate vrednosti konstanti brzina reakcije na dve različite temperature, na osnovu izraza:

$$\ln \frac{K_1}{K_2} = -\frac{E}{R} \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1 \cdot T_2} \quad (5)$$

Izraz (5) omogućuje da se na osnovu konstante brzine reakcije na povišenoj temperaturi odredi konstanta brzine reakcije utroška stabilizatora na normalnoj temperaturi, odnosno temperaturi skladištenja.

Poznavanjem konstante brzine reakcije utroška stabilizatora može se, na osnovu izraza (1), prognozirati promena sadržaja stabilizatora sa vremenom, a time i vek trajanja baruta zavisno od usvojenog kriterijuma kritičnog sadržaja stabilizatora. Ovi kriterijumi još uvek nisu jedinstveni i predmet su istraživanja. Ako se za kriterijum stabilnosti usvoji pad sadržaja stabilizatora na 50% od početne vrednosti, onda je vek trajanja baruta jednak poluvremenu reakcije utroška stabilizatora:

$$\tau = \frac{\ln 2}{k} \quad (6)$$

Vek trajanja baruta $t = \tau$ je vreme za koje koncentracija stabilizatora dostigne polovinu svoje početne vrednosti, tj. $C = C_0/2$.

Mikrokolorimetrija

Ova metoda podrazumeva merenje brzine razvijanja toplote u najkritičnijem delu uzorka (geometrijskom centru) za vreme termostatiranja na određenoj temperaturi [2, 3, 4]. Poznavanjem količine toplote koja se akumulira u jedinici vremena, pri dekompoziciji uzorka baruta onih dimenzija koje odgovaraju realnim dimenzijama zrna, ili kalibru municije, može se odrediti:

- energija aktivacije procesa dekompozicije baruta;
- vreme do gubitka određene količine toplote u uslovima skladištenja, što može poslužiti kao mera balističke stabilnosti baruta;
- veličina kritičnog prečnika na osnovu kojeg se može proceniti mogućnost samozapaljenja baruta.

Mikrokolorimetrija je savremena metoda koja jedina prati direktni uzročnik samozapaljenja – brzinu oslobađanja toplote. U nekim zemljama veoma je usavršena (Švedska). Kod nas je uvedena pre 15 godina i još uvek je u fazi usavršavanja. Dobijeni rezultati uglavnom korrespondiraju sa rezultatima dobijenim merenjem sadržaja stabilizatora. Unapređenje ove metode kod nas zahteva nabavku veoma skupe opreme, jer je postojeća skromnih mogućnosti.

Opis eksperimenta

Izvršeno je određivanje sadržaja stabilizatora metodom spektrofotometrije

(UV-VIS) i tečne hromatografije (HPLC) na uzorcima prirodno starenih baruta NC-08 i NGB-061 različitih godina proizvodnje. Uzorci baruta delaborisani su iz municije, s tim da je barut NC-08 uzet iz municije koja se nalazila u hermetizovanom i dehermetizovanom pakovanju (oko 10 do 15 godina), a barut NGB-061 uzet je samo iz mina u originalnom poluhermetizovanom pakovanju. Sva municija je raseljavana u toku NATO dejstava i bila je uskladištena u poljskim uslovima oko 6 meseci.

Osnovni sastav ispitivanih baruta prikazan je u tabeli 1 [5, 6].

Tabela 1
Sastav ispitivanih baruta

Komponenta	Količina	
	NC-08	NGB-061
% NC	maks. 97,00	57,50±2,00
% N, u NC	min. 13,15	12,75±0,10
% NGL		40,50±1,50
% DFA	1,30±0,20	
% CI	maks. 1,50	1,70±0,20

Ispitivanje je izvršeno prema SNO 8069/91 na UV-VIS spektrofotometru „Perkin Elmer lambda 25“ i tečnom hromatografu EDC „Milton Roy 3000“ sa UV detektorom.

Rezultati i diskusija

NC barut

Rezultati ispitivanja sadržaja stabilizatora baruta NC-08 različitih godina proizvodnje prikazani su u tabeli 2. Poređenja radi, u ovoj tabeli dati su i rezultati ispitivanja sadržaja stabilizatora koji su na analogan način dobijeni 1985. godine, s tim što je stabilizator određivan samo spektroskopski [4].

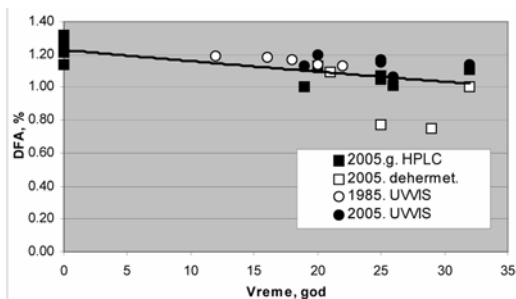
Tabela 2

Rezultati ispitivanja sadržaja stabilizatora NC baruta različitih starosti

Red. br.	Serija baruta	t_E	C_0	C					Primedba
				DFA UV-VIS	DFA HPLC	NNO-DFA	2N-DFA	4N-DFA	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ispitivanje izvršeno 2005.									
1.	MBL 7353	32	1,26	1,14	1,11	0,22	0,08	0,06	hermet.
2.		32	1,26	1,00	0,97	0,29	0,00	0,08	dehermet.
3.	MBL 7690	29	1,21	0,75	0,60	0,44	0,12	0,11	dehermet.
4.	MBL 79140	26	1,14	1,06	1,01	0,21	0,09	0,07	hermet.
5.	MBL 80154	25	1,21	1,17	1,05	0,23	0,08	0,07	hermet.
6.	MBL 80157	25	1,25	1,15	1,07	0,22	0,08	0,08	hermet.
7.		25	1,25	0,77	0,61	0,41	0,12	0,12	dehermet.
8.	MBL 84191	21	1,30	1,09	1,08	0,22	0,08	0,07	dehermet.
9.	MBL 85208	20	1,32	1,20	1,13	0,20	0,07	0,06	hermet.
10.	MBL 86222	19	1,24	1,13	1,00	0,26	0,08	0,07	hermet.
Ispitivanje izvršeno 1985.									
1.	1963	22	1,30	1,01					barut iz KB-2
2.	1965	20	1,30	1,02					
3.	1967	18	1,30	1,05					
4.	1969	16	1,30	1,08					
5.	MBL 7353	12	1,26	1,13					

Na slici 1 prikazana je promena sadržaja stabilizatora sa vremenom za ovu vrstu baruta različitih godina starosti. Uočava se korespondiranje rezultata sa rezultatima iz 1985. godine za hermetizovanu municiju, i neznatno odstupanje rezultata sadržaja stabilizatora određenih po UV-VIS i HPLC metodi. Takođe, sa slike se može zaključiti da dehermetizovani baruti pokazuju veći pad stabilnosti u odnosu na hermetizovane.

Radi određivanja konstante brzine reakcije utroška stabilizatora u prirodnim



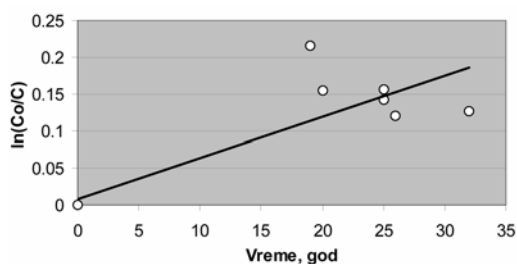
Sl.1 – Promena sadržaja stabilizatora sa vremenom prirodnog starenja za barut NC-08

uslovima starenja na slici 2 dat je grafički prikaz promene sadržaja stabilizatora za hermetizovane barute u skladu sa jednačinom (1). Pri tome su uzeti u obzir samo rezultati dobijeni metodom tačne hromatografije, jer su najpouzdaniji.

Konstanta brzine reakcije predstavlja nagib prave na slici 2 i iznosi $0,00556 \text{ god}^{-1}$.

Radi definisanja temperature za uslove prirodnog starenja (prosečna temperatura skladištenja) za koju bi vezali dobijenu konstantu, analizirani su rezultati sistematskog praćenja temperature u skladištima UbS, koja se nalaze u kontinentalnom delu naše zemlje [7]. Za magacine tipa M-40 temperatura se u toku godine kreće od 2 do 20°C , tj. može se smatrati da je prosečna temperatura skladištenja 15°C .

Ako se uzme u obzir da je municija u toku dugogodišnjeg skladištenja neko-

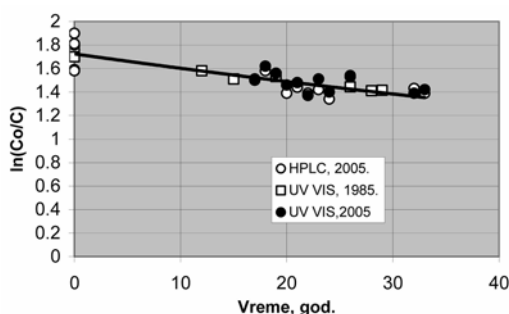


Sl. 2 – Određivanje konstante brzine reakcije utroška stabilizatora NC baruta u uslovima prirodnog starenja

liko puta seljena i da je pri tome određeno vreme provela i u lošijim uslovima, može se zaključiti da je realnim uslovima približnija prosečna temperatura skladištenja 20°C.

Ako se žele uključiti svi faktori koji utiču na hemijsku stabilnost baruta (kvalitet sirovina, sastav baruta, proces proizvodnje, uslovi smeštaja, preseljenja i dr.) i time uvede određeni stepen sigurnosti, još je pouzdanije računati da prosečna temperatura skladištenja iznosi 25°C. Na taj način praktično se može unapred definisati garantovani vek trajanja baruta.

Na osnovu dobijene vrednosti konstante, pomoću izraza (5) preračunate su konstante brzine reakcije za temperature skladištenja 20°C i 25°C i izračunat vek trajanja baruta po izrazu (6). Pri tome je uzeta



Sl. 3 – Promena sadržaja stabilizatora sa vremenom prirodnog starenja za NGB barut

vrednost energije aktivacije za NC barut od 122 kJ/mol [3]. Rezultati proračuna dati su u tabeli 3. Poređenja radi, dati su i rezultati dobijeni ispitivanjem iste vrste baruta 1985. godine [4]. Može se zaključiti da nema velikog odstupanja rezultata.

Tabela 3 pokazuje da temperatura skladištenja ima presudan uticaj na vek trajanja baruta (eksponencijalna zavisnost). Ako se temperatura skladištenja poveća za 5°C, dobija se približno duplo kraći vek trajanja, skladištenja.

Tabela 3
Konstante brzine reakcije utroška stabilizatora i vek trajanja baruta NC-08

T °C	k (god ⁻¹)		τ (god)	
	1985. UV-VIS	2005. HPLC	1985. UV-VIS	2005. HPLC
15	0,0062	0,0056	111,80	124,67
20	0,0147912	0,0132643	46,86	52,26
25	0,0352868	0,0316443	19,64	21,90

Analizom rezultata određivanja sadržaja mononitroderivata DPA, dobijenih 2005. godine HPLC metodom (tabela 2), uočava se da je porast koncentracije NNO-DPA od 2,5 do 3,0 puta veći od koncentracije 2N-DPA i 4N-DPA, s tim da je koncentracija 2N-DPA neznatno veća od koncentracije 4N-DPA. To korepondira sa mehanizmom degradacije NC baruta [3]. Takođe, primetno je da uzorci baruta iz dehermetizovane municije daju veću koncentraciju mononitroderivata DPA u odnosu na uzorke baruta iz hermetizovane municije.

Barut NGB-061

Rezultati ispitivanja sadržaja stabilizatora baruta NGB-061 različitih godina proizvodnje prikazani su u tabeli 4, analogno kao i za barut NC-08. Takođe, u istoj tabeli su i rezultati ispitivanja ovog baruta iz 1985. godine.

Tabela 4

Rezultati ispitivanja sadržaja stabilizatora NGB baruta različitih godina starosti

Red. br.	Serija baruta	t_E	C_0	C		Primedba
				CI UV-VIS	CI HPLC	
1	2	3	4	5	6	7
Ispitivanje izvršeno 2005.						
1.	SPV 7738	33	1,70	1,42	1,39	Barut delaborisan iz UbS koja su raseljavana u toku NATO dejstava Barut delaborisan iz UbS koja su raseljavana u toku NATO dejstava (u poljskim uslovima nalazila se 6 meseci)
2.	SPV 7839	32	1,73	1,39	1,43	
3.	SPV 7941	26	1,75	1,54	1,53	
4.	SPV 8149	24	1,70	1,40	1,34	
5.	SPV 8253	23	1,59	1,51	1,42	
6.	SPV 8356	22	1,76	1,37	1,39	
7.	SPV 8458	21	1,70	1,48	1,44	
8.	SPV 8560	20	1,80	1,46	1,39	
9.	SPV 8662	19	1,58	1,56	1,55	
10.	SPV 8763	18	1,81	1,62	1,58	
11.	SPV 8864	17	1,90	1,50	1,51	
Ispitivanje izvršeno 1985.						
1.	1956	29	1,50	1,000		Barut iz KB-2.
2.	1957	28	1,50	1,048		
3.	1959	26	1,50	1,068		
4.	1966	19	1,50	1,174		
5.	1970	15	1,50	1,240		
6.	1978	12	1,50	1,410		

Na slici 3 prikazana je promena sadržaja stabilizatora sa vremenom za barute ove vrste različitih godina proizvodnje. Uočava se dobra korelacija sa rezultatima iz 1985. godine, kao i neznatno odstupanje rezultata između metoda UV-VIS i HPLC.

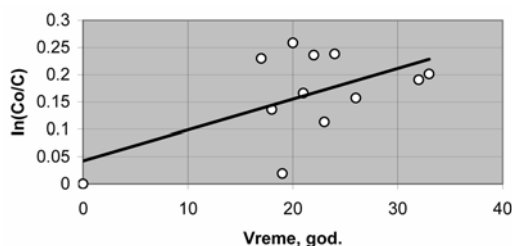
Analogno kao i kod baruta NC-08 na slici 4, prikazana je zavisnost $\ln C_0/C$ od vremena prirodnog starenja i iz nagiba prave određena konstanta brzine utroška stabilizatora koja iznosi $0,00563 \text{ god}^{-1}$.

Pomoću izraza (5) preračunate su konstante brzine reakcije za temperature skladištenja 20°C i 25°C i izračunat vek trajanja baruta po izrazu (6). Izračunate vrednosti konstante brzine reakcije i veka trajanja baruta prikazane su u tabeli 5. Poređenja radi, dati su i rezultati dobijeni 1985. godine metodom UV-VIS [4]. S obzirom na to da je za ovu vrstu baruta 1985. godine izvršeno i ubrzano starenje na temperaturama 80°C , 90°C i 100°C [4], u tabeli su date i vrednosti za k i τ

Tabela 5

Konstante brzine reakcije utroška stabilizatora i vek trajanja baruta NGB-061

T°C	k, god^{-1} (dan^{-1} za ubrz. star.)			τ (god)		
	1985. UV-VIS prirodno starenje	1985. UV-VIS ubrzano starenje	2005. HPLC	1985. prirodno starenje	1985. ubrzano starenje	2005. HPLC
15	0,0063200	1,71597E-05	0,00563	109,68	110,67	123,12
20	0,0126708	3,44031E-05	0,0112875	54,70	55,20	61,41
25	0,0248174	6,73829E-05	0,0221079	27,93	28,18	31,35



Sl. 4 – Određivanje konstante brzine reakcije utroška stabilizatora NGB baruta u uslovima prirodnog starenja

dobijene preračunavanjem iz kinetičkog modela. Vidi se da se rezultati ne razlikuju mnogo, tj. da je odstupanje u granicama dozvoljene eksperimentalne greške.

Rezultati određivanja sadržaja stabilizatora iz 1985. godine [4] ujednačeni su od rezultata iz 2005. godine, što se objašnjava činjenicom da su 1985. godine ispitivani baruti uzeti iz kolekcije baruta, a 2005. godine delaborisani su iz UbS, koja su predislocirana tokom 1991–1992. godine i raseljavana tokom NATO dejstava 1999. godine. Zbog toga je došlo do neujednačenosti kvaliteta baruta, čak i u okviru iste serije.

Zaključak

Prognoziranje veka trajanja baruta metodom merenja sadržaja stabilizatora pouzdana je metoda, pogotovo kada se koriste savremene analitičke tehnike (HPLC).

Po rezultatima iz 2005. godine, prosečan vek trajanja baruta NC-08 i NGB-061,

na osnovu prirodnog starenja, iznosi 52 godine, odnosno 61 godinu, što je za oko 5% više u odnosu na rezultate dobijene 1985. godine (UV-VIS). Pored toga, dobijeni vek trajanja za barut NGB-061 dobro se slaže i sa prognoziranim vekom trajanja na osnovu kinetičkog modela koji je dobijen ubrzanim starenjem 1985. Pri tome je računato da temperatura skladištenja iznosi 20°C. Ako se žele uzeti u obzir i ostali faktori koji utiču na hemijsku stabilnost baruta (kvalitet sirovina, proces proizvodnje, uslovi smeštaja i dr.) uzima se da prosečna temperatura skladištenja iznosi 25°C. U tom slučaju dobija se da vek trajanja iznosi 22 godine za NC-08, odnosno 31 godinu za NGB-061 barut, što se može smatrati garantovanim vekom trajanja ovih baruta, a zavisi od brojnih parametara, od kojih neki nisu dovoljno istraženi i predmet su stalnih istraživanja u svetu i kod nas.

Literatura:

- [1] Maksimović, P.: Eksplozivne materije, VIZ, Beograd, 1985.
- [2] Praćenje hemijske stabilnosti baruta i raketnih goriva – SNO 8069/91, Beograd, 1991.
- [3] Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 935 Reactions in the System Nitro-cellulose/ Diphenylamine with Special Reference to the Formation of a Stabilizing Product Bonded to Nitro-cellulose, BY TORBJORN LINDBLON, ACTA UNIVERSITATIS UPSALIENSIS, Uppsala, 2004.
- [4] Grbović, L.: Hemijska degradacija baruta, magistarski rad, Tehnološki fakultet, Zagreb, 1985.
- [5] Barut jednobazni NC-08, SNO 1165/94, Beograd, 1994.
- [6] Nitroglicerinski barut balistički NGB-061, SNO 1269/84, Beograd, 1984.
- [7] Zbornik radova Kvalitet uskladištenih UbS, tematski skup TU GŠVI, Beograd, 1994.

Dr Mladen Vuruna,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd
profesor dr Dušan Antonović
dipl. inž.
Tehnološko-metalurški fakultet,
Beograd

MIGRACIJA DIZEL GORIVA IZLIVENOG U POVRŠINSKE SLOJEVE ZEMLJIŠTA

UDC: 665.75 : 504.5

Rezime:

U radu su prikazane osnovne fizičko-hemijske karakteristike dizel goriva i zemljišta. Objasnjena je migracija izlivenog naftnog zagađivača kroz vertikalni profil zemljišta. U eksperimentalnom delu ispitivane su koncentracije dizel goriva i relativne koncentracije n-alkana u površinskim slojevima peska, u koje gorivo dospeva kao posledica akcidentnog izlivanja. Utvrđeno je da se koncentracije dizel goriva menjaju sa vremenom nakon izlivanja u svim ispitivanim slojevima. Takođe, utvrđeno je da se dizel gorivo, kao potencijalni zagađivač, u prvih šest nedelja, uglavnom, zadržava u površinskom sloju dubine 30 cm, a objašnjene su i mogućnosti sanacije zagađenog zemljišta.

Ključne reči: dizel gorivo, zemljište, koncentracija izlivenog goriva, relativne koncentracije n-alkana, tehnike čišćenja.

MIGRATION OF DIESEL FUEL SPILLED IN SUBSURFACE LAYERS OF SOIL

Summary:

The basic physical and chemical properties of both diesel fuel and soil have been given in this article and oil pollutants migration through vertical soil profile have been explained as well. In the experimental part of the paper both the concentrations of diesel fuel and relative concentrations of n-alkynes spilled in sandy soil by accident have been investigated. It has been proven that the concentrations of diesel fuel have changed in all layers of soil depending on the time after spill. Diesel fuel as possible pollutant has been retained 30 cm deep in sandy soil during six weeks after spill. Finally, cleanup techniques of polluted soil have been explained.

Key words: diesel fuel, soil, spilled fuel concentration, n-alkanes relative concentrations, cleanup techniques.

Uvod

Na početku 21. veka nafta kao strateška sirovina i osnovni energetska resurs, postaje sve značajnija. Sa narastajućim značajem nafte tesno su povezana i dva problema: problem rezervi i zagađenja životne sredine. Ovaj drugi problem je poslednjih decenija obeleženih vrtoglavim tehnološkim napretkom, dospeo u samu žižu interesovanja javnosti ekonomski

razvijenih zemalja. U razvijenom svetu gotovo da nema institucija koje ne pridaju poseban značaj zaštiti životne sredine i u svoje planske aktivnosti uključuju preventivne mere i postupke zaštite. Tako je, na primer, obaveza svih građana i institucija na Floridi da nadležnim državnim organima prijave izlivanja goriva koja su veća od 25 galona (95 litara) [1]. Ipak, uz sve napore, životna sredina je i dalje ugrožena, svakim danom sve više.

Nafta i njeni derivati, uz pesticide, predstavljaju osnovne zagađivače tri aspekta životne okoline: vode, vazduha i zemljišta. Problem zagađenja naftom i njenim derivatima je složen, jer je reč o smešama čiji uticaj na životnu sredinu zavisi od fizičko-hemijskih karakteristika jedinjenja koja ulaze u njihov sastav, osobina same smeše, kao i uslova i stanja u životnoj sredini. Zbog toga je praćenje promena na takvom zagađivaču, što je važan korak u donošenju odluka koje se tiču zaštite ili saniranja posledica zagađenja, veoma složena aktivnost na koju utiču brojni, tesno povezani faktori.

Od sva tri aspekta životne okoline zemljište je svakako najsloženije, kako po sastavu i fizičko-hemijskim karakteristikama, tako i zbog uzajamnog delovanja sa zagađivačima. Dosadašnja istraživanja većim delom su usmerena ka uticaju zagađivača na vodu i vazduh, a manjim delom na zemljište. Ovaj rad je doprinos razjašnjenju problema zagađenja zemljišta naftnim derivatima.

Dizel goriva kao potencijalni zagađivači zemljišta

Dizel goriva su tečna ugljovodonična jedinjenja koja se dobijaju iz nafte, po frakcionom sastavu to su gasna ulja koja

sadrže do 500 različitih jedinjenja. Prema uslovima eksploatacije dizel goriva se dele na vrlo laka (D1), laka (D2), srednja (D3) i specijalna (DS).

U dizel goriva spadaju frakcije nafte, od petroleja do lakih ulja. Prema hemijskom sastavu to su složene smeše velikog broja različitih ugljovodonika sa C_8 do C_{26} atoma u molekulu, kao organskih jedinjenja sumpora, azota i kiseonika. Osnovu dizel goriva čine molekuli sa C_{12} do C_{20} atoma, koji najvećim delom isparavaju u granicama od $170^{\circ}C$ do $350^{\circ}C$. Slično ostalim tečnim naftnim proizvodima, u dizel gorivima su prisutne sledeće grupe ugljovodonika:

- alkani i izo-alkani (parafini), od $C_{10}H_{22}$ do $C_{26}H_{54}$ (oko 41%);
- monociklični, diciklični i triciklični cikloalkani (petočlani, šestočlani i mešoviti nafteni), koji se kreću u granicama $C_{10}H_{20}$ do $C_{26}H_{52}$ (36%);
- monoaromatski ugljovodonici, diaromatski ugljovodonici (od $C_{12}H_{18}$ do $C_{24}H_{42}$) i jedinjenja mešanih naftensko-aromatskih struktura (C_nH_{2n-8}) (22,6%);
- policiklična aromatska jedinjenja (0,4%).

Osnovne fizičko-hemijske karakteristike dizel goriva prikazane su u tabeli 1.

Tabela 1

Fizičko-hemijske karakteristike dizel goriva

Karakteristike	Dizel goriva			
	D1	D2	D3	D2S
Gustina na $15^{\circ}C$, g/cm^3	0,80–0,84	0,81–0,86	0,83–0,88	0,81–0,86
Destilacija				
– do $300^{\circ}C$, predestiliše najmanje, vol. %	90	–	–	–
– do $360^{\circ}C$, predestiliše najmanje, vol. %	–	90	60	90
Viskozitet na $20^{\circ}C$, mm^2/s	1,0–6,5	1,8–9,0	5,0–25,0	1,8–9,0
Filtrabilnost, $^{\circ}C$, zimski/letnji diz., ispod	–17, –7	–9, +1	–	–20, –
Tačka paljenja, $^{\circ}C$, iznad	40	55	65	55
Koks, mas. %, najviše	0,10	0,15	0,30	0,10
Pepeo, mas. %, najviše	0,01	0,02	0,05	0,02
Voda, vol. %, najviše	0,05	0,10	0,25	0,10
Sumpor, mas. %, najviše	0,5	1,0	1,5	0,2
Cetanski broj, najmanje	45	45	35	45

Gustina dizel goriva zavisi od temperature. Dizel goriva su smeše nekoliko stotina jedinjenja čija je gustina različita, dok se gustina same smeše kreće od 0,8 do 0,88 g/cm³. Dizel gorivo ima odgovarajući viskozitet koji je neophodan za optimalno raspršivanje, rad pumpe visokog pritiska motora i proticanje pri niskim temperaturama. Filtrabilnost dizel goriva i tačka stinjanja su temperature pri kojima dolazi do prekida proticanja goriva usled kristalizacije parafina. Tačka paljenja je temperatura goriva pri kojoj se iznad površine goriva formiraju gasovi koji se pale otvorenim plamenom. U dizel gorivu sumpor se nalazi u nekim organskim jedinjenjima. Njegovo prisustvo je nepoželjno zbog zagađenja životne sredine, korozije motora i smanjenja toplotne moći goriva. Cetanski broj predstavlja sklonost dizel goriva ka samopaljenju i zavisi od hemijskog sastava goriva. Sa porastom cetanskog broja raste i sklonost ka samoopaljenju.

Razlike između dizel goriva za vozila putnog saobraćaja, ulja za loženje i goriva za brodske dizel motore prikazane su u tabeli 2 [2].

Karakteristike zemljišta

Zemljište je površinski sloj Zemljine kore, nastao kao rezultat zajedničkog uticaja na geološki supstrat elemenata klime, živih i mrtvih organizama, vremena i lokalnog reljefa [3]. To je trofazni i polidisperzni sistem, čiju tvrdu fazu čine mineralne i organske čestice (40–60% ukupne zapremine zemljišta), sadrži tečnu vodu sa rastvorenim gasovima i sastojcima tvrde faze, dok je ostatak obuhvaćen porama čiji udeo varira od 20 do 80%. Najvažnije osobine zemljišta su morfologija, hemijski i mineralni sastav, fizičke, hemijske i biološke osobine, kao i vodni, vazdušni, toplotni i hranljivi režimi. Trofazni sistem zemljišta prikazan je na slici 1.

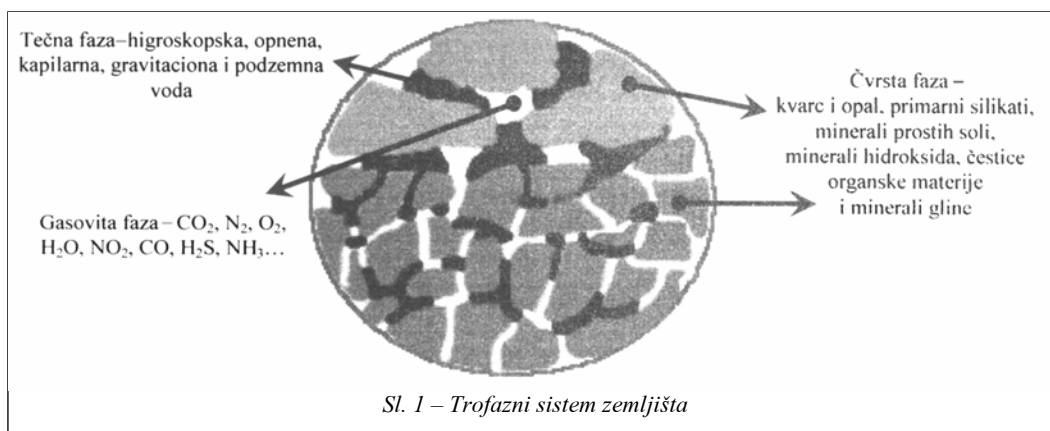
Najvažnije fizičke osobine zemljišta su mehanički sastav, dubina, specifična masa, zapreminska masa (zbijenost), specifična površina i poroznost (šupljikavost).

Mehaničkim sastavom objašnjava se prisustvo mehaničkih elemenata, odvojenih komada stena i minerala, kao i čestica organskih materija, obrazovanih pro-

Tabela 2
Fizičko-hemijske karakteristike dizel goriva D2 za vozila putnog saobraćaja, ulja za loženje i goriva za brodske dizel agregate

Karakteristike	Dizel goriva (D2)	Ulja za loženje	Brodski dizel
Gustina na 15°C, g/cm ³	0,83–0,86	0,81–0,90	0,82–0,92
Destilacija, °C	160–390	160–400	170–420
Viskozitet na 40°C, mm ² /s	2,0–4,5	2,0–7,4	1,5–7,4
Tačka paljenja, °C, iznad	56	56	60
Tačka stinjanja, °C, ispod	–5	0	–6
Sumpor, mas. %, najviše	0,005–0,05*	0,2	1,5–2,0

* Podaci su preuzeti iz API standarda i standarda Evropske zajednice, čiji su zahtevi za neke fizičko-hemijske karakteristike stroži od naših.



cesima transformacije stena, minerala i organskih ostataka. Prema međunarodnoj klasifikaciji mehanički elementi su razvrstani u šest grupa: kamenje, šljunak, pesak, prah, glina i koloidi.

Dubina zemljišta je rastojanje od površine do dna zemljišnog profila, a varira od 2 do 3 cm do 2 do 3 m. Po dubini, zemljište se deli na pet klasa: veoma plitko (<15 cm), plitko (15–30 cm), srednje duboko (30–60 cm), duboko (60–100 cm) i veoma duboko (>100 cm).

Specifična masa predstavlja masu jedinične zapremine zemljišta osušenog na 105°C, bez pora. Specifična masa zemljišta siromašnog humusom varira od 2,5 do 2,7 g/cm³, dok se kod humusom bogatih zemljišta ona kreće od 2,3 do 2,4 g/cm³.

Zapreminska masa zemljišta je masa jedinične zapremine zemljišta osušenog na 105°C, sa porama. Ovde se uzima u obzir tvrda i gasovita faza zemljišta. Vrednosti zapreminske mase kreću se od 0,2 g/cm³ u nekim humusom bogatim zemljištima do 2 g/cm³ u jako zbijenim glinašama.

Specifična površina je zbir površina svih čestica u jedinici mase zemljišta. U zemljištu bogatom humusom i minerali-

ma gline specifična površina je izuzetno velika. Na primer, specifična površina gline, sastavljene pretežno od minerala smektita i vermikulita, varira od 600 do 800 m²/g.

Poroznost zemljišta je zbir zapremine svih pora u zemljištu, izražen u procentima u odnosu na ukupnu zapreminu. Veličina pora, prema širini, kreće se od dela mikrona (<1 nm) do preko 10 cm, a prema dužini od dela milimetra do preko 100 cm. Najvažnije hemijske osobine zemljišta su hemisorpcija, fizičko-hemijska adsorpcija jona, biološka, mehanička i fizička sorpcija materija, kiselost i alkalnost.

Pod hemisorpcijom se podrazumeva obrazovanje teško rastvorljivih jedinjenja koja se talože iz zemljišnog rastvora i ulaze u sastav tvrde faze zemljišta. Fizičko-hemijska adsorpcija jona je sposobnost zemljišta da na površinama koloidnih disperzija adsorbuje i razmenjuje ranije adsorbovane jone sa ekvivalentnom količinom jona iz zemljišnog rastvora. Biljke uzimaju materije iz zemljišta i prizemne atmosfere što se naziva biološkom sorpcijom. Mehanička sorpcija je sposobnost zemljišta da u svojim porama

mehanički zadržava koloidne i krupnije disperzije, a fizička sorpcija (adsorpcija) – privlačenje i zadržavanje na površinama čestica zemljišta molekula gasova, vode, rastvorenih materija, koloida i mikroorganizama pod uticajem međumolekulskih adsorpcionih sila. Isušene čestice zemljišta najbolje adsorbuju vodenu paru, obrazujući tanku opnu higroskopske vode, a od tečnosti molekule organskih materija. Organske molekule najbolje adsorbuju minerali gline, pre svih smektit. Glinom bogata zemljišta odlično adsorbuju i gasove (NH_3 , HCN , COCl_2 ...).

Kiselost zemljišta uslovljena je prisustvom vodonikovih jona koji se obrazuju disocijacijom različitih kiselina i hidrolitičkih kiselih soli (npr. H_2CO_3 , AlCl_3 , FeSO_4). Pod alkalnošću zemljišta podrazumeva se prevladavanje slobodnih hidroksilnih jona u odnosu na vodonikove jone. Povećana alkalnost uslovljena je pojačanim prisustvom hidrolitičkih alkalnih soli (CaCO_3 , karbonati i silikati alkalnih metala).

Kada je reč o sastavu minerala, većina vrsta minerala prisutnih u zemljištu svrstava se u neku od sledećih zbirnih grupa: primarni silikati, kvarc i opal, minerali gline, minerali prostih soli i minerali hidroksida. U zemljištu su najzastupljeniji kvarc i opal i minerali gline. Kvarc i opal zastupljeni su preko 90% u pesku i u malim količinama u gotovo svim vrstama gline. Minerali gline su sitnodisperzni sekundarni hidratizirani aluminati, alumoferrimagnezijski i magnezijjski silikati sa promenljivim sadržajem glavnih sastojaka (Si, Al, Fe, Mg, H_2O) i prisustvom mnogih drugih elemenata u malim količinama (Mn, Ti, Ni, Cr, Co, Cu, Zn, Pb, B, P, S, Cl i F).

Kretanje dizel goriva izlivenog u zemljište

Dizel gorivo može se naći u zemljištu, što je posledica akcidentnog izlivanja.

U površinskim slojevima tla gorivo se može naći raspodeljeno između tečne, čvrste i gasovite faze zemljišta, odnosno, adsorbovano na česticama, rastvoreno u vodi, u gasovitom stanju ili kao slobodna tečna faza. Slobodna tečna faza obrazuje se samo pri većim koncentracijama izlivanja. Od raspodele po fazama zavisi kretanje (prodiranje) goriva kroz površinske slojeve [4–6].

Dizel gorivo može prodirati kroz zemljište u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Horizontalno kretanje, ili bočno rasprostiranje, značajno je kod tla zasićenih vodom, ili kada gorivo stigne do gornje granice nivoa podzemnih voda. Sa horizontalnim kretanjem, ukoliko je ono ograničeno na površinske slojeve, povećava se kontaminirana površina, ali je olakšana fotodegradacija i uklanjanje lakših ugljovodonika isparavanjem. Vertikalno kretanje kroz profil zemljišta, posredstvom gravitacije, u većini slučajeva akcidentnih izlivanja predstavlja dominantan proces. Brzina vertikalnog prostiranja zavisi od prirode i strukture zemljišta, vrste i količine naftnog zagađivača, klimatskih faktora i gustine vegetacionog pokrivača.

Pored horizontalnog i vertikalnog prostiranja, dizel gorivo u zemljištu može se kretati i pod uticajem podzemnih voda, kao slobodna tečna faza formirana iznad podzemnih voda. Takođe, važno je i kretanje gasovite faze koja u odnosu na tečnu brže prolazi između strukturnih agregata zemljišta i na taj način preostalu ugljovo-

doničnu masu čini gušćom i viskoznijom, a samim tim i manje pokretnom.

Prostiranje izlivenog goriva kroz zemljišni profil prikazano je na slici 2.

Remedijacija zagađenog zemljišta

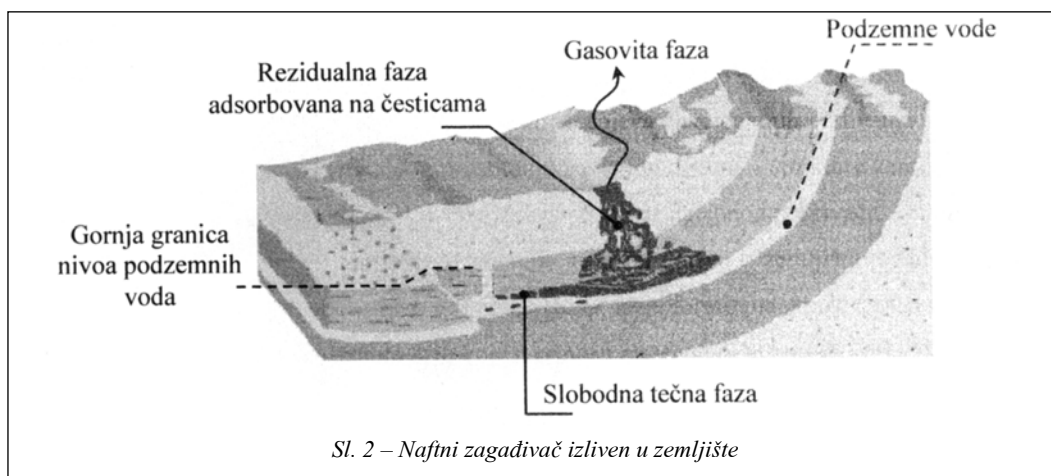
Remedijacijom zagađenog zemljišta obuhvaćeni su postupci čišćenja radi sanacije posledica zagađenja. Remedijaciju je moguće sprovesti na samom mestu zagađenja ili premeštanjem zagađenog zemljišta na druge lokacije. Čišćenje zemljišta na mestu zagađenja dozvoljeno je samo pod uslovom da nema opasnosti po životnu sredinu, odnosno, da u blizini nema ljudskih naselja, postrojenja za snabdevanje vodom ili osetljivih životnih zajednica, kao što su močvare, jezera, reke i sl. [7]. Izbor mesta i načina remedijacije, kao i optimalnog vremena realizacije, zavisi od mnogih faktora (koncentracije izlivenog goriva, vrsta izlivenog materije, vremena tokom kojeg je zemljište izloženo zagađenju, distribucije zagađivača u zemljišnom profilu, dubine podzemnih voda, stepena ugrožavanja životne sredine [1].

Navodimo najvažnije tehnike remedijacije:

Vakuum-ekstrakcija pogodna je za uklanjanje isparljivih jedinjenja iz zemljišta ili iz slobodne tečne faze formirane iznad podzemnih voda. Zasnovana je na stvaranju vakuuma u posebno iskopanim bunarima, u koje se iz okolnog zemljišta izvlači vazduh. Protok vazduha podstiče isparavanje lakše isparljivih jedinjenja i, na taj način, uz pomoć vakuuma, vrši se uklanjanje zagađivača iz zemljišta. Tehnika vakuum-ekstrakcije najefikasnija je na zemljištima zagađenim benzinskim frakcijama.

Ispiranje zagađenog zemljišta zasniva se na ispiranju vodom sa deterdžentima ili pogodnim rastvaračima (metanol, heksan i sl.). Ispiranje zemljišta moguće je izvršiti na mestu zagađenja ili skidanjem zagađenog sloja i njegovim propuštanjem kroz postrojenja za ekstrakciju. Ovu tehniku treba sprovoditi oprezno, naročito na mestu zagađenja, jer u tom slučaju postoji mogućnost ugrožavanja podzemnih voda ili izvora pitke vode.

Biodegradacija mikroorganizmima koji potiču sa mesta zagađenja. Mikroorganizmi koji potiču sa mesta zagađenja mogu da razgrade naftne zagađivače koji



su u nezasićenoj zoni adsorbovani na česticama zemljišta (rezidualna faza). Aktivnost mikroorganizama može se pojačati uvođenjem svežeg vazduha i odgovarajuće prihrane, ali brzina strujanja vazduha ne sme biti velika. Ova metoda je veoma uspešna pri izlivanju srednjih destilata nafte (petrolejske i dizelske frakcije).

Obrada zemlje. Na mestu zagađenja, ukoliko je zagađenje manjeg obima, može se izvršiti i specijalna obrada zemljišta, odnosno iskopavanje zagađenog zemljišta, koje se razbacuje preko nepropusne plastične folije u obliku tankog sloja. Zagađivači se uklanjaju isparavanjem, biodegradacijom i fotodegradacijom.

Fiksacija zemljišta. Zagađeno zemljište može se odvojiti od tla i pomešati sa cementnim jedinjenjima i stabilizatorima. Cementna jedinjenja vezuju se sa zagađivačem, a stabilizatori sprečavaju odvajanje rastvorljivih jedinjenja od zacementirane mase. Ovako fiksirano zemljište vraća se na mesto gde je iskopano.

Termička obrada. Izlaganjem zagađenog zemljišta povišenim temperatura-ma moguće je iz njega odstraniti zagađivače poreklom iz nafte. Oni se uklanjaju isparavanjem, povećanjem njihove pokretljivosti i potpunim spaljivanjem. Ova tehnika ne sme se sprovoditi ukoliko nisu preduzete neophodne mere zaštite vazduha od gasova koji se oslobađaju tokom sagorevanja i isparavanja.

Opis eksperimenta

U radu je ispitivana promena koncentracije izlivenog dizel goriva u vremenu, u površinskim slojevima peska.

Plastične cevi dimenzija 30×15 cm napunjene su peskom zapreminske gustine 1,65 g/cm³. Za eksperiment je odabran dunavski refulisan pesak, prikupljen sa desne obale Dunava, 7 km uzvodno od Zemuna. Na površinu peska izliveno je dizel gorivo D-2 u koncentraciji 10 l/m² (prosečna koncentracija akcidentnih izlivanja). Kolone sa zagađenom zemljom držane su šest nedelja napolju pod nadstrešnicom, u realnim uslovima, pri promenljivoj temperaturi i vlažnosti vazduha. Površina zagađenog zemljišta delimično je bila izložena vetru i sunčevoj svetlosti, ali ne i padavinama.

Meteorološki uslovi eksperimenta prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3
Uslovi eksperimenta

Period (dani)	Temperatura, °C		Relativna vlažnost, %	
	Prosečna	maks./min.	Prosečna	maks./min.
0–11	4,18	14/-3	64	95/30
11–41	13	23/2	56	97/20

Uzorci zagađenog zemljišta uzimani su neposredno nakon izlivanja, a zatim 11. i 41. dana iz četiri površinska sloja: 0–5 cm, 5–10 cm, 10–15 cm i 15–30 cm. Nakon vađenja iz kolona svaki sloj je dobro promešan, upakovan u plastične vrećice i do ekstrakcije držan na –5°C. Napravljeno je onoliko kolona koliko je puta uziman uzorak, odnosno, nakon uzimanja uzoraka kolona je ispražnjena, a za naredno uzimanje pripremljena je druga kolona, po svemu istovetna prethodnoj.

Uzorci zagađenog zemljišta ekstrahovani su najkasnije sedam dana nakon uzimanja. Ekstrakcija je sprovedena prema modifikovanoj proceduri definisanoj standardom ISO/DIS 16703. Oko 4 g zemlje ekstrahovano je na mehaničkoj tresilici acetonom analitičke čistoće, u količini

od 3 ml acetona po gramu zagađene zemlje. Ekstrakcija je trajala 3×15 minuta. Nakon toga, na uređaju za centrifugiranje odvojen je rastvor od zemlje, a onda je na vakuum-evaporatoru, uz pomoć vodene pumpe, uklonjen aceton. Dobijeni ekstrakt sušen je na sobnoj temperaturi 4 sata.

Masa ekstrakta izmerena je i izražena u miligramima, na prvu decimalu. Izmerena masa ekstrahovanog dizel goriva preračunata je u koncentraciju zagađanja, odnosno koncentraciju izlivenog goriva (mg goriva/kg zemlje).

Dizel gorivo, ekstrahovano iz površinskih slojeva peska, analizirano je metodom gasne hromatografije na uređaju *Varian 3400* sa plameno-jonizujućim detektorom. Rezultat analize je distribucija normalnih alkana ili raspodela relativnih koncentracija n-alkana u nizu od dekana do pentakozana.

Rezultati i diskusija

Rezultati eksperimenta prikazani su u tabeli 4.

Tabela 4
Koncentracija izlivenog dizel goriva po slojevima zemljišta

Zemljište	Pesak		
	Koncentracija ekstrahovanog dizel goriva, mg/kg		
Sloj	Neposredno nakon izlivanja	11. dan	41. dan
0–5 cm	89482	38606	27276
5–10 cm	1648	31893	24219
10–15 cm	–	12063	19480
15–30 cm	–	310	3046

U prvih šest nedelja nakon izlivanja koncentracija izlivenog dizel goriva u površinskom sloju peska neprestano se smanjuje. Znatno smanjenje nastupilo je nakon jedanaest dana (više nego dvostruko). Na kraju ispitivanog perioda kon-

centracija izlivenog goriva u sloju 0–5 cm smanjila se više nego trostruko. U sloju peska dubine 5–10 cm koncentracija izlivenog goriva u prvih jedanaest dana povećala se skoro 20 puta. Do kraja ispitivanog perioda koncentracija u ovom sloju smanjila se za oko 25% u odnosu na 11. dan.

U donjim slojevima peska nije utvrđeno prisustvo goriva neposredno nakon izlivanja. U sloju 10 do 15 cm koncentracija izlivenog goriva povećava se u celom ispitivanom periodu, ali je znatno povećanje nastupilo nakon jedanaest dana. Porast koncentracije u sloju 15 do 30 cm utvrđen je u periodu od 11. do 41. dana (oko 10 puta).

Koncentracija izlivenog goriva u površinskom sloju peska smanjuje se usled isparavanja lako isparljivih jedinjenja i migracije goriva u donje slojeve. Promena koncentracije u sloju 5 do 10 cm uslovljena je prodorom goriva u prvih jedanaest dana, odnosno, isparavanjem i migracijom u dublje slojeve u periodu od 11. do 41. dana. Prodor goriva je dominantan proces u donjim slojevima peska u celom ispitivanom periodu. Znatna prodor u najdubljem sloju peska utvrđen je nakon 11. dana.

Na osnovu podataka o koncentracijama izlivenog goriva (tabela 4) moguće je izvesti zaključke o remedijaciji površinskih slojeva peska:

a) neposredno nakon izlivanja do 5 cm. U ovom sloju, neposredno nakon izlivanja, zadržana je gotovo celokupna količina dizel goriva. Ukoliko izlivanjem nije zahvaćena veća površina, sloj se može skinuti i tretirati tehnikama ispiranja ili obradom zemlje;

b) jedanaestog dana do 15 cm. Do 11. dana, u sloju 0 do 5 cm zadržalo se 46% ukupne količine izlivenog goriva, a u oba gornja sloja, do dubine 10 cm, ukupno 84%. Ostatak goriva (16%) zadržan je u sloju 10 do 15 cm. U slučaju skidanja zemlje radi remedijacije, masa uklonjene zemlje uvećala bi se trostruko u odnosu na vreme neposredno nakon izlivanja. Remedijacija se može sprovesti na mestu izlivanja, tehnikom biodegradacije;

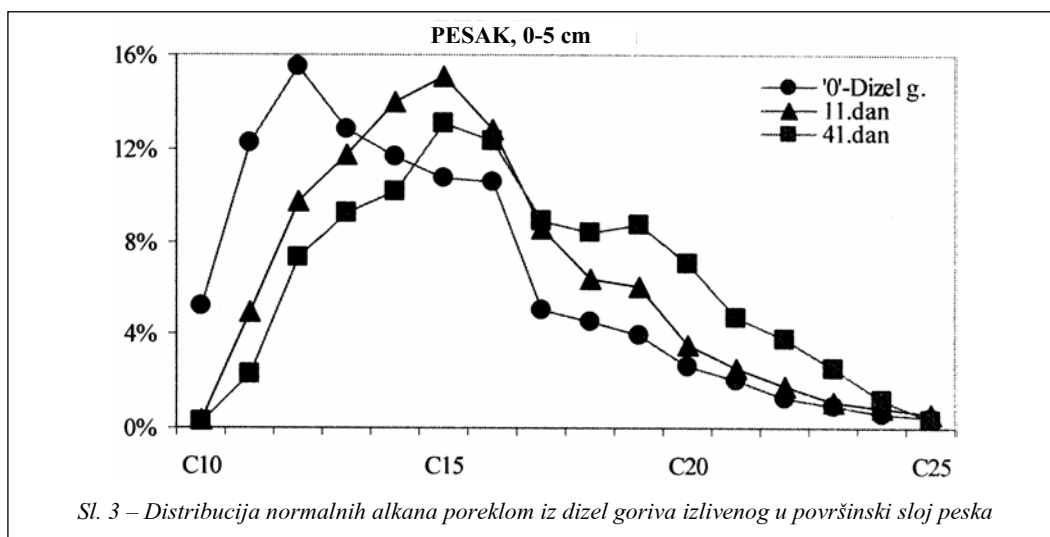
c) četrdesetprvog dana do 30 cm. U gornja dva sloja peska zadržano je 2/3 goriva, a na dubini do 15 cm ukupno 89%. Znatna količina (11%) nalazi se u najdubljem sloju (15 do 30 cm). S obzirom na to da je izliveno gorivo još uvek u nezasićenoj zoni (rezidualna faza adsorbovana na česticama) preporučena tehnika remedijacije bila bi biodegradacija na mestu izlivanja.

Distribucija relativnih koncentracija n-alkana sa vremenom nakon izlivanja prikazana je na slici 3.

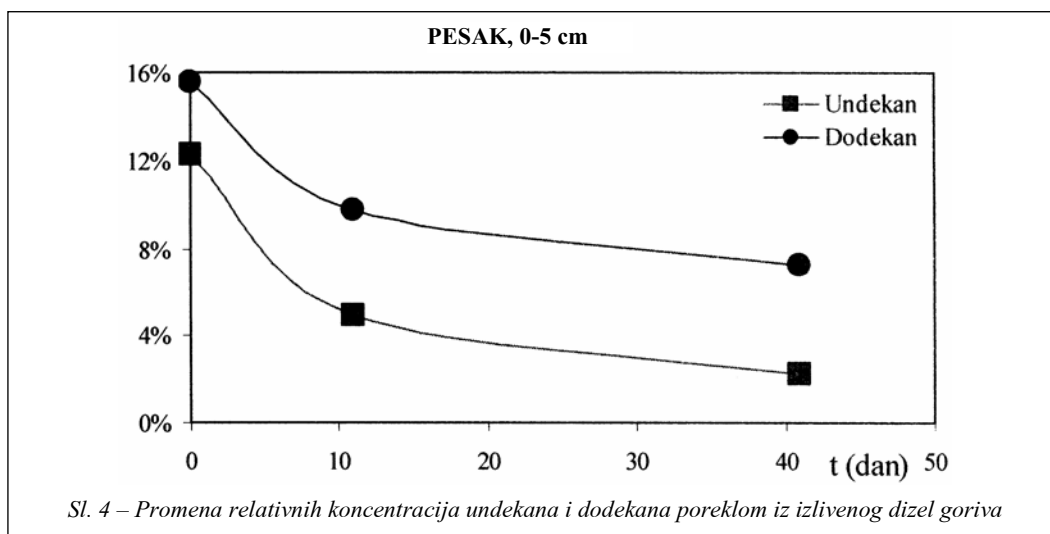
Distribucija n-alkana menja se sa vremenom nakon izlivanja u površinskom sloju peska. U celom ispitivanom periodu smanjuju se relativne koncentracije n-alkana u nizu od dekana do tridekana (C10–C13). Istovremeno, povećavaju se relativne koncentracije jedinjenja u nizu od pentadekana do pentakozana. Relativne koncentracije C10–C13 znatno su se smanjile u prvih jedanaest dana nakon izlivanja. Povećanje relativnih koncentracija normalnih alkana u nizu od kozana do pentakozana (C20–C25) utvrđeno je u periodu od 11. do 41. dana.

Promena relativnih koncentracija undekana i dodekana tokom vremena nakon izlivanja prikazana je na slici 4.

Relativna koncentracija undekana znatnije se smanjuje sa vremenom. Veća promena koncentracije kod oba jedinjenja, u odnosu na čist dizel, nastupila je već nakon jedanaest dana. Od 11. do 41. dana relativna koncentracija undekana smanjila se dvostruko, a dodekana mnogo manje (od 9,73% do 7,26%).



Sl. 3 – Distribucija normalnih alkana poreklom iz dizel goriva izlivenog u površinski sloj peska



Zaključak

Na osnovu eksperimentalnih rezultata prikazanih u ovom radu moguće je zaključiti da je u prvih šest nedelja nakon izlivanja dizel goriva na površinu zemljišta sastava peska, veći deo goriva zadržan u sloju dubine do 30 cm.

Distribucija normalnih alkana zavisi od vremena proteklog nakon izlivanja i može se upotrebiti kao svojevrsan „otisak prsta“ izlivenog goriva (fingerprint), što je od velikog značaja u procesima praćenja stanja u životnoj sredini i donošenja odluka o sanaciji zagađenog zemljišta.

Relativne koncentracije pojedinih n-alkana mogu poslužiti u procenama vremena izlivanja dizel goriva.

Literatura:

- [1] Guidelines for Assessment and Source Removal of Petroleum Contaminated Soil, Florida Department of Environmental Protection – Bureau of Petroleum Storage Systems, May 1998.
- [2] CONCAWE, product dossier no.95/107, Brussels, September 1996.
- [3] Živković, M. D.; Đorđević, A. R.: Pedologija, Poljoprivredni fakultet, Beograd, 2003.
- [4] EPA: Behaviour of Hydrocarbons in the Subsurface, In How to Effectively Recover Free Product At Leaking Underground Storage Tank Sites: A Guide for State Regulators, EPA 510-R-96-001, 1996.
- [5] EERC: Boshof, G.; Kalin, R. M.: Non-Aqueous Phase Liquid Behaviour, Environmental Engineering Research Centre, The Queen's University of Belfast, 2001.
URL: <http://www.qub.ac.uk>
- [6] EPA: Monitored Natural Attenuation, chapter IX, 2004.
URL: http://www.epa.gov/swrust.l/pubs/tum_ch9.pdf
- [7] Vermont State Agency of Natural Resources: Agency Guidelines for Petroleum Contaminated Soil and Debris, Department of Environmental Conservation, Waste Management Division, Vermont, 1996.

Mr Mitar Konjević,
dipl. inž.
Vojnotehnički institut,
Beograd

VODONIK KAO ENERGETSKI VEKTOR BUDUĆNOSTI – HIDRIDI I BATERIJE NA VODONIK

UDC: 546.11 : 620.92

Rezime:

Vodonik predstavlja ekološki čist i praktično neiscrpan energent, relativno lak za skladištenje, transport i korišćenje. Međutim, zbog visoke cene dobijanja još uvek ne konkuriše aktuelnim fosilnim gorivima. Ako se pretpostavlja da će vodonik predstavljati vrlo važan energetski vektor u budućnosti, interesantno je pokazati mogućnosti njegovog korišćenja u vidu hidrida i gorivnih ćelija.

Cljučne reči: energetski vektor budućnosti, vodonik, proizvodnja, skladištenje i korišćenje.

HYDROGEN AS AN ENERGY VECTOR OF THE FUTURE HYDRIDES AND BATTERIES EXPLOING THE HYDROGEN

Summary:

Hydrogen represents the ecologically clean and practically inexhaustible energetic element, relatively easy for storage, transportation and exploitation. Nevertheless, due to high price of its production, hydrogen has not yet been a competition to actual fossil fuels. If we suppose that hydrogen will be pretty important vector in future, it is interesting to show the exploitation possibilities of hydrogen in forms of hydrides and fuel cells.

Key words: Energy vector of the future, hydrogen, production, storage and transportain.

Uvod

Usled svetske energetske krize sve zemlje razvijaju vlastite energetske programe, bez obzira na svoje energetske potencijale. Povećana potrošnja nafte, prirodnog gasa i uglja, nezamenljivih primarnih energetskih izvora i tehnoloških sirovina u baznoj hemijskoj industriji uslovlila je da se ubrza razvoj i uvođenje novih tehnologija koje bi trebalo bitno da unaprede upotrebu tradicionalnih goriva, kako bi se prešlo na korišćenje novih i/ili obnovljivih izvora energije (solarne, geotermalne, snage vetra i morskih talasa, naftnog peska, uljanih škriljaca, biomase

i nuklearne energije). Samo zemlje Evropske unije planiraju da u periodu do 2010. godine za istraživanje i razvoj alternativnih izvora energije ulože preko 95 milijardi evra. Od svih navedenih izvora energije nefosilnog tipa značajnije učešće u svetskoj potrošnji ima nuklearna energija fisionog tipa sa 19% u svetskoj energetske potrošnji početkom 2000. godine. Jednom dobijenu energiju treba transportovati ili čuvati da bi se mogla koristiti onda kada je potrebna.

Na današnjem stepenu razvoja skladištenje i transportovanje znatnije količine energije nije izvodljivo, pa se pribegava proizvodnji sekundarnih energetskih izvora.

Dobijanje vodonika

Vodonik se dobija u procesima: parcijalne oksidacije sirove nafte (48%), katalitičkog reforminga prirodnog gasa (30%), gazifikacije uglja (16%), elektrolize vode (3%) i ostalim procesima (3%).

Vodonik dobijen elektrolizom vode znatno je skuplji od vodonika dobijenog ostalim hemijskim procesima. Korišćenje nuklearne energije za dobijanje vodonika smatra se, uglavnom, rentabilnim. Za sada se nuklearna energija koristi za dobijanje vodonika na dva načina – elektrolizom vode i korišćenjem termičkog i termohemijskog ciklusa razlaganja vode.

Elektroliza vode može biti: klasična ($225 \text{ dm}^3 \text{ H}_2/\text{kWh}$), na povišenim temperaturama 90°C do 260°C ($246 \text{ dm}^3 \text{ H}_2/\text{kWh}$), na visokim temperaturama $>900^\circ\text{C}$ ($440 \text{ dm}^3 \text{ H}_2/\text{kWh}$)

Termički i termohemijski ciklusi razlaganja vode direktno koriste termičku energiju dobijenu iz nuklearnih reaktora.

Skladištenje vodonika

Nakon proizvodnje vodonik treba čuvati i skladištiti, odnosno transportovati kako bi mogao biti iskorišćen u datom momentu. Vodonik može biti skladišten u gasovitom, tečnom i čvrstom stanju – u vidu hidrida.

Skladištenje vodonika u gasovitom stanju

Skladištenje većih količina vodonika u gasovitom stanju vrši se u podzemnim prethodno pripremljenim prostorima. Skladištenje vodonika je od skladištenja prirodnog gasa znatno skuplje, jer

je njegova kalorična moć po jedinici zapremine znatno manja od one koju poseduje prirodni gas. Danas su u upotrebi tri tipa i tri tehnike podzemnog skladištenja vodonika u gasovitom stanju.

Skladištenje u podzemnim peskovito-vodenim prostorima na dubinama od 400 do 1000 m: kroz cevi postavljene u prethodno izbušene otvore, gasoviti vodonik se ubacuje na navedene dubine, gde se smešta potiskujući vodu između zrnaca peska. Kroz iste cevi vodonik izlazi kada se otvori ventil, a pod pritiskom vode koja teži da zauzme svoj prvobitni položaj. U SAD, Rusiji, Nemačkoj i Francuskoj koriste se podzemna skladišta zapremine oko $6 \times 10^9 \text{ m}^3$.

Skladištenje vodonika u podzemnim rudnicima soli: prethodno je potrebno istopiti so i izvući rastopinu iz zemlje, uz neophodnu proveru propustljivosti okolnog terena oko prostora za skladištenje, jer se u ovom slučaju vodonik ubacuje pod pritiskom od 80 do 200 bara. U svetu su u upotrebi skladišta ovog tipa zapremine od oko $200\,000 \text{ m}^3$.

Skladištenje vodonika u veštački stvorenim podzemnim prostorima: u SAD su već u upotrebi prostori dobijeni podzemnim nuklearnim eksplozijama. Gasoviti vodonik se u ove podzemne prostore ubacuje pod pritiskom od 100 bara na dubinu od oko 1000 m. Pre korišćenja ovog vodonika potrebno ga je očistiti od radioaktivnih čestica. Nedostatak podzemnih skladišta su povećani gubici gasovitog vodonika u odnosu na prirodni gas, zbog veličine njegovih molekula i reakcije sa materijalima od kojih su izrađeni cevovodi i ventili.

Skladištenje vodonika u gasovitom stanju u rezervoarima pod pritiskom:

ovaj način skladištenja zahteva upotrebu rezervoara izrađenih od materijala velike zatezne čvrstoće, koji su uglavnom otporni na dejstvo vodonika pod pritiskom. U upotrebi su sferni čelični rezervoari, čija masa po 1 kg gasovitog vodonika pri pritisku od 200 bara iznosi oko 75 kg.

Skladištenje vodonika u tečnom stanju

Pri čuvanju i skladištenju vodonika u tečnom stanju treba imati u vidu njegove ograničene (male) količine. Vodonik postaje tečan na $-252,7^{\circ}\text{C}$, a održavanje ovako niske temperature predstavlja limitirajući faktor za njegovu upotrebu. Uprkos velikim gubicima (0,5% do 1% dnevno) i velikim troškovima dobijanja (10 kWh za 1kg tečnog vodonika), vodonik u tečnom stanju verovatno će se u budućnosti koristiti kao gorivo u drumskom, avionskom i železničkom saobraćaju.

Tečni vodonik, kao komponenta goriva za pogon raketa (SATURN, KOLUMBIJA, ARIJANA), u određenom trenutku bio je nezamenljiv. Za skladištenje tečnog vodonika u upotrebi su čelični rezervoari zapremine od 25 do 450 m³, a NASA je realizovala rezervoar sfernog oblika od 3500 m³. Materijali koji se koriste za izradu rezervoara za skladištenje i čuvanje tečnog vodonika su legure aluminijuma, legure bakra, austenitni hromnikl čelici i INVAR.

Skladištenje vodonika u čvrstom stanju

Skladištenje vodonika u vidu reversnih metalnih hidrida predstavlja zadovoljavajući način za čuvanje relativno malih količina.

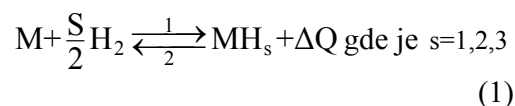
Neki od zahteva koje metalni hidridi treba da zadovolje kako bi bili industrijski upotrebljivi su: relativno niska cena dobijanja; neograničeno vreme skladištenja u uslovima ambijenta; brza absorpcija i desorpcija vodonika na umerenim temperaturama i pritiscima; jednostavnost i sigurnost pri rukovanju; umereni troškovi upotrebe; nepromenljivost u toku velikog broja naizmjeničnih ciklusa hidrogenizacije i dehidrogenizacije.

Metali i njihove legure koje u najvećoj meri odgovaraju ovim zahtevima i mogu se koristiti za skladištenje vodonika u čvrstom stanju su: magnezijum i njegove legure; cirkonijum i njegove legure; vanadijum i niobijum; legure na bazi Fe-Ti; sastavi tipa LaNi₅; legure sastava tipa LaNi₅ sa Fe, Co ili Cu i dr.

Dobijanje metalnih hidrida

Hemijska kombinacija u čvrstom stanju vodonika i nekog metala, odnosno legure, predstavlja metalni hidrid. Vodonik se u metalu rastvara u vidu atoma. Kao izvori energetskeg vektora budućnosti od posebnog su interesa hidridi koji se karakterišu izražajnijom reversnošću (povratnošću) i zadovoljavaju što veći broj navedenih zahteva.

Formiranje hidrida, odnosno reakcija rastvorljivosti vodonika u nekom metalu (leguri) prikazuje se osnovnom jednačinom:



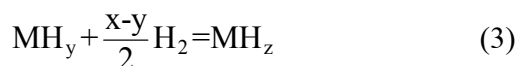
kojom su predstavljena tri hemijska prostora M, H₂ i MH_s. Uočava se da pri for-

miranju hidrida dolazi do oslobađanja izvesne količine toplote ΔQ (ekzotermna reakcija). Nasuprot tome, da bi došlo do izdvajanja vodonika iz već formiranog hidrida potrebno je dovesti izvesnu količinu energije (endotermna reakcija). Reakcija se u prvom slučaju odvija u smeru 1, a u drugom u smeru 2.

Reakcija opisana jednačinom (1) reverzna je (povratna), samo ako je standardna promena Gibsove energije njenog formiranja manja od nule. Da bi došlo do desorpcije vodonika iz hidrida neophodno je dovesti izvesnu količinu toplote. Desorpcija će se utoliko lakše izvršiti ukoliko je toplota formiranja datog hidrida bila manja. U tabeli 1 prikazane su toplote formiranja nekih hidrida, a na slici 1 dijagrami disocijacije najčešće izučavanih i upotrebljavanih hidrida.

Rastvorljivost vodonika u određenom metalu (leguri) zavisi od temperature na kojoj se proces odvija, pritiska vodonika u kontaktu sa metalom i od procentualnog već rastvorenog vodonika u kristalnoj rešetki metala.

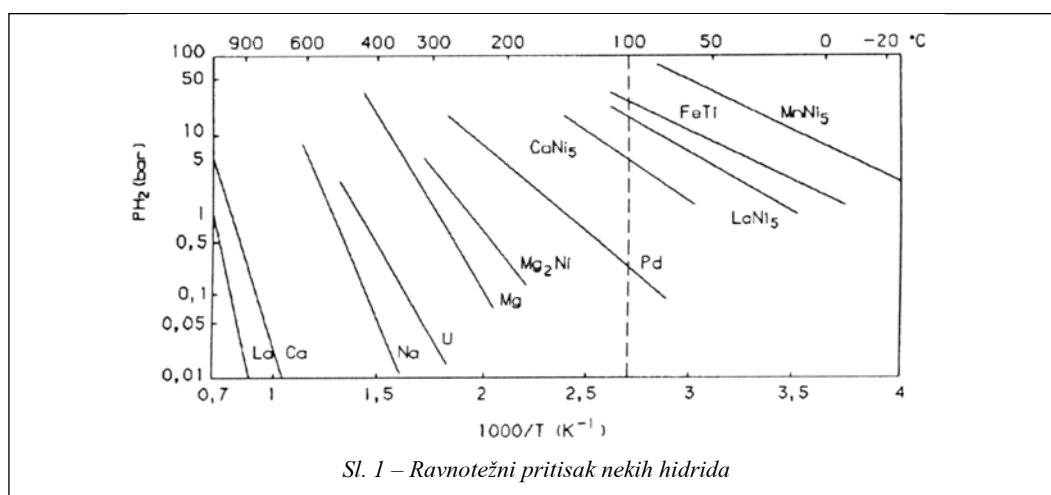
Na slici 2 prikazan je procentualan iznos vodonika (atomski) koji metal može absorbovati u zavisnosti od pritiska na kojem se vodonik u kontaktu sa metalom nalazi na datoj temperaturi. Na dijagramu slike 2 uočavaju se tri oblasti definirane sledećim jednačinama:

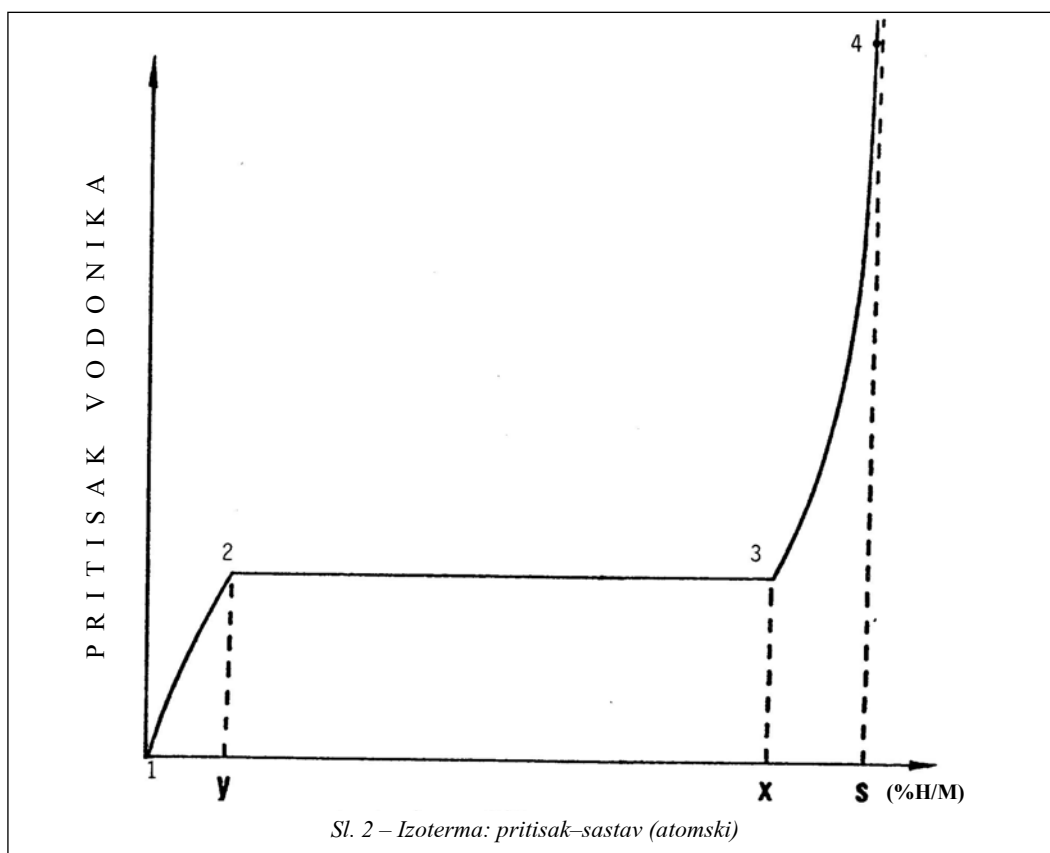


U prvoj oblasti, od tačke 1 do tačke 2, proces opisan jednačinom (2), pritisak vodonika u kontaktu sa metalom neprekidno raste i dolazi do rastvorljivosti sve veće količine gasa u metalu. Formira se čvrsta faza, ali se ne definiše tačno sastav koji je postignut samo u tački 2.

Tabela 1
Toplota formiranja hidrida

Hidrid	L_1H	ZrH_2	MgH_2	Mg_2NH_4	$FeTiH_2$	$LaNi_5H_6$	VH_2
Toplota formiranja - ΔH [kJ/mol]	181	166	77	74	28	31	40





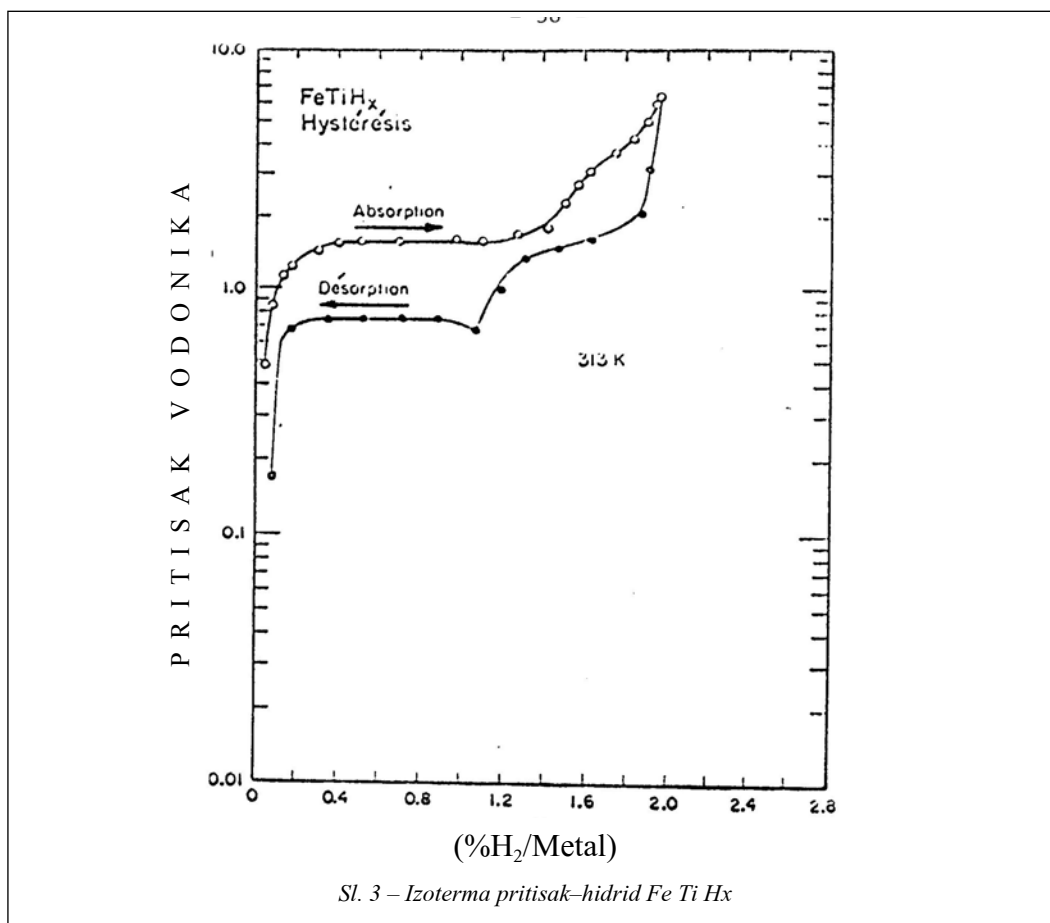
U drugoj oblasti, od tačke 2 do tačke 3, dolazi do formiranja hidrida u osnovnom metalu na konstantnom pritisku. Povećava se procentualni sadržaj rastvorenog vodonika u sastavu metal-hidrid. U ovoj oblasti razlikuje se čvrsta faza još uvek nezasićenog metala vodonikom i formirani hidrid MH_x . Proporcionalno učešće hidrida u leguri raste pomeranjem od tačke 2 ka tački 3. Proces je opisan jednačinom (3).

U trećoj oblasti, od tačke 3 do tačke 4, u tački 3 dostignut je maksimalan procenat hidrida MH_x u metalu, sastavljenom od čvrstog zasićenog rastvora vodonika u metalu i hidrida MH_x . Može se reći da je dobijen konačan sastav za datu temperaturu i dati pritisak.

Povećanjem pritiska i dovođenjem nove količine vodonika dolazi do povećanja njegovog procentualnog učešća u sastavu metal-hidrid, zato što struktura hidrida MH_x ima mogućnost apsorpcije izvesne količine vodonika. Ovaj proces opisan je jednačinom (4).

Podela hidrida i njihova upotreba

Hidridi se najčešće, dele prema temperaturi na kojoj dolazi do desorpcije vodonika na dve grupe, slika 1 [4]. Prvu grupu čine hidridi čija je temperatura desorpcije manja od 100°C . Ova grupa hidrida karakteriše se velikom brzinom apsorpcije i malim masenim udelom rastvorenog vodonika u rastvoru osnovnog me-



tala. Tu spadaju hidridi na bazi legure niobijuma, vanadijuma i sastavi tipa LaNi_5 . Da bi se dobio vodonik iz ovih hidrida potrebno ih je neprekidno zagrevati uz stalno povećanje temperature. Kontejneri za ove hidride izrađuju se od lakih legura, što ih čini konkurentnim hidridima sa valikom masenom koncentracijom vodonika MgH_2 (druga grupa), ali i visokom temperaturom desorpcije. Sastavi iz ove grupe sadrže oko 1,37% H_2 u masi uz zapreminski odnos koji je duplo veći od vodonika u tečnom stanju.

Za drugu grupu hidrida karakteristična je mala brzina apsorpcije vodonika (čak i na povišenim temperaturama i pritiscima) i ve-

liko maseno učešće vodonika rastvorenog u metalu. U ovu grupu spadaju hidridi magnezijuma i legura Fe-Cr. Hidrid magnezijuma često je korišćen zbog svoje male mase i velikog procentualnog učešća vodonika rastvorenog u metalu oko 7,7%. Da bi se ubrzao proces apsorpcije, za ove hidride u usitnjeni sastav metala potrebno je dodati neku od legura koja stvara manje stabilne hidride, ali ubrzava proces apsorpcije. Na primer, formiranje hidrida magnezijuma traje po nekoliko dana na povišenim temperaturama i pritiscima od oko 150 bara. Dodavanjem 10% LaNi_5 vreme apsorpcije se smanjuje na 1h na pritisku od samo 30 bara.

Kinetičke reakcije (apsorpcija i desorpcija) ne zavise samo do pritiska, temperature i karakteristika metala (legura), nego i od veličina površina reakcije (veličina i oblik čestica metala, $R = 0,2$ do 1 mm), stanja površina čestica, broja ciklusa apsorpcije i desorpcije koje mogu da izdrže čestice metala, a da ne dođe do njihovog raspada i unutrašnjih napona u momentu stvaranja hidrida (slika 3), [18].

Izbor hidrida umnogome zavisi od namene, jer do sada nije proizveden hidrid koji bi mogao zadovoljiti sve navedene zahteve. U Borodou (Francuska) realizovan je hidrid Mg, koji u 20 kg hidrida apsorbuje 1 kg H_2 , odnosno u $29,5$ kg sistema, ako se računa i masa rezervoara. U Grenoblu (Francuska) realizovan je rezervoar na bazi hidrida legure Fe-Ti koji na 80 kg hidrida apsorbuje 1 kg H_2 , odnosno ako se računa i masa rezervoara $117,6$ kg sistema. To znači, da će se ako se želi hidrid gde će masa imati odlučujuću ulogu, izabrati prvi, a ako se želi hidrid koji ima lako i brzo oslobađanje vodonika, izabraće se drugi. Kompromisno rešenje dobija se kombinacijom ova dva hidrida. U tom slučaju 1 kg H_2 absorbovan je u 47 kg sistema i počinje oslobađanje vodonika već na $50^\circ C$.

U tabeli 2 dati su neki kriterijumi kojima se treba rukovoditi pri izboru hidrida [13; 15].

Hidridi mogu biti primenjeni u sledećim oblastima: skladištenju nuklearne energije, skladištenju solarne energije, skladištenju fotohemijske energije, prenosu toplote, izdvajanju vodonika iz smeše gasova, sabijanju vodonika, izradi primarnih i sekundarnih baterija vodonik-vazduh i kao ekološki čisto gorivo.

Tabela 2

Kriterijumi za izbor hidrida

Hidrid kriterijum	NiH	MgH_2	Mg_2NiH_4	$FeTiH_2$	$LaNi_5H_6$	LiH
grH/1 kg mat.	42	76	35,9	18,9	13,7	127
$T[^\circ C]$, P=1 bar dekompozicija	525	290	250	-19	16	800
EVRO/kg	1,5	2,5	3,5	7	15	30
Brzina formiranja	-	vrlo spora	povećana	spora	povećana	-
Brzina razlaganja	-	povećana	povećana	povećana	povećana	-

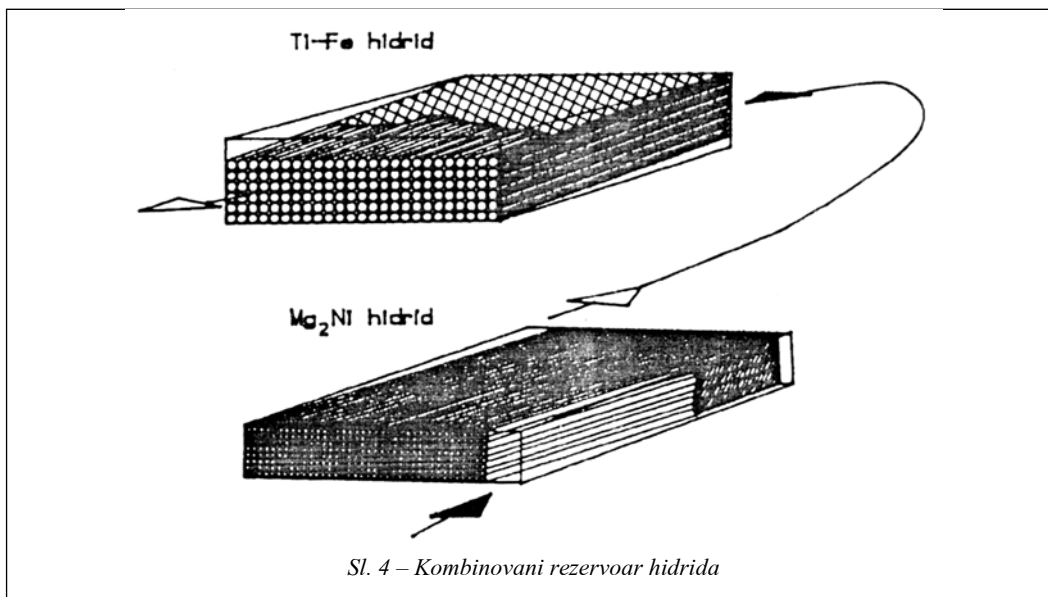
Upotreba hidrida za dobijanje vodonika – energetskog vektora budućnosti, kao goriva komponente koja ne zagađuje okolinu, posebno će naći interes u rudnicima, za prevoz u urbanim sredinama i za pogon podmornica.

Sjedinjene Države, Nemačka, Francuska i Japan razvile su različite tipove automobila koji za pogon koriste hidride. Mercedes je realizovao motor za minibus od 44 kW, 4800 min^{-1} i sa stepenom kompresije $9,25$ sa hidridom na bazi Fe-Ti, zapremine 65 litara i mase 200 kg, uz ostvarenje autonomije kretanja od 150 km. Interesantno je napomenuti da se sa masom hidrida od 100 kg Mg može dobiti autonomija kretanja od 300 km pri ostalim istim uslovima.

Kalorična moć 1 kg hidrida Fe-Ti je $2,2$ MJ, 1 kg hidrida MgH_2 $8,4$ MJ, dok je kalorična moć 1 kg benzina $42,7$ MJ. U borbi za čistiju životnu sredinu interesantna su kombinovana rešenja hidrid-hidrid (slike 4 i 5) [15] i hidrid-benzin za primenu u urbanim sredinama.

Baterija ili gorivne ćelije na vodonik

Baterija na vodonik je elektrohemijska baterija koja može dugo (skoro neprekidno) pretvarati hemijsku energiju



goriva H_2 i oksidatora O_2 ili vazduha u električnu energiju u jednom procesu koji ostavlja sistem skoro bez promena, slika 6 [4].

Baterija na vodonik predstavlja generator energije koji funkcioniše na obrnutom principu od principa elektrolize vode.

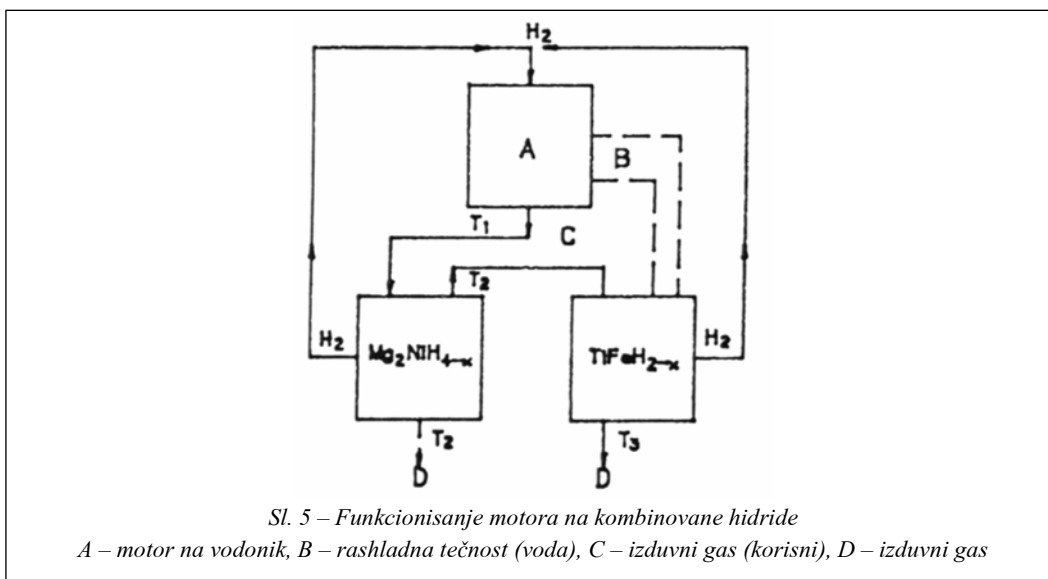


Obrnuta reakcija elektrolizi će oslobađati izvesnu količinu energije. Ovaj sistem se razlikuje od klasičnih baterija i akumulatora po tome što se u njemu ne odvijaju procesi klasičnog punjenja i pražnjenja, a elektrode izrađene najčešće od poroznog grafita ne trpe skoro nikakve promene tokom elektrohemijškog procesa već služe kao osnova za reakciju. Goriva komponenta H_2 i komponenta koja omogućava sagorevanje – vazduh, smeštene su van sistema, a u njega se dovode po-

sebnim cevima. Sam proces razlikuje se od klasičnih elektrohemijških procesa, jer se odvija u dve istovremene etape: redukciji oksidatora na katodi i oksidaciji goriva na anodi. Ove reakcije odvijaju se u uslovima veoma bliskim povratnim, što uslovljava da je koeficijent korisnog dejstva ovih sistema veći nego kod termičkih motora. Međutim, brzina hemijske reakcije u ovom sistemu je vrlo mala, što uslovljava povećanje mase sistema, a i cene.

Šematski prikaz hemijskih procesa na elektrodama prikazan je na slici 6. Ukoliko se KOH koristi kao elektrolit neophodno je izvršiti dekarbonizaciju vazduha koji dolazi na katodu da ne bi došlo do stvaranja karbonata KOH.

Vodonik i kiseonik, odnosno vazduh, dovode se na porozne elektrode u gasovitom stanju. Poroznost elektroda je neophodna da bi se olakšao prolaz gasa. Pregradnu barijeru između elektroda čini elektrolit koji treba da spreči i stvaranje – „ključanje“ gasa koje bi poremetilo funk-



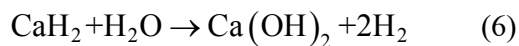
cionisanje baterije, uz sigurno obezbeđenje neproboja elektrolita prema komorama sa gasom.

Površina koja razdvaja gas od tečnog elektrolita lako se formira u jednoj kapilari, ali to nije slučaj sa otvorima u poroznim elektrodama. U graničnoj oblasti gasa i elektrolita dolazi do formiranja, sa jedne strane, kapilarne sile, a sa druge – sile pritiska gasa. Pritisak gasa je konstantan, ali se kapilarna sila menja u zavisnosti od veličine otvora u elektrodi. Treba obezbediti ravnotežno stanje u sistemu za normalno odvijanje hemijske reakcije. Ukoliko se to ne postigne povećanjem pritiska gasa, potrebno je elektrodama dodati katalizator (Pt ili Pd) koji će omogućiti bolju reaktivnost gasa na elektrodama i regularnije odvijanje procesa stvaranja električne energije. Poboljšanje reakcija na elektrodama postiže se i njihovom izradom u više slojeva i sa vrlo finim porozitetom (otvorima) okrenutim prema elektrolitu. U novije vreme u upo-

trebi su i specijalne membrane PEM (Proton Exchange Membrane) koje iz atoma vodonika „izdvajaju“ elektrone.

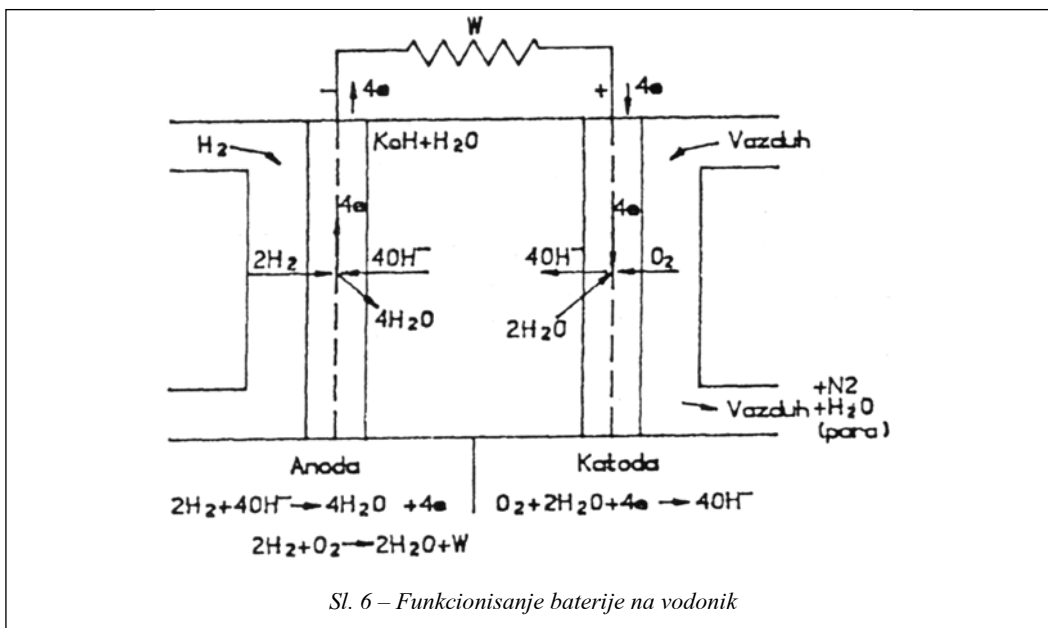
Produkt anodne i katodne reakcije je H_2O , čije prisustvo u elektrolitu ima negativan uticaj. Nije poželjno zadržavanje vode u bateriji i ona se mora odstraniti nekim od sledećih načina:

- cirkulacijom elektrolita i isparavanjem vode van baterije,
- cirkulacijom gasa i stvaranjem vodene pare,
- cirkulacijom elektrolita sa H_2O preko hidrida CaH_2 , kada se dobija količina vodonika koja je prethodno utrošena pri funkcionisanju baterije:



- direktnim isparavanjem vode iz baterije.

Različiti prototipovi baterija na vodonik već su realizovani u zapadnim zemljama počev od 1959. godine. Svakako,



treba pomenuti baterije na vodonik koje su korišćene u svemirskom programu „Apolo“, snage 2 kW. Pritisak funkcionisanja bio je 4 do 7 bara na temperaturi od 260°C. Napon po elementu iznosio je 1 V a gustina struje na elektrodama 130 mA/cm².

Krajem sedamdesetih godina prošlog veka Francuzi su proizveli bateriju na vodonik za pogon Renoa 4, koja je razvijala snagu od 11,4 kW i brzinu od 80 km/h i obezbeđivala autonomiju kretanja od 235 km, kada su u njemu bile četiri osobe i prtljag mase 80 kg.

Umesto zaključka

Vodonik, uprkos svojoj količini i relativno velikom utrošku energije potrebne za njegovo dobijanje, predstavlja energetski vektor budućnosti, bilo da se koristi u čvrstom, tečnom ili gasovitom stanju. Od posebnog interesa

je upotreba metalnih hidrida i vodonika u gasovitom stanju. Imajući u vidu stalne apele za očuvanje životne sredine, upotreba vodonika za pogon vozila u urbanim sredinama će po procenama već 2020. godine iznositi oko 15%. To se naročito odnosi na razvijene zemlje, uz pretpostavku da će 1 kg vodonika u čvrstom ili tečnom stanju moći da se dobije utroškom samo 3 kWh energije. Upotreba hidrida i reversnih baterija na vodonik koji se oslobađa iz hidrida će u kosmičkoj industriji, pomorstvu, rudnicima, usamljenim naseljima, gde ne postoje drugi izvori energije, predstavljati pravo, možda i jedino prihvatljivo rešenje.

Metalni hidridi koji izdržavaju više od 100 ciklusa „punjenja i pražnjenja“, kao i baterije na vodonik čije elektrode mogu da izdrže više od 3000 h rada, sa pravom se nazivaju energetskim akumulatorima budućnosti.

Da se u svetu najozbiljnije računa na vodonik, kao energetska vektor budućnosti, potvrđuju brojni zajednički istraživačko-razvojni projekti vezani za njegovo dobijanje, skladištenje i korišćenje, počev od nacionalnih i multinacionalnih kompanija, preko udruženja i komisija u Evropskoj uniji, pa sve do komisija i komiteta u Organizaciji ujedinjenih nacija.

Literatura:

- [1] Henry, M. M.; Pottier, M.; PESHUIZIE, L. E.: Revue de l'énergie, Paris, Mars 1980, p. 131–143.
- [2] Dumon, R.: Energie solaire et stockage d'énergie, Masson, Paris, 1978.
- [3] Energie, Hydrogene, Grupe XI, Paris, 1980.
- [4] Talbot-Besnard, S.: Hydrogène Information, Paris, 1980, N°11, Special.
- [5] Science et Vie, N° 748, Paris, 1980. pp. 84–85.
- [6] Wassermel, K.; Arpe, H. J.: Chimie organique industrielle, Masson, 1981.
- [7] La recherche, N° 81, Paris, 1977. pp. 765–768.
- [8] Technique de l'énergie, Paris, N°36, 1980. pp. 45–47.
- [9] Thibault J. J.: The cryogenic storage of hydrogen, Hydrogen energy system, Zurich, 1978. pp. 1457–1473.
- [10] Van Vorst, W. D.; Finegold, J. G.: Automotive hydrogen, and onroad storage methods, Los Angeles, 1980.
- [11] Breelle, Y.; Gelin, P.; Meyer, C.; Petit, G.: Technico-economic study of distributing hydrogen for automotive vehicles, Zurich, 1978, pp. 2793–2827.
- [12] Science et Vie, Mai 1981, Paris, pp.73–82.
- [13] Andonovski, V.; Konjević, M.: L'hydrogène, vecteur énergétique de l'avenir étudié de diverses, possibilités de stockage, de transport et d'utilisation de l'hydrogène, ENSTA, Paris, 1981.
- [14] Aplauch, R. T. et al.: Hydrogen-fueled railroad motive power systems, a North American view, Hydrogen Energy System, Zurich, 1978., pp. 1793–1829.
- [15] Buchner, H.: Perspectives for Metal Hydride Technology. Progress in energy and combustion science, Vol. 6., pp. 331–346, Pergamon Press Ltd. 1980.
- [16] Arnulf, J. Maeland: Survez of the differeny types of hydrides, Zurich, 1977.
- [17] Buchner, H.: The Hydrogen/Hydride energy concept, Hydrogen Energy System, Zurich, 1978., pp. 1749–1792.
- [18] Shiner, J. et al.: Hydrogen sorption properties in binary and pseudobinary intermetallic compounds, Zurich, 1977.
- [19] Konjević, M.: Vodonik kao energetska vektor budućnosti, 6. simpozijum EIE i EP, Novi Sad, 1994.
- [20] Todorović, J.: Vodonik – energent budućnosti, VTG 5/2004, pp. 484–496.
- [21] Reilly, J. J.: Application of Metal Hydrides, Hydrogen Energy System, Zurich, 1978., pp. 527–570.
- [22] Swartzendruber, L. J. et al.: Numerical Physical proprieties data for Metal Hydrides Utilised for Hydrogen Storage, Hydrogen Energy System, Zurich, 1978., pp. 1973–2013.

Mr Živojin Petrović,
kapetan I klase, dipl. inž.
mr Radosav Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
mr Dragan Trifković,
kapetan I klase, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd

OPREMA I METODOLOGIJA ENDOSKOPSKE DIJAGNOSTIKE

UDC: 62-7 : 681.518.5

Rezime:

Osnovni problem u održavanju tehničkih sistema sastoji se u proveru njihove radne sposobnosti i otkrivanju neispravnosti u slučaju otkaza. Stanje tehničkih sistema najlakše se i najbrže može utvrditi primenom savremenih metoda tehničke dijagnostike. Endoskopskom dijagnostikom moguće je utvrditi trenutno stanje tehničkih sistema. Zbog toga je neophodno poznavanje endoskopske opreme i definisanje metodologije primene endoskopske dijagnostike u održavanju tehničkih sistema.

Ključne reči: održavanje, endoskopska dijagnostika, oprema, metodologija.

EQUIPMENT AND METHODOLOGY OF ENDOSCOPY DIAGNOSTIC

Summary:

The basic problem in the maintenance of technical systems lies in the confirmation of their working capabilities and discovering malfunctions in case of breakdown. The condition of technical systems can be estimated in the fastest and easiest way by application of contemporary methods of technical diagnostic. The temporary state of technical systems can be estimated by endoscopy diagnostic. That is why it is necessary to get to know endoscopy equipment and define methodology application of endoscopy diagnostic in the maintenance of technical systems.

Key words: maintenance, endoscopy diagnostic, equipment, method.

Uvod

Endoskopska dijagnostika jedna je od mnogobrojnih metoda tehničke dijagnostike koja se primenjuje za posmatranje nepristupačnih mesta tehničkih sistema, bez njihovog rastavljanja [1].

Upotrebom odgovarajuće endoskopske opreme moguće je u zatvorenom, neosvetljenom i skućenom prostoru, pouzdano otkrivanje: prskotina, zarez, deformacija, korozije, erozije, istrošenja, izgoretina, gubitka zaštitnih prevlaka, naslaga, curenja i dr. Endoskop-

ska dijagnostika se naročito koristi za posmatranje delova sistema u mračnim prostorima ili prostorijama gde je smanjena vidljivost [2].

Osnovni zadatak ove metode jeste da utvrdi trenutno stanje tehničkog sistema, na osnovu čega se donose odluke o postupcima i aktivnostima iz oblasti održavanja. Ovakvim pristupom praktično se prelazi sa održavanja prema rokovima rada na održavanje prema stanju. Prednosti održavanja prema stanju, pre svega, ogledaju se u povećanju pouzdanosti i efektivnosti tehničkih sistema,

smanjenju troškova održavanja, a samim tim i troškova životnog ciklusa tehničkih sistema [3].

Neophodni uslovi za uspešnu primenu metode endoskopske dijagnostike su: oprema, metodologija i specijalizovan kadar. Endoskopsku dijagnostiku treba da sprovode posebno školovani i obučeni specijalisti, koji moraju da poseduju multidisciplinarna znanja. Osim poznavanja opreme i metodologije, oni moraju da se upoznaju i sa tehničkim karakteristikama sistema koji se dijagnosticiraju.

Oprema za endoskopsku dijagnostiku

Osnovu za vizuelnu i optičku kontrolu predstavlja ljudski vid i osvetljenje. U većini slučajeva postupci tehničke dijagnostike i kontrole moraju se izvršiti u uslovima lošeg osvetljenja ili, u najboljem slučaju, pri dnevnom svetlu. Upravo takvi uslovi ne pogoduju vršenju ozbiljne vizuelne kontrole, jer je osnovni nedostatak ljudskog oka da mu pri slabom osvetljenju ne pomažu čak ni najbolji optički instrumenti. Pri rukovanju endoskopskom opremom mora se voditi računa o mogućnostima i osobinama ljudskog vida, kako bi njena iskorišćenost bila što veća.

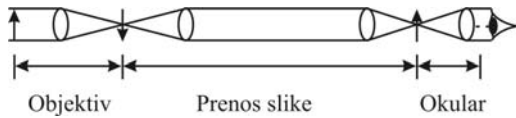
Drugi osnovni faktor koji uslovljava rad sa optičkom opremom je osvetljenje. Maksimalnu efektivnost osvetljenja obezbeđuje vlaknasti svetlovod sa kontinualnim vlaknima, i to ukoliko se gubici bilo kog činioca vlakna svedu na 50% intenziteta. Drugi način poboljšanja intenziteta osvetljenosti moguć je izborom prirode i snage svetlosnih izvora.

Usled ograničenih sposobnosti ljudskog oka klasične metode dijagnosticiranja u tehnici poseduju mnoge nedostatke. To je uslovalo razradu novih metoda i opreme kojima se sprovode vizuelna i optička posmatranja u oblasti tehničke dijagnostike. U tehnici se sve više koriste optička vlakna za posmatranje teško dostupnih sklopova i delova u raznim zatvorenim prostorima i otvorima, onda kada druge metode tehničke dijagnostike zahtevaju rastavljanje.

Prvi endoskopi (zajednički termin za sve uređaje za posmatranje sklopova i delova u zatvorenom prostoru) bili su projektovani u medicinske svrhe. Intenzivna eksploatacija endoskopa počela je pronalaskom cistoskopa, na kome se zasnivao dalji razvoj savremene urologije. Posle toga razrađeni su bili uređaji nazvani boroskopi koji predstavljaju krut sistem sočiva snabdevenih minijaturnom lampom za osvetljavanje. Kod savremenih endoskopa lampa je zamenjena vlaknastim osvetljavajućim sistemom, koji dozvoljava veliko pojačanje intenziteta osvetljavanja, što omogućava snimanje predmeta posmatranja. Aktivno korišćenje elektronike, znatno je proširilo oblasti primene vizuelne kontrole i njenog video-snimanja.

Boroskopi

Kruti boroskopi poseduju jednostavan optički sistem sočiva koji je šematski prikazan na slici 1 [4]. Kod boroskopa je slika vrlo jasna, a pošto se ne koriste koherentni snopovi optičkih vlakana, oni su nekoliko puta jeftiniji od fiberskopa. Čvrstina konstrukcije, mogućnost izbora dužine, prečnika, ugla i polja vida, kao i jednostavnost upotrebe, čine boroskop rasprostranjenom opremom vizuelne kontrole.



Sl. 1 – Šematski prikaz optičkog sistema boroskopa

Boroskopi promjenljive dužine predviđeni su za kontrolu i pregled unutrašnjosti velikih šupljih konstrukcija, dugih cevi i drugih teško dostupnih delova. Boroskop se sastoji od cevi sa okularom (sa mogućnošću fokusiranja, električnim nastavkom i monokularnim adapterom) i od cevi objektiva, slika 2 [4]. Boroskopu pripadaju kablovi za priključenje na izvor svetlosti „svetlovod“, pribor za brisanje sočiva i kutija za skladištenje.

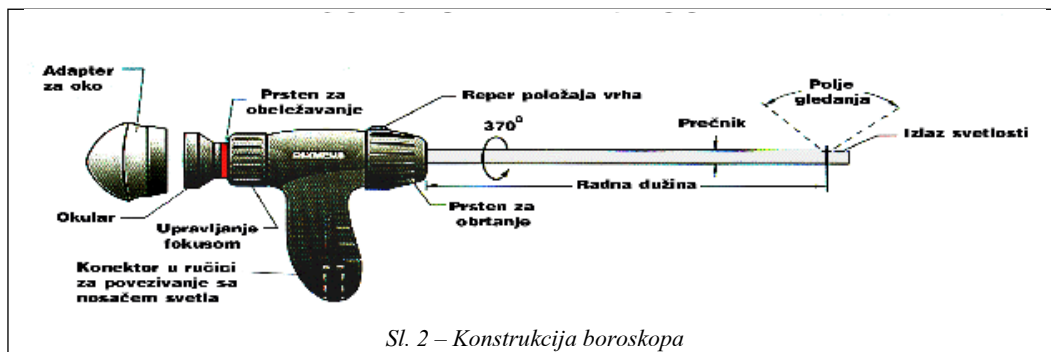
Gde god postoji mogućnost pristupa boroskopom, postoje velike mogućnosti za istraživanje, razvoj, kontrolu kvaliteta i održavanje različitih tehničkih sistema. Njegova primena moguća je na temperaturama do 150°C u različitim sredinama (voda, ulje, slana voda, gorivo i sl.). Iako su pri tehničkoj dijagnostici često izloženi raznim vidovima nečistoća i agresivnim sredinama, boroskopi se lako održavaju, brisanjem posle upotrebe. Miniboroskop predstavlja specifičan tip boroskopa, čiji je prečnik samo 1,7 mm, a koristi se za pregled kroz otvore malog prečnika.

Boroskopi se široko primenjuju za kontrolu cevi oruda, parnih kotlova i hladnjaka, gasovoda, naftnih bušotina, plinskih boca, raznih vrsta cevi i sl.

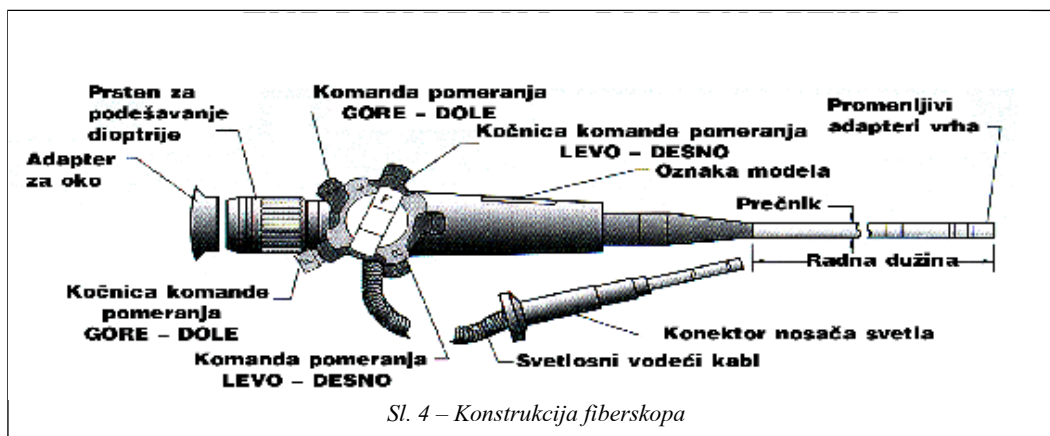
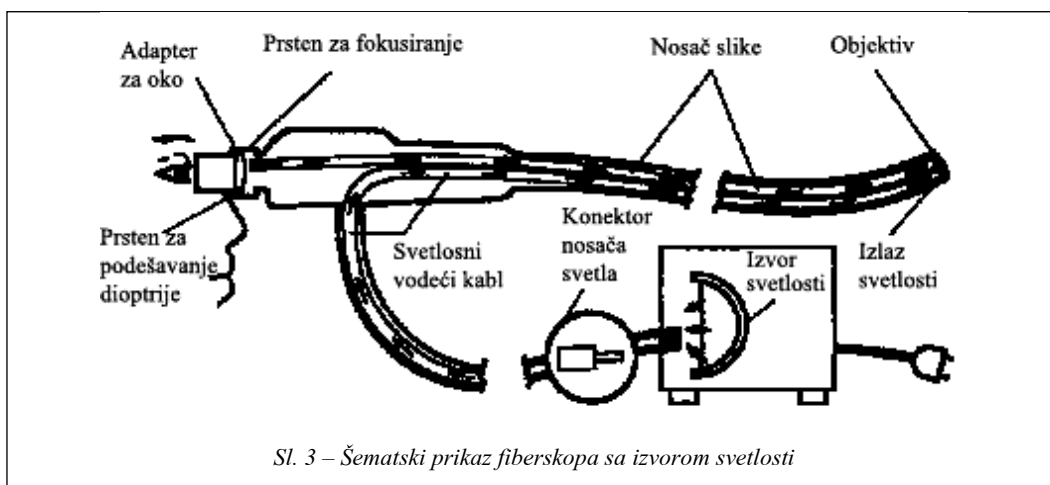
Fiberskopi

Fiberskop je uređaj koji ima sposobnost savijanja svetlovoda bez posledica po sliku koju obrađuje, a sastoji od dva vlaknasta svetlovoda, objektiva i okulara. Šematski prikaz fiberskopa sa izvorom svetlosti prikazan je na slici 3 [4], a njegova konstrukcija na slici 4 [4].

Za fokusiranje fiberskopa pri različitim rastojanjima do objekta dijagnostičke sočivo objektiva mora se pomerati u pravcu ose. Obično se njegov položaj reguliše distantno od okularnog dela fiberskopa. U okularu postoji specijalan dioptrijski prsten za prilagođavanje oku posmatrača (izoštavanje slike). Kvalitet slike je, u krajnjem, određen tačnošću rasporeda završetka vlakna na krajevima snopa za prenos slike. Kod fiberskopa firme OLYMPUS [5] praktično je postignut idealan raspored vlakana u sve tri dimenzije, za šta je, pre svega, neophodna stroga jednakost njihovih prečnika. Fiberskopi firme OLYMPUS imaju koherentnu sliku dobijenu kroz snop fiberop-



Sl. 2 – Konstrukcija boroskopa



tičkih vlakana vrhunskog kvaliteta. Minimalni otvori kroz koje je moguće uvesti fiberskop je 2 mm.

Fiberskop ima mogućnost savijanja svojih krajeva, što omogućava ne samo direktan, već i bočni pogled. Njegovi osnovni delovi su: koherentan snop vlakana za prenos slike, koji se prostire od glave koja se uvodi u prostor ispitivanja do ručice za upravljanje i okulara; svetlovod za osvetljavanje, tj. nekoherentni snop vlakana koji polazi od glave, vodi do ručice za upravljanje i dalje kroz spojnicu do svetlosnog izvora; tanke žice koje povezuju glavu sa

ručicom za upravljanje i pričvršćuju se za regulator pravca glave koji omogućava operatoru da namesti glavu pod zadatim uglom (u dve ravni) i time obezbedi njen prolazak kroz složene kanale i pregled željenih zatvorenih prostora (kod fiberskopa OLYMPUS ugao otklona glave može biti $\pm 120^\circ$); četvoroslojna obloga koja obavija oba snopa optičkih vlakana i žičica, a elastična spoljna obloga obezbeđuje vodonepropusnost fiberskopa; ručica za upravljanje, koja obezbeđuje fokusiranje objektiva i okulara, željeno upravljanje krajevima fiberskopa i dobijanje željene slike.

Pomoćni pribor koji se koristi u kombinovanju sa fibroskopom varira od video kamere, do različitih svetlosnih izvora i ugaonih adaptera za okular. Fibroskopu se, uz prethodni pribor, može omogućiti i spajanje sa TV ekranom, odnosno sa računarom i monitorom. To specijalistima omogućava razne pogodnosti u radu, i mogućnost dokumentovanja (memorisanja) nalaza, kasniju analizu podataka i obuku kadra. Ranije su korišćeni fotoaparati 35 mm, koji su potisnuti razvojem računara i digitalnih kamera.

Fiberskopi se mogu upotrebljavati do temperature od 80°C i u različitim sredinama, ali se mora više voditi računa o mehaničkim oštećenjima zbog specifične konstrukcije.

Videoendoskopi

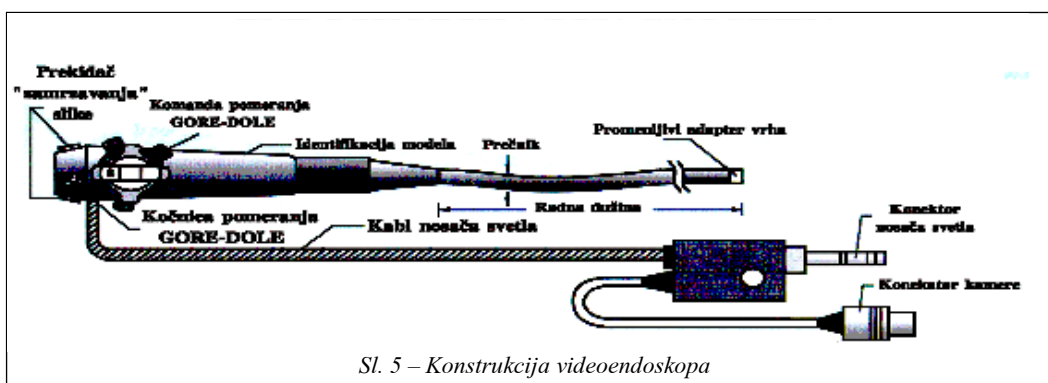
Videoendoskopi (slika 5) [4] predstavljaju najsavremeniji sistem daljinske kontrole ugrađen u savitljivu cev, kroz koju se istovremeno osvetljava i snima unutrašnjost. Savitljivi videoendoskop omogućava kontrolu kroz otvore prečnika većih od 4 mm i pristup unutrašnjem prostoru koji je ranije bio nedostupan za video kontrolu. Na njegovom vrhu nalazi

se kamera – čip (CCD – Charge Coupled Device), tako da se dobija digitalna slika koja se može kompjuterski obrađivati, čuvati i distribuirati. Uočavanje stvarnih boja još jedna je važna mogućnost, a pokretni vrh sa kamerom omogućava kvalitetno pozicioniranje i dijagnostiku.

Sistemi daljinskog vizuelnog pregleda

Sistemi daljinskog vizuelnog pregleda (RVI – Remote Visual Inspection) najnoviji su oblici savremenih sistema endoskopske dijagnostike, koji pomažu u detekciji, posmatranju, analizi i memorisanju oštećenja nedostupnih normalnom ljudskom vidu. Sistem RVI sastoji se od: krutih boroskopa, savitljivih fiberskopa, videoendoskopa, koji su integrisani sa raznim drugim sistemima (najčešće računarskim) i omogućavaju najkompletniji uvid i analizu stanja tehničkih sistema.

Sistemi RVI predstavljaju već opisane varijante endoskopske opreme (boroskopi, fiberskopi i videoendoskopi), povezane sa računarom i video opremom, što omogućava daleko veću mogućnost obrade memorisanih slika pregledanih sklopova. Ovi sistemi eliminišu



Sl. 5 – Konstrukcija videoendoskopa



Sl. 6 – Videoanalizator IW-2

potrebu za rastavljanjem i nepotrebne duže prekide u eksploataciji, što dovodi do velikih ušteda, povećanja efektivnosti i pouzdanosti tehničkih sistema. Specifičnost savremenih sistema RVI ne ogleda se samo u uspešnoj dijagnostici unutrašnjih nepristupačnih oštećenja, već i u mogućnosti njihovog snimanja, memorisanja, obrade i naknadne analize.

Jasna i čista slika mesta koje se pregleda formira se u sistemu optike na vrhu endoskopa, sprovodi do posmatrača ili prikazuje uvećana i izoštrena na video ekranu ili monitoru visoke rezolucije.

Videoendoskopska oprema ima mogućnost, osim memorisanja slike snimanog dela, i merenje dimenzija oštećenja, kao i mogućnost formiranja i čuvanja svih podataka u datotekama (softverska podrška).

Video snimak može biti prikazan na standardnom monitoru, kompjuterizovanim video analizatoru (slika 6) ili video dokumentacionom sistemu (model VDS-1). Videoanalizator (IW-2) [4] omogućava rad sa svim tipovima video endoskopa OLYMPUS, fiberskopa i boroskopa. Njegovom upotrebom moguće je beskontaktno merenje prečnika cevi ili dužine nekog oštećenja (prskotine). Najnovija kompjuterska tehnologija omogućava savršenu obradu digitalne slike, a postoji i

mogućnost merenja dimenzija sa digitalne slike i štampanje dobijenih slika.

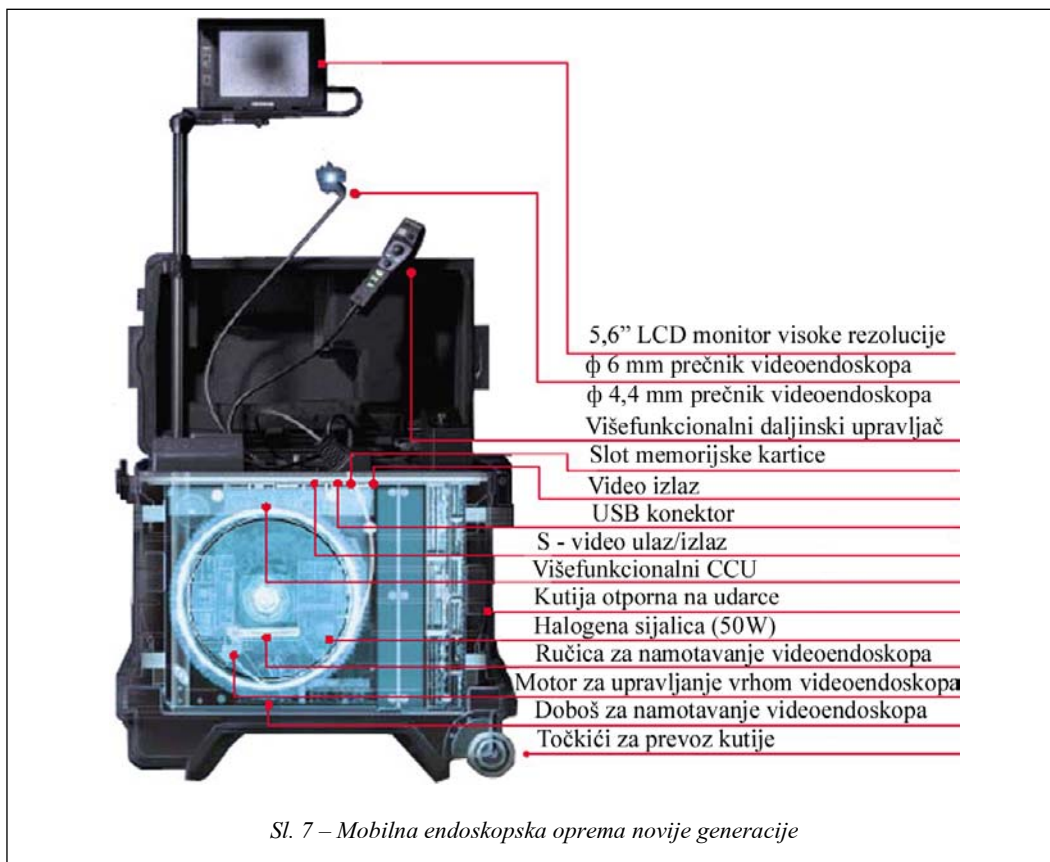
Najpoznatiji proizvođač endoskopske opreme u svetu je firma Olympus Industrial čiji je program prisutan i u našoj zemlji. Kompleti njihove opreme koncipirani su sa velikom univerzalnošću, što ih čini vrlo praktičnim u raznovrsnoj primeni.

Endoskopska oprema novije generacije

Novija generacija endoskopske opreme predstavlja značajan napredak u razvoju opreme za endoskopsku dijagnostiku. U jednu mobilnu celinu integrisani su videoanalizator i videoendoskop. Unapređen je softver za upravljanje, merenje dimenzija, obradu i arhiviranje, a postoji i mogućnost modemske slanja memorisanih slika.

Na slici 7 prikazana je endoskopska oprema novije generacije, koju je, takođe, proizvela firma Olympus Industrial [5], a nosi naziv IPLEX. Oprema je kompaktna i spakovana u kutiju otpornu na udarce. U kutiji je smešten doboš za namotavanje savitljivog videoendoskopa, kao i motor za upravljanje njegovim vrhom. Komande za njegovo upravljanje daju se preko višefunkcionalnog daljinskog upravljača.

Videoendoskop može biti prečnika 6 mm ili 4,4 mm i dužine od 3,5 m do 9,6 m za prečnik 6 mm i 3,5 m za prečnik 4,4 mm. Izvor svetla je halogena sijalica od 50 W. Za prikazivanje rezultata endoskopske dijagnostike služi LCD monitor 5,6" visoke rezolucije, a ostali spoljašnji priključci su: USB konektor, priključak za memorijske kartice, video izlaz i S-video ulaz/izlaz.



Endoskopska oprema prati razvoj elektronike i koristi najnovija tehnološka dostignuća. Iskorišćene su i mogućnosti koje pruža savremena informatička tehnologija, a to je da se rezultati endoskopske dijagnostike mogu odmah memorisati u računaru gde će se izvršiti njihova obrada uz pomoć najnovijeg softvera. Rezultati se mogu proslediti, putem modemske veze, do nekog drugog odredišta, tj. kompjutera.

Unapređenje softvera oglada se u tome što se sada pomoću njega mogu izmeriti dubine, dužine, površine i reljefi oštećenja. Ove mogućnosti prikazane su na slici 8 [5].

Metodologija primene endoskopske dijagnostike

Za uvođenje endoskopske dijagnostike u proces održavanja tehničkih sistema potrebno je definisati metodologiju po kojoj bi se sproveo program endoskopske kontrole. Metodologiju endoskopske dijagnostike definišu sledeće faze:

1. analiza konstruktivnog rešenja objekta dijagnostike;
2. određivanje kontrolnih mesta i izbor pristupnih otvora za uvođenje endoskopa;
3. izbor endoskopske opreme;
4. definisanje postupka i analiza rezultata endoskopske dijagnostike;
5. izrada izveštaja.

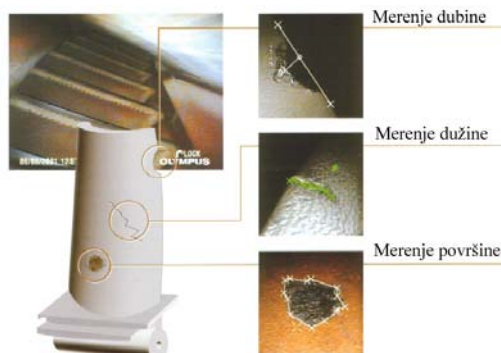
Prvi korak za primenu endoskopske dijagnostike predstavlja detaljno upoznavanje sa konstrukcijom i sistemom održavanja objekta dijagnostike. Zbog toga je neophodno upoznavanje sa delovima i sklopovima koji se pregledaju, u pogledu: opterećenja, mesta kritičnih naprezanja, tehnologije izrade, sistema povezivanja elemenata, materijala, površinske zaštite, moguće vrste oštećenja, postojećeg sistema održavanja...

Definisanje kontrolnih mesta sledeća je faza metodologije endoskopske dijagnostike, u kojoj se određuju mesta koja treba pregledati. Kontrolna mesta definišu se posle upoznavanja sa tehničkim sistemom i njegovim održavanjem.

Kontrolna mesta određuju se tako da pregledom budu obuhvaćeni svi vitalni delovi i sklopovi tehničkog sistema. Na osnovu sagledavanja procesa koji se odvijaju u tehničkom sistemu, mogućih vrsta oštećenja i ostalih bitnih faktora koji utiču na rad sistema, vrši se određivanje kontrolnih mesta. Njihov broj zavisi od složenosti tehničkog sistema.

Posle određivanja kontrolnih mesta sledi analiza mogućnosti iskorišćenja postojećih otvora na tehničkom sistemu za uvođenje endoskopa u unutrašnjost tehničkog sistema radi pregleda definisanih kontrolnih mesta. U slučaju potrebe mogu se izraditi i novi tehnološki otvori za uvođenje endoskopske opreme, vodeći računa da ne ugrožavaju konstrukciju i ne ometaju rad tehničkog sistema.

Za efikasno sprovođenje endoskopske dijagnostike, endoskopska oprema uvek se bira prema odabranim otvorima kroz koje će se endoskopi uvoditi, kao i prema dužini uvođenja endoskopa sa pratećim adapterima (bočni ili direktni po-



Slika 8 – Merenje dubine, dužine i površine oštećenja

gled, širina pogleda i fokusa). Pravilan izbor izvora svetlosti, kao i ostale dopunske opreme, takođe utiče na kvalitet rezultata dijagnostike.

Novija generacija endoskopske opreme predstavlja jednu mobilnu celinu u koju su integrisani video analizator i video endoskop zajedno sa izvorom svetlosti. Na LCD monitoru visoke rezolucije prikazuju se rezultati endoskopske dijagnostike. Pri upotrebi ove opreme potrebno je samo izvršiti izbor adaptera za određivanje fokusa, pravca i širine pogleda. Jedna od najvažnijih faza endoskopske dijagnostike obuhvata analizu dobijenih rezultata. U toku endoskopske dijagnostike u poseban obrazac unose se zapažanja o nađenom stanju tehničkog sistema, sa oznakama memorisanih slika. Time je, u stvari, definisan postupak endoskopske dijagnostike konkretnog tehničkog sistema.

Rezultati endoskopske dijagnostike su slike otkrivenih oštećenja ili nekih karakterističnih delova sistema. One se memorišu u videoanalizatoru, a kasnije se mogu prebaciti u računar i arhivirati. Analiza rezultata podrazumeva upoređivanje konstatovanih oštećenja sa kriteri-

jumima dozvoljenih oštećenja, radi donošenja odluke o nastavku eksploatacije objekta dijagnostike. Procena kriterijuma prihvatljivosti oštećenja na delovima tehničkih sistema predstavlja cilj celokupnog pregleda, jer daje odgovor na pitanje u kakvom se stanju nalazi ispitivani tehnički sistem. Na osnovu procene kriterijuma prihvatljivosti oštećenja donosi se odluka o daljem tehničkom saniranju oštećenja ili nastavku eksploatacije.

Za praćenje i usvajanje kriterijuma prihvatljivosti oštećenja delova tehničkih sistema neophodno je rezultate i podatke do kojih se dolazi pri povremenim endoskopskim pregledima beležiti u određena dokumenta (liste pregleda). Kriterijumi prihvatljivosti nadenih oštećenja definišu se posebnim dokumentima sa pratećim skicama, slikama i crtežima. Ti dokumenti najčešće su tabele koje sadrže: mesto pregleda, vrstu oštećenja, maksimalno dozvoljene dimenzije i količine dozvoljenih oštećenja.

Procena kriterijuma prihvatljivosti oštećenja delova tehničkih sistema vrši se upoređenjem oštećenja sa etalonima. Ovaj kriterijum predviđa postojanje etalona koji su rezultat dugotrajnog praćenja i izučavanja razvoja oštećenja i usvajanja granica dozvoljenih oštećenja sa kojima tehnički sistem i dalje zadržava zadovoljavajuću radnu sposobnost.

Etalon može biti posebno pripremljeni deo, crtež, skica, fotografija, memorisana slika sa što preciznije definisanim kriterijumima oštećenja (dužina, dubina, površina, mesto, broj, oblik, itd.). Takođe, kao etalon mogu poslužiti i vrednosti proračunate na osnovu čvrstoće

ili dobijene eksperimentalnim ispitivanjem na zamor.

Poznavajući konstrukciju tehničkih sistema, tj. delove i sklopove sistema koji se dijagnosticiraju, njihove tehničko-tehnološke karakteristike i uslove u kojima rade, mogu se predložiti vremenski intervali sledećih pregleda. Oni bi omogućili praćenje oštećenja na delovima tehničkih sistema, na osnovu kojih bi se kasnije mogli usvojiti nepostojeći kriterijumi prihvatljivosti oštećenja. Ti kriterijumi kasnije bi pomogli u usvajanju i izradi etalonskih delova, koji bi služili za analizu u procesu definisanja kriterijuma prihvatljivosti oštećenja delova tehničkih sistema.

Poslednja faza definisane metodologije primene endoskopske dijagnostike je donošenje zaključka, ocene stanja njegovih sklopova (delova) i sistema u celini kroz izradu izveštaja.

Na osnovu dobijenih rezultata u Izveštaju endoskopske dijagnostike daje se jasan zaključak sa predlogom mera o daljoj eksploataciji objekta dijagnostike, odnosno o postupcima održavanja koje je potrebno preduzeti odmah ili kasnije u fazama.

Prilog Izveštaja obavezno sadrži sve slike registrovanih oštećenja koja će se pratiti u sistemu održavanja prema stanju tehničkog sistema. Izveštaj daje precizan odgovor o uzroku nastanka otkaza, sa predlogom mera kako da se spreči pojava sličnog otkaza na ostalim tehničkim sistemima. Takođe, moraju se preporučiti intervali budućih pregleda, koji će, uglavnom, zavisiti od nadenog stanja i eksploatacije tehničkog sistema.

Zaključak

Upotrebom odgovarajuće endoskopske opreme moguće je u zatvorenom, neosvetljenom i skućenom prostoru pouzdano otkrivanje oštećenja, kao što su: prskotine, zarez, deformacije, korozija, erozija, istrošenja, izgoretine, gubitak zaštitnih prevlaka, naslage, curenja i dr.

Endoskopska dijagnostika ima mogućnosti za veoma široku primenu, i skoro da nema oblasti gde se ne bi mogla koristiti. Može se upotrebiti za utvrđivanje trenutnog stanja raznih tehničkih sistema, kao što su: transportna i građevinska sredstva, nuklearni reaktori, parni kotlovi sa instalacijama i dr., kao i njihovih podsistema (elementi konstrukcije, pogonske grupe, prenosnici snage, sudovi pod pritiskom, turbo-mašine, menjivači toplote...).

Endoskopska dijagnostika se uspešno primenjuje u održavanju raznih teh-

ničkih sistema. Na osnovu dobijenih podataka moguće je izvršiti detaljnu analizu svih vidljivih oštećenja, upotrebom odgovarajuće računarske opreme i softvera, pri čemu se može predložiti način upotrebe uređaja ili sistema za određeni period.

Cilj primene endoskopske dijagnostike jeste uvođenje održavanja prema stanju u sistemu, uz povećanje pouzdanosti i efektivnosti složenih tehničkih sistema.

Literatura:

- [1] Petrović, Ž.: Primena metode endoskopske dijagnostike u održavanju tehničkih sistema, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 2004.
- [2] Janković, S.; Jovanović, M.: Mogućnosti primene savremene endoskopske dijagnostike u održavanju prema stanju u naftnoj industriji Jugoslavije, YUNG 2002.
- [3] Janković, S.; Jovanović, M.: Održavanje prema stanju vazduhoplovnih gasoturbinskih motora primenom endoskopske dijagnostike, 6 QDM konferencija, 18–19.06.2003.
- [4] Časopisi i prospektni materijal za endoskopsku dijagnostiku, Olympus Industrial.
- [5] www.olympus-industrial.co.uk

Dr Slavko Pokorni,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

VIII MEĐUNARODNA KONFERENCIJA DQM 2005

– prikaz naučnog skupa –

Istraživački centar za upravljanje kvalitetom i pouzdanošću iz Čačka, pod pokroviteljstvom Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine Vlade Srbije, 15. i 16. juna 2005. godine organizovao je u Beogradu VIII međunarodnu konferenciju „Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2005“. Konferencija se pod ovim nazivom održava od 2002. godine, a prethodnih godina je organizovana kao naučni skup pod nazivom „Upravljanje održavanjem“. Organizator konferencije je DQM istraživački centar iz Čačka, čiji je osnivač akademik profesor dr Ljubiša Papić, redovni član Akademije za kvalitet Ruske Federacije i dopisni član Inženjerske Akademije Srbije i Crne Gore, koji je i predsednik međunarodnog programskog odbora ove konferencije.

Programski odbor konferencije čine 33 poznata i priznata naučna radnika, od kojih je 16 iz Srbije i Crne Gore i 17 iz inostranstva (iz Indije 2, Izraela 2, Japana 1, Kanade 3, Rusije 3, Španije 2, Velike Britanije 3 i SAD 1), među kojima pet akademika (tri iz Rusije i dva iz Srbije). Jedan od članova programskog odbora bio je iz Vojske Srbije i Crne Gore, odnosno Vojne akademije. U odnosu na prethodne godine ukupan broj članova programskog odbora je manji, ali je broj

članova iz inostranstva veći. Komisija ovog programskog odbora, od radova saopštenih na konferenciji, bira dva najbolja, jedan iz oblasti akademskih istraživanja, a jedan iz oblasti primenjenih istraživanja u privredi.

Istaknuti radovi razmatraju se i za objavljivanje u međunarodnom časopisu *Communications in DQM*, koji je ranije izlazio dva puta, a sada četiri puta godišnje. To je, za sada, jedini međunarodni časopis iz oblasti efektivnosti, kvaliteta, sigurnosti i upravljanja projektima, koji izlazi u našoj zemlji.

Ove godine je od radova saopštenih na prošloj konferenciji, u oblasti akademskih istraživanja, nagrađen rad Snežane Grk iz Instituta ekonomskih nauka, Beograd, „Ekonomski vidici do 2015. godine“, a u oblasti primenjenih istraživanja rad trojice koautora: Saše Petrovića, Dragana Novakovića i Dragana Stanarevića iz JP RB Kolubara, PK Tamnava–Zapadno Polje, Lazarevac, pod nazivom „Analiza tehnookonomskih efekata rekonstrukcije reznih elemenata rotornog bagera SchRs630–25/6 pri radu na iskopu uglja“.

Za ovogodišnju konferenciju prihvaćeno je 108 radova, čiji su autori iz Srbije i Crne Gore i inostranstva, od čega 12 čine radovi pripadnika Vojske Srbije i Crne Gore.

Struktura radova u zborniku radova je jedno uvodno predavanje, 12 plenarnih saopštenja (za 4 su autori iz inostranstva – 3 iz Indije i 1 iz Rusije), 27 radova iz oblasti inženjerstva pouzdanosti, 41 rad iz oblasti konkurentnog inženjerstva i 27 radova iz oblasti inženjerstva kvaliteta.

Planiran je i tematski seminar na temu „inženjerstvo sigurnosti“, za koji je učesnicima uručena publikacija pod istim nazivom, autora Josepha Aronova iz Rusije.

Ukupan broj radova ove godine je bio nešto veći nego prošle, kada je bilo 90, a manji nego prethodne, kada je bilo 140 radova. Zvanični jezici konferencije bili su srpski i engleski.

Konferencija DQM predstavlja forum za prezentovanje novih rezultata, razvojnih istraživanja i primena u tri obimne interdisciplinarnе tematske oblasti: *inženjerstvo pouzdanosti*, *konkurentno inženjerstvo* i *inženjerstvo kvaliteta*, koje su veoma interesantne i značajne i za Vojsku Srbije i Crne Gore. Na konferenciji se saopštavaju rezultati istraživanja koji se odnose na bilo koji aspekt inženjerstva u ove tri oblasti: analize slučajeva, eksperimentalni rezultati ili primene novih ili poznatih teorijskih postavki za rešavanje aktuelnih problema.

Za konferenciju DQM 2005 pripadnici Vojske i Ministarstva odbrane prijavili su 12 radova, što je na nivou prethodne dve godine: 5 radova je iz Vojne akademije, što je manje nego prošle godine, po dva rada su iz Vojnotehničkog instituta, Vazduhoplovnog zavoda „Moma Stanojlović“ i Ministarstva odbrane (Uprava za školstvo i Uprava za odbrambene tehnologije), i jedan rad pripadnika Vazduhoplovnih snaga i protivvazduhoplovne odbrane.

Navešćemo ukratko sadržaj radova pripadnika VSCG i MO, po tematskim oblastima konferencije, redosledom kako su dati u zborniku radova, koji je štampan pre održavanja konferencije, bez pretenzija da ocenjujemo njihov kvalitet.

U oblasti *inženjerstva pouzdanosti* objavljeno je 6 radova, dva rada autora iz Vojne akademije, dva rada autora iz VZ „Moma Stanojlović“, jedan rad autora iz Vojnotehničkog instituta i jedan rad autora iz Vazduhoplovnih snaga i protivvazduhoplovne odbrane.

Slavko Pokorni sa Vojne akademije sa saradnicima sa Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, autor je rada koji nosi naziv „Analiza pouzdanosti medicinskog uređaja Cardioserv“, u kojem su prikazani rezultati proračuna pouzdanosti medicinskog uređaja koji ima ulogu defibrilatora, i analiziran uticaj temperature na intenzitete otkaza i srednje vreme do otkaza tog uređaja.

Nebojša Avdijenko, takođe sa Vojne akademije, autor je rada „Pristup analizi pouzdanosti automatizovanog sistema za praćenje situacije u vazдушnom prostoru“, u kojem prikazuje način analize pouzdanosti hardverskog dela automatizovanog sistema za praćenje situacije u vazдушnom prostoru koji sačinjavaju tri tipa računara, međusobno povezana u dve računarske mreže.

Radimir Janković iz Vojnotehničkog instituta u radu „Simulacija pouzdanosti ad hoc mreže za grupni komandno-informacioni sistem“ daje rezultate simulacije pouzdanosti jedne ad hoc lokalne radio-računarske mreže za komandno-informacioni sistem grupe naoružanih mobilnih platformi, kroz 20 eksperimenata izvršenih pomoću programa-simulatora.

Gradimir Duknić iz VZ „Moma Stanjlović“ iz Batajnice, u radu „Jedan pristup razvoju modela za unapređenje kvaliteta generalnog remonta saobraćajnih sredstava“ prikazuje sistemsku analizu procesa generalnog remonta saobraćajnih sredstava u svojoj ustanovi, primenom principa studije slučajeva, sa posebnim osvrtom na tzv. „ponor kvaliteta“ i mere kako da se on umanj.

Zvonimir Lević iz Vazduhoplovnih snaga i PVO, u radu „Unapređenje kvaliteta održavanja akumulatora u vazduhoplovstvu“, razmatra poboljšanje kvaliteta održavanja poluhermetičkih Ni-Cd akumulatora.

Stevan Janković iz VZ „Moma Stanjlović“ i Miroljub Jovanović iz JP Aerodrom Beograd, koji su prošle godine bili nagrađeni za najbolji rad iz oblasti primenjenih istraživanja, ove godine su izložili rad „Metodologija ispitivanja otkaza na primeru pogonskog vratila reduktora helikoptera“, u kome su definisali optimalno rešenje za otklanjanje uzroka loma pogonskog vratila repnog reduktora, koje je uspešno potvrđeno u praksi, i može imati širu primenu.

U oblasti *konkurentnog inženjerstva* pripadnici Vojske su objavili četiri rada (dva iz Vojne akademije, jedan iz Vojnotehničkog instituta i jedan iz Ministarstva odbrane – Uprava za odbrambene tehnologije).

Maja Šimrak, Slavko Pokorni sa Vojne akademije i James Sutherland-Smith, menadžer projekta za učenje engleskog jezika za mirovne misije Britanskog saveta u Srbiji i Crnoj Gori, koji je i savetnik za učenje engleskog jezika na Katedri stranih jezika Vojne akademije,

u radu „The Role of Self-Access Centre in Increasing the Quality of English Language Learning“ daju kratak opis Centra za samostalno učenje engleskog jezika u Vojnoj akademiji i analiziraju dva bitna procesa koji utiču na kvalitet učenja sa stanovišta procesnog pristupa u upravljanju kvalitetom učenja.

Vlado N. Radić iz Uprave za odbrambene tehnologije Ministarstva odbrane, u radu „Change project Management – The Next Step“, analizira definiciju promene projekta, elemente promene projekta i njihovu vezu sa naukom o upravljanju projektom, i veštine neophodne za uspešno upravljanje promenama projekta.

Valentina Rapajić sa Vojne akademije, u radu „Translation As An Assessment Tool: The unjustifiable Decision“ obrazlaže zašto smatra da je prevod nepoznatog teksta na srpski jezik, kao završni ispit iz engleskog jezika u srednjim školama u Srbiji, neodgovarajući i u neskladu sa savremenim pristupima proverе sposobnosti korišćenja stranih jezika.

Dragan Šaletić, iz Vojnotehničkog instituta, u radu „Prilog projektovanju rasplinuto-logičkih regulatora“ predlaže korak po korak fino podešavanje regulatora, čija je suština u heurističkom izboru oblika funkcija pripadanja za koje sistem ima optimalne performanse.

U oblasti *inženjerstva kvaliteta* zapazili smo dva rada, jedan autora iz Uprave za školstvo MO, a drugi autora iz Vojne akademije.

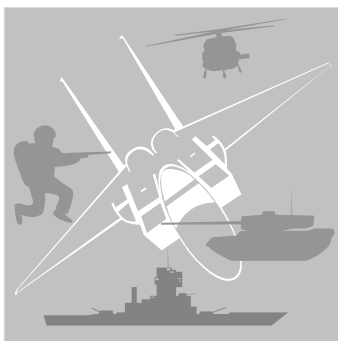
Dragutin Jovanović iz Uprave za školstvo u radu „Uticaj saobraćajne buke na životnu sredinu“, na primeru železnice, daje preporuke za preduzimanje mera radi sma-

njenja štetnih uticaja buke i vibracija i poboljšanja ekoloških karakteristika železnice.

Boban Đorović, Srđan Ljubojević i Srđan Dimić, sa Vojne akademije, u radu „Pristup upravljanju kvalitetom transportne usluge u vojsci“ prikazuju pristup definisanju kvaliteta transportne usluge u vojsci i predlažu model upra-

vljanja kvalitetom transportne usluge zasnovan na analizi istraživanju određenog broja pokazatelja kvaliteta.

Na kraju, zakazan je termin održavanja konferencije DQM iduće godine – 14. i 15. jun 2006, kao i uvek u Beogradu, a radove treba priložiti najkasnije do 19. maja 2006. godine.



savremeno naoružanje i vojna oprema

SISTEM ZA SAMOZAŠTITU BORBENIH VOZILA*

Kompanija EADS Defence Electronics zaključila je ugovor vredan 21 milion eura sa kompanijom KMW (Krauss-Maffei Wegmann) za završetak razvoja, ugradnju, testiranje i kvalifikaciju multifunkcionalnog samozaštitnog sistema (MUSS) za nemačko borbeno vozilo pešadije Puma. Ugovor obuhvata proizvodnju ograničenog broja predserijskih jedinica MUSS radi ugradnje u prvih pet probnih vozila Puma. To će omogućiti serijsku proizvodnju, koja se očekuje 2007. godine, radi opremanja 405 borbenih vozila pešadije Puma, čija bi proizvodnja trajala od 2008. do 2019. godine.

Sistem MUSS ugrađen na vozilo Puma imaće novi integrisani senzor za otkazivanje lasera i raketa poznat kao MILTAS (Missile/laser Threat Alerting System), od kojih se četiri ugrađuje na kupolu vozila. Senzor MILTAS biće izrađen na bazi tehnologije koju je kompanija EADS koristila za vazdušne sisteme samozaštite, i to: ATLAS-1Q – prijemnik za lasersko upozorenje (namenjen za

otkrivanje laserskih daljinomera i laserskih obeleživača u talasnom području od 0,45 do 1,65 μm) i AN/AAR-60 MILDS – pasivni sistem za upozorenje na opasnosti od raketa.

Ovaj poslednji, koji je za verziju namenjenu oklopnim vozilima dobio oznaku PMILDS (P – panzer) funkcioniše u UV talasnom području. Ovo talasno područje koristi se i u MUSS konceptu za otkrivanje UV odraza na pratećim raketnim motorima i, kako radi u UV talasnom području, biće otporan na mnoge izvore opasnosti na bojnopolju koje rade u IC talasnom području. Optika, pojačivač slike i obrada signala, koji se pomoću PMILDS koriste u MUSS-u biće različiti od onih koji se koriste na vazduhoplovima.

Protivtenkovska vođena raketa (PTVR) ponaša se sasvim drugačije u odnosu na rakete tipa površina – vazduh, za koje je razvijen sistem MILDS. Ona se ne lansira sa dodatnim potiskom, leti paralelno sa tlom na visini od nekoliko metara, a brzine leta su dva do tri puta manje od brzine raketa površina – vazduh.

Izbor kombinovanog senzora za lasersko i raketno upozorenje u novom MILTAS senzoru urađen je radi smanjenja mogućeg uticaja koji će ugrađeni

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, april 2005.

MUSS imati na relativno malu kupolu borbenog vozila pešadije Puma. Na kupoli će umesto osam biti četiri senzorske pozicije, a zadržaće se pokrivenost prostora od 360°. Cilj je da se smanji „otisk“ sistema na kupolu za 50 do 60%.

Svaki senzor MILTAS imaće dimenzije manje od 15,5×14,5×15 cm i masu manju od 2,5 kg. Prozor glavnog senzora za raketno upozorenje obezbeđivaće vidno polje 95° po azimutu i 70° po elevaciji, dok će mnogo manji prozor senzora za lasersko upozorenje (smešten u jednoj od četiri kamere) obezbeđivati vidno polje 92° po azimutu i 90° po elevaciji. Ukupna ugaona rezolucija MILTAS-a je 2°.

U središtu MUSS-a nalazi se kompjuter za sisteme odbrane na bazi procesora AMD 5×86 266 MHz, sa 64 MB raspoložive memorije. Upravljanje ovim sistemima na vozilu Puma moraće da se uklopi sa već postojećim displejima na vozilu. Pri ispitivanju prototipa sistema MUSS, ugrađenog na tenk Leopard 2A5 2003. godine, sistem je koristio displej 6,5 inča TFT s ravnim ekranom osjetljivim na dodir, koji je pokazivao smer i tip (laser ili raketa) otkrivene opasnosti, kao i preostali broj pirotehničkih zrna za protivdejstvo. Pirotehnička zrna ispaljuju se iz dispenzera (raspršivača) i obuhvataće zrna za vidljivu i IC dimnu zavesu. Pirotehnička protivdejstva Pume omogućiće, ispaljivanjem plotuna od osam zrna, kompletno maskiranje vozila iza zaštitnog ekrana od absorbirajućeg i emitujućeg dima (blokirajući potpuno vizuelni, bliski-IC, srednji-IC i daleki-IC spektar između 0,3 i 15 μm) u trajanju od dve sekunde (1,5 sekundi za termovizijske senzore).

Na osnovu podataka sa senzora ekran (zavesa) može se automatski posta-

viti između vozila i opasnosti. Međutim, glavno protivdejstvo sistema je aktivni IC ometač, ugrađen na podižućem jarbolu koji se postavlja u uslovima pretnji. On može da projektuje, po azimutu i elevaciji modulirani i fokusirani IC snop. To obezbeđuje mogućnost efikasnih protivmera, naročito po prvoj i drugoj generaciji PTVR koje su opremljene IC odašiljačima okrenutim nazad, namenjenim da pomognu upravljačkim stanicama da lakše odrede lokaciju oružja u toku leta. Ovaj IC ometač simulira raketni zadnji IC odašiljač, i tako generiše lažni položaj upravljačkoj stanici, što rezultira gubitkom kontrole upravljanja raketom. Ova tehnika trebalo bi da bude efikasna protiv 70% svih danas operativnih sistema PTVR. Budući da IC ometač radi samo nekoliko sekundi, on neće bitno uticati na termičku sliku vozila. Kako radi na talasnom području od 10 μm, biće nevidljiv i u vidljivom i termovizijskom spektru.

Sa ovakvim mogućnostima MUSS će obezbediti zaštitu od prve i druge generacije PTVR (ometanjem njihovog upravljanja), protiv treće generacije PTVR, tipa „lansiraj i zaboravi“ i laserski vođenog oružja poput raketa Hellfire, aviobombi ili artiljerijskih granata Krasnopolj (maskiranjem vozila), i (na ograničeniji način) protiv tenkovskih kinetičkih zrna. Zaštita od tenkovskih zrna zasnovana je na mogućnosti da se za približno pet sekundi od upozoravajućeg signala može izvršiti izbegavajući manevar vozilom i uspostaviti dimna zavesa.

Dok još nije moguće da se identifikuje koja generacija PTVR napada vozilo, koncept MUSS će prvi aktivirati IC ometač, jer to može da se izvede bez vizuelnog efekta na bojnopolju. Senzori

obavljaju monitoring nadolazećih raketa i, ako se posle nekoliko sekundi zaključi da ometač nema efekta, sistem će razviti dimnu zavesu. Približavajuća raketa ne može da pogodi naznačeni cilj, jer će dimna zavesa sprečiti njeno navođenje.

MUSS bi trebalo da se ugradi na najmanje tri tipa oklopnih vozila iz proizvodnje KMW: tenk Leopard 2, oklopni transporter Boxer 8×8 i izviđačko vozilo Fennek 4×4.

Poznat kao MUSS kompakt, ova konfiguracija teška 130 kg imaće osam lansera za dimno zrno (spremnih za paljbu u svako vreme), raspoređenih oko podižućeg jarbola na kojem su smeštena četiri hibridna senzora MILTAS (pokriva 360°) i IC ometač (pokriva kružno 360° i po elevaciji između 30° i 66°).

Radi ugradnje MUSS kompakta na borbena vozila, na njima je potrebna neznatna adaptacija koja se sastoji od bušenja krova, radi postavljanja kablova za napajanje i upravljanje, i postavljanje četiri zavrtnja za montažu.

M. K.

<<<<◇>>>>

BUDUĆA EVROPSKA MODULARNA RAKETA*

Francuska, Švedska i Velika Britanija dogovorile su se oko zajedničkog programa, vrednog 60 miliona eura, za izradu studije budućeg raketnog sistema za borbena dejstva na kopnu, nazvanog evropska modularna raketa EMM (European Modular Missile).

U naredne tri godine, do 2008. godine, treba da se utvrdi zajednička arhitek-

tura i nova tehnologija rakete. To bi trebalo da omogući razvoj višenamenske modularne municije, koja bi mogla da se lansira sa više vrsta platformi. Početne operativne mogućnosti mogle bi da se ostvare do 2015. godine. Takođe, za program EMM zainteresovane su Nemačka, Italija i Španija. Zajednički zahtevi su da se dobije raketa koja bi se koristila za neposredno gađanje i gađanje izvan vidokruga operatora, da može da se lansira sa vatrenih pozicija pešadije, iz budućih borbenih vozila, helikoptera i brzih mlaznih aviona, i da mogu da se koriste za uništavanje različitih ciljeva.

Posebno je važno da treba da se omogući njihovo integrisanje u buduće borbene sisteme ili arhitekture vojnika u budućnosti. Predviđa se da podsystemi budu: granično vođenje, navigacija, data-link, integracija u centralni mrežni sistem, pogon, ubojne i vatrene instalacije.

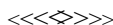
Raketa EMM će koristiti inercionu navigaciju pri letu po GPS koordinatama, koje će se obezbediti preko mreže isturenih osmatrača, bespilotnih letelica ili od trećih lica. Mogućnost „opali i zaboravi“ ne bi trebalo da bude neophodna, jer bi se na kraju leta ponovo uključivao čovek, kada istureni osmatrač ili bespilotna letelica potvrde cilj za nadolazeću raketu i cilj sa laserom osvetli nakratko za dve do tri sekunde. Biće potrebno da se neposredno gađanje ostvari u bliskim borbama, jer se EMM predviđa kao pojedinačno oružje za višestruke ciljeve.

U zavisnosti od definisanog dometa (8 km, 12 km ili 24 km), što će biti poznato po završetku studije, biće različiti i prečnici rakete (135 do 180 mm) i višestruko dejstvo bojne glave.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. maj 2005.

Posle izrade studije uslediće razvojni program EMM, koji se predviđa u vremenu između 2009. i 2014. godine. Očekuje se da cena rakete EMM bude ispod 145 000 eura.

M. K.



SISTEMI ZA BRZI GLOBALNI UDAR*

Američko vazduhoplovstvo priprema studiju sa opcijom kojom bi trebalo da se omogući oružanim snagama SAD da u narednoj dekadi mogu da napadnu, za nekoliko minuta, osetljive ciljeve bilo gde na zemaljskoj kugli, uključujući i baze u SAD.

Za vreme dvogodišnjih analiza mogućih alternativa trebalo bi da dođe do koncepta i tehnologija za brzo neutralisanje ciljeva razmeštenih duboko na teritoriji protivnika, poput komandnih mesta, komunikacijskih čvorišta, raketnih lanse-
ra, zemaljskih lasera, oružja za masovno uništenje i skladišta.

Ministarstvo odbrane SAD ovaj zadatak naziva „Brzi globalni udar“. Njime se želi da potencijalni sistemi brzog globalnog udara unište, ili onemoguće, protivničke ciljeve bolje i brže nego što se to čini danas, bez obzira na mogućće ometanje, pa čak i kada ne postoje istureni delovi vlastitih snaga.

Opcije ove studije obuhvataće elektronski napad, sisteme usmerene energije, jurišne platforme sa hipersoničnim pogonom, ultrabzim krstarećim raketama i interkontinentalnim balističkim raketama koje nose konvencionalne bojne gla-

ve. Dodatne alternative, poput specijalnih operacija duboko u protivničkoj teritoriji, biće takođe razmotrene.

Iako konačni operativni sistem brzog globalnog udara (BGU) ne može da bude spreman pre 2012–2015. godine, želi se da se pojedini podsistemi uvedu i brže, možda putem pojedinih tehnoloških demonstratora koji bi se koristili i u borbi ako bude potrebno.

Vazduhoplovne snage, zajedno sa agencijom DARPA, rade na malim razvijajućim lansirnim sredstvima, koja bi se mogla koristiti krajem dekade. Ona bi isporučivala rezerve municije nepogonjenim, ali manevarski sposobnim dispenzerima, koje nazivaju i opštim vazдушnim sredstvima.

Ministarstvo odbrane SAD potvrdilo je potrebu za sistemom BGU pre oko dve godine. Analize koje se sada sprovode sledeći su korak pre ugovaranja poslova sa industrijom.

M. K.



NAPREDAK U RAZVOJU LASERSKOG ORUŽJA*

Kompanije Northrop Grumman i United Defense udruženo rade na izradi laserskog sistema PVO ugrađenog na borbenom vozilu. Razvile su koncept vozila Talon, koji bi koristio čvrsti laser energije 100 kW za obaranje raketa, minobacačkih i artiljerijskih projektila i neprijateljevih bespilotnih letelica.

Laser bi trebalo da se ugradi na vozilo sa posadom, slično onim koja se proizvode za buduće borbene sisteme armije

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 11. maj 2005.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 15. jun 2005.



Prototip vozila za testiranje laserskog sistema PVO

SAD. Krajem maja armijska Komanda za kosmičku i raketnu odbranu pokrenula je nabavku lasera 100 kW visokog kvaliteta snopa, radi realizacije koncepta ugradnje na vozilo ili bespilotnu letelicu.

Razni industrijski timovi rade na ispitivanju čvrstog lasera 25 kW, ali vojni zvaničnici veruju da će prvu vojnu primenu imati oni od 100 kW.

Zvaničnici iz kompanije United Defense smatraju da će najveći tehnički izazov biti upravljanje energijom u hibridnom elektro-pogonu, koji bi trebalo da obezbedi dovoljno energije i za vozilo i za laser, kao i neutralisanje toplote koju stvara laser.

Kompanije rade na sistemu u vozilu koji bi funkcionisao poput toplotne baterije, koja prikuplja toplotu stvorenu radom lasera, a zatim je lagano raspršava. Međutim, to stvara probleme održivosti vozila, jer će vozilo imati veliki toplotni odraz.

Dok se ne završi projekat budućih borbenih vozila armije SAD, kompanija United Defense je za ove potrebe ponudila vozilo 8×8 koje je sama razvila. Vozilo će imati dvočlanu ili tročlanu posadu, od kojih su jedan vozač, jedan rukovalac laserom i, možda, treći za njihovu zamenu pri dugotrajnim izvršenjima zadataka.

M. K.

<<<<>>>>

RAZVOJ TURSKIH PT VOĐENIH RAKETA*

Podsekretarijat turske odbrambene industrije ovlastio je domaću firmu Roketsan da započne studiju izvodljivosti za razvoj protivtenkovskog vođenog oružja srednjeg i velikog dometa, a prema zahtevima Komande kopnenih snaga Turske.

Turska u svom naoružanju ima zastarele rakete TOW (Tube-launched Optically-tracked Wire-guided) i protivtenkovske vođene rakete MILAN, a nema oružje velikog dometa. Ukoliko firmi Roketsan bude nedostajalo kapaciteta, Turska će se obratiti i inostranim kompanijama da bi se došlo do traženog rešenja.

Protivtenkovsko vođeno oružje velikog dometa treba da se ugradi na postojeće turske jurišne helikoptere AH-1W i njihove buduće naslednike.

U kompaniji Raytheon, koja sa firmom Roketsan radi na povećanju dometa raketa TOW, veruju da će biti saradnici na izradi studije. Smatraju, takođe, da i rakete Javelin mogu udovoljiti budućim potrebama Turske za protivtenkovskim vođenim raketama srednjeg dometa. Međutim, Komanda KoV Turske nije još odlučila koji sistem će zameniti postojeće sisteme, kao ni da li će zadržati desetogodišnji program sa francuskom firmom MBDA za nabavku raketa Eryx.

M. K.

<<<<>>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 11. maj 2005.

KINESKI SISTEM PVO FB-6A*

Raketno lansirno vozilo pokretnog sistema PVO FB-6A po izgledu je gotovo identično američkom sistemu PVO Boeing Avenger. Baza mu je neoklopljena šasijska terenskog vozila 4×4, koja je, takođe, slična onoj na američkom sistemu.

Na zadnjem delu vozila ugrađena je kupola kojom upravlja jedno lice, sa čije su obe strane domaće rakete FN-6, na principu ispali i zaboravi, koje su odmah spremne za dejstvo.

Elektrooptički paket, kojim se mogu pratiti mali ciljevi na udaljenosti preko 10 km, ugrađen je ispod levog kontejnera za rakete i sadrži televizijsku kameru, termokameru i laserski daljinomer.

Prema podacima proizvođača, karakteristike raketa su:

- maksimalni dolet 5500 m;
- minimalni dolet 500 m;
- maksimalna visina gađanja 3800 m;
- minimalna visina gađanja 15 m.

Vozilo sa sistemom PVO FB-6A naoružano je mitraljezom 12,7 mm za lokalnu i blisku samoodbranu. Standardnu opremu čine komponente za komunikacije i zemaljski sistem za navigaciju i kretanje. Ovo sredstvo ima mogućnost ugradnje i sistema za identifikaciju svojih i neprijateljevih sredstava.

Sistem sadrži pomoćni agregat za napajanje baterija, koje obezbeđuju dodatnu energiju za preko 8 sati neprekidnog rada. Na vozilu je ugrađena i standardna oprema za testiranje. Kompletan sistem FB-6A ima masu 4,6 t, a borbena dejstva izvodi sa dvočlanom posadom – nišandžijom i vozačem.



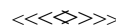
Mobilni sistem PVO FB-6A

U toku borbe ovo sredstvo treba da se podržava vozilom za popunu raketa, kapaciteta 24 rakete, koje se popunjavaju brzinom jedna raketa u minuti.

Sistem FB-6A može da se integriše i u ukupni sistem PVO, preko čijih komandnih vozila bi se obezbeđivale informacije o ciljevima i za ove vatrene jedinice.

Pored dejstva po avionima i helikopterima, sistem je predviđen za dejstvo i po bespilotnim letelicama i krstarećim raketama čija je maksimalna brzina leta do 300 m/s. Od momenta kada elektrooptički sistem locira cilj, raketa može da se lansira za 5 sekundi.

M. K.



INDIJSKO BORBENO VOZILO PEŠADIJE ABHAY*

Prototip borbenog vozila pešadije Abhay, čiji je nosilac razvoja indijska odbrambena razvojna i istraživačka organizacija DRDO (Defence Research Development Organization), nalazi se u fazi probnih ispitivanja.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. maj 2005.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 11. maj 2005.

Kada se uvede u upotrebu, vozilo Abhay moglo bi da bude okosnica indijskih kopnenih snaga, zajedno sa nedavno usvojenim ruskim tenkom T-90S, zameњуjući postepeno zastarele ruske BMP-2.

Očekuje se da će se razvoj vozila Abhay završiti za oko godinu dana, ali nije precizirano kada će ono biti uvedeno u upotrebu.

Vozilo Abhay ima laki složeni oklop, a pokretaće ga turbo dizel motor snage 405 kW pri 2300 o/min. Ugrađeno hidromehaničko ovešanje omogućava visok nivo terenske pokretljivosti.

Predviđene su brojne opcije za naoružanje, uključujući ugradnju kupole za dva člana posade sa topom 40 mm i kompletom od 240 zrna municije, koaksijalni mitraljez 7,62 mm i automatski lanser granata 30 mm. Lanser za protivtenkovske vođene rakete postavljen je sa desne strane kupole.

Kompozicija vozila Abhay je konvencionalna, sa vozačem i jednim članom posade napred levo, pogonskom grupom desno, kupolom u sredini i odeljenjem za vojnike u zadnjem delu oklopnog tela.

M. K.



DODATNA ZAŠTITA ZA UKRAJINSKE TENKOVE*

Ukrajinska kompanija MAGNIT razvila je prototip nove pomoćne zaštitne opreme (PZO), pod oznakom F3, koju će koristiti na domaćem borbenom tenku T-84 i drugim tenkovima.

Na borbenom tenku trebalo bi da se ugrade dva detektora, sa svake strane

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 18. maj 2005.

osnovnog oružja po jedan, koji bi pokrivali prostor od 80° po azimutu i 40° po vertikali. Za dodatno pokrivanje trebalo bi više detektora.

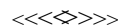
Ova oprema otkriva laserski daljinomer tenkovskih sistema za upravljanje vatrom ili, u slučaju topom lansiranih raketa, laserski kanal vođenja, a zatim šalje signal koji obezbeđuje da se sistemima neprijatelja upućuje lažna informacija. To obezbeđuje da neprijateljev projektil promaši naznačeni cilj za 400 m.

Projekat F3 je modularnog tipa, tako da se može optimizirati i prilagoditi platformama korisnika.

Razvoj F3 je završen i uspešno testiran na ukrajinskim tenkovima T-64, T-72, T-80 i T-84.

Pored sistema F3, kompanija je razvila i druge sisteme zaštite, među kojima su Varta i Zaslón. Varta je sistem meke zaštite, sličan ruskom Štora-1, dok je Zaslón čvrsti ubojni sistem. Obelodanjeno je da je Ukrajina razvila i sopstveni eksplozivni reaktivni oklop, nazvan Nož, koji se u izradi razlikuje od ranijih eksplozivnih reaktivnih oklopa

M. K.



TESTIRANJE OPREME ZA BORBU U URBANIM SREDINAMA*

Britanske borbene jedinice su na trodeljnoj vežbi URBEX2 isprobavale buduće sisteme oružja i osmatračke senzore koji bi se koristili za potrebe pešadije.

Bila je to druga vežba po redu, u kojoj su komercijalni proizvodi iznajmljeni ili pozajmljeni, da bi se procenili u real-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. maj 2005.

nim uslovima borbe u urbanim sredinama zbog čega je specijalno formiran Centar za obuku britanske armije.

Tehnologije u oblasti urbanog ratovanja brzo napreduju, pa je značajno ići ukorak sa njima. Upravo je vežba URBEX2 bila prava prilika da predstavnici Ministarstva odbrane i stručnjaci iz industrije zajednički dođu do mogućih rešenja. URBEX3 planiran je za 2006. godinu, kada bi trebalo da se završi i projekat ISTAR (Intelligence, Surveillance, Target Acquisition and Reconnaissance).

Pešadijska četa, kombinovana sa vodovima marinaca i PVO, izašla je na vežbu sa eksperimentalnom opremom, s ciljem da se vidi kako se ponaša u uslovima tipičnih borbi u urbanim sredinama. Marinci i vojnici iz voda PVO bili su u ulozi operatora bespilotnih letelica iznajmljenih od britanske kompanije EADS, koje su, takođe, bile angažovane radi iznalaženja najboljih rešenja za njihovu buduću upotrebu. Vojnici su asistirali i u lansiranju i spasavanju helijumom punjenih balona, koje je snabdela firma Allsopp Helikites, radi prenosa slike u realnom vremenu o snagama neprijatelja u štab ISTAR.



Mitraljez opšte namene na postolju TRAP 250



Pištolj Sig Sauer za gađanja iza ugla

Postignuti su izvrsni rezultati sa novom „sniffer“ antenom iz opreme Falcon Scarus, kojom je bilo moguće da se tačno utvrde pozicije radio-uređaja unutar zgrada. Pešadinci su testirali mnoštvo svoje opreme, uključujući sistem za gađanje iza ugla koji je omogućen pištoljem Sig Sauer. Pištolj je ugrađen na preklapajući okvir, uzduž kojeg su, pored cevi, smeštene lampe za običnu i IC svetlost.

Brojni proizvodi kombinovani su kako bi se dobili maksimalni efekti. Tako je sistem za protivsnajpersku zvučnu detekciju PILAR, francuske kompanije Metravib RDS, bio povezan sa daljinski upravljanim mitraljezom radi brzog reagovanja na snajpersku vatru, pri čemu vojnici nisu bili izlagani opasnosti.

Jeftin kanadski trenažni sistem Simmunition, koji omogućava da se iz standardne britanske puške S-80 ispaljuju laka markirna zrna, takođe se koristio na ovoj vežbi.

Vežba je pokazala da pešadinac, da bi ostvario postavljene zadatke, treba da

bude mnogo bolje opremljen i naoružan, počev od osnovne, ali značajne zaštitne odeće, pa sve do najnovijih softvera, pri čemu je ključni sistem ISTAR.

M. K.



VOZILO VISOKE POKRETLJIVOSTI 4×4 AL-DHABI*

Kompanija „Savremena modularna vozila“ iz Ujedinjenih Arapskih Emirata u kooperaciji sa francuskom kompanijom Reno, završila je razvoj modularnog, visokopokretljivog vozila Al-Dhabi, 4×4, čija se komercijalna proizvodnja planira u 2007. godini.

Al-Dhabi je razvijen kao privatno ulaganje, kako bi se zadovoljile narasle regionalne potrebe za visokopokretljivim terenskim vozilima široke namene. Biće uspostavljene dve proizvodne linije, jedna u Francuskoj i jedna u Abu Dabiju. Kompanija „Savremena modularna vozila“ biće odgovorna za marketing u zemljama Golskog regiona, dok će se kompanija Reno koncentrisati na druge regione.



Vozilo velike pokretljivosti Al-Dhabi, 4×4

Osnovno neoklopljeno vozilo Al-Dhabi, predviđeno za izvoz, dobilo je naziv Sherpa 2,5. Oklopna verzija, koja tek treba da se razvije, nosiće naziv Oryx. Radi smanjenja cene Al-Dhabi koristi postojeće komercijalne podsisteme gde god je to moguće, posebno u liniji pogona. Samo u nekim slučajevima ovi podsistemi biće modifikovani radi zadovoljenja vojnih potreba.

Novi Al-Dhabi ima ukupnu masu od 5 t, od kojih je 2 t predviđeno za korisni teret, i može da vuče prikolicu ili oruđe mase 2,5 t. Maksimalna putna brzina je 150 km/h, a sa rezervoarom za gorivo od 150 litara obezbeđuje se autonomija kretanja od 800 km. Pogonsku grupu čini turbo dizel motor od 110 kW i automatska transmisija Allison sa pet stepeni prenosa.

Osnovno vozilo ima četiri sedišta, a može da se ugradi raznovrsna oprema, kao što je otvorena i zatvorena karoserija, za kondicioniranje vazduha, za automatsko centralno pumpanje pneumatika, električni čekrk, razne gume sa Hačinson ran-flet ulošcima, električni akcelerator za sprečavanje pregrevavanja motora, vazdušne komore i integralni rezervoar za vodu od 100 l. Sva vozila su opremljena skidajućom korpom, a odeljenje za posadu omogućava zaštitu od protivpešadijskih mina. Teret se unosi preko zadnjih vrata.

Al-Dhabi je modularno vozilo, pa se može brzo adaptirati za širok spektar borbenih zadataka, kao što su komandna i sanitetska vozila, ali i za ugradnju nekoliko vrsta sistema oružja.

M. K.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 1. jun 2005.



VEĆA VATRENA MOĆ ZA LAKI TENK PT-76*

Rusija je razvila novi sistem oružja 57 mm radi povećanja vatrene moći i oklopne zaštite svog široko rasprostranjenog lakog plovećeg tenka PT-76. Sistem je namenjen za izvoz, jer oko dvadeset zemalja koristi taj tenk, a samo manji deo je na upotrebi u Rusiji.

Kupola sa topom 76 mm D-56TS, koaksijalni mitraljez 7,62 mm i PA mitraljez 12,7 mm modifikacijom se zamenjuju novim sistemom oružja AU-220M. Ovaj sistem ima automatski top 57 mm, koji predstavlja dalji razvoj vučnog PA topa 57 mm S-60 i još se koristi u mnogim zemljama, i koaksijalni mitraljez 7,62 mm koji je ugrađen desno od topa. Top 57 mm je potpuno stabilizovan i sada je opremljen novom gasnom kočnicom radi smanjenja trzanja na šasiju. Magacin za municiju spremnu za dejstvo sadrži 20 zrna, dok se u automatu za punjenje nalazi dodatnih 72 zrna.

Top 57 mm sada koristi dva osnovna tipa municije – pancirno zrno Tip-OUR-281U i trenutno Tip 53-UBR-281U – ali su u fazi razvoja i dodatna, mnogo efikasnija zrna.

Pancirno zrno ispaljeno iz topa 57 mm ima početnu brzinu 1200 m/s i može da probije konvencionalni oklop debljine 130 mm na rastojanju 1000 m. To je dovoljno za neutralisanje svih današnjih oklopnih vozila bez dodatne oklopne zaštite. Brzina vatre ovog topa iznosi 120 zrna/min, koriste se precizni pojedinačni hici i kratki rafali.

Kupola AU-220M pruža zaštitu od vatre iz streljačkog naoružanja i parčadi granata. U njoj su sedišta za komandira – nišandžiju i punioca. Savremeni kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom omogućava gađanje stacionarnih i pokretnih ciljeva s verovatnoćom pogadanja prvim zrnom. Pomoćni nišan A1P67 i senzori kojima je opremljen, pri proračunu uzimaju u obzir sve uslove vremenskog ambijenta.

Komandir ima savremeni dnevno-noćni nišan Liga, u čijem je kompletu laserski daljinomer za povećanje preciznosti i slanje potrebnih informacija u kompjuter sistema za upravljanje vatrom. Predviđa se domet topa od 6 km i preciznost ± 10 m. Noćni nišan poseduje pojačivač slike, a alternativno može da se obezbedi mnogo efikasniji termički nišan.

Jedinstvena osobina ovog oružnog sistema je selektor kanala nišanskog daljinomera, čiji laserski snop može da otкриje, na primer, optiku lasera protivtenkovskog vođenog oružja. Selektor kanala zatim proračunava koordinate cilja i usmerava nišan za njegovo automatsko ili ručno postavljanje.

Mada je prva aplikacija AU-220M namenjena za laki ploveći tenk PT-76, ona se može ugraditi i na druge platforme, poput američkog oklopnog transportera M113, ruskog BTR-80 i BTR-90 i borbenih vozila pešadije BMP-2. Sistem može da se ugradi i na obalske brodove, jer ima masu samo 3,5 t.

Pored ovih poboljšanja PT-76 moguća su i druga, uključujući ugradnju novog dizel motora.

M. K.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 1. jun 2005.



SISTEM ZA POPUNU HELIKOPTERA GORIVOM*

Armija SAD poručila je od kompanije BAE Systems North America 32 portabl sistema za popunu borbenih helikoptera gorivom, kao deo višegodišnjeg ugovora koji bi mogao da bude vredan više od 100 miliona dolara.

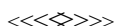
Novi sistem AAFARS (Advanced Aviation Forward Area Refuelling System), kojih se predviđa ukupno 372, koriste američke jedinice u Iraku i Avganistanu, uglavnom za popunu gorivom helikoptera AH-64 Apache, UH-60 Black Hawk i CH-47 Chinook.

Modularni laki portabl sistem za popunu gorivom namenjen je za brzo punjenje borbenih helikoptera u prednjoj zoni borbenih dejstava u dubokim ofanzivnim operacijama.

Sistem ima pumpu kapaciteta 900 l/min, koja može istovremeno da popunjava četiri helikoptera brzinom 208 l/min za svaki.

Sistem mogu da prenose vojnici ili se transportuje helikopterom. Za njegovo postavljanje potrebno je 20 minuta, a za svijanje 25 minuta.

M. K.



BORBENA BESPILOTNA LETELICA Sky-X**

Tehnološki demonstrator borbene bespilotne letelice Sky-X, kompanije Alenia Aeronautica, izvršio je 31. maja ove godine svoj promotivni let na švedskom poligonu Vidsele. Svoje prvo poja-



Borbena bespilotna letelica Sky-X

vljivanje demonstrator će imati na izložbi u Parizu, mada je njegov model već bio prikazan 2003. godine.

Uzlet je ostvaren pri brzini 232 km/h, a prizemljenje pri brzini 204 km/h.

Letelica Sky-X bila je opremljena sistemom datalink za prenos slike sa letelice i svih glavnih podataka leta. Stanica za daljinsko upravljanje letelicom bila je smeštena oko 3,5 km od piste.

Aktuelni prototip modifikovan je u odnosu na prikazani model 2003. godine. Izgled trupa i dimenzije izmenjene su u skladu sa zahtevom da se nosi veći korisni teret, a dodate su i neke karakteristike tipične za stelnne avione. Donja sekcija trupa može lako da se ukloni radi dogradnje novih modela. Trenutno su u fazi proučavanja konfiguracija bezrepnih delta-krila i druge varijante usmerene za potrebe osmatranja i visoke operativne održivosti. Stanica za upravljanje sistemom i datalnik za Sky-X već su ranije testirani na lakom avionu SF260 Aermacchi.

Prema sadašnjoj konfiguraciji Sky-X ima sledeće karakteristike:

- dužina 6,84 m,
- raspon krila 5,74 m,
- ukupna masa 950 kg,
- koristan teret 200 kg,
- maksimalna masa uzletanja 1200 kg,
- motor Microturbo TRI 60.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 11. maj 2005.

** Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 8. jun 2005.

Prema preliminarnim procenama, Sky-X će moći da postigne:

- maksimalnu brzinu 0,7 Maha,
- brzinu krstarenja 0,5 Maha,
- maksimalnu visinu leta 10 000 m,
- maksimalni faktor opterećenja 5 g.

Demonstrator borbene bespilotne letelice razvilo je više italijanskih kompanija, a bile su uključene i dve američke kompanije.

M. K.



KOAKSIJALNI HELIKOPTER SIKORSKY*

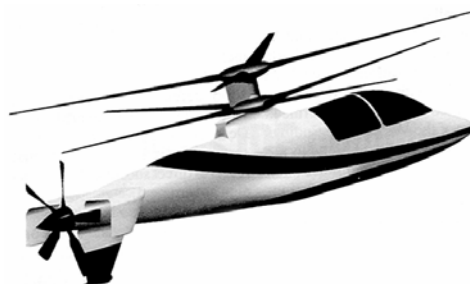
Kompanija Sikorsky objavila je da gradi helikopter koji koristi koaksijalnu tehnologiju, i koji će imati brzinu krstarenja 250 čvorova. Demonstracioni primerak, nazvan tehnološki demonstrator X2, poleće krajem 2006. godine.

Helikopter će biti izgrađen po poboljšanom konceptu ABC (Advanced Blade Concept), koji je Sikorsky razvijao sedamdesetih godina XX veka i koji koristi dva rotora koji se okreću u suprotnim smerovima.

Međutim, helikopter X2 uključivaće mnoge tehnologije koje nisu bile moguće sedamdesetih godina, uključujući „fly-by-wire“ (let po žici), kompozitne materijale, transmisije sa poboljšanim odnosom snaga/masa i integrisanom pogonskom tehnikom.

Koncept ABC se povremeno javljao godinama, ali se nikada nisu mogli koristiti teži materijali, a sistemi rotora i motor nisu mogli da zadovolje potrebne tehničke uslove. Njegov dizajn se razlikuje

od „konvencionalno koaksijalnog“ po veoma čvrstim lopaticama i sistemu koji omogućava rotorima da rade preko normalne tačke zastoja lopatica, što omogućava veću brzinu i bolje manevarske sposobnosti letelica.



Brzi koaksijalni helikopter Sikorsky

Ranih sedamdesetih godina Sikorsky je izgradio i leteo sa dva demonstratora XH-59A (S-69) koji su imali dizajn poboljšane letelice. Uz turboosovinske motore za pogon sistema glavnog rotora ovi helikopteri su bili opremljeni turbo mlaznicima J60 za dodatni potisak. Helikopter XH-59A postizao je brzinu od preko 225 čvorova za krstareći let, i preko 260 čvorova u poniranju.

Projekat X2 biće pogonjen jednim motorom LHTEC T800-801. Najveći izazov u koaksijalnim projektima uvek je bilo savlađivanje otpora od glavčine rotora i jarbola. Taj otpor zahteva trošenje veće snage motora za održavanje potrebne brzine, što u krajnjem smanjuje dolet helikoptera. Očekuje se da će se smanjivanjem mase i razmera, te novim materijalima i motorom, moći da prevladaju ti problemi. U kompaniji veruju da će ova tehnologija moći da se koristi i za različite veličine helikoptera.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 8. jun 2005.

Za sada je X2 deklarisan kao laki helikopter, a ostaje da se vidi da li će ovaj smeli pristup biti primenljiv u svim različitim uslovima ograničenja razmera i mase.

M. K.

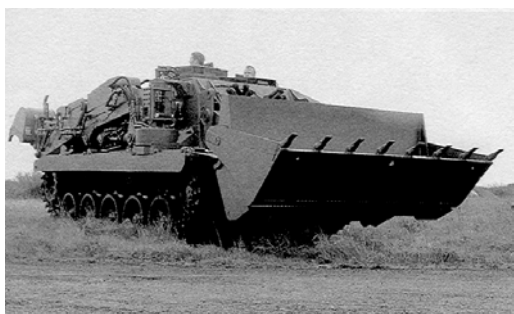
<<<<>>>>

INŽINJERIJSKO BORBENO VOZILO TERRIER*

Prototip britanskog inženjerskog borbenog vozila Terrier proizvela je kompanija BAE Systems Land Systems. Kada bude uveden u upotrebu to će biti izuzetno snažna i svestrana mašina, sa karakteristikama između borbenih vozila i buldožera.

Posle prvog prototipa uslediće četiri predserijska vozila, a zatim između 60 i 65 serijski proizvedenih vozila. Prema ugovoru, prvih 20 vozila biće isporučeno Kraljevskoj inženjeriji Velike Britanije krajem 2008. godine.

Vozila će imati borbenu masu 31,5 t i moći će da se prenose transportnim avionom A400M. Njihova standardna oprema biće sistem dnevnog/termalnog nišana, digitalni sistem komunikacija, sistem



Prototip inženjerskog borbenog vozila Terrier

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 8. jun 2005.

NBH zaštite i sistem koji omogućava daljinsko upravljanje vozilom u zonama visokog rizika.

M. K.

<<<<>>>>

ARMIJA SAD PREISPITUJE NABAVKE STRELJAČKOG NAORUŽANJA*

Armija SAD odlučila je da za novu generaciju automatskih pušaka raspiše konkurs, umesto da zaključi veliki ugovor sa jednim snabdevačem – HK Defence, filijalom kompanije Heckler & Koch.

Armija je objavila zahtev za nabavke individualnog oružja OICW (Objectiv Individual Combat Weapon), koje će se sastojati od familije oružja radi zamene karabina M4, puške M16, lakog mitraljeza M249 i pištolja M9 koji se danas koriste.

HK Defence razvijala je karabin 5,56 mm XM8 kao dopunsku mogućnost za armiju, ali kako je XM 25 (bacač granata 25 mm) razvijan znatno sporije, odlučeno je da se ova dva programa odvoje (prvobitno zamišljena kao jedan) i pokuša da uvede karabin mnogo brže u upotrebu. To je izazvalo proteste konkurentskih firmi koje nisu pozvane na novi konkurs za pušku. Uvođenje ove puške u upotrebu za sada je neizvesno, a zavisiće od rezultata konkursa. Očekuje se da će pobednik biti odlučan samo na osnovu tehničkih karakteristika i bez prioriteta za brzo uvođenje puške u upotrebu.

Pretpostavlja se da karabin, specijalna kompaktna i precizna varijanta puške, ima 80% zajedničkih delova sa lakim mitraljezom.

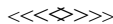
* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 25. maj 2005.



Karabin 5,56 mm XM8

Karabin treba da ima domet 500 m, a precizni laki mitraljez 600 m. IC nišan i iluminator biće veći ili isti kao kod AN/PEQ-2A. Laki mitraljez imaće neprekidni režim vatre od 72 zrna/min u trajanju od 10 minuta, a ostale tri varijante – 45 zrna/min.

M. K.



RAZVOJ PROJEKTILA VULCANO*

Italija i Španija napreduju u zajedničkom razvoju artiljerijskog projektila 155 mm Vulcano u obe njegove verzije: povećanog dometa ER (Extended-range) i velikog dometa LR (Long-range).

Maksimalni domet nevođenog projektila Vulcano ER, kada je ispaljen iz standardne NATO 39-kalibarske cevi sa komorom zapremine 18 l i, koristeći modularno punjenje MOU/JB Zona 4 u kombinaciji sa specijalnim dodatkom za smeštaj stabilizatora, iznosi do 50 km. Ako je ispaljeno iz 52-kalibarske cevi sa komorom od 23 litra, koristeći modularno punjenje JB MOU Zona 5 sa dodatkom, domet raste do 70 km.

Sa sličnom strukturom punjenja – projektovani vođeni projektil verzije LR dostiže procenjenih 80 km sa 39-kalibar-

skom cevi i više od 100 km sa 52-kalibarskom cevi, pri korišćenju italijanske haubice PzH 2000.

Nosilac ugovora za razvoj obe verzije projektila Vulcano je kompanija Oto Melara, i to kako za kopnene tako i za mornaričke aplikacije. Oto Melara radi i na mornaričkoj verziji projektila 127 mm Vulcano. U slučaju nevođenog projektila 127 mm varijante ER, koji je opremljen multifunkcionalnim upaljačem i predviđen za domet od 70 km, studija izvodljivosti je vođena u skladu sa holandskom istraživačkom organizacijom TNO/PML i kompanijom Thales Nederland, kao i dogovorom sa holandskom i italijanskom vladom iz aprila 2003. godine.

Nevođeni projektil 155 mm Vulcano dug je 950 mm, ima masu u cevi 29 kg, odnosno 18 kg bez vodećeg prstena. Njegova maksimalna početna brzina iznosi 1150 m/s kada je ispaljen iz 52-kalibarske cevi.

Testiranje izvodljivosti projektila 155 mm verzije ER započeto je u maju 2004. godine na poligonu Nettuno, sa početnom partijom od 30 reprezentativnih zrna. Oni su iskorišćeni za proveru unutrašnje i prelazne balistike, kao i proveru kompatibilnosti sa NATO artiljerijskim sistemima 155 mm sa cevi dužine 52 kalibra i modularnim punjenjem.

Junu 2004. godine ispaljeno je 10 zrna sa vodećim prstenom, radi verifikacije korektnosti njegovog oslobađanja, verifikaciju opterećenja u odnosu na kompjuterske proračune i ispitivanja stabilnosti projektila.

Tada ostvareni vatreni domet sa potkalibarnim projektilima iznosio je 30 km pri elevaciji 14,6° (ekvivalent za 70 km ako je ispaljen iz 52-kalibarske cevi sa

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

optimalnom elevacijom). Reprezentativnih 10 zrna bilo je probno ispaljeno i iz 39-kalibarske haubice u oktobru i postignuti su slični rezultati.

Aktivnosti posle ispitivanja biće usmerene na potpuni razvoj municije verzije ER (kako 155 mm tako i kalibra 127 mm), uključujući i prikaz kompletne unutrašnje i spoljne balistike, kompletan razvoj bojne glave i multifunkcionalnog upaljača.

Završetak razvoja i industrijska proizvodnja projektila 155 mm varijante ER očekuje se u 2008. godini, a varijante LR u 2011. godini.

M. K.

<<<<◇>>>>

TESTIRANJE SISTEMA ORUŽJA TWISTER*

Kraljevska holandska armija sprovodi program početnih testova sa gornjom oružnom stanicom Twister, koju je proizvela kompanija Thales Optronics iz Haga. Sistem oružja Twister razvijen je za oklopni transporter ARTEC Boxer 8×8, čije se uvođenje u operativnu upotrebu očekuje od 2009. godine.

Twister je nova nestabilizovana oružna stanica, za koju je glavni deo projek-



Sistem oružja Twister

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

tovala i razvila kompanija Thales Nederland, koristeći bešumni elektromotorni pogon. Oružna stanica poseduje elektro-optički i optički nišanski sistem firme Thales Optronika, koja je i prvi ugovarač u projektu Twister.

Projekat Twister omogućava nišanje i otvaranje vatre iz mitraljeza Browning 12,7 mm, pri čemu operator ostaje zaštićen ispod oklopa. Međutim, da bi ponovo napunio mitraljez i zamenio cev, operator mora da otvori poklopac na oklopu.

Sistem koristi termovizijsku kameru treće generacije Thales Optronics Albattross, koja je ugrađena uz mitraljez, kao i optički pomoćni nišan. U unutrašnjem delu stanice nalazi se displej koji obezbeđuje termovizijsku sliku i sistemске i taktičke podatke.

Kao pomoć električnom pogonu, Twister koristi i mehaničko-hidraulički sistem. Sedište nišandžije unutar vozila okreće se zajedno sa gornjim postoljem u sklopu kojeg je integrisan namenski modul sa oružjem Twister.

Pretraživanje ciljeva obavlja komandir, koji će imati pojačivač slike za potrebe osmatranja i izviđanja po mraku, ali neće biti obezbeđeno automatsko prepoznavanje cilja.

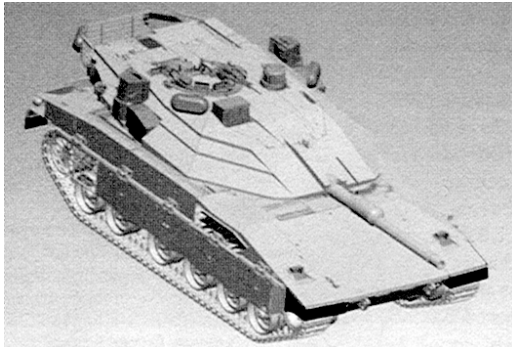
M. K.

<<<<◇>>>>

AKTIVNA ZAŠTITA ZA TENK MERKAVA*

Komanda izraelskih kopnenih snaga nedavno je obelodanila aktivni sistem zaštite za oklopna vozila nazvan Trophy.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.



Tenk Merkava Mark 4 sa aktivnim sistemom zaštite

Razvoj ovog sistema započeo je ranih devedesetih godina i do sada je uspešno testiran protiv brojnih opasnosti, uključujući i ugradnju na tenk Merkava Mark 3 za potrebe pokretnih vežbi.

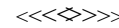
Sistem koristi radar za pretraživanje i praćenje i usmeravajuće lansere za protivdejtva, koji obezbeđuju ne samo kružnu zaštitu, već i zaštitu od sredstava koja napadaju iz gornje polusfere. Radarski podsistem poseduje četiri antene, od kojih su dve na tenku Merkava Mark 4 smeštene na sredini krova kupole i usmerene napred, dok su druge dve smeštene iza kupole na zadnjoj korpi za teret.

Po jedan od dva lansera za protivdejtva ugrađuje se sa svake strane kupole, tako da pokriva luk od 210°. Način ubojnih dejstava još nije preciziran, ali se veruje da uključuje upotrebu fragmentacione municije protiv raketa sa kumulativnim bojnim glavama i eksploziju radi neutralisanja penetratora sa kinetičkom energijom.

Očekuje se da prvi operativni prototip sistema Merkava Mark 4 bude spreman do kraja 2005. godine. Mada je originalno razvijen za upotrebu na

tenku Merkava, sistem Trophy je pogodan za ugradnju i na laka oklopna vozila. Za potrebe demonstracije takvih mogućnosti, sistem je ugrađen na jedno od tri američka borbena vozila pešadije Stryker 8×8, koje izraelske odbrambene snage razvijaju kao jedno od mogućih vozila za njihove potrebe, posebno za urbane operacije.

M. K.



HIBRIDNO ELEKTRIČNO VOZILO 6×6*

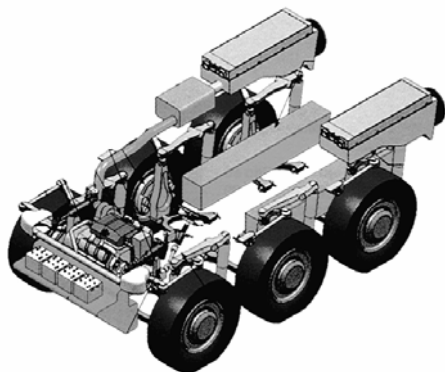
Planirano je da vozilo sa hibridnim električnim pogonom konfiguracije 6×6 (DPE), koje je konstruisala francuska kompanija Giat Industries, prvi put krene na vožnju 2005. godine. Nakon prijemnih testiranja isporuka državnoj komisiji za naoružanje usledila bi u januaru 2006. godine.

Ciljevi programa sa tehnološkim demonstratorom treba da potvrde pokretljivost i uočljivost na mekim putevima i pri kretanju po terenu; prednosti električne transmisije u odnosu na mehaničku i da se procene parametri globalne strukture vozila.

Mogućnosti platforme za prihvatanje raznih elektronskih arhitektura i budućih sistema oružja biće, takođe, ispitane, kao što će se ispitati i razne namene, uključujući i ugradnja kupole sa sistemom teleskopskog oružja 40 mm.

Vozilo pokreće dizel motor MTU 6V 199, koji je u kompletu sa generato-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.



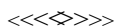
Izgled vozila s hibridnim električnim pogonom

rom od 450 kW Magnet Motor, baterijom 120 kW i pripadajućim pretvaračima (konverterima). Svi oni zajedno obezbeđuju energiju koja se usmerava na 6 pogonskih jedinica za pokretanje točkova, koje su smeštene pod oklopom, i čiji je ukupni obrtni moment 21 000 Nm, što je dovoljno za maksimalnu putnu brzinu vozila od 110 km/h.

Od ostalih karakteristika navode se: sistem hidropneumatskog ovešenja sa promenljivim klirensom; sposobnost upravljanja vozilom i pri klizanju i mogućnost okretanja oko svoje ose; ukupna masa 18 t (maksimalno 22 t); dvočlana posada; zadnje odeljenje zapremine više od 6,5 m³ za smeštaj 4 do 8 vojnika.

Jedan od ciljeva demonstratora vozila DPE jeste da se doprinese poboljšanju vozila srednje snage za potrebe francuske vojske. Predviđena ispitivanja vozila sa kupolom za dva člana posade i oruđem 40 mm biće deo demonstracije francuske armije u okviru koncepta centralizacije upravljanja u borbi.

M. K.



SISTEM AKTIVNOG OVEŠENJA ZA BORBENA VOZILA *

Transatlantski tim, koji čine britanski L-3 Electronic Systems sa firmom Horstman i američki Centar za elektromehaniku Univerziteta Teksas, nudi sisteme potpuno aktivnog ovešenja za ugradnju u koja se sada razvijaju borbena vozila po programima za SAD FCS (Future Combat Systems) i britanskim FRES (Future Rapid Effects System). Ističe se da ovaj sistem sigurno poboljšava pouzdanost vozila i njegovih sistema, izdržljivost posade, pokretljivost vozila i efikasnost oružja.

Za razliku od ranijih hidrauličkih sistema, tim L-3 nudi elektromehaničko rešenje ECASS (Electrically Controlled Active Suspension System). U njemu su konvencionalni hidraulični amortizeri zamenjeni elektromehaničkim aktuatorima kojima se upravlja kako bi ostvarili maksimalan efekat delovanja između tela vozila i točkova.

Konvencionalne opruge su zadržane radi podržavanja statičke mase vozila i smanjenja razmera i snage ECASS aktuatora.

Do danas je završena potpuna laboratorijska demonstracija aktuatora za tenk M1, kompletna terenska demonstracija za vozilo HMMWV 4×4; razvoj nove klase kompaktnog aktuatora za kamion FMTV 5–10 t i borbena vozila 20 t 8×8 i vozila 2,5 t LMTV 4×4.

Pretproizvodne kvalifikacije sistema ECASS za vozila HMMWV i FMTV su već počele, a validni testovi planirani su

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

za 2005. i 2006. godinu. Paralelno, ovaj tim radi na razvoju opšteg aktuatora za primenu na guseničnim vozilima, koji ima dosta zajedničkih komponenata sa prethodnim aktuatorima.

Prototip guseničnog vozila Lancer, kompanije United Defence, koristi se za testiranje poboljšanih sistema pokretljivosti, uključujući i aktivni sistem ovešenja ECASS, iako ovaj sistem nije optimalno rešenje jer je konstruisan za drugo vozilo.

Pogoni u točkovima opremljeni su i pneumatskim amortizerima radi podrške statičke mase vozila. Regenerativni motori pogona u točkovima pretvaraju absorbovanu energiju u električnu i povezani su sa šest dvokanalnih servopojačivača ugrađenih na vozilu.

M. K.



VIŠENAMENSKI DVOGLED*

Francuska armija namerava da započne terenska ispitivanja i procene jeftinog multifunkcionalnog ručnog sistema za akviziciju cilja ELVIR MF, čiji je prototip obelodanila kompanija Thales Angenieux krajem marta ove godine.

ELVIR MF je poboljšana verzija osnovnog biokularnog sistema ELVIR (Equipement Leger de Vision Infra Rouge). Više od 200 kompleta prodato je Poljskoj za potrebe graničnih službi. Njegove funkcije uključuju: laserski daljinomer sa efikasnim dometom od 20 do 2000 m, bezbedan za oči, ugrađeni vojni ili komercijalni GPS sa tačnošću 3 m, i

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

digitalni magnetni kompas koji omogućava merenje azimuta, nagiba i okretanja. Sve to ugrađeno je u standardno ELVIR kućište i suštinski ne utiče na masu od 1,65 kg, uključujući modul kamere, modul vizuelizacije i sočiva F/25 100 mm (bez kompleta baterija).

Osnovni model poseduje sočiva 25 mm i integralnu litijum-jonsku bateriju, što zajedno daje masu od 1,6 kg. Model MF, takođe, sadrži poboljšani mikrobolometarski detektor.

Biokularni ili displej-modul može da se skida i pridoda oružju radi daljinskog posmatranja i nišanjenja. Alternativno, on može da se zameni standardnim monitorom. Smatra se da će pojedinačna vrednost kompleta ELVIR MF biti oko 25 000 dolara.

M. K.



RUČNE BOMBE PERLA*

Kompanija RUAG Ammotec proizvela je ručne bombe P, kao naslednike svojih ručnih bombi HG 85.

Perle su modularne namenski izrađivane ručne bombe, jer svaka armija ima svoje specifične zahteve u pogledu parametara ergonomije, nošenja i ubojnih karakteristika. Sa konceptom Perla moguće je udovoljiti svim tim zahtevima i jednim osnovnim projektom ostvariti selektivne efekte i odgovarajuću ubojnu zonu.

Za određenu masu ova bomba stvara 60% više parčadi nego bomba HG 85 ili se za iste efekte ostvaruje ušteda u masi za 30%. Bomba ima unutrašnje punjenje

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

RDX-TNT, koje je izrađeno od aluminijuma, i prečnik od 49 do 63 mm. Spoljna površina tela bombe pokrivena je sa jednim ili više slojeva sveričnih čeličnih fragmenata ili valjkastih zrna, koji se mogu odabrati sa prečnikom od 1,58 mm do 3 mm.

Perle spadaju u neosetljivu municiju. Ističe se da samo nakon povlačenja sigurnosne spojnice i bacanja bombe dolazi do uspostavljanja pirotehničkog kola i mehaničkog pokretanja detonatora u bojni položaj, što znači da je nenamerno aktiviranje bombe nemoguće.

Varijacije mase eksplozivnog punjenja i izbor fragmenata omogućavaju da se ubojna i udarna zona precizno odrede, a kontrolisana unešena energija omogućava minimalne neželjene rušilačke efekte. U principu, oblik fragmenata, za koje je primenjena obloga koja daje glatku spoljašnost bombi, takođe može da se menja, kao i materijal za izradu fragmenata.

Neke od konfiguracija Perli probijaju čelične ploče (debljine 2 mm na rastojanju od 5 m) i zaštitne pancirne prsluke prema standardu STANAG 4512.

Predviđa se da će cena po primerku biti oko 25 do 30 USD.

M. K.

<<<◇>>>

NOVI REAKTIVNI OKLOP CLARA*

U Nemačkoj je razvijen novi i pouzdaniji tip eksplozivnog reaktivnog oklopa, namenjenog za zaštitu lakih oklopnih vozila od municije sa kumulativnim zrnom. Oklop je razvila kompanija Dynamit Nobel Defence GmbH u saradnji sa

Vesejtag-Indutex GmbH, koje zajedno proizvode ultrax fiberplastične kompozite za potrebe balističke zaštite.

Novi oklop nazvan je CLARA (Composite Lightweight Adoptable Reactive Armour). On eliminiše opasnosti koje stvaraju metalne ploče i fragmenti odbačeni od standardnog eksplozivnog reaktivnog oklopa ERA pri njegovoj eksploziji, što je i sprečavalo njihovu upotrebu u mnogim zemljama.

U oklopu CLARA metalne ploče su zamenjene fiberplastičnim kompozitima, koji se raspršuju u relativno bezopasne komadiće u momentu eksplozije njihovog modula posle prodora kumulativnog mlaza. Svaki modul od kojih je urađen oklop CLARA ima masu 18,5 kg i debljinu 100 mm. Slično svim reaktivnim višeslojnim oklopima, i oni su nagnuti kako bi se povećala njihova efikasnost protiv kumulativnih zrna. Ukupna masa ovog oklopa prosečno iznosi 1/3 mase konvencionalnog eksplozivnog reaktivnog oklopa.

Oklop CLARA uspešno je testiran ugradnjom na borbenom vozilu pešadije Marder 1A5 protiv dejstva granata RPG-7-V. Test je obuhvatao kopiju kumulativnog punjenja RPG7-V koje je imalo ne samo iste karakteristike mlaza, već i nešto veći maksimalni prodor u valjani homogeni čelični oklop širine 350 mm (u odnosu na 320 mm).

Rezultat ispitivanja bio je smanjenje prodora preostalog mlaza kumulativnog punjenja u osnovni oklop Mardera na svega 2 mm, što je njegov i relativno tanji bočni oklop lako absorbovao.

M. K.

<<<◇>>>

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jun 2005.

VATRENA ISPITIVANJA TOPA NLOS-C*

Iz američkog tehnološkog demonstratora topa NLOS-C (Non-Line-of-Sight Cannon) ukupno je ispaljeno 1000 zrna.

Tehnološki demonstrator je samohodna haubica koja kombinuje oruđe 155 mm M766 s 39-kalibarskom cevi na 20-tonskoj platformi koja obezbeđuje potpuno automatizovano rukovanje municijom. Na tehnološkom demonstratoru smešteno je 24 potpuno spremna topovska projektila. Guseničnu šasiju pogoni dizel motor i hibridni električni pogonski sistem namenjen da poboljša pokretljivost i smanji potrošnju goriva.

Prva probna zrna demonstrator je ispalio avgusta 2003. godine, a već u novembru kompanija United Defence ugradila je taktički softver, radi integracije robotizovanog rukovanja municijom i sistema automatskog punjača. To je obezbedilo potpunu automatizaciju topa i omogućilo da sistemom upravljaju samo dva vojnika, umesto pet koliko opslužuje američku haubicu Paladin M109A6. Odmah nakon toga izrađen je taktički softver za vatrene zadatke sa 8 projektila ispaljenih u vatrenom režimu 6 zrna/min.

Početkom 2005. godine izvršena je serija vatrenih ispitivanja sa upaljačima sa korekcijom kursa CCF (Course Corrected Fuse) namenjenim za precizno vođenje projektila 155 mm i 105 mm. Upaljač CCF je projektovan tako da obezbedi korekciju dometa i azimuta, obezbeđujući verovatnoću kružne greške od 30 do

50 m za bilo koji projektil 155 mm ili 105 mm. Pored potpune funkcionalnosti paljenja, upaljač CCF sadrži tri aerodinamička korekciona mehanizma koji se aktiviraju preko integralnog GPS prijemnika. Na putanju projektila utiče se njenim upoređivanjem sa željenom ili očekivanim putanjom. Početna korekcija dometa primenjena je nonijusom čeonog otpora, a poprečna korekcija razvijanjem obrtne kočnice s četiri krilca stabilizatora. Za konačnu korekciju razvija se glavna kočnica s dva krilca. Početkom 2005. godine izrađeno je 128 upaljača, od kojih je 110 ispaljeno radi verifikacije stabilnosti razvoja u letu i aerodinamičke korekcije.

NLOS-C je vodeći sistem za posrednu podršku prema programu američke armije za buduće borbene sisteme. Kompanija United Defence planira da uskoro zameni postojeći top M766, koji je ugrađen na tehnološki demonstrator, novim i lakšim 38-kalibarskim topom iste efikasnosti, ali sa smanjenom zapreminom barutne komore (podešene za četiri modula modularnog punjenja JB MOU Zona 4).

Masa proizvedenog topa NLOS-C, u tom slučaju, biće manja za 680 kg u odnosu na oruđe M766. Maksimalni domet sa raketno podržanim zrnom biće smanjen sa 30 na 26 km.

U zavisnosti od razvoja budućih borbenih vozila, prvih šest prototipnih oruđa NLOS-C trebalo bi da se ugradi na njih u 2006. godini. Osim novog lakšeg topa biće ugrađen i sistem za praćenje projektila i konačna varijanta automatskog punjača.

Tri prototipa sa odabranim vozilima i pripadajućim pogonom, ovešenjem, ve-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.

tronikom i sistemom za upravljanje, biće isporučena do 2010. godine, a početna proizvodnja za operativne potrebe planira se od 2014. godine.

M. K.



PROTIVTENKOVSKO ORUŽJE SRAW-MPV*

Posle urgentnih zahteva kopnenih jedinica Marinskog korpusa SAD, kompanija LMMFC (Lockheed Martin Missiles and Fire Control) proširila je mogućnosti svog protivtenkovskog oružja Predator.

Nova višenamenska varijanta SRAW-MPV (Short Range Assault Weapon – Multi Purpose Variant) data je na upotrebu kao oružje za neposredno dejstvo u gradskim borbama. Ova varijanta razvijena je, proizvedena i uvedena u upotrebu za manje od šest meseci. Njena bojna glava višestruke namene omogućava dejstvo po različitim ciljevima, kao što su građevine, bunker i laka oklopna vozila. Konverzija Predatora brzo je prilagođena za potrebe oružja za blisku borbu. Nova varijanta može bezbedno da se koristi u zgradama i obezbeđuje minimalno izlaganje nišandžije protivničkoj vatri. Njegov inercijalni sistem vođenja (nišani, opali i zaboravi) minimizira postupke operatora i korekcije u toku leta.

Novo oružje prošlo je prijemne testove i vatrena ispitivanja krajem 2004. godine, demonstrirajući da može bezbedno da se koristi uz minimalnu obuku operatora. Testovi su uključivali dva zrna koja su

uspešno probila trostruki zid od cigle, stvarajući u njemu otvor dovoljno širok za prolaz vojnika, a u drugom slučaju onesposobljen je oklopni transporter. Oba cilja bila su na rastojanju od 200 m.

I armija SAD razvija opcije za poboljšanje performansi i sposobnosti za blisku borbu za narednih nekoliko godina. Oružje SRAW-MVP u sadašnjoj konfiguraciji zadovoljava takve zahteve. Kao i Predator, ovo oružje je potpuno spremno za upotrebu, što znači da je prošlo sve potrebne testove i bezbednosne provere, a način upotrebe dokumentovan je u granicama definisanih ograničenja.

M. K.



OKLOPNI TRANSPORTER TERREX 8×8*

Oklopni transporter Terrex 8×8, singapurske kompanije ST Kinetics, predstavljen je još 2001. godine, ali se do sada nije pojavljivao na tržištu. To je bilo dovoljno vremena da se uoče sve prednosti i nedostaci iz programa razvoja. U današnjem obliku, prazan Terrex ima masu 13500 kg, a potpuno je opterećen do 24 tone.

Konstrukcije dva prototipa (AV81 i AV82) razlikuju se u detaljima, ali se osnovna struktura sastoji od monolitnog čeličnog oklopa visoke tvrdoće (Swedish Steel Armox) i modularnog krova, kojem se konfiguracija može menjati i na ratištu.

Dužina prototipa AV81 iznosi 6800 mm, a širina 2700 mm. Dužina prototipa AV82 je 7020 mm, ali, za raspoloživi unutrašnji prostor od 12 m³ jedan je od

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.



Oklopni transporter Terrex

najkraćih u svojoj klasi. Visina krova od 2150 mm može se podešavati za potrebe transporta avionom C-130. Zadnja izlazna vrata – rampa na prototipu AV82 povećana su da bi se ubrzalo ukrcavanje i iskrcavanje vojnika, koji su u vozilu smešteni u položaju leđa uz leđa. Na povećanje unutrašnjeg prostora uticalo je i redizajnirano ovešanje koje je omogućilo niži položaj poda.

Motor i transmisija čine deo integralnog pogonskog paketa, uključujući sistem za hlađenje koji je ugrađen kao samostalna jedinica i sve se može zameniti za jedan sat. Za razliku od mnogih drugih, transmisija umesto pet ima četiri osovinska sklopa. To je ostvareno direktnim spajanjem prenosnog sklopa sa četvrtim osovinskim sklopom, smanjujući tako broj komponenata i masu za 200 kg, što je omogućilo i više prostora u odeljenju za vojnike i veće pogodnosti za prihvatanje različitih konfiguracija kupola. Osovinski prenosnici su ugrađeni ispod oklopa, na gumenim podlogama koje prigušuju vibracije i smanjuju zamor posade.

Sledeća specifičnost je upotreba potpuno hidrauličnog kočionog sistema avio-tipa FCH (full compressed hydraulic), umesto opšteprihvaćenog pneumatsko-hi-

drauličnog. I to je smanjilo masu i broj sastavnih komponenata, i omogućilo lakše upravljanje i ugradnju ABS sistema.

Sistem za centralno pumpanje pneumatika je u standardnoj opremi i omogućava smanjenje visine vozila za potrebe avio-transporta i poboljšanje opšte terenske pokretljivosti. Postoje tri položaja ovog sistema: normal – za kretanje po putevima, visok – za savladavanje minskih polja i nizak – za transport avionom.

Terrex je amfibijsko vozilo i na vodi se kreće brzinom od 10 km/h. Na vozilu je primenjen koncept modularnog oklopa, koji u celini obezbeđuje zaštitu od zrna 7,62×51 mm. Ako se zahteva, oklopu mogu da se pridodaju keramički kompoziti kojima se povećava zaštita do nivoa STANAG Nivo 4. Vozilo može da se zaštititi i od kumulativne municije, bilo davanjem pasivnog oklopa ili reaktivnom zaštitom.

Prvi prototip ima oklop V-oblika sa zaštićenim spojevima, s namerom da se eksplozija mina usmeri ka bočnim stranama vozila. Njegov dupli pod, čija je unutrašnja površina više od 200 mm iznad najniže tačke oklopa, pruža dodatnu zaštitu posadi od efekata eksplozije i deformacije oklopa. Protivmiska zaštita na prototipu AV82 je manje ambiciozna i svodi se na Nivo 2a/2b (6 kg TNT pod točkovima ili ispod poda vozila). Transporter poseduje i sistem NBH filtracije i kondicioniranja vazduha.

Radi smanjenja toplotnog odraza izduvni gasovi motora usmereni su nadole. Nedavno je Terrex bio predstavljen kao oklopni transporter sa maksimalno 12 vojnika, uključujući vozača, komandira i nišandžiju i 9 vojnika u zadnjem odeljenju (3+9).

Prototip AV81 bio je opremljen relativno jednostavnom gornjom oružnom stanicom, koja se sastoji od automatskog lansera granata 40 mm (AGL), koaksijalnog mitraljeza 7,62 mm i bacača dimnih granata. Lanser granata 40 mm AGL može da se zameni mitraljezom 12,7 mm, ako se to posebno zahteva.

Modularna konstrukcija krova omogućava ugradnju raznovrsnog oružja ili izmene u nameni. Među ostalima, moguće su varijante oklopnog borbenog vozila pešadije sa snažnijom daljinski upravljanom oružnom stanicom 30 mm Bushmaster ili kupolom za dva člana posade i topom 25 mm Bushmaster. Moguće su i varijante izviđačkog, komandnog i sanitetskog vozila, pri čemu ovo poslednje sa 15 m³ prostora omogućava prevoz četiri ranjenika na nosilima.

Veća suštinska rekonfiguracija izvođi se za minobacačku varijantu, u kojoj se krov zadnjeg odeljenja skida i pretvara u ravno postolje za superbrzi minobacački sistem 120 mm SRAMS, čija je brzina gađanja 18 zrna/min, a domet 9 km.



Minobacačka verzija oklopnog transportera Terrex

Osnovni podaci za vozilo Terrex

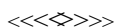
Opšti podaci:	
– Ukupna dužina	7020 mm
– Ukupna širina	2700 mm
– Visina do vrha oklopa	2150 mm
– Osovinski razmak (mm)	1450 + 1500 + 1450
– Klirens	420 mm
– Unutrašnja zapremina	12 m ³
– Masa praznog vozila	13 500 kg
– Maksimalna masa vozila	24 000 kg
– Maksimalno osovinsko opterećenje	6000 kg
– Ugao prilaza/silaza	42°/45°
– Avio-prevoz sa C-130	da
– Amfibijski	da
Performanse:	
– Maksimalna brzina	110 km/h
– Maksimalna brzina unazad	15 km/h
– Maksimalni uspon	60°
– Bočni nagib	40°
– Radijus okretanja	8 m
– Vertikalna prepreka	0,7 m
– Širina rova	2,0 m
– Vodeni gaz	1,5 m
– Zapremina rezervoara za gorivo	330 l
– Autonomija po putu	500 do 700 km
Pogonski paket:	
– Tip motora	Caterpillar C-9, 6-cilindarski, 4-taktni, turbo dizel
– Snaga	331 kW (450 KS)
– Maksimalni obrtni momenat	185 Nm
– Odnos snaga/masa	23 KS/t
Transmisija:	
– Proizvođač i tip	Allison HD, hidromehanička, automatska, 6 brzina
– Ozubljenje	Konstantno, pužno, planetarno
Ovešenje:	
– Sistem ovešenja	Mekferson, hidropneumatsko
– Pun udarni hod	200 mm
– Povratni hod	160 mm
Kočioni sistem:	
– Radne kočnice	Hidraulične, disk
– Parking-kočnice	Hidromehaničke
– ABS i CTI sistem sa ranflet ulošcima	da
Osnovna zaštita:	
– Osnovni nivo zaštite	7,62 mm NATO zrno
– Mine	6 kg TNT pod točkovi- ma i podom
– Parčad granata	155 mm HE
Pneumatici:	
– Tip	Michelin 395/85 R20 XZL TL 168G
– Prečnik	1189 mm
– Radijus statički opterećene	540 mm
– Širina slobodne sekcije	388 mm
Digitalizacija:	
– Standardizacija	da
– Mogućnost digitalizacije za buduće tehnološke inovacije	da

Jedna od karakterističnih osobenosti AV82 je sistem SAE J1939CAN Bus kojim se kontrolišu glavni podsistemi, kao što su motor, transmisija, alternator, ABS, akumulatori i sistem za gorivo. Podsistemi se uključuju po sistemu „plug and play“ (uključi i uživaj), a u isto vreme moguć je monitoring statusa podsistema putem pojedinačnog dijagnostičkog ulaza, ili sa konzole integralne stanice za vozilo IVCS.

Radi poboljšanja procene situacije u kojoj se vozilo nalazi, pri zatvorenim poklopcima, koriste se niskoprofilna, nerotirajuća panoramska kamera za 360°, kamera za vožnju unazad, i kamera za vožnju napred. Sve to može da se integriše sa senzorom i kompjuterom vozila, koji radi u realnom vremenu i za određenu aplikaciju.

Sistem oružja može se dopuniti i sistemom za otkrivanje snajpera, sistemom za lasersko upozorenje i dr.

M. K.



NOVA FAMILIJA ADAPTIVNIH OKLOPNIH VOZILA TOČKAŠA*

Početakom 2005. godine kompanija General Purpose Vehicles (GPV) iz New Havena u Michigenu obelodanila je razvoj nove veoma obećavajuće familije oklopnih vozila točkaša. Familija obuhvata četiri različita tipa vozila – 4×4, 6×6, 8×8 i 10×10, a njihova konstrukcija sadrži nekoliko nesvakidašnjih ili čak unikatnih karakteristika.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.



Vozila GPV 8×8

GPV je relativno nova kompanija, a razvijena je iz ranije kompanije AV technology, koja je učestvovala u razvoju brojnih i uspešnih projekata u oblasti oklopnih vozila točkaša.

Mada se nova familija vozila GPV sastoji od četiri različita tipa, čije su mase u rasponu od 16 284 do 37 156 kg, među njima postoji značajan stepen zajedničkog. To se odnosi i na opštu konfiguraciju i na delove komponenata, kojih je, po proceni, više od 95% zajedničkih za sva vozila.

Oklopi svih vozila su integralne zavarene konstrukcije od čelika visoke čvrstoće. Generalno, u prednjem delu oklopa nalazi se upravno odeljenje za dve osobe, iza njega motorno odeljenje, a zatim prostor za vojnike. Međutim, postoje alternativne konstrukcije 6×6 i 8×8 u kojima je motorno odeljenje pomereno prema zadnjem delu, a prostor za smeštaj vojnika podeljen je na zadnje odeljenje a manji deo (dva do četiri sedišta) na prostor između upravnog i motornog odeljenja. Takav je slučaj i sa konfiguracijom vozila 10×10. Ukupan broj sedišta, bez dva u upravnom odeljenju, iznosi deset u verziji 4×4, do osamnaest u verziji 10×10.

Lakši pristup odeljenju za vojnike obezbeđen je širokim zadnjim vratima u obliku rampe i bočnim vratima na šarka-

ma. Pored toga, postoje i manja vrata sa svake strane oklopa na svim verzijama.

Nosivost vozila zavisi od dužine njihovog oklopa, koja varira od 6,31 m za verziju 4×4, preko 6,81 m za verziju 6×6, pa do 9,26 m za verziju 10×10. Ukupna širina od 2,59 m je ista za sve verzije vozila.

Visina do vrha krova varira, u zavisnosti od veličine klirensa koji stvara ovešenje, i kreće se od minimalnih 2,39 m do maksimalnih 2,79 m u svim slučajevima.

Upravno odeljenje je jedinstveno i svi njegovi delovi (upravljač, pedale i druge komande) čine jednu kompaktnu jedinicu, koja može da se pomera s leva nadesno i obratno (čak i u kretanju) radi poravnanja s jednim od dva sedišta u odeljenju. Sedišta i komande se električno podešavaju, tako da se obezbeđuje lako upravljanje sa otvorenim ili zatvorenim poklopcem za vozača na oklopu.

Za upravljanje vozilom pri zatvorenom poklopcu, upravno odeljenje je opremljeno sa sedam velikih širokouglih periskopa, a dva ravna kolor displeja od 15 inča (381 mm) povezana su sa četiri



Upravno odeljenje vozila GPV



Odeljenje za vojnike na vozilu GPV

dnevno-noćne TV kamere i četiri termovizijske kamere razmeštene na sve četiri strane vozila.

Sve verzije vozila pogoni isti 6-cilindarski dizel motor Caterpillar C7 hlađen vodom koji, u kompletu s automatskom transmisijom ZF sa 6 stepeni prenosa razvija snagu 261 kW (350 ks). Motor i transmisija ugrađeni su kao kompaktni pogonski paket koji, uz pomoć dizalice, dva čoveka mogu da izvade iz oklopa za manje od pet minuta. Vozilo ima i pomoćni motor snage 15,4 kW, ugrađen u zadnjem delu leve niše vozila, koji omogućava funkcionisanje sistema grejanja i kondicioniranje vazduha bez upotrebe glavnog motora.

Snaga se prenosi permanentno do svih točkova preko dvostepenog razvodnika pogona i centralne pogonske linije sa diferencijalima na svim mostovima.

Točkovi su nezavisni i imaju ukupni vertikalni hod 520 mm, što omogućava visoke brzine kretanja po neravnom zemljištu. Suprotno drugim sličnim oklopnim točkašima, koji imaju mehaničke ili hidropneumatske opruge, ovde

se točkovi amortizuju pneumatski. Pritisak u pneumatskim amortizerima kontroliše se elektronski i može da se podesi za različite veličine klirensa, od minimalnih 100 mm do maksimalnih 500 mm, prilagodavajući se zemljišnim uslovima. On može da bude različit za pojedine pneumatske elemente radi naginjanja vozila napred, nazad ili bočno, u slučaju dejstva na zemljištu s nagibom.

Točkovi se mogu opremiti pneumatcima u tri različite veličine – 395/85 R20, 14.00 R20 ili 16.00 R20 – koje se centralizovano pumpaju dvokanalnim sistemom za brzo punjenje guma. ABS sistem i disk kočnice ugrađene su unutar vozila, tako da je smanjen toplotni odraz vozila.

Svim vozilima GPV upravlja se preko svih točkova, što uveliko povećava njihove manevarske mogućnosti. Na primer, verzije 4×4 i 6×6 imaju radijus okretanja samo 11,6 i 12,8 metara, respektivno, što je manje od radijusa okretanja mnogo manjeg vozila 4×4 HMMWV. Čak i verzija 8×8, čiji su osovinski razmaci 4,9 i 5,05 m, ima radijus okretanja skoro isti kao vozilo HMMWV.

Sva vozila iz familije GPV su amfibijska i sposobna da plove po vodi bez posebne pripreme. Na vodi se pokreću točkovima, ali, ako se posebno zahteva, mogu da se opreme i dodatnim pogonom, električno upravljanim valobranom i pumpama za izbacivanje vode.

U svojoj osnovnoj formi vozila GPV su zaštićena od municije 7,62 mm ispaljene iz neposredne blizine. Ali, ako je potrebno, dodavanjem oklopa nivo zaštite može da se poveća. Vozila GPV mogu da izdrže eksploziju 4,5 kg TNT ispod vozila i 9 kg TNT ispod bilo kog točka. Otpor-

nost oklopa na eksplozije mina povećana je oblikom podne ploče (V) i usmeravajućim otvorima iznad točkova.

Rešenja i druge primenjene novine čine ova vozila potencijalno veoma efikasnom familijom oklopnih točkaša. U isto vreme, oni čine značajan asortiman modela pogodnih za širok spektar namena.

M. K.



FAMILIJA BORBENIH SISTEMA GALAXI*

Francuska kompanija DCN Combat Management Systems lansirala je nova rešenja za sisteme borbenog upravljanja, zasnovana na novoj arhitekturi otvorenih sistema, poznatih kao Galaxi.

Nova arhitektura (Galaxi se zalaže za „generisanje i lakši pristup za fleksibilnu infrastrukturu“) čini sastavni deo modela koji obezbeđuje zajednički set tehnologija, jezika, uzoraka i postupaka; komunikacijski okvir izgrađen na opštoj komunikacijskoj infrastrukturi; definiciju standardnog sastavnog interfejsa i set opštih potreba.

Sistem Galaxi zasnovan je na standardima industrije informatičkih tehnologija, uključujući Corba, DLRL, SNMP i HLA. Arhitektura koju deklarise DCN treba da bude potpuno nezavisna od konfiguracije (kompjuter) platforme i da omogući rad „plug-and-play“ („uključiti i uživati“) i implementaciju tehnoloških poboljšanja u toku životnog veka sistema.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.

Galaxi je okosnica DCN-ove nove generacije CMS arhitekture. Oni su projektovani i set elemenata za vizuelizaciju, poznat kao Vega, koji je izrađen na bazi tehnologije Java i projektovan je kao nezavisna platforma za korišćenje u svim tipovima taktičkih informacionih sistema. Vegini taktički interfejsi čovek-mašina izrađeni su s vizuelnim elementima koji mogu brzo da se sklope od komponenta za grafiku i tekst. Kao takav, Vega sistem sadrži nekoliko taktičkih displeja za pokazivanje živog i sintetičkog radarskog prikaza.

Galaxi obezbeđuje okvir na kojem kompanija DCN sada gradi proizvode sledećih novih borbenih sistema upravljanja:

– Aquaris (Adaptable and quick update architecture for integrated underwater systems) – podmornički sistem za borbeno upravljanje;

– Polaris (Performant open and layered architecture for integrated systems) – nova generacija sistema za borbeno upravljanje površinskim ratnim brodovima;

– Antares (Advanced navigation, tactical and reporting systems) – taktički komandni sistem namenjen za potrebe državne i teritorijalne bezbednosti;

– Pegase (Performant and effective new-generation architecture for multisensor engagement) – multisenzorski sistem za procenu situacije;

– Phoenix (Performance and high-technology for operational effectiveness and naval involvement) – namenski sistem za mornarički patrolni i osmatrački avion.

M. K.

<<<<◇>>>>

NEPOSREDNA ZAŠTITA ZA BORBENA VOZILA*

Prateći zahteve za sistemima oružja za samoodbranu oklopnih vozila koja učestvuju u bliskoj borbi, koja bi bila sposobna da neutrališu očekivane napadače, švajcarska kompanija RUAG razvila je fragmentacionu municiju CRAD (Close Range Active Defence), koja može da se ispaljuje iz lansera za dimne granate tipa Wegmann, a koji je u opremi mnogih borbenih vozila pešadije.

Municija CRAD, lansirana s punjenjem crnog baruta od 0,7 g, leti oko 50 m i eksplodira u vazduhu na visini od 7 m, obasipajući cilj mnoštvom visokoubitačnih fragmenata. Tehnologija fragmenata iskorišćena je iz serijske proizvodnje minobacačkih bombi. Bojna glava sastoji se od 112 g PBXW-17 – neosetljivog eksploziva na bazi RDX, preko 1100 čeličnih kuglica prečnika 4 mm kruto smeštenih u epoksidnu matricu. Nema naknadnog preformiranja fragmenata. RUAG navodi da municija ima i visoko upravljivu distribuciju fragmenata, brzinu i ubojnu zonu. Obezbeđuje se i jasno definisana sigurnosna zona. Glavna koncentracija fragmenata usmerena je koso po luku od 60°, sa manjim zonama levo i desno za 45°.

Za projektovanu vazдушnu eksploziju na visini od 7 m dobija se efikasna ubojna zona od oko 220 m². Početna brzina fragmenata iznosi 1100 m/s koja opada do ubojnih 784 m/s (80 J).

Elektromehanički upaljač je inertan sve dok se ne ispali, kada kao izvor energije koristi pritisak eksplozivnog punjenja. Nakon napuštanja lansera sigurnosna

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.

igla je oslobođena i dolazi do armiranja rotora. Posle 1,8 do 2,4 sekunde opružni rotor smešta detonator u liniju sa vodećim punjenjem, čime je municija CRAD armirana. Svaki udar, od tada do narednih 3 do 3,2 sekunde proizvešće detonaciju zrna. Ukoliko se udar ne dogodi, zrno će automatski eksplodirati. Ako mehanizam za iniciranje eksplozije zakaže, ili zrno udari u objekat pre 1,8 do 2,4 sekunde, prikupljena električna energija upaljača biće ispražnjena i bomba nema mogućnost za iniciranje upaljača.

Ako se koristi lansirni sistem 76 mm Krauss Maffei Wegmann, granate se ispaljuju komandom sa unutrašnjeg upravljačkog panela, grupno ili pojedinačno, zavisno od konfiguracije panela. To omogućava kombinaciju raznih tipova granata za jedan lanser, ostavljajući i mogućnost alternativnih, manje ubojnih odbrambenih mera (poput dimnih zavesa).

Očigledno je da će upotreba municije CRAD u operacijama u urbanim sredinama zahtevati još bolje i jasnije definisanje načina njihove upotrebe.

M. K.



NEMAČKI VIŠENAMENSKI BROD MRV 7500*

Nemačko brodogradilište HDW (Howaldtswerkwe-Deutsche Werft) razvilo je novi srednji višenamenski brod MRV 7500 (Multi Role Vessel) koji se zasniva na iskustvu u izgradnji trajekata.

Novi brodski koncept treba da zadovolji sve veće potrebe brodovima za vi-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.



Brod MRV 7500

šenamensku podršku, kako za vojne zadatke (kao što su taktički pomorski desant, podrška mirovnih operacija i pomorska logistička podrška snagama na obali), tako i za civilne potrebe (uključujući medicinsku pomoć i logističku pomoć pri katastrofama).

S ukupnim deplasmanom od 7500 t, MRV 7500 ima dužinu 120,5 m i širinu vodene linije 19 m. Brodogradilište HDW iskoristilo je isti osnovni oblik trupa broda, klasifikovanog za komercijalne linije, i prilagodilo unutrašnjost broda za 312 ukrcanih vojnika i njihovu opremu. Uz to, sredina broda prilagođena je za prihvatanje dodatnih 20 kontejnera.

Unutrašnja paluba obezbeđuje smeštaj 48 lakih oklopnih vozila ili 42 buldozera a ukrcavanje i iskrcavanje omogućeno je preko krmene rampe. Desna strana broda omogućava izvršavanje zadataka za dva vazduhoplova, dok hangar i dva mesta na palubi obezbeđuju operacije sa do šest srednjih helikoptera mase do 7,5 t.

Dok su superbrzi trajekti (feriboti) bili građeni za brzine od preko 30 čvorova, MRV 7500 ima umereniji pogon, optimalan po ekonomičnosti i izdržljivosti. Dva turbo dizel motora, svaki snage 6000 kW, obezbeđuju, preko dve upravljane elise, kontinuiranu brzinu od 20 čvorova.

Brod je prilagođen za lako manevrisanje i plutanje uz obalu, ako je potrebno. Autonomija plovidbe iznosi 6000 milja, a izdržljivost na moru preko 40 dana.

M. K.



HELIKOPTER BELL 407/ARH*

Kompanija Bell Helicopter Textron nudi armiji SAD demonstrator naoružanog izviđačkog helikoptera Bell 407/ARH (Armed Reconnaissance Helicopter) na osnovu njihovog zahteva iz decembra 2004. godine.

Helikopter ARH izrađen je na bazi veoma uspešnog komercijalnog helikoptera Bell 407, kojih je već preko 600 u upotrebi, sa ukupno više od 1,2 miliona časova leta.

Armija SAD namerava da nabavi 368 novih helikoptera u periodu od 2006. do 2011. godine.

Uz kompaniju Lockheed Martin, kao prvog ugovarača, kompanija Bell je angažovala brojne snabdevače za opremu namenskih paketa i trenažnih sistema, uključujući Rockwell Collins, Honeywell, FLIR Systems L-3, Flight Safety i Computer Sciences Corporation.



Demonstrator helikoptera Bell 407/ARH

Helikopter ARH pokreće turbo motor Honeywell HTS 900, a opremljen je sofisticiranim dvokanalnim autorizovanim sistemom za digitalno upravljanje motorom prema tehnologiji T 800.

Prilagođen za opremanje različitim sistemima raspoloživog naoružanja, helikopter ARH će armiji SAD omogućiti izvršavanje svestranih zadataka, uz fleksibilnost izvršavanja borbenog izviđanja, lakih napada, desantiranje vojnika i specijalne pojedinačne zadatke. Ključni američki zahtev bio je da dva helikoptera ARH mogu da stanu u transportni avion C-130 Hercules, i da njihova popuna i priprema za let traje do 15 minuta.

M. K.



* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, jul 2005.

Uputstvo saradnicima

„Vojnotehnički glasnik“ je stručni i naučni časopis Ministarstva odbrane Srbije i Crne Gore, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove, prikaze naučno-stručnih skupova kao i tehničke informacije o savremenim sistemima naoružanja i savremenim vojnim tehnologijama.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata jedinstvenu intervidovsku tehničku podršku Vojske na principu logističke systemske podrške, oblasti osnovnih, primenjenih i razvojnih istraživanja, kao i proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, i ostala teorijska i praktična dostignuća koja doprinose usavršavanju pripadnika Ministarstva odbrane i Vojske Srbije i Crne Gore.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: prpratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U prpratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozima originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), sa ključnim rečima na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica A4 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 obrazača (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. 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.

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, SO mesta stanovanja i JMB građana.

Rukopise slati na adresu: Redakcija časopisa „Vojnotehnički glasnik“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Zvezda Jovanović

Lektor
Dobriła Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 220,00 dinara
Tiraž 900 primeraka

Na osnovu mišljenja Ministarstva za nauku, tehnologiju i razvoj Republike Srbije, broj 413-00-1201/2001-01 od 12. 09. 2001. godine, časopis „Vojno-tehnički glasnik“ je publikacija od posebnog interesa za nauku.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)