

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.

Profesor
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJIC, 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
PAVLE GALIĆ, 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 VOJSKE SRBIJE I CRNE GORE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K

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



2

GODINA LIII • MART–APRIL 2005.

SADRŽAJ

| | | |
|--|---|-----|
| Docent dr Ljubiša Vasov, dipl. inž. | MODELI FUNKCIJE EFEKTIVNOSTI TEHNIČKIH SISTEMA | 125 |
| Dr Zoran Ristić, pukovnik, dipl. inž. Aleksandar Kari, kapetan, dipl. inž. | OSCILACIJE NAGIBNOG SKLOPA ARTILJERIJSKOG ORUĐA PRI OPALJENJU | 135 |
| Mr Tugomir Kokelj, potpukovnik, dr Dušan Regodić, pukovnik, dipl. inž. | TAČNOST POTPUNE PRIPREME POČETNIH ELEMENA- TA POSREDNOG GAĐANJA | 140 |
| Dr Radun Jeremić, pukovnik, dipl. inž. mr Luka Grbović, pukovnik, dipl. inž. | EKSPLOZIVNE MATERIJE ZA NEOSETLJIVA UBOJNA SREDSTVA | 157 |
| Dr Boško Rodić, pukovnik, dipl. inž. mr Dejan Vuletić, kapetan I klase | SPOSOBNOST OPSTANKA INFORMACIONIH SISTEMA | 168 |
| Mr Slavko Muždeka, kapetan I klase, dipl. inž. | STRUKTURNA ANALIZA SLOŽENIH PLANETARNIH PRENOSNIKA SNAGE | 178 |
| Mr Radosav Nikolić, pukovnik, dipl. inž. vanredni profesor dr Zoran Nikolić, dipl. inž. | POJAVA KAVITACIJE U BRODSKIM DIZEL MOTORIMA | 191 |
| Mr Sead Cvrk, potpukovnik, dipl. inž. | ODREĐIVANJE PROPELERSKE KARAKTERISTIKE MOTO- RA POMOĆU MJERNIH TRAKA I PERSONALNOG RAČU- NARA U USLOVIMA EKSPLOATACIJE NA BRODU | 201 |

SAVREMENO NAORUŽANJE I VOJNA OPREMA

| | |
|--|-----|
| Laser protiv minobacačkih napada – M. K. | 213 |
| Poboljšana laka samohodna haubica 155 mm – M. K. | 214 |
| Velika Britanija poboljšava moć zemaljske artiljerije – M. K. | 215 |
| Laki raketni artiljerijski sistem LIMAWS(R) – M. K. | 216 |
| Poboljšani sistem PVO Osa-AKM – M. K. | 217 |
| Južnokorejski višecvni raketni lanser 70 mm – M. K. | 219 |
| Novi SUV za projekte Krasnopolj – M. K. | 219 |
| Borbena vozila pešadije Marder MK 30 – M. K. | 220 |
| Novi čistač mina morskog korpusa SAD – M. K. | 221 |
| Izraelski oklopni transporter Nemerah – M. K. | 222 |
| Sistem Protektor za oklopna vozila – M. K. | 222 |
| Dodatna zaštita za lako oklopljena vozila – M. K. | 223 |
| Modernizovani lovački avion Su-27SM – M. K. | 223 |
| Sistem za samozaštitu helikoptera – M. K. | 224 |
| Bespilotni helikopter Little Bird – M. K. | 225 |
| Bolja zaštita vozila M2 Bradley – M. K. | 226 |
| „Elektromagnetni oklop“ za laki tenk Thunderbolt – M. K. | 226 |
| Poboljšani ručni laserski daljinomer Vector – M. K. | 227 |
| Ekonomičan sistem za identifikaciju – M. K. | 227 |
| Lako vozilo za vatrenu podršku – M. K. | 228 |
| Naoružana robotizovana vozila – M. K. | 229 |
| Razvoj snažnijih tenkovskih motora u Rusiji – M. K. | 230 |
| Motori za laka borbena vozila – M. K. | 231 |
| Prvo terensko vozilo na vodonik – M. K. | 233 |
| Nove tehnologije za borbu protiv bombi – M. K. | 234 |
| Novi kineski i iranski RPG-7 – M. K. | 235 |
| Lako oklopno vozilo CM-32 – M. K. | 235 |
| Taktičko vozilo MTV A1+ 8×8 – M. K. | 236 |
| Ručni širokopojasni softverski radio – M. K. | 237 |
| Sistem za akviziciju cilja na bespilotnoj letelici – M. K. | 238 |
| Osmatrački radar nove generacije MRR-3D – M. K. | 239 |
| Novi koncept brzih brodova – R. N. | 240 |
| Patrolni čamac Super Dvora Mk III – M. K. | 242 |
| Nova ruska podmornica Projekt 677 – M. K. | 243 |
| Višenamenski patrolni brod MOPV – M. K. | 244 |
| Detektor za streljačko naoružanje – M. K. | 244 |
| Laka verzija avioradara N011M Bars – M. K. | 245 |

Docent dr Ljubiša Vasov,
dipl. inž.
Saobraćajni fakultet,
Beograd

MODELI FUNKCIJE EFEKTIVNOSTI TEHNIČKIH SISTEMA

UDC: 62 : 519.863

Rezime:

Efektivnost tehničkog sistema je kompleksni pokazatelj kvaliteta funkcionisanja sistema i, zavisno od njegove osnovne namene i funkcije cilja, obuhvata različite karakteristike sistema i procesa održavanja. Odgovarajući modeli ocene funkcije efektivnosti tehničkog sistema obuhvataju relevantne parametre funkcionisanja sistema i ispunjavanja postavljene funkcije cilja. Veliki broj složenih tehničkih sistema zasnovan je na odgovarajućim konstruktivnim i strukturalnim rešenjima, kojima se pri otkazu određene komponente obezbeđuje samo delimično pogoršanje kvaliteta funkcionisanja i smanjenje efektivnosti sistema u celini. Pri ocenjivanju kvaliteta funkcionisanja složenih tehničkih sistema opravdano je uvođenje kvantitativnog uslovnog pokazatelja efektivnosti funkcionisanja, preko kojeg se razmatra uticaj pojave otkaza.

Ključne reči: tehnički sistem, efektivnost, pouzdanost, kvantitativna ocena.

MODELS OF THE TECHNICAL SYSTEMS EFFECTIVENESS FUNCTION

Summary:

The technical system effectiveness, is a complex indicator of the system functioning quality, and depending on its basic purpose and the objective function, it encompasses different characteristics of the system and the maintaing process. The appropriate models of the effectiveness evaluation of the technical systems include all relevant parameters of the system functioning and they satisfy the objective function. Lot of the complex technical systems are established on the appropriate constructive and structural solutions, which in the case of failure of the specific components, provide only partial deterioration of the function quality evaluation of complex system, it is justified to take into consideration of the quantitative conditional indicator of the effectiveness, which discusses the influence of the mentioned partals failures.

Key words: technical system, effectiveness, reliability, quantitative evaluation.

Uvod

Jedan od često korišćenih modela, koji je definisan u okviru koncepta efektivnosti vojske (*Army System Effectiveness Concept*) [1], prema kojem se kvantitativna ocena funkcije efektivnosti tehničkog sistema $E(t)$ vrši na osnovu svoj-

stava gotovosti $G(t)$, pouzdanosti $R(t)$ i funkcionalne podobnosti $FP(t)$, može se izraziti kao [2]:

$$E(t) = f[G(t) \cdot R(t) \cdot FP(t)]$$

Navedeni model definisan je u obliku proizvoda pokazatelja efektivnosti, a

ukoliko se pretpostavi da funkcionalna podobnost sistema ne zavisi od vremena, funkcija efektivnosti sistema data je u obliku [3]:

$$E(\tau, t) = A(\tau) \cdot R(t) \cdot FP \quad (1)$$

gde je:

$A(\tau)$ – raspoloživost sistema.

Prema prikazanom modelu funkcije (1), efektivnost sistema $E(\tau, t)$ može se definisati kao verovatnoća ostvarivanja postavljene funkcije cilja, u datom trenutku (τ) tokom određenog vremena (t) pod specificiranim uslovima okruženja. Kod tehničkih sistema koji se neprekidno koriste [3] najčešće se primenjuje funkcija efektivnosti $E(t)$ u sledećem obliku:

$$E(t) = G(t) \cdot R(t) \cdot FP \quad (2)$$

Funkcionalna podobnost (FP) posmatra se deterministički, uz pretpostavku da sistem izvršava predviđenu funkciju cilja u uslovima okruženja za koje je projektovan, tj. da je vrednost funkcionalne podobnosti približno jednaka jedinici ($FP \approx 1$). Pri tome, kada se radi o popravljivim sistemima, za ocenu efektivnosti interesantna je stacionarna vrednost intervalne pouzdanosti [4], kao verovatnoća da sistem ima stanje „u radu“ u dovoljno dalekom trenutku i da će raditi bez otkaza tokom zadatog intervala korišćenja, koja se može prikazati relacijom [3]:

$$E(t) = K_A \cdot R(t) \quad (3)$$

gde je:

K_A – koeficijent raspoloživosti.

Međutim, u određenim slučajevima kada se stanje tehničkog sistema ne može

potpuno determinisati na stanja radne sposobnosti i otkaza, promena vrednosti funkcionalne pogodnosti ne može se zanemariti i kvalitet funkcionisanja posmatranog sistema određen je funkcijom efektivnosti oblika [3]:

$$E(t) = G(t) \cdot FP \quad (4)$$

Treba napomenuti da se kod različitih složenih tehničkih sistema, zavisno od osnovne funkcije cilja i glavnih posledica otkaza, ocena funkcije efektivnosti može definisati i preko pojedinačnih ili kompleksnih pokazatelja, i svesti samo na karakteristike pouzdanosti ili gotovosti.

Bitno je da se uoči činjenica da gotovost i raspoloživost, kao kompleksni pokazatelji efektivnosti, prikazuju svojstva pouzdanosti i pogodnosti održavanja, nezavisno od uslova i dinamike korišćenja tehničkog sistema [2]. Na primer, može se dogoditi da tehnički sistemi koji imaju iste karakteristike pouzdanosti i pogodnosti održavanja, tokom korišćenja pokazuju različitu gotovost i raspoloživost u zavisnosti od koeficijenta intenziteta korišćenja. Zbog toga dati pokazatelji i prikazane funkcije efektivnosti nemaju komparativnu vrednost za različite tehničke sistema iste namene, ukoliko intenziteti korišćenja nisu isti ili nisu svedeni na isti relativni odnos, koji omogućava komparaciju.

Pored toga, važan je probablistički aspekt prisutan u prikazanom konceptu i stohastička priroda relevantnih parametara, koji efektivnost određuju kao veličinu kategorije verovatnoće. Matematički izrazi za funkcije efektivnosti sistema, dati u obliku proizvoda različitih verovatno-

ća, mogu se formalno prihvatiti ukoliko parametri koji figurišu u navedenim izrazima predstavljaju međusobno nezavisne slučajne veličine.

Analitički modeli ocene efektivnosti tehničkog sistema

Pored navedenih oblika funkcija efektivnosti tehničkih sistema, koji su zasnovani na prethodno opisanom konceptu, u literaturi je prisutan uopšteni sistemski pristup problematici ocene efektivnosti koji, uzimajući u obzir iste pokazatelje, efektivnost u osnovi tretira kao stepen ispunjenja postavljene funkcije cilja. Prema takvom pristupu, efektivnost tehničkog sistema može se definisati kao mera odgovarajućeg stepena realizacije zadataka postavljenih pred sistem, pri određenim uslovima eksploatacije i datom intervalu [5]. Pri tome, pokazatelj efektivnosti predstavlja meru stepena saglasnosti između realnog i traženog rezultata, i može se definisati kao matematičko očekivanje opšte funkcije podudarnosti (g) postignutog rezultata (Y) sa traženim rezultatom (Y_r) pri izabranoj strategiji (u) eksploatacije sistema [5]:

$$E(u) = M \{ g[Y(u), Y_r] \},$$
$$Y(u) = f[q(u), C(u), T(u)], \quad u \in U$$

gde je:

$q(u)$ – izlazna veličina tehničkog sistema,

$C(u)$ – materijalni resursi,

$T(u)$ – vremenski resursi, i

U – skup raspoloživih strategija eksploatacije.

Optimalna strategija (u^*) je strategija iz skupa raspoloživih strategija eksplo-

atacije tehničkog sistema (U), kojoj odgovara maksimalna vrednost pokazatelja efektivnosti $E(u)$ pri zadatom nivou eksploatacionog kvaliteta sistema, sa potrebnim troškovima raspoloživih resursa [5]. Time se ukazuje na činjenicu da efektivnost funkcionisanja sistema zavisi od nivoa kvaliteta sistema i procesa eksploatacije, koji određuje primenjena strategija eksploatacije i uslovi okruženja.

Posmatrano sa matematičkog aspekta, efektivnost funkcionisanja tehničkog sistema često se određuje u obliku verovatnoće ostvarivanja projektovane funkcije cilja u datim uslovima okruženja, odnosno verovatnoće izvršavanja predviđenog zadatka. Međutim, veliki broj tehničkih sistema zasnovan je na odgovarajućim konstruktivnim i strukturalnim rešenjima, kojima se pri otkazu određene komponente sistema obezbeđuje samo delimično pogoršanje kvaliteta funkcionisanja i smanjenje efektivnosti sistema u celini. Pri ocenjivanju kvaliteta funkcionisanja složenih tehničkih sistema opravdano je uvođenje kvantitativnog uslovnog pokazatelja efektivnosti funkcionisanja [6], preko kojeg se tretira uticaj pojave otkaza.

Izbor odgovarajućeg uslovnog pokazatelja efektivnosti zavisi od tipa i namene tehničkog sistema, načina ispunjavanja zadataka, osnovnih funkcionalnih zahteva, oblika izlaznih veličina, karaktera uticaja različitih spoljnih uslova i drugih faktora, koji se razmatraju za svaki konkretan slučaj. Uslovni pokazatelj efektivnosti kvantitativno karakteriše kvalitet funkcionisanja sistema i, kao fizička veličina, može imati različitu dimenziju, što zavisi od samog izbora. Na

primer, kao uslovni pokazatelj efektivnosti može se izabrati osnovna izlazna veličina tipa izvršenog rada, razvijene snage, ostvarene brzine, broja izvršenih radnih operacija u jedinici vremena i dr. Posmatrano kroz ukupni proces korišćenja sistema, u određenim slučajevima opravdano je usvojiti, kao uslovne pokazatelje efektivnosti, i prethodno opisane parametre pouzdanosti ili gotovosti koji se mogu tretirati kao izlazne veličine procesa korišćenja. Međutim, za većinu složenih tehničkih sistema pri ocenjivanju efektivnosti funkcionisanja, neophodno je pristupiti formiranju određenog integralnog pokazatelja, koji na odgovarajući način objedinjava dva ili više različitih uslovnih pokazatelja.

Problem formiranja integralnog uslovnog pokazatelja efektivnosti povezan je sa specifičnostima svakog konkretnog tehničkog sistema u datom procesu korišćenja, koji se može rešiti primenom različitih heurističkih metoda. Pri tome, prema pojedinim autorima (Б. КОЗЛОВ, И. УШАКОВ, 1975), ocenu efektivnosti funkcionisanja moguće je generalizovati na dva osnovna tipa sistema [6]: sisteme dugotrajnog dejstva i sisteme kratkotrajnog dejstva.

Sistem dugotrajnog dejstva ispunjava određeni zadatak ili vrši predviđenu funkciju od datog trenutka (τ) tokom intervala vremena korišćenja ($t_{k\tau}$), pri čemu efektivnost funkcionisanja sistema zavisi od konkretne realizacije promene stanja u datom periodu ($\tau, \tau + t_{k\tau}$). Svaka realizacija ovakvog procesa promene stanja može biti u potpunosti okarakterisana određenim uslovnim pokazateljem efektivnosti funkcionisanja, koji za datu realiza-

ciju u intervalu ($\tau, \tau + t_{k\tau}$) predstavlja funkcija vremena.

Sistem kratkotrajnog dejstva ispunjava određeni zadatak ili vrši predviđenu funkciju od trenutka (τ) tokom intervala vremena ($t_{k\tau}$), koji ima takvu dužinu trajanja da tokom perioda ($\tau, \tau + t_{k\tau}$) sistem zadržava početno stanje od trenutka (τ). Teorijski posmatrano, može se uzeti da sistemi kratkotrajnog dejstva predstavljaju specijalni slučaj sistema dugotrajnog dejstva u kojem je zadati interval takav da ($t_{k\tau} \rightarrow 0$). Svako stanje sistema kratkotrajnog dejstva potpuno je okarakterisano uslovnim pokazateljem efektivnosti funkcionisanja, koji za posmatrano stanje ima konstantnu vrednost tokom vremenskog intervala ($\tau, \tau + t_{k\tau}$).

Ocena efektivnosti funkcionisanja tehničkog sistema kratkotrajnog dejstva

Opšti pokazatelj efektivnosti funkcionisanja sistema kratkotrajnog dejstva može se odrediti prema sledećoj relaciji [6]:

$$E(\tau) = \sum_s p_s(\tau) \cdot \Phi_s \quad (5)$$

gde je:

p_s – verovatnoća s -tog stanja sistema u trenutku (τ),

Φ_s – uslovni pokazatelj efektivnosti u s -tom stanju, i

S – prostor svih mogućih stanja sistema u kojem se vrši sumiranje.

Ukoliko se sistem sastoji iz (n) uzajamno nezavisnih elemenata, koji mogu imati jedno od samo dva moguća stanja „u radu“ i „u otkazu“, verovatnoće stanja

(p_o) izražavaju se preko pokazatelja pouzdanosti sastavnih elemenata sistema:

$$p_o(\tau) = r_1(\tau)r_2(\tau) \dots r_n(\tau) = \prod_{i=1}^n r_i(\tau),$$

$$p_i(\tau) = r_1(\tau)r_2(\tau) \dots q_i(\tau) \dots r_n(\tau) = \frac{q_i(\tau)}{r_i(\tau)} \prod_{k=1}^n r_k(\tau),$$

$$p_{ij}(\tau) = r_1(\tau)r_2(\tau) \dots q_i(\tau) \dots q_j(\tau) \dots r_n(\tau) = \frac{q_i(\tau)q_j(\tau)}{r_i(\tau)r_j(\tau)} \prod_{k=1}^n r_k(\tau), \text{ itd.}$$

gde je:

$p_o(\tau)$ – verovatnoća stanja radne sposobnosti svih elemenata sistema,

$p_i(\tau)$ – verovatnoća stanja u kojem je samo i -ti element „u otkazu“,

$p_{ij}(\tau)$ – verovatnoća stanja u kojem su i -ti i j -ti elementi „u otkazu“,

$r_i(\tau)$ – verovatnoća stanja radne sposobnosti i -tog elementa,

$q_i(\tau)$ – verovatnoća stanja „u otkazu“ i -tog elementa u trenutku (τ), itd.

gde važi:

$$q_i(\tau) = 1 - r_i(\tau)$$

Broj stanja sistema (S) zavisi od ukupnog broja sastavnih elemenata sistema (n) i dobija se:

$$S = \binom{n}{0} + \binom{n}{1} + \dots + \binom{n}{n} = 2^n \quad (6)$$

Proces izračunavanja pokazatelja efektivnosti sistema kratkotrajnog dejstva prema relaciji (5) nije komplikovan.

Međutim, kod sistema sa velikim brojem sastavnih elemenata postaje vrlo obiman. Određena pojednostavljenja u proračunu efektivnosti sistema sa velikim brojem elemenata (n) mogu se ostvariti ukoliko je ispunjen sledeći uslov:

$$\max q_i(\tau) \ll \frac{1}{n}$$

Tada se ocena efektivnosti funkcionisanja sistema u datom trenutku (τ) može odrediti na osnovu približne relacije:

$$E(\tau) \approx \Phi_o \left[1 - \sum_{i=1}^n q_i(\tau)(1 - \Phi_i^*) \right] \quad (7)$$

gde je: $\Phi_i^* = \frac{\Phi_i}{\Phi_o}$

Prema gornjim relacijama moguće je dobiti opšti izraz za efektivnost funkcionisanja sistema kratkotrajnog dejstva, ukoliko su poznate vrednosti koeficijenta gotovosti i pouzdanosti izvršavanja predviđenog zadatka u stacionarnom režimu, po pojedinačnim elementima. Ukoliko se pretpostavi da sistem ima (n) podsistema, koji imaju poznate koeficijente gotovosti ($K_{G1}, K_{G2}, \dots, K_{Gn}$) i nezavisno mogu vršiti projektovanu funkciju cilja sa pojedinačnim verovatnoćama izvršenja zadatka ($\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$), efektivnost funkcionisanja sistema data je ukupnom verovatnoćom ostvarivanja predviđenog zadatka. Ukoliko se dalje posmatra sistem koji sadrži (n) istih pod sistema, može se napisati $K_{G1} = K_{G2} = \dots = K_{Gn} = K_G$, odnosno $\varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n = \varphi$. Tada se, prema prethodno navedenim

relacijama, verovatnoće stanja sistema (q_i) i vrednosti uslovnog pokazatelja efektivnosti (Φ_i) mogu prikazati u sledećem obliku:

$$q_i = 1 - K_G \quad \text{za } i = 1, 2, \dots, n,$$

$$\Phi_o = 1 - \prod_{k=1}^n (1 - \varphi) = 1 - (1 - \varphi)^n \quad \text{i}$$

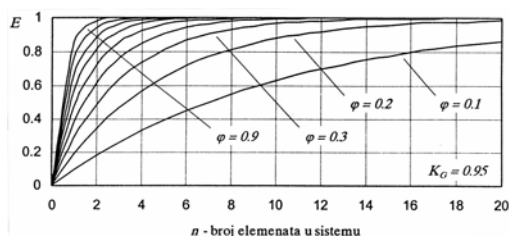
$$\Phi_i = 1 - \frac{1}{1 - \varphi} \prod_{k=1}^n (1 - \varphi) = 1 - (1 - \varphi)^{n-1}$$

za $i = 1, 2, \dots, n$.

Pri tome, prema relaciji (7), efektivnost sistema može se prikazati izrazom:

$$E = \left[1 - (1 - \varphi)^n \right] - n(1 - K_G) \cdot \varphi(1 - \varphi)^{n-1}. \quad (8)$$

Može se uočiti da efektivnost funkcionisanja sistema, predstavljena kao verovatnoća ostvarivanja predviđene funkcije cilja (dijagram 1), raste sa povećanjem broja radnih podistema, koji pojedinačno mogu vršiti predviđeni zadatak. Međutim, karakter rasta efektivnosti prethodno opisanog sistema zavisi od verovatnoća pojedinačnog izvršenja zadatka po podsystemima (elementima) datog sistema, i predstavlja jedan od osnovnih



Dijagram 1 – Efektivnost funkcionisanja sistema u zavisnosti od (n) i (φ)

parametara koji se razmatraju pri dimenzioniranju broja sastavnih elemenata sistema. Pri tome, prema svom značenju, efektivnost funkcionisanja sistema kratkotrajnog dejstva može se posmatrati i kao trenutna efektivnost sistema, koja određuje kvalitet funkcionisanja sistema u datom momentu (τ).

Ocena efektivnosti funkcionisanja tehničkog sistema dugotrajnog dejstva

Pokazatelj efektivnosti funkcionisanja sistema dugotrajnog dejstva može se odrediti prema sledećem izrazu [6]:

$$E(\tau, \tau + t_{k\tau}) = \int_{G_\pi} \Phi_\pi dp_\pi(\tau, \tau + t_{k\tau}) \quad (9)$$

gde je:

$p_\pi(\tau, \tau + t_{k\tau})$ – verovatnoća π -te realizacije promene stanja sistema u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$

Φ_π – uslovni pokazatelj efektivnosti sistema za π -tu promenu stanja, i

G_π – prostor mogućih realizacija procesa promene stanja u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$.

Ukoliko se posmatra sistem, koji se sastoji od (n) međusobno nezavisnih i neobnovljivih elemenata sa jednim od dva granična stanja radne sposobnosti „u radu“ i „u otkazu“, prethodna relacija (9) može se napisati u obliku:

$$E(\tau, \tau + t_{k\tau}) = \Phi_o p_o + \sum_{i=1}^n p_i \int_{\tau}^{\tau+t_{k\tau}} \Phi_i(t_i) f_i(t_i) dt_i + \sum_{1 \leq i < j \leq n} p_{ij} \int_{\tau}^{\tau+t_{k\tau}} f_i(t_i) dt_i \int_{\tau}^{\tau+t_{k\tau}} \Phi_{ij}(t_i, t_j) f_j(t_j) dt_j + \dots \quad (10)$$

gde je:

Φ_o – uslovni pokazatelj efektivnosti funkcionisanja sistema kada nijedan elemenat nije otkazao u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$;

$\Phi_i(t_i)$ – uslovni pokazatelj efektivnosti funkcionisanja sistema kada je otkazao samo i -ti element u momentu (t_i) na intervalu $(\tau < t_i \leq \tau + t_{k\tau})$;

$\Phi_{ij}(t_i, t_j)$ – uslovni pokazatelj efektivnosti sistema u slučaju otkaza i -tog i j -tog elementa u momentima (t_i) i (t_j) na intervalu $(\tau < t_i \leq \tau + t_{k\tau})$ i $(\tau < t_j \leq \tau + t_{k\tau})$, itd.;

$f_i(t_i)$ – funkcija gustine verovatnoće otkaza i -tog elementa u trenutku (t_i) ;

p_o – verovatnoća radne sposobnosti svih elemenata sistema u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$;

$$p_o = \prod_{i=1}^n r_i(\tau, \tau + t_{k\tau})$$

p_i – verovatnoća da će u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$ otkazati samo i -ti elemenat sistema:

$$p_i = \frac{q_i(\tau, \tau + t_{k\tau})}{r_i(\tau, \tau + t_{k\tau})} p_o$$

p_{ij} – verovatnoća da će u intervalu $(\tau, \tau + t_{k\tau})$, otkazati i -ti i j -ti elementi sistema:

$$p_{ij} = \frac{q_i(\tau, \tau + t_{k\tau}) q_j(\tau, \tau + t_{k\tau})}{r_i(\tau, \tau + t_{k\tau}) r_j(\tau, \tau + t_{k\tau})} p_o$$

Kada je ispunjen sledeći uslov:

$$\max_{1 \leq i \leq n} q_i(\tau, \tau + t_{k\tau}) = \max_{1 \leq i \leq n} \int_{\tau}^{\tau + t_{k\tau}} f_i(t_i) dt_i \ll \frac{1}{n}$$

moгуća je približna ocena efektivnosti sistema prema sledećoj relaciji:

$$E(\tau, \tau + t_{k\tau}) \approx \Phi_o \left\{ 1 - \sum_{i=1}^n \left[q_i(\tau, \tau + t_{k\tau}) - \int_{\tau}^{\tau + t_{k\tau}} \Phi_i^*(t_i) f_i(t_i) dt_i \right] \right\} \quad (11)$$

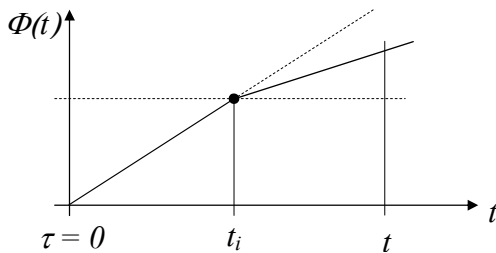
gde je:

$$\Phi_i^*(t_i) = \frac{\Phi_i(t_i)}{\Phi_o}$$

Prema prethodnoj relaciji (11), uvođenjem dopunskih pretpostavki, moguće je dobiti opšti izraz za ocenu efektivnosti funkcionisanja sistema dugotrajnog dejstva. Ukoliko se sistem sastoji od (n) podsistema, čiji su pojedinačni rezultati rada usmereni prema ukupnoj veličini funkcije cilja i mogu biti ocenjeni nekom karakterističnom veličinom $(\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n)$, pokazatelj efektivnosti sistema određen je obimom ostvarenog izlaznog rezultata. Uvođenjem dodatnih pretpostavki da otkazi podsistema jesu međusobno nezavisni događaji, i da uslovni pokazatelji efektivnosti za pojedinačna stanja sistema mogu biti predstavljeni preko ukupnog izlaznog rezultata rada sistema, koji je proporcionalan vremenu (dijagram 2), može se napisati:

$$\Phi_o(t) = \varphi_1 t + \varphi_1 t + \dots + \varphi_n t = \left(\sum_{j=1}^n \varphi_j \right) \cdot t$$

$$\Phi_i(t_i) = \left[\left(\sum_{j=1}^n \varphi_j \right) - \varphi_i \right] \cdot t + \varphi_i t_i$$



Dijagram 2 – Uslovni pokazatelj efektivnosti sistema dugotrajnog dejstva u funkciji (t)

Ukoliko se posmatra sistem koji sadrži (n) istih podsistema, koji imaju eksponencijalne raspodele verovatnoće vremena bezotkaznog rada, može se napisati:

$$\varphi_1 = \varphi_2 = \dots = \varphi_n = \varphi \Rightarrow \Phi_o(t) = n\varphi t,$$

$$\Phi_i(t_i) = (n-1)\varphi t + \varphi t_i,$$

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda$$

$$\Rightarrow r_1(t) = r_2(t) = \dots = r_n(t) = r(t) = e^{-\lambda t}$$

odnosno

$$\Rightarrow f_1(t) = f_2(t) = \dots = f_n(t) = f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$q(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

Prema jednačini (11), efektivnost sistema određena je ukupnim izlaznim rezultatom u intervalu ($0, t$), koji je dat izrazom:

$$E(0, t) = n\varphi t$$

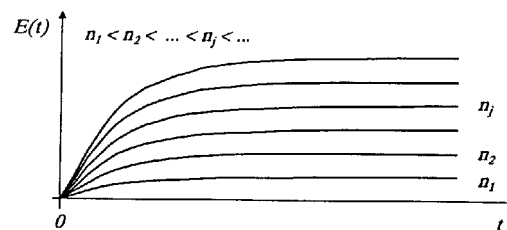
$$\left\{ 1 - \sum_{i=1}^n \left[(1 - e^{-\lambda t}) - \int_0^t \frac{(n-1)t + t_i}{nt} \lambda e^{-\lambda t_i} dt_i \right] \right\} \quad (12)$$

Izračunavanjem i sređivanjem prethodne jednačine (12) dobija se konačni izraz u sledećem obliku:

$$E(t) = \frac{n\varphi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}) \quad (13)$$

Ukoliko se posmatra dovoljno veliki interval (t), efektivnost funkcionisanja sistema prema izrazu (13) približava se konstantnoj vrednosti (dijagram 3), odnosno:

$$E = \lim_{t \rightarrow \infty} \frac{n\varphi}{\lambda} (1 - e^{-\lambda t}) = \frac{n\varphi}{\lambda} \quad (14)$$



Dijagram 3 – Efektivnost sistema dugotrajnog dejstva u zavisnosti od (t) i (n)

Može se uočiti da efektivnost funkcionisanja prethodno opisanih sistema dugotrajnog dejstva ima svoju asimptotsku vrednost, koja zavisi od broja podsistema (n), njihovih pojedinačnih radnih performansi (φ) i karakteristika pouzdanosti (λ). Pri tome, ovde je efektivnost prikazana preko odgovarajuće fizičke veličine koja opisuje osnovni rezultat rada tehničkog sistema, i može se posmatrati kao kumulativna vrednost ostvarene izlazne veličine sistema. Uzimajući u obzir prethodno navedene činjenice, ovako definisana efektivnost predstavlja ostvarenu efektivnost sistema, koja se odnosi na ukupni kvalitet funkcionisanja sistema u posmatranom intervalu.

Pored prikazane opšte podele tehničkih sistema u odnosu na karakter trajanja dejstva, postoje sistemi čije je funkcionisanje okarakterisano odgovarajućim oblikom uslovnog pokazatelja efektivnosti, u kojem svaki sastavni element si-

stema unosi svoj nezavisni udeo u ukupnoj izlaznoj veličini. Navedeni oblik uslovnog pokazatelja efektivnosti karakterističan je za sisteme čija se struktura sastoji od elemenata (podсистема) koji predstavljaju pojedinačne i nezavisne funkcionalne celine. Ocenjivanje efektivnosti takvih sistema, koji mogu biti kratkotrajnog ili dugotrajnog karaktera funkcionisanja, obavlja se preko aditivnih pokazatelja efektivnosti [6].

Ocena efektivnosti funkcionisanja tehničkih sistema sa aditivnim pokazateljima

Ukoliko je doprinos i -tog elementa sistema u ukupnom izlaznom rezultatu funkcionisanja celokupnog sistema određen aditivnim pokazateljem efektivnosti (φ_i), mogu se napisati sledeće relacije:

$$\Phi_o(t) = \sum_{i=1}^n \varphi_i(t) \Rightarrow \Phi_i(t) = \Phi_o(t) - \varphi_i(t),$$

$$\Phi_{ij}(t) = \Phi_o(t) - [\varphi_i(t) + \varphi_j(t)], \dots$$

gde je:

$\Phi_o(t)$ – uslovni pokazatelj efektivnosti sistema kada su svi elementi „u radu“,

$\Phi_i(t)$ – uslovni pokazatelj efektivnosti kada je i -ti elemenat „u otkazu“, i

$\Phi_{ij}(t)$ – uslovni pokazatelj efektivnosti kada su i -ti i j -ti elementi „u otkazu“.

Ocena efektivnosti funkcionisanja tehničkog sistema kratkotrajnog dejstva ovakvog tipa može se izvršiti na osnovu izraza:

$$E(\tau) = \sum_{i=1}^n \varphi_i r_i(\tau) \quad (15)$$

gde je:

$r_i(\tau)$ – verovatnoća radne sposobnosti i -tog elementa u trenutku (τ).

Efektivnost funkcionisanja tehničkog sistema dugotrajnog dejstva, u kojem i -ti elemenat doprinosi sa $\varphi_i(t_i)$ u ukupnom izlaznom rezultatu, u slučaju otkaza datog elementa u trenutku (t_i) u intervalu ($\tau \leq t_i \leq \tau + t_{k\tau}$), data je sledećom relacijom:

$$E(\tau, \tau + t_{k\tau}) = \sum_{i=1}^n \left[r_i(\tau, \tau + t_{k\tau}) \varphi_{oi} + \int_{\tau}^{\tau + t_{k\tau}} \varphi_i(t_i) f_i(t_i) dt_i \right] \quad (16)$$

gde je:

φ_{oi} – doprinos i -tog elementa u slučaju bezotkaznog rada u intervalu ($\tau, \tau + t_{k\tau}$).

Ukoliko sistem sadrži (n) jednakih elemenata (podсистема) sa istim karakteristikama, i ima eksponencijalnu raspodelu vremena bezotkaznog rada, pri čemu su pojedinačni doprinosi u ukupnom izlaznom efektu linearne funkcije vremena, može se napisati:

$$\varphi_1(t) = \varphi_2(t) = \dots = \varphi_n(t) = \varphi \cdot t, \text{ i}$$

$$\lambda_1(t) = \lambda_2(t) = \dots = \lambda_n(t) = \lambda$$

Prema relaciji (16), za interval vremena ($0, t$), može se napisati sledeći izraz:

$$E(0, t) = \sum_{i=1}^n (e^{-\lambda t} \varphi \cdot t + \int_0^t \varphi t \cdot \lambda e^{-\lambda t} dt) \quad (17)$$

Izračunavanjem i sređivanjem prethodnog izraza (17), dobija se konačna relacija:

$$E(t) = \frac{n\varphi}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \quad (18)$$

Može se uočiti da je prethodna relacija (18) za efektivnost funkcionisanja sistema identična relaciji (13). Drugim rečima, sistem dugotrajnog dejstva, u opštem slučaju, moguće je svesti na sistem dugotrajnog dejstva sa aditivnim pokazateljima efektivnosti koji su, generalno posmatrano, jednostavniji za razmatranje, ukoliko data struktura i način ostvarivanja izlaznog rezultata funkcionisanja posmatranog sistema to dozvoljavaju. Pri tome, konstatacije koje su izvedene pri analizi efektivnosti funkcionisanja tehničkog sistema dugotrajnog dejstva, mogu se direktno preslikati i na sisteme sa aditivnim pokazateljima efektivnosti.

Zaključak

Osnovna vrednost navedenih analitičkih modela ocene efektivnosti složenog tehničkog sistema sadržana je u opštem sistemskom pristupu datoj problematici, kojim se, teorijski posmatrano, za pretpostavljene uslove korišćenja sistema funkcionalno integrišu različiti pokazatelji efektivnosti. Potrebno je napomenuti da dati modeli ne obuhvataju eksplicitno sve prethodno opisane pokazatelje efektivnosti sistema, kao što je, na primer, funkcionalna podobnost. Ovakav potencijalni nedostatak može se prevazići uvođenjem uslovnog pokazatelja efektivnosti kompleksnog sadržaja, čime se stvara mogućnost implementacije različitih tehničkih i eksploatacionih relevantnih faktora. Ograničenja koja postoje, pre svega,

odnose se na mogućnost uspostavljanja funkcionalne analitičke veze između razmatranih faktora.

Međutim, u prikazanim modelima ocene efektivnosti tehničkog sistema uočavaju se određeni nedostaci koji se mogu tretirati kao posledica prethodno pomenutih ograničenja. Jedan od osnovnih nedostataka vezan je za činjenicu da prikazani modeli ocene efektivnosti ne posmatraju korišćenje tehničkog sistema preko procesa održavanja, i time ne uključuju faktor održavanja sistema i pokazatelj pogodnosti održavanja. Takođe, u navedenim modelima nisu prisutni faktori koeficijenta intenziteta i dinamike korišćenja sistema, kao osnovni generatori procesa promene stanja sistema. Pored toga, opšta je primedba da data ocena funkcije efektivnosti tehničkog sistema nije svedena na odgovarajući relativni odnos, čime prikazani modeli nemaju praktičnu komparativnu vrednost kod različitih tehničkih sistema.

Literatura:

- [1] Blanchard, B. S.; Lowery, E. E.: *Maintainability Principles and Practices*, McGraw-Hill Book Company, New York, 1969.
- [2] Radovanović, V.; Milosavljević, N.: *Efektivnost i logistika realnih transportnih sistema, Efektivnost Logistika Informatizacija u Transportu i Saobraćaju – ELITS*, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 14–15. april, 1989, pp 10–24.
- [3] Bučevac, I.: *Održavanje mašina i opreme, Savez mašinskih i elektrotehničkih inženjera i tehničara Srbije – SMEITS*, Beograd, 1996.
- [4] Dimitrijević, P.: *Istraživanje primene metoda analize efektivnosti u projektovanju sistema sa aspekta funkcije održavanja, doktorska disertacija, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1990.*
- [5] Никонова, И. А., Шепаль, В. Т.: *Технико-экономическая эффективность авиационных ГТД в эксплуатации, Машиностроение, Москва, 1989.*
- [6] Козлов, Б. А.; Ушаков И. А.: *Справочник по расчету надежности аппаратуры радиоэлектроники и автоматики, Советское радио, Москва, 1975.*

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

OSCILACIJE NAGIBNOG SKLOPA ARTILJERIJSKOG ORUĐA PRI OPALJENJU

UDC: 623.535

Rezime:

U radu su opisane oscilacije nagibnog sklopa artiljerijskog oruđa koje nastaju pri opaljenju. Nagibni sklop prikazan je kao kruto telo sa jednim stepenom slobode kretanja (rotacija u vertikalnoj ravni). Model oscilovanja upoređen je sa eksperimentalnim rezultatima realnog modela oscilovanja oruđa (oscilacije nagibnog sklopa sa više stepeni slobode kretanja). Date su razlike između proračunskog i realnog modela oscilovanja i analiza njihovih parametara.

Ključne reči: oscilacije, nagibni sklop, jednačina količine kretanja, slobodne oscilacije cevi, moment, usta cevi.

OSCILLATION OF ELEVATING GROUP ON ARTILLERY WEAPON DURING FIRING TEST

Summary:

The oscillation of elevating group on artillery weapon during firing test are described in this paper. The elevation group is represented a rigid body of DOF (rotation in vertical plane). The model oscillation is compared with the experimental results of real model oscillation (oscillations of elevating group with more degrees of freedom. A difference sizes among simplify and real model oscillation are given, and some of their parameters are analyzed.

Key words: oscillation, elevation group, momentum equation, gun tube free oscillation, moment, muzzle.

Uvod

Pri opaljenju na nagibni sklop artiljerijskog oruđa deluju izrazito promenljive sile udarnog dejstva i velikog intenziteta. Trzajuća masa, kao sastavni deo nagibnog sklopa, kreće se približno pravolinijski, pri čemu istovremeno dolazi do prostornog oscilovanja sklopa kao celine. Radi proučavanja efekta promene odskočnog ugla projektila pri opaljenju,

važno je posmatrati samo vertikalne oscilacije nagibnog sklopa.

Oscilacije nagibnog sklopa posmatrane su kao suma dve vrste oscilacija:

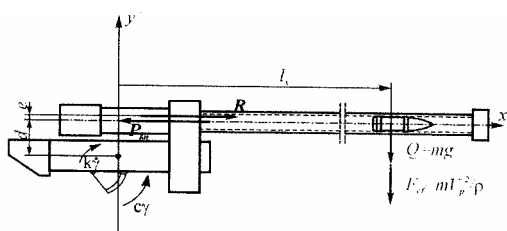
- oscilacije nagibnog sklopa kao krutog tela oko ose ramena (jednodimenzionalni model prigušenog oscilovanja krutog tela oko nepomične tačke, ali sa promenljivim položajem centra mase);
- slobodne elastične oscilacije cevi, kao najvažnijeg elementa nagibnog sklo-

pa, nakon izlaska projektila i prestanka dejstva barutnih gasova.

Oscilacije nagibnog sklopa kao krutog tela

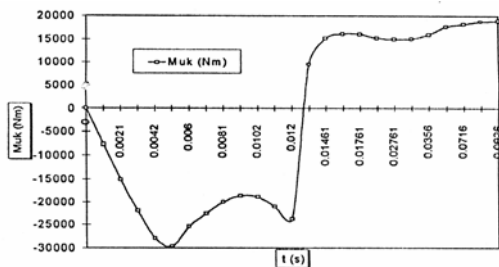
Za određivanje komponenti odskočnog ugla izazvanog zaokretom nagibnog sklopa, koriste se sledeće pretpostavke:

- nagibni sklop oruđa (kolevka, trzajuća masa i protivtrzajući uređaj) predstavlja apsolutno kruto telo sa konstantnim radijusom krivine;
- osa ramena, u trenutku izlaska projektila iz kanala cevi, ostaje nepokretna;
- cev sa ostalim nagibnim delovima zakreće se oko ose ramena kolevke.



Sl. 1 – Šematski prikaz sila koje deluju na nagibni sklop pri opaljenju

Sumarni moment prikazanih sila u procesu opaljenja grafički je prikazan na slici 2.



Sl. 2 – Ukupni moment u funkciji vremena

Uočava se da je nagibni sklop izložen složenom opterećenju u vrlo kratkom intervalu. Takođe, centar mase nagibnog sklopa pri opaljenju se pomera unazad (zbog kretanja trzajuće mase). Rešenje problema traži se polazeći od zakona o održanju količine kretanja koji glasi:

$$\frac{dG_{u0}}{dt} \sum_{i=1}^n M_i \quad (1)$$

$$G_{u0} = G_{k0} + G_{t0} + G_{p0} \quad (2)$$

gde je:

- G_{k0} – moment količine kretanja kolevke oko ose ramena,
- G_{t0} – moment količine kretanja trzajućih delova oko ose ramena,
- G_{p0} – moment količine kretanja projektila oko ose ramena kolevke.

$$G_{k0} = B_{k0} \cdot \dot{\gamma} \quad (3)$$

Ovde je:

- B_{k0} – moment inercije kolevke za osu ramena,
- $\dot{\gamma}$ – ugaona brzina zaokreta.

$$G_{t0} = \dot{\gamma} \sum \mu (x^2 + y^2) + M_t V d \quad (4)$$

gde su:

- μ – elementarna masa trzajućih delova,
- x, y – koordinate elementarne mase trzajućih delova,
- M_t – ukupna masa trzajućih delova,
- V – brzina trzanja.

$$G_{p0} = \dot{\gamma} \sum \mu_c (x_c^2 + y_c^2) - m V_p (d + e) \quad (5)$$

gde su:

- V_p – brzina projektila u cevi,
- m – ukupna masa projektila,

x_c, y_c – koordinate elementarne mase projektila,

μ_c – elementarna masa projektila.

Nakon određenih transformacija dobija se konačni oblik diferencijalne jednačine kretanja nagibnog sklopa:

$$B_{u0}\ddot{\gamma} + \left[2 \cdot (M_T V \xi - m V_p x_p) + k \right] \dot{\gamma} + c\gamma = -P_{kn} e + Rd + Q_T X \cos \varphi - \frac{m V_p^2}{\rho} l_x - mgl_x \cos \varphi \quad (6)$$

gde je:

B_{u0} – ukupan moment inercije svih delova za osu ramena,

ξ – put trzanja,

x_p – put projektila u cevi oruđa,

P_{kn} – sila pritiska barutnih gasova na dno barutne komore,

R – ukupna sila otpora kretanju trzajućih delova,

ρ – radijus zakrivljenosti cevi,

l_x – rastojanje težišta projektila od ose ramena,

Q_T – težina trzajućih delova,

X – put težišta trzajućih delova,

φ – ugao elevacije nagibnog sklopa,

$$B_{u0} = B_{t0} + B_{p0} + B_{k0} \quad (7)$$

gde je:

B_{t0} – moment inercije trzajućih delova za osu ramena,

B_{p0} – moment inercije projektila za osu ramena,

B_{k0} – moment inercije kolevke za osu ramena,

$$B_{t0} = B_{tt} + M_T r_{tt}^2 \quad (8)$$

$$r_{tt}^2 = d^2 + (x_0 - \xi)^2$$

gde je:

x_0 – položaj trzajuće mase pre opaljenja od ose ramena.

$$B_{p0} = B_{pt} + m r_{pt}^2 \quad (9)$$

$$r_{pt}^2 = (d + e)^2 + (x' + x)^2$$

gde je:

r_{tt}, r_{pt} – trenutna rastojanja centra mase trzajućih delova i projektila od ose ramena,

x' – položaj centra mase projektila pre opaljenja od ose ramena.

Diferencijalna jednačina (6) je oblika:

$$a(t)\ddot{\gamma} + b(t)\dot{\gamma} + c(t)\gamma = d(t) \quad (10)$$

Ona se pogodnom transformacijom svodi na sistem jednačina:

$$\frac{d\varpi}{dt} = \frac{d(t)}{a(t)} - \frac{b(t)}{a(t)}\varpi - \frac{c(t)}{a(t)}\gamma, \text{ gde je } \frac{d\gamma}{dt} = \varpi \quad (11)$$

Sistem jednačina (11) numerički je rešen na računaru metodom Runge Kuta. Kao izlazni rezultati dobijaju se ugaoni zaokreti nagibnog sklopa oko ose ramena kolevke, a samim tim i vertikalna pomeranja svake tačke duž nagibnog sklopa u toku vremena $Y = Y(x, t)$. To je jedna komponenta vertikalnog pomaka pri oscilovanju.

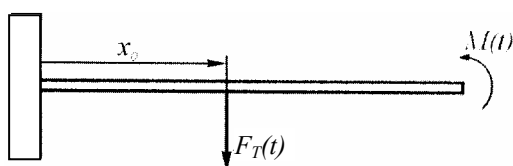
Slobodne oscilacije cevi

S obzirom na to da dejstvo pritiska barutnih gasova traje veoma kratko, a samim tim i dejstvo spoljnog opterećenja (nekoliko milisekundi), moguće je uvesti

aproksimaciju da drugu komponentu oscilovanja čine slobodne oscilacije cevi kao elastičnog tela.

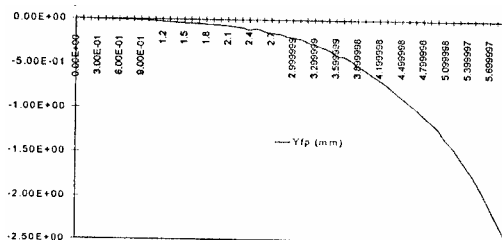
Cev se u prvom približenju posmatra kao konzola opterećena promenljivim momentom $M(t) = [R(t) - P_{kn}(t)] \cdot e$ i pokretnim promenljivim opterećenjem

$$F_T(t) = \frac{mV_p^2}{\rho}$$



Sl. 3 – Opterećenje cevi tokom kratkog perioda

Funkcija progiba određena je analitičkim rešenjem [4] a grafički je prikazana na slici 4.



Sl. 4 – Funkcija progiba u trenutku izlaska projektila iz cevi

Prikazana funkcija predstavlja početnu veličinu progiba u trenutku prestanka opterećenja cevi. Cev se nadalje smatra neopterećenim elastičnim telom, a prikazana funkcija predstavlja početni uslov elastičnog oscilovanja cevi.

Parcijalna diferencijalna jednačina u tom slučaju glasi [1]:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial t^2} + c^2 \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = 0 \quad (12)$$

Početni uslovi su:

$$w(x, 0) = f(x) \text{ i } \frac{\partial w(x, 0)}{\partial t} = 0 \quad (13)$$

Rešenje je oblika:

$$w(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} A_n X_n(x) \cos \varpi_n t \quad (14)$$

gde je:

$$X_n(x) = \frac{\text{Ch}k_n x - \cos k_n x}{\text{Ch}k_n l + \cos k_n l} - \frac{\text{Sh}k_n x - \sin k_n x}{\text{Sh}k_n l - \sin k_n l} \quad (15)$$

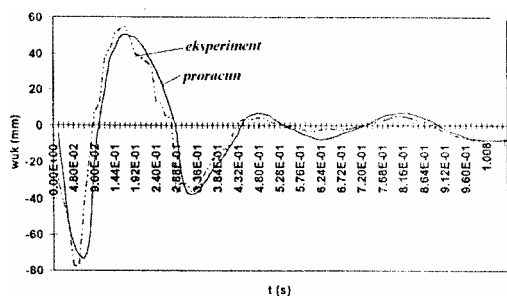
$$A_n = \frac{\int_0^1 f(x) X_n(x) dx}{\int_0^1 X_n^2(x) dx} \quad (16)$$

Rešavanjem jednačina (14) i (15) dobiju se vrednosti elastičnog progiba svake tačke tokom vremena, što predstavlja drugu komponentu vertikalnog pomaka nagibnog sklopa artiljerijskog oruđa u toku procesa opaljenja (odnosno u toku trzanja).

Jednostavnim sabiranjem pomenutih vrednosti pomaka dobija se ukupni pomak svake tačke duž nagibnog sklopa. Za usta cevi ukupni pomak, u funkciji vremena, prikazan je na slici 5.

Analiza rezultata i zaključak

Ulazne veličine pri razmatranju oscilacija artiljerijskog oruđa su promenljivi moment $M(t)$, koji deluje na kolevku



Sl. 5 – Oscilacije na ustima cevi (proračunski i eksperimentalni rezultati)

(velikog intenziteta u veoma kratkom vremenskom intervalu), i početni pomak $Y_0(x, t)$, nakon izlaska projektila iz cevi. Kao izlazne veličine dobijaju se odstupanja $W(x, t)$. Na dijagramu na slici 5 prikazana su odstupanja na ustima cevi $Wuk(1, t)$, kao i rezultati eksperimentalnih ispitivanja za usta cevi [3]. Sa dijagrama elongacija na ustima cevi može se zaključiti sledeće:

- u početnom periodu pomak na ustima cevi je negativan, pošto se cev, pri montaži na artiljerijsko oruđe, ugrađuje tako da joj je centar zakrivljenosti iznad ose kanala cevi, pa je centrifugalna sila koja deluje na projektil usmerena naniže, kao i zbog smera delovanja sprega $P_{kn}e$;

- u trenutku kada projektil napušta cev nestaje i centrifugalna sila koja deluje na projektil, kao i moment sprega $P_{kn}e$. Nadalje, sistem se rešava superpozicijom prigušenog prinudnog oscilovanja krutog tela sa promenljivim položajem centra mase i slobodnog elastičnog oscilovanja;

- prikazani model oscilovanja, što se tiče vrednosti pomeranja na ustima cevi, ne odstupa značajnije u odnosu na eksperimentalne rezultate za oruđe određenog kalibra, što znači da se prikazani model proračuna može primeniti na analizu po-

našanja nagibnog sklopa artiljerijskog sistema u vertikalnoj ravni pri opaljenju;

- u početnom periodu vremena, proračunska odstupanja su nešto manja od stvarnih, jer je praktično nemoguće u potpunosti simulirati izuzetno velike sile i momente koji deluju na nagibni sklop tokom dejstva barutnih gasova (radi se o udarnom opterećenju). Stvarno dejstvo momenta u tom periodu nešto je veće od proračunatog. U završnoj fazi proračunska odstupanja su nešto veća od stvarnih zbog usvojenog idealiziranog modela slobodnih elastičnih oscilacija, kao i zbog zanemarenja dejstva sile ukupnog otpora R u tom periodu, koja prigušuje sistem;

- analizom vremenskog odziva zaključuje se da je u proračunskom modelu došlo do malog pozitivnog pomaka u fazi u odnosu na eksperimentalni model, pošto su u proračunu zanemareni odzivi nekih elemenata u nizu, koji osciluju pri oscilovanju nagibnog sklopa (sistemi zupčanika, elementi PT sistema i sl.);

- pošto su odstupanja proračunskog modela manja od 10% u odnosu na ona dobijena eksperimentom, znači da se ovaj model može primeniti za analizu parametara koji utiču na nagibni sklop artiljerijskog sistema pri opaljenju (promena konstrukcionih veličina i sl.). Dalji rad mogao bi biti usmeren u tom pravcu radi optimizacije konstrukcije nagibnog sklopa.

Literatura:

- [1] Radosavljević, Lj.: Teorija oscilacija, Beograd, 1981.
- [2] Ristić, Z.: Kretanje trzajuće mase oruđa pri trzanju, CVTŠ, Zagreb, 1989.
- [3] Kalezić, M.: Optimizacija konstrukcije art. sistema na bazi fenomena procesa lansiranja projektila, doktorska disertacija, Beograd, 1993.
- [4] Landau, L. D.; Lifšic, E. M.: Teoretičeskaja fizika – Tom I, Moskva, 1973.
- [5] Orlov, B.; Larman, Maukov: Ustrojstvo i proektirovanie stvolov artiljerijskih orudij, Mašinstroenie, Moskva, 1976.

Mr Tugomir Kokelj,
potpukovnik,
dr Dušan Regodić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija,
Beograd

TAČNOST POTPUNE PRIPREME POČETNIH ELEMENTA POSREDNOG GAĐANJA

UDC: 623.548 : 004.4

Rezime:

Postojeća metodologija za izračunavanje tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja veoma je kompleksna, nepraktična i nedovoljno tačna. U ovom radu izvršena je dorada postojeće metodologije proračuna i prikazan je adekvatan softver. Na taj način otklonjeni su uočeni nedostaci i izvršena automatizacija proračuna primenom računara. Izvršena je analiza deklarisanosti tačnosti metoda potpune pripreme početnih elemenata i, na osnovu toga, doneti su odgovarajući zaključci i predlozi.

Ključne reči: tačnost, priprema početnih elemenata, posredno gađanje, softverska podrška.

ACCURACY OF COMPLETE PREPARATION OF THE INDIRECT FIRING INITIAL ELEMENTS

Summary:

The current methodology of calculation accuracy of the complete preparation of one indirect firing initial elements is very complex, impractical and not precise enough. In this work one can find finishing of the current methodology of calculation as well as the appropriate software. In this way all the drawbacks have been eliminated, and the process of the automation calculation has been done by means of computer. The analysis of the declared accuracy of the method of the initial elements complete preparation has been performed and, based on that, certain conclusions and suggestions have been made and given.

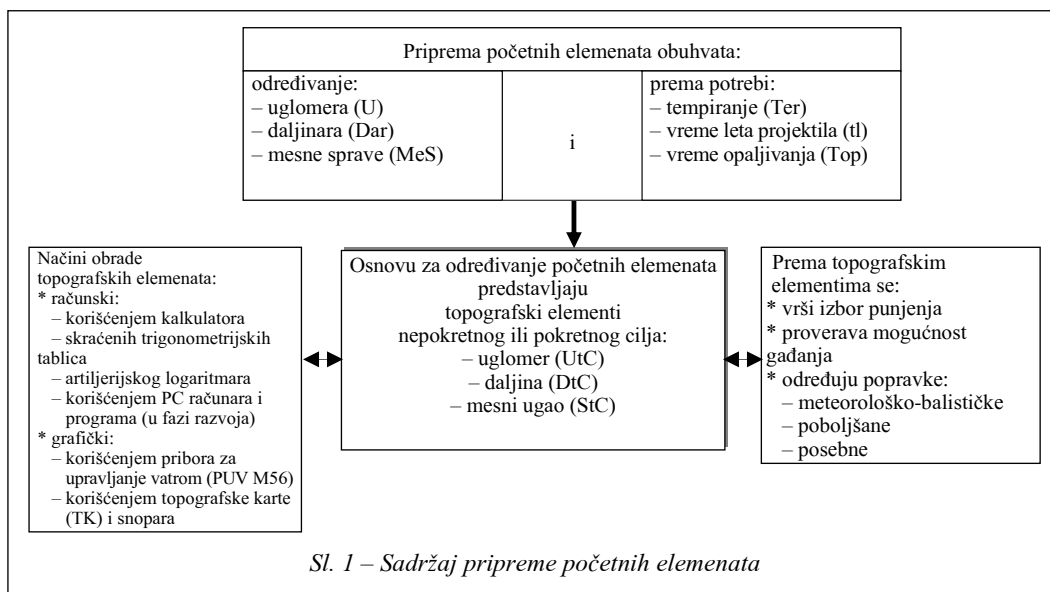
Key words: accuracy, preparation of the initial elements, indirect firing, software support.

Uvod

Priprema početnih elemenata posrednog gađanja početna je faza gađanja kojom se za što kraće vreme obezbeđuju što tačniji elementi za početak korekture ili grupnog gađanja. Sprovode je: izvršilac gađanja (IG) – izdavanjem komande za gađanje; računarsko odeljenje (rčo) i komandiri vodova (kv) – razradom i poslugom oruđa – realizovanjem izdate komande. Sadržaj pripreme početnih ele-

menata prikazan je na slici 1. U širem smislu, priprema početnih elemenata obuhvata izbor (određivanje): jedinice za gađanje, oblika putanje, vrste gađanja i načina podešavanja upaljača, položaja cilja, punjenja, vrste paljbe i početka gađanja. U pripremu početnih elemenata ubraja se i rad posluge na opsluživanju oruđa.

Početni elementi su uglomer (U), daljinar (Dar), mesna sprava (MeS) i, prema potrebi, tempiranje (Ter), vreme leta projektila (tl) i vreme opaljenja



(Top). Određuje ih računачko odeljenje, a izuzetno izvršilac gađanja korišćenjem sredstava za računsku ili grafičku obradu podataka.

Osnovu za određivanje početnih elemenata predstavljaju topografski elementi, koji su tačni ukoliko su određeni na osnovu tačnih koordinata vatrene položaja i cilja. Koordinate su tačne ako središnja greška načina njihovog određivanja po X i Y osi ne prelazi 20 m, a po Z osi ne prelazi 5 m. Koordinate se određuju jednim od načina topografsko-geodetske pripreme ili izviđanja.

Početni elementi određuju se metodom potpune, skraćene ili proste pripreme u zavisnosti od uslova u kojima se priprema i izvodi artiljerijsko gađanje. Potpuna priprema predstavlja osnovni, najpotpuniji i najtačniji metod određivanja početnih elemenata. Primenjuje se uvek kada jedinica ima uslova da je sprovede, tj. kada se raspolože:

- tačnim koordinatama vatrene položaja, ciljeva i osmatračnica određenih u jedinstvenom koordinatnom sistemu;

- tačnim podacima o meteorološkim i balističkim uslovima gađanja;

- orijentisanim instrumentima i usmerenim oruđima u osnovni pravac, prema „Uputstvu za topografsko-geodetsko obezbeđenje artiljerije“, i proverom orijentisanja instrumenata i usmeravanja oruđa;

- odgovarajućim tablicama gađanja u zavisnosti od nadmorske visine oruđa.

Tačnost svakog od navedenih metoda pripreme početnih elemenata zavisi od obučenosti ljudstva (starešinskog kadra i posluge-posade), dostignutog nivoa razvoja artiljerijskih sistema (oruđa-municije), postojećih formacijskih sredstava za prikupljanje i obradu podataka, kao i niza međusobno povezanih uzroka. Deklarisana tačnost pripreme početnih elemenata izražava se veličinom sumarnih središnjih grešaka koje karakterišu tačnost svakog metoda po daljini (Exs) i pravcu

(Eys). Ona je propisana i treba da predstavlja iskustveno-računsku normu koja je proverena mnogobrojnim proračunima i praktičnim gađanjima, a prikazana je u tabeli 1.

Tabela 1
Deklarisana tačnost metoda pripreme početnih elemenata

| Metod pripreme početnih elemenata | Središnje greške | |
|-----------------------------------|------------------------|----------------------|
| | Po daljini Exs u % DtC | Po pravcu Eys u 0-00 |
| potpuna priprema | 0,8-1,2 | 3-5 |
| skraćena priprema | 3-5 | 10-15 |
| prosta priprema | 8-10 | 20-30 |

Deklarisana tačnost metoda pripreme početnih elemenata (tabela 1) preuzeta je iz [1] i koristi se u našoj artiljerijskoj vojnostručnoj literaturi. Teorijskoj analizi tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja do sada nije posvećena dovoljna pažnja [2]. Ovakvo stanje u našoj artiljerijskoj literaturi, posebno činjenica da deklarirana tačnost metoda pripreme početnih elemenata ima naredbodavni i obavezujući karakter za artiljerijske jedinice pri planiranju, pripremi i izvršenju posrednih gađanja navodi na zaključak da se ovom problemu ne poklanja potrebna pažnja, a samim tim ne raspolaže se validnim pokazateljima mogućih pozitivnih ili negativnih uticaja na tačnost i preciznost artiljerijske vatre u budućim borbenim dejstvima.

Činjenično stanje zahtevalo je da se izvrši analiza deklarirane tačnosti potpune pripreme početnih elemenata, doradi postojeća metodologija proračuna tačnosti, izvrši validan proračun uticaja tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre i, na osnovu toga, donesu odgovarajući zaključci.

Greške u potpunoj pripremi

Zadatak potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja jeste da utvrdi, što je moguće tačnije, sve stvarne uslove za gađanje, da ih uporedi sa tabličnim, proračuna odstupanja i popravke i odredi najtačnije početne elemente za gađanje. Kako to treba raditi, propisano je „Uputstvom za rad na vatrenom položaju artiljerijskih jedinica“ i „Artiljerijskim pravilom gađanja“, a jedan od ciljeva ovog rada jeste da se uz primenu znanja iz teorije gađanja i postojećeg iskustva objasne sve greške i njihova tačnost, da kritički osvrt i doradi postojeća metodologija proračuna tačnosti potpune pripreme početnih elemenata. Stvarni uslovi gađanja su promenljivi za svako gađanje, a normalni (tablični) uslovi gađanja su konstantna veličina za sva gađanja i podrazumevaju uslove za koje su izračunate tablice gađanja.

Radi lakšeg razumevanja navedene problematike, proračun početnih elemenata za gađanje metodom potpune pripreme uslovno će biti podeljen na tri etape rada.

Prva etapa obuhvata prethodno određivanje osnovnih podataka neophodnih za obezbeđenje uslova za potpunu pripremu (koordinate vatrenog položaja (VP), osmatračnice (O) i ciljeva (C), podataka o osnovnim meteorološkim, balističkim i tehničkim uslovima gađanja).

Druga etapa obuhvata određivanje topografskih elemenata (daljine do cilja (DtC), azimuta gađanja – skretanje od osnovnog pravca na cilj (UtC) i mesnog ugla cilja u odnosu na vatreni položaj (StC)), proračun popravki po daljini i pravcu zbog odstupanja balističkih i meteoroloških uslova od onih koji su predviđeni tablicama gađanja i uračunavanje tih popravki u ranije određene topograf-

ske elemente. Pri tome se uzimaju u obzir popravke pravca i elevacije koje su određene u toku tehničke pripreme.

U trećoj etapi se, na osnovu do tada dobijenih podataka, određuju početni elementi za gađanje (daljinara, uglomer i mesna sprava) i oruđu daje potreban pravac i elevacija.

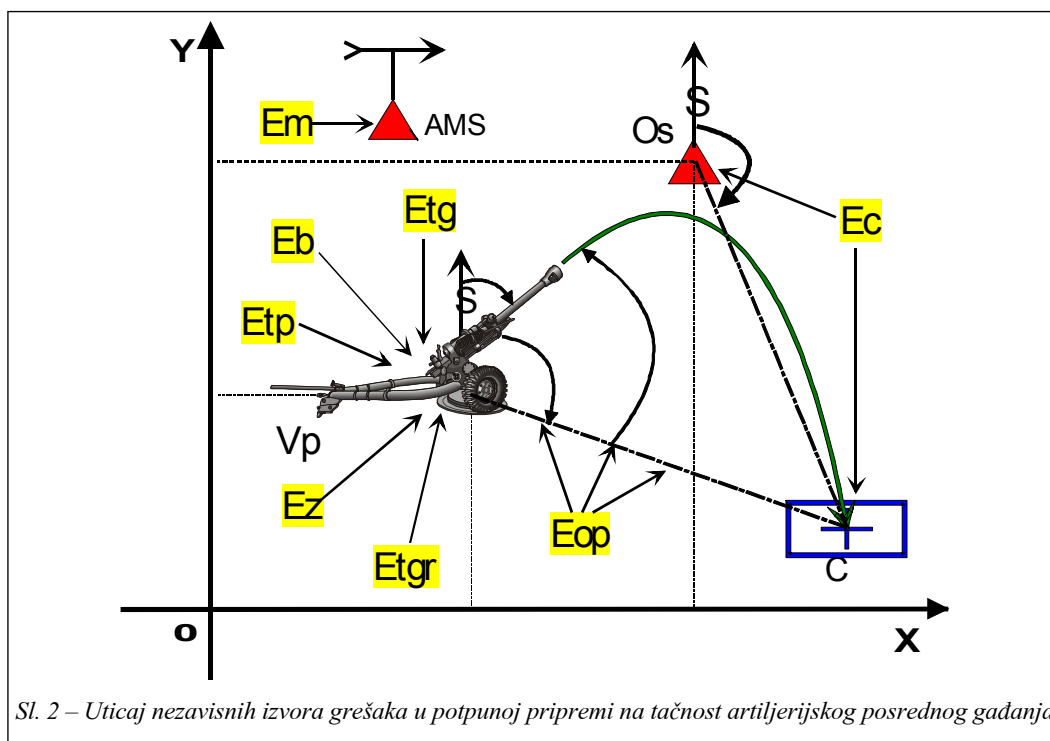
Takođe, pri određivanju početnih elemenata za gađanje dolazi do zaokruživanja daljinara, uglomera i mesne sprave na celobrojne vrednosti, što stvara dopunsku grešku – grešku zaokruživanja. Na taj način, pri određivanju bilo kog elementa potpune pripreme čine se greške koje utiču na ukupnu grešku početnih elemenata za gađanje. Dakle, u toku potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja čine se nezavisne grupe izvora grešaka prikazane u tabeli 2.

Tabela 2

Nezavisne grupe izvora grešaka metoda potpune pripreme početnih elemenata

| Nezavisne grupe izvora grešaka | Uticaj grešaka | |
|--|-----------------|----------------|
| | na daljinu (Ex) | na pravac (Ey) |
| 1. U određivanju mesta cilja | Exc | Eyc |
| 2. Topografsko-geodetskih radova i proračuna | Extgr | Eytr |
| 3. U određivanju balističkih popravki | Exb | — |
| 4. U određivanju meteoroloških popravki | Exm | Eym |
| 5. U tehničkoj pripremi | Extp | Eytp |
| 6. Tablice gađanja | Extg | Eytg |
| 7. Zaokruživanja elemenata | Exz | Eyz |
| 8. Obrade podataka | Exop | Eyop |

Uticaj nezavisnih grupa izvora grešaka u potpunoj pripremi početnih elemenata posrednog gađanja na tačnost artiljerijskog gađanja u koordinatnom sistemu, ilustrovan je slikom 2.



Sl. 2 – Uticaj nezavisnih izvora grešaka u potpunoj pripremi na tačnost artiljerijskog posrednog gađanja

Matematički model

Matematički model [8 str. 78–93] za izračunavanje tačnosti potpune pripreme zasniiva se na određenim postavkama.

Središnje greške određivanja mesta cilja E_c (E_{xc} , E_{yc}) zavise od greške u određivanju:

- mesta osmatračnice E_{xos} , E_{yos} ;
- mesta (koordinata) cilja E_{xkc} i E_{ykc} ;
- nadmorske visine cilja $E_{x\Delta hc}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka određivanja mesta cilja izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xc} = \sqrt{E^2 xos + E^2 xkc + E^2 x\Delta hc} \quad (1)$$

– po pravcu:

$$E_{yc} = \sqrt{E^2 yos + E^2 ykc} \quad (2)$$

Središnje greške topografsko-geodetskih radova E_{tgr} (E_{xtgr} , E_{ytgr}) zavise od:

- greške u određivanju mesta oruđa E_{xor} , E_{yor} ;
- greške orijentisanja oruđa E_{yoor} ;
- greške u određivanju visine vatrenog položaja $E_{x\Delta hVP}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka topografsko-geodetskih radova i pro-računa izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xtgr} = \sqrt{E^2 xor + E^2 x\Delta hVP} \quad (3)$$

– po pravcu:

$$E_{ytgr} = \sqrt{E^2 yor + E^2 yoor} \quad (4)$$

Središnje greške balističke pripreme E_b (E_{xb}) zavise od greške u određivanju:

- početne brzine E_{xVo} ;
- temperature baruta E_{xtb} ;
- mase projektila E_{xm} .

Veličina sumarne središnje greške određivanja balističkih popravki utiče samo na tačnost izračunavanja daljine gađanja i izračunava se po formuli:

$$E_{xb} = \sqrt{E^2 xVo + E^2 xtb + E^2 xmp} \quad (5)$$

Središnje greške meteorološke pripreme E_m (E_{xm} , E_{ym}) zavise od greške u određivanju:

- vazdušnog pritiska E_{xH} ;
- temperature vazduha E_{xt} ;
- uzdužnog vetra E_{xWx} ;
- bočnog vetra E_{yWy} ;
- derivacija E_{ydr} .

Veličine sumarnih središnjih grešaka određivanja meteoroloških popravki izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$E_{xm} = \sqrt{E^2 xH + E^2 xt + E^2 xWx} \quad (6)$$

– po pravcu:

$$E_{ym} = \sqrt{E^2 yWy + E^2 ydr} \quad (7)$$

Središnje greške tehničke pripreme E_{tp} (E_{xtp} , E_{ytp}) zavise od:

- greške u određivanju odstupanja u vertikalnoj ravni E_{φ} (po daljini);
- veličine M - pomeranje padne tačke po daljini pri promeni tabličnog ugla za 1 hiljaditi (kolona 33, tablica gađanja);
- greške u određivanju odstupanja u horizontalnoj ravni E_{β} (po pravcu);
- daljina gađanja (D_g).

Veličine sumarnih središnjih grešaka tehničke pripreme izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Ext_p = E\varphi \cdot M \quad (8)$$

– po pravcu:

$$Eyt_p = E\beta \cdot 0,001 \cdot Dg \quad (9)$$

Središnje greške tablica gađanja Etg ($Extg$, $Eytg$) zavise od:

– središnje greške tabličnih uglova datih u tablici gađanja Ey_{der} ;

– središnje greške tabličnih popravki po pravcu datih u tablicama gađanja Ey_{Wy} ;

– der – brojne vrednosti derivacije, očitane iz tablica gađanja prema daljini gađanja;

– pWy – brojne vrednosti popravke pravca zbog uticaja bočnog vetra, očitane iz tablica gađanja prema daljini gađanja;

– EWy – središnje greške tabličnih popravki po pravcu, $EWy \approx 5 = \text{const}$.

Veličine sumarnih središnjih grešaka tablica gađanja izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Ext_g = 0,003 \cdot DtC \quad (10)$$

– po pravcu:

$$Eyt_g = \sqrt{(0,001 \cdot Dg)^2 \cdot \left[(0,05 \cdot der)^2 + 2,2(0,05 \cdot Wy)^2 \cdot EWy^2 \right]} \quad (11)$$

Središnje greške zaokruživanja elemenata Ez (Exz , Eyz) zavise od:

– središnje greške zaokruživanja elemenata po daljini (Exz) i po pravcu (Eyz).

Veličine sumarnih središnjih grešaka zaokruživanja elemenata mogu se izračunati po formulama:

– po daljini:

$$Exz = 0,2 \cdot M \quad (12)$$

– po pravcu:

$$Eyz = 0,2 \cdot 0,001 \cdot DtC \quad (13)$$

Središnje greške obrade podataka Eop ($Exop$, $Eyop$)

Tačnost početnih elemenata u neposrednoj je zavisnosti od načina, tj. sredstava koja se koriste za obradu podataka. Metodologija rada računarskih odeljenja na određivanju početnih elemenata propisana je „Uputstvom za rad računarskih odeljenja u artiljeriji“, navedenim uputstvom propisani su i načini obrade podataka, i to:

1. računski – korišćenjem PC ili drugih tipova računara (ne primenjuje se u trupnoj praksi, jer je još uvek u fazi razvoja) ili – korišćenjem kalkulatora (digitrona) opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca artiljerijskog pravila gađanja.

2. grafički – korišćenjem pribora za upravljanje vatrom (PUV-M56) ili – pomoću snopara i topografske karte razmere 1:25 000 i krupnije, a izuzetno razmere 1:50 000.

Veličine sumarnih središnjih grešaka obrade podataka mogu se izračunati po formulama:

1. računski:

a) korišćenjem PC ili drugih tipova računara:

– po daljini i pravcu:

$$Exop = Eyop = 0 \quad (14)$$

b) korišćenjem kalkulatora (digitrona) opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca artiljerijskog pravila gađanja (APG):

– po daljini i pravcu:

$$Exop = Eyop = 0,001 \cdot DtC \quad (15)$$

2. grafički:

a) korišćenjem pribora za upravljanje vatrom (PUV-M56):

– po daljini:

$$Exop = \sqrt{E^2 xntpl_{VP} + E^2 xntpl_O + E^2 xntpl_C + E^2 xteg} \quad (16)$$

gde je:

$Exop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po daljini;

$E^2 xntp_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata vatrenog položaja (VP) na planšet;u;

$E^2 xntp_O$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata osmatračnice (O) na planšet;u;

$E^2 xntp_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata cilja (C) na planšet;u;

$E^2 xteg$ – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja topografskih elemenata (grafički) sa planšete.

– po pravcu:

$$Eyop = \sqrt{E^2 yntpl_{VP} + E^2 yntpl_O + \sqrt{E^2 yntpl_C + E^2 ntpl_{OP-PTU} + E^2 yteg}} \quad (17)$$

gde je:

$Eyop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po pravcu;

$E^2 yntp_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (VP) na planšet;u;

$E^2 yntp_O$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (O) na planšet;u;

$E^2 yntp_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja koordinata (C) na planšet;u;

$E^2 yntp_{OP-PTU}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenja osnovnog pravca-pokazivača topografskog uglomera (OP-PTU) na planšet;u;

$E^2 yteg$ – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja topografskih elemenata (grafički) sa planšete.

b) pomoću snopara i topografske karte različite razmere:

– po daljini:

$$Exop = \sqrt{E^2 xnts_{VP} + E^2 xnts_C + E^2 xops} \quad (18)$$

gde je:

$Exop$ – sumarna središnja greška obrade podataka po daljini;

$E^2 xnts_{VP}$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) vatrenog položaja (VP) na snopar-kartu;

$E^2 xnts_C$ – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) cilja (C) na snopar-kartu;

E^2xops – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja podataka (topografskih elemenata) sa snopara-karte.

– po pravcu:

$$E_{yop} = \sqrt{E^2ynts_{vp} + E^2ynts_c + E^2yops} \quad (19)$$

gde je:

E_{yop} – sumarna središnja greška obrade podataka po pravcu;

E^2ynts_{vp} – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) vatre-nog položaja (VP) na snopar-kartu;

– E^2ynts_c – kvadrat sumarne središnje greške nanošenje mesta (koordinata) cilja (C) na snopar-kartu;

– E^2yops – kvadrat sumarne središnje greške očitavanja podataka (topografskih elemenata) sa snopara-karte.

Sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata Es (Exs, Eys)

Nakon izvršene deskripcije i analize nezavisnih izvora grešaka, veličine sumarnih središnjih slučajnih grešaka potpune pripreme početnih elemenata mogu biti predstavljene kao sume središnjih nezavisnih grešaka. Pošto se ove greške potčinjavaju normalnom (Gausovom) zakonu raspodele, veličine sumarnih središnjih grešaka, koje karakterišu tačnost potpune pripreme početnih elemenata, izračunavaju se po formulama:

– po daljini:

$$Exs = \sqrt{E^2xc + E^2xtgr + E^2xb + E^2xm +} \\ + \sqrt{E^2xtp + E^2xtg + E^2xz + E^2xop} \quad (20)$$

– po pravcu:

$$E_{ys} = \sqrt{E^2yc + E^2ytgr + E^2ym +} \\ + \sqrt{E^2ytp + E^2ytg + E^2yz + E^2yop} \quad (21)$$

Težinski koeficijent izvora grešaka gi (gxi, gyi)

Radi povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata potrebno je odrediti stepen uticaja raznih nezavisnih izvora grešaka na sumarnu grešku potpune pripreme. Ako je udeo greške i-tog izvora u sumarnoj grešci mali, razumljivo je da usavršavanje metoda određivanja podataka i-te greške ne može da dovede do bitnijeg povećanja tačnosti potpune pripreme. Udeo greške svakog izvora određuje se kao odnos kvadrata središnjih izvora grešaka (E_{xi} , E_{yi}) prema kvadratu sumarne središnje greške potpune pripreme (E_{xs} , E_{ys}). Ova-ko određena veličina zove se težinski koeficijent izvora grešaka i izračunava se po formulama:

– po daljini:

$$g_{xi} = \frac{E^2xi}{E^2xs} \quad (22)$$

– po pravcu:

$$g_{yi} = \frac{E^2yi}{E^2ys} \quad (23)$$

Radi upoređenja izračunatih vrednosti sumarnih središnjih grešaka sa deklarisanom tačnošću metoda potpune pripreme početnih elemenata (tabela 1) potrebno je E_{xs} izraziti u % DtC, a E_{ys} u 0–00 po formulama:

– po daljini:

$$Exs (\%DtC) = Exs : DtC(m) \quad (24)$$

– po pravcu:

$$Eys (0-00) = Eys : DtC(km) \quad (25)$$

Softversko rešenje

Prikazani matematički model za izračunavanje tačnosti potpune pripreme veoma je neprikladan za ručnu obradu i zbog toga je sačinjen program za izračunavanje veličina i težinskih koeficijenata grešaka metoda potpune pripreme početnih elemenata za posredno gađanje. Program ima radni naslov „Greške pripreme početnih elemenata – GPPE“, urađen je u programskom jeziku Visual Basic 6 [12], i u potpunosti omogućava automatizaciju rešavanja problema. Sve korišćene promenljive u programu precizno su određene pri definisanju navedenih jednačina i kao takve (tekstualno i simbolički) prikazane su u svim podmodulima programa, radi lakšeg korišćenja programa.

Korisnik programa GPPE unosi neophodne podatke za određivanje središnjih grešaka, a program Microsoft Excel [13] omogućava snimanje u datoteku unetih polaznih podataka i izračunatih veličina i težinskih koeficijenata grešaka metoda pripreme početnih elemenata, čime se znatno olakšava tabelarna i grafička interpretacija podataka. Na osnovu rezultata proračuna moguće je izvršiti i uporednu analizu tačnosti metoda pripreme (zavisno od primenjenih sredstava i njihove tačnosti) u okviru jednog artiljerijskog oruđa za istu ili različitu vrstu municije, punjenja i daljine gađanja, kao i za različita artiljerijska oruđa municiju,

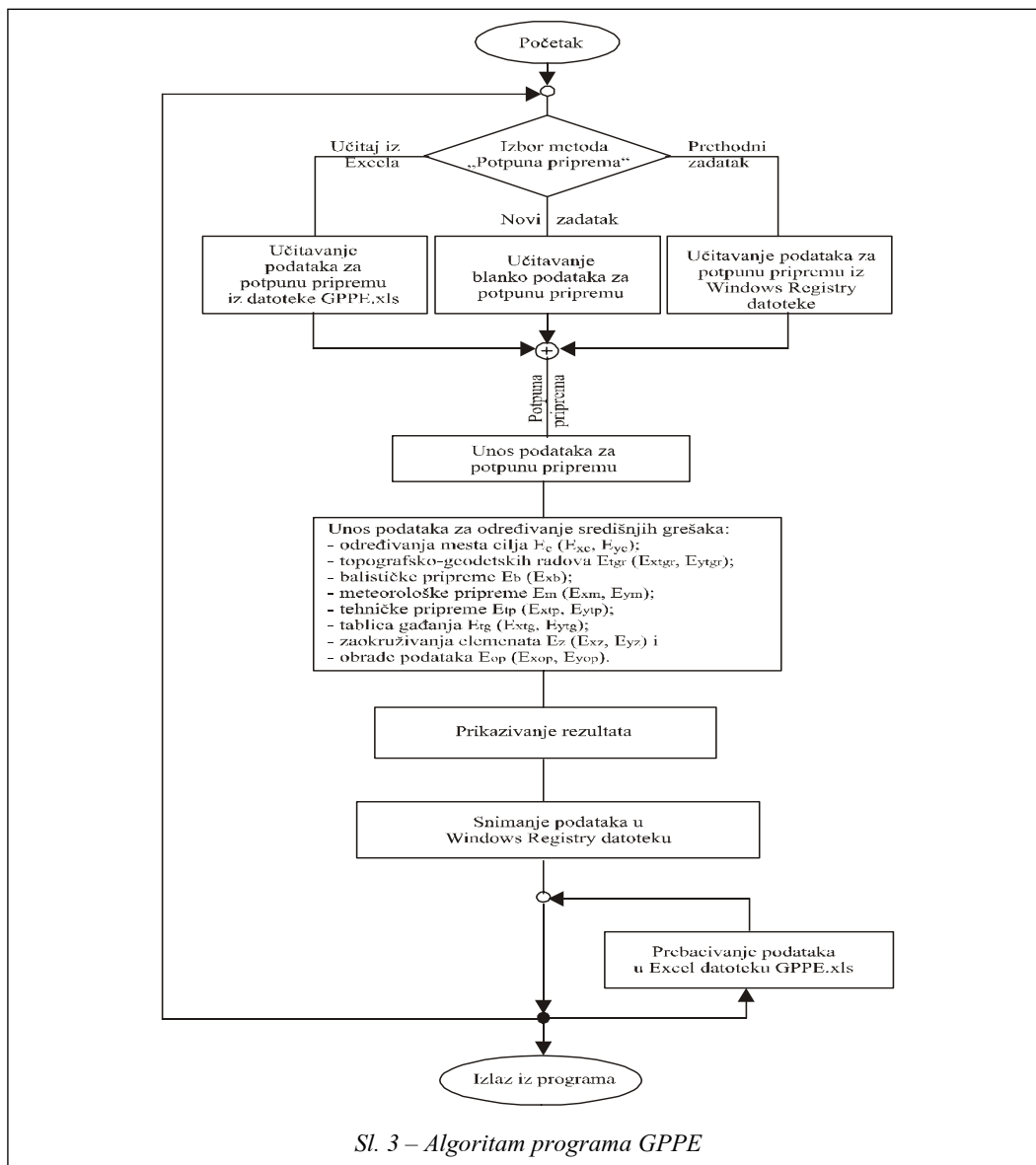
punjenja i daljine gađanja, čime se dobijaju relevantni pokazatelji uticaja tačnosti metoda pripreme.

Postojeći ili novoformirani podaci omogućuju detaljnu analizu uticaja svakog nezavisnog izvora grešaka (sredstva) i samim tim predstavlja jedan od validnih činilaca koji taktičkom nosiocu daje smerice za izradu novih ili nabavke na tržištu savremenih sredstava za prikupljanje i obradu podataka koja treba da se ugrade, ili se planira njihova ugradnja, u organizaciono-mobilizacionu strukturu artiljerijsko-raketnih jedinica za podršku (npr. sistem SUV za samohodnu top-haubicu NORA B-52, kalibra 155 mm, itd.).

Računarski program moguće je veoma jednostavno instalirati i koristiti na bilo kom personalnom računaru minimalne konfiguracije Pentium I.

Algoritam programa „Greške pripreme početnih elemenata – GPPE“, prikazan je na slici 3. Sadržaj i struktura programa definisani su (1) formama: GPPE.frm, IzbMetoda.frm, PodPotpuna.frm, SrGrCilj.frm, SrGrVP.frm, SrGrBalPP.frm, SrGrBalSP.frm, SrGrMeteoPP.frm, SrGrMeteoSP.frm, SrGrOstali.frm, GrObrPod.frm, RezX.frm, RezY.frm, ProstaPriprema.frm i Ucitaj.frm; (2) modulima: ExcelInOut.bas i UlPod.bas; i (3) kontrolama: Tabela1.ctl, Tabela2a.ctl, Tabela2b.ctl i Tabela3.ctl.

Izborom jedne od opcija (prethodne ili sledeće) na svakoj formi (osim forme ProstaPriprema.frm i Ucitaj.frm) moguće je u toku rada programa vršiti ispravke ili prepravke ulaznih podataka potrebnih za izvršenje proračuna tačnosti. Izborom opcije (izlaz) na svakoj formi moguće je izvršiti prekid rada programa, nakon čega se korisniku pruža mogućnost upisa prethodnog dela ili kompletnog proračuna.



Numerički primer

Treba izračunati veličine i težinske koeficijente nezavisnih izvora grešaka i sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata za konkretne uslove gađanja.

Gađanje izvodi jedno (osnovno) oruđe – top 130 mm M46, popunjeno po for-

maciji 100%, sa vrlo dobro obučanim i uvežbanim ljudstvom. Posredno gađanje izvodi se donjom grupom uglova (DGU).

Mesto vatrenog položaja određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi pomoću teodolita. Azimut gađanja cilja (AzGC) iznosi 30-00 u podeli 1/60-00. Visina vatrenog položaja (zVP) određena

je sa topografske karte razmere 1:25 000, a nagib zemljišta u rejonu vatrenog položaja (nzVP) je 15°. Provera orijentisanosti oruđa izvršena je pomoću artiljerijske busole korišćenjem magnetne igle i radne popravke busole.

Municiju čini dvodelni metak sa trenutno-fugasnim projektilom M79 i upaljačem UTIU, M72 a punjenje je puno.

Mesto osmatračnice komandira topovske baterije određeno je na topografsko-geodetskoj osnovi artiljerijskom busolom. Rukovanje i upravljanje vatrom, za potrebe dejstva po C-1, obavlja komandir baterije sa svoje osmatračnice.

Podaci o cilju:

– C-1: neprijatelj artiljerijski vod neoklopljenih oruđa van zaklona (tablični cilj 4D);

– dimezije C-1: front 150 m a dubina 100 m, azimut fronta cilja (AzF) iznosi 15–00;

– mesto cilja određeno je polarnim načinom laserskim daljinomerom;

– azimut osmatranja cilja (AzOC) je 26–00 a daljina osmatranja cilja (DOsC) je 2500 m;

– topografska daljina do cilja DtC = 25 000 m;

– visina cilja (zC) određena je sa topografske karte razmere 1: 25 000, a nagib zemljišta u rejonu cilja (nzC) je 6°.

Meteorološki uslovi gađanja dobijeni su na osnovu meteorološkog biltena „meteo-srednji“ sa artiljerijske meteorološke stanice (AMS). Balistički uslovi gađanja određeni su na osnovu sledećih merenja:

– odstupanja početne brzine projektila za svako oruđe u bateriji izmerena su radarom za merenje početne brzine projektila i upisana u tehničke knjižice oruđa;

– temperature barutnog punjenja $t^{\circ}b = +15^{\circ}C$,

– projektila normalnog oblika, mase i težišta.

Računačko odeljenje obrađuje podatke korišćenjem kalkulatora opšte namene uz popunjavanje propisanih obrazaca APG.

Proračun tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja, korišćenjem programa GGPE, izvršen je prema uslovima gađanja iz numeričkog primera, uz napomenu da su dopunski uslovi gađanja definisani i prikazani u tabeli 3, a brojevi podaci preuzeti su iz „Tablica gađanja za top 130 mm M46“, SSNO, GŠ JNA, UA-156/2, VIZ, Beograd, 1984.

Tabela 3

Dopunski uslovi gađanja za proračun tačnosti potpune pripreme

| Oruđe | Vrsta projektila i upaljača | Punjenje | Daljina gađanja (m) | | Početna brzina projektila V_0 (m/s) | Masa (kg) | |
|----------------|-------------------------------------|----------|---------------------|--------|---------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| | | | min. | max. | | projektila sa upaljačem | jedna oznaka mase projektila (1 omp) |
| Top 130 mm M46 | TFP M79 UTIU M72 i BU-130-M83 | puno | 6000 | 27 481 | 930 | 33,4 | 0,2225 |
| | | 1 | | 22 477 | 810 | | |
| | | 2 | | 19 163 | 705 | | |
| | | 3 | | 16 400 | 621 | | |
| | | 4 | | 13 399 | 525 | | |

Tačnost pripreme početnih elemenata izražena je bročanim vrednostima veličina pojedinačnih izvora nezavisnih grešaka i sumarnih središnjih grešaka potpune pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu. Stepen uticaja tačnosti pojedinačnog izvora nezavisnih grešaka na sumarne središnje greške potpune pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu izražen je bročanim vrednostima težinskih koeficijenata izvora nezavisnih grešaka. Pojedinačni i uporedni rezultati tačnosti potpune pripreme početnih elemenata prikazani su tabelarno u funkciji verovatnog skretanja po daljini i pravcu, a grafički u funkciji daljine gađanja (po daljini i pravcu), a težinski koeficijenti izvora grešaka prikazani su tabelarno i grafički u funkciji daljine gađanja.

Detaljan, potpun i upoređan prikaz rezultata tačnosti potpune pripreme početnih elemenata, za sva punjenja i navedene daljine gađanja, zbog obimnosti nisu prikazani u ovom radu, već su izdvojeni samo sledeći:

- uporedni pregled rezultata tačnosti potpune pripreme početnih elemenata izraženi u verovatnim skretanjima po daljini (Vd) i procentima daljine do cilja (%DtC) i međusobne zavisnosti tačnosti od daljine gađanja i punjenja (za top 130 mm M46; TF projektil M79 sa upaljačem UTIU M72, punjenje: puno do 4 na daljinama od 6000 do 27481 m) – tabela 4; na identičan način moguće je prikazati uporedni pregled rezultata tačnosti potpune pripreme po pravcu;

- zavisnost veličina sumarnih središnjih grešaka (Eys) potpune pripreme početnih elemenata po pravcu od daljine gađanja i punjenja za T 130 mm M46

preuzetih iz baze podataka u Excelu – grafikom; na identičan način, na osnovu podataka iz tabele 4, moguće je grafički prikazati veličine sumarnih središnjih grešaka po daljini.

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da je tačnost pripreme početnih elemenata (izračunata za uslove gađanja date u primeru) u deklarisanim, tj. dozvoljenim granicama metoda potpune pripreme (tabela 1), čime su obezbeđeni uslovi da se odmah može preći (bez korekture) na grupno gađanje cilja.

Ovakav zaključak, donesen na osnovu deklarisanе tačnosti kontradiktoran je, nelogičan i u suprotnosti sa matematičkim osnovama verovatnoće pogađanja, jer bi neposredno izvršenje grupnog gađanja bez prethodne korekture po cilju bilo neefikasno i neekonomično zbog sledećeg:

- na osnovu uslova iz primera, izračunate veličine sumarnih središnjih grešaka ($E_x = 174,83$ m i $E_y = 101,69$ m) veće su od dimenzija gađanog cilja (C-1: front 150 m i dubina 100 m), a samim tim dovodi se u pitanje verovatnoća pogađanja cilja;

- polazeći od činjenice da veličina rejonu mogućeg položaja cilja (RMPC) po daljini (pravcu), po završenoj pripremi početnih elemenata, iznosi osam središnjih grešaka po daljini ($8E_x$) i po pravcu ($8E_y$) dotične pripreme početnih elemenata, tj. po daljini ($\pm 4E_x$) i po pravcu (levo i desno $4E_y$) u odnosu na tačku za koju su određeni početni elementi, zaključuje se da je rejon izuzetno velik, tj. osam puta je veći od dimenzija cilja;

– gađanje C-1 karakteriše slika rasturanja pogodaka sa svojim poluosama $V_d = 72$ m i $V_p = 9,0$ m, a izračunate veličine sumarnih središnjih grešaka izražene u tabličnim verovatnim skretanjima su $E_{xs} = 174,83$ m $= 2,43V_d$ i $E_{ys} = 101,69$ m $= 11,3V_p$, što navodi na zaključak da će sa velikom verovatnoćom pojas bolje polovine pogodaka pasti van cilja, tj. da je verovatnoća pogađanja cilja manja od 50%. Analogno tome, zbog male verovatnoće pogađanja, gađanju C-1 treba da prethodi korektura, a ne grupno gađanje, jer bi ono bilo neefikasno i nerentabilno;

– izračunata tačnost početnih elemenata potpune pripreme odnosi se na pretpostavku da se cilj gađa samo osnovnim oruđem, a pošto se grupno gađanje (načelno) izvodi baterijom od šest oruđa, na osnovu poznavanja zakona i karakteristika rasturanja, zna se da se zbog preostalih neujednačenosti slika rasturanja pogodaka (složena slika rasturanja) povećava po pravcu i daljini za 1,5 do 3 puta u odnosu na prostu sliku rasturanja dobijenu gađanjem iz jednog oruđa, čime se verovatnoća pogađanja C-1 još drastičnije smanjuje;

– pored navedenog, diskutabilno je i pitanje uticaja izračunate tačnosti potpune pripreme početnih elemenata na verovatnoću pogađanja, veličine granica zone sigurnosti i na utrošak projektila potreban za neutralisanje cilja.

Najveći uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata po daljini i pravcu imaju greške u određivanju meteoroloških popravki. Radi njihovog smanjenja potrebno je artiljerijsku meteorološku stanicu približiti što bliže vatrenom položaju baterije, češće i na precizniji način (tačni-

jim instrumentima) vršiti meteorološka merenja, a podatke pravovremeno dostavljati artiljerijskim jedinicama. Realne mogućnosti artiljerijskih meteoroloških jedinica, zbog njihove malobrojnosti u odnosu na broj artiljerijskih jedinica i tehničke dotrajalosti i zastarelosti sredstava i opreme kojima vrše merenja, navode na zaključak da artiljerijske jedinice ne mogu bitnije da utiču na povećanje tačnosti pripreme početnih elemenata.

Pored grešaka u određivanju meteoroloških popravki, uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata po daljini imaju greške u određivanju balističkih popravki a po pravcu greške topografsko-geodetskih radova. Radi smanjenja negativnog uticaja grešaka u određivanju balističkih popravki neophodno je izvršiti određivanje odstupanja početne brzine za svako artiljerijsko oruđe najtačnijim načinom i najpreciznijim instrumentima, a zatim izvršiti sistematizaciju oruđa po rastućem ili opadajućem nizu u okviru kalibra i osnovnih jedinica.

Za smanjenja negativnog uticaja grešaka topografsko-geodetskih radova važe izneti stavovi u obrazloženju o otklanjanju negativnog uticaja grešaka u određivanju meteoroloških popravki.

Sledeći negativan uticaj na tačnost pripreme početnih elemenata ispoljavaju greške obrade podataka. Nemogućnost otklanjanja negativnog uticaja grešaka obrade podataka na tačnost početnih elemenata ogleđa se, pre svega, u činjenici da su postojeća formacijska sredstva za obradu podataka zastarela i da je uvođenje sredstava za automatsku obradu podataka u artiljerijske jedinice u stalnoj fazi „razvoja“.

Zaključak

Problemu uticaja tačnosti pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre u našoj vojnostručnoj literaturi i trupnoj praksi ne poklanja se adekvatna pažnja. Ovakav odnos rezultirao je znatnim zaostajanjem razvoja teorije i prakse rešavanja navedenog problema.

U ovom radu izvršena je kritička analiza deklarisanosti tačnosti potpune pripreme početnih elemenata. Na osnovu dobijenih rezultata došlo se do zaključka da ona nije potpuno tačna, a nadležnom taktičkom nosiocu dati su na razmatranje odgovarajući zaključci i predlozi. U celini je doradena postojeća metodologija proračuna tačnosti, i izvršen je validan proračun uticaja tačnosti potpune pripreme početnih elemenata posrednog gađanja na preciznost artiljerijske vatre.

Ponudeno programsko rešenje u potpunosti automatizuje proces izračunavanja tačnosti potpune pripreme, a kroz naknadnu doradu isto će se omogućiti i za skraćenu i prostu pripremu početnih elemenata. Program je otvorenog tipa i omogućuje se njegova stalna dogradnja, nezavisno od razvoja sredstava za prikupljanje i obradu podataka koja se koriste ili će se koristiti u artiljerijskim jedinicama.

Zbog male tačnosti pripreme početnih elemenata, u tablicama gađanja svakog artiljerijskog oruđa (u zavisnosti od punjenja) treba definisati i propisati minimalne daljine i krajnje efikasne domete ispod (preko) kojih nije rentabilno vršiti gađanje određenom vrstom projektila.

Prikazani zaključci u vezi s uticajem tačnosti potpune i skraćene pripreme po-

četnih elemenata ukazuju na činjenicu da je neophodno: definisati i propisati kriterijume tačnosti i preciznosti i nakon njihovog usvajanja, menjati propisanu deklarisanu tačnost (tabela 1) pripreme početnih elemenata.

Tačnost pripreme početnih elemenata ima izuzetno veliki uticaj na preciznost, njihova međuzavisnost je veoma velika i zajedno sa dimenzijama cilja predstavljaju najbitnije činioce koji direktno utiču na efikasnost artiljerijske vatre.

Predlaže se da se definišu i propišu sledeći kriterijumi:

- tačnost – udaljenost srednjeg pogotka od centra cilja (tačke za koju su određeni početni elementi) ne sme biti veća od $1V_d \cdot 1V_p$ tablične slike rasturanja koja odgovara daljini za koju su izračunati početni elementi;

- preciznost – najmanje 75% pogodaka mora pasti u prostoriju dimenzija $2V_d \cdot 2V_p$ tablične slike rasturanja koja odgovara daljini za koju su izračunati početni elementi čiji se centar poklapa sa centrom cilja (tačkom za koju su određeni početni elementi).

Radi otklanjanja uočenih propusta, kontradiktornosti između deklarisanosti stvarne tačnosti pripreme početnih elemenata, i povećanja tačnosti pripreme početnih elemenata, predlaže se:

- razmotriti i usvojiti u radu definisane kriterijume tačnosti i preciznosti, a zatim ih ugraditi u važeća artiljerijska pravila i uputstva kao pravilske odredbe;

- umesto postojeće deklarisanosti tačnosti svakog metoda pripreme početnih elemenata (tabela 1), koji se odnosio na klasičnu i raketnu artiljeriju i sve vrste projektila, usvojiti „novu“ tačnost (tabela 5), u kojoj tačnost svakog metoda pripre-

me početnih elemenata i dalje treba prikazivati kroz veličine središnjih grešaka po daljini (E_x) i pravcu (E_y), a izražavati ih kroz verovatna skretanja po daljini (V_d) i pravcu (V_p). Ponuđena tačnost odnosila bi se isključivo na artiljerijska oruđa vatrene podrške koja za izvršenje vatrenih zadataka koriste klasične projektele;

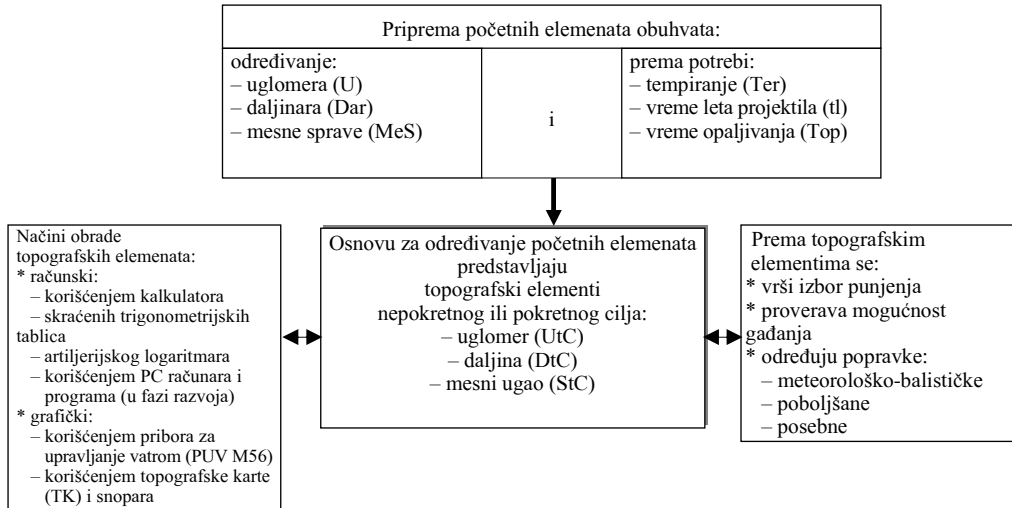
Tabela 5
„Nova“ tačnost metoda pripreme početnih elemenata

| Metod pripreme početnih elemenata | Središnje greške | |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | po daljini E_x u V_d | po pravcu E_y u V_p |
| potpuna priprema | 0 - 1 | 0 - 4 |
| skraćena priprema | 1,1 - 2 | 4,1 - 6 |
| prosta priprema | 2,1 - 4 | 6,1 - 8 |

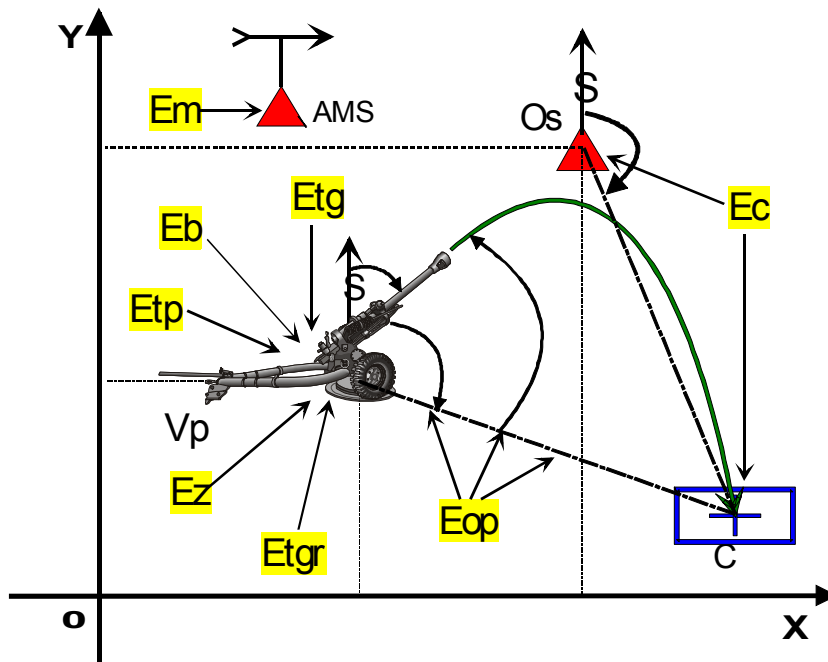
– nakon razmatranja i usvajanja „nove“ tačnosti metoda pripreme početnih elemenata, ugraditi je u važeća artiljerijska pravila i uputstva kroz pravilske odredbe.

Literatura:

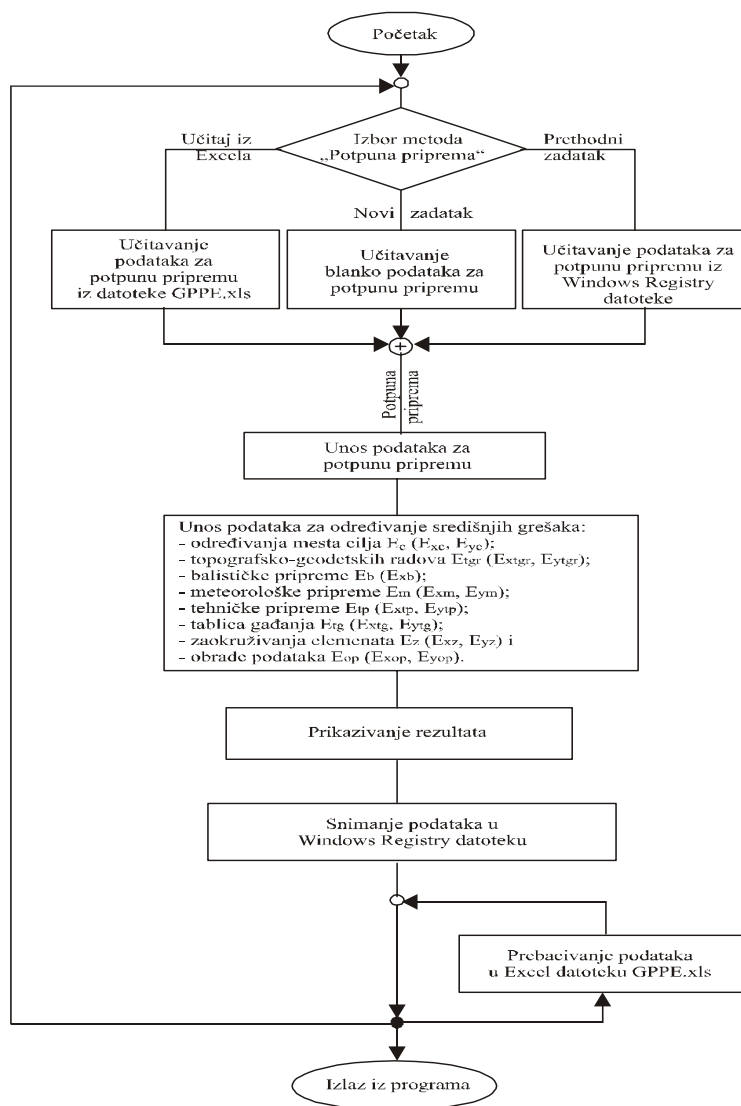
- [1] УЧЕБНИК по стрельбе наземной артиллерии (книга треча), Военное издательство Министерства Обороны СССР, Москва, 1962.
- [2] Živanov, Ž.: Teorija gađanja – udžbenik za vojne škole (smer artiljerije) i artiljerijske jedinice, SSNO, GŠ JNA, UA-216, VIZ, Beograd, 1979.
- [3] Artiljerijsko pravilo gađanja, GŠ OS SFRJ, ZNGŠ JNA za KoV, UA-2-1, VIZ, Beograd, 1991.
- [4] Kokelj, T.: Izmjena i dopuna Artiljerijskog pravila gađanja, GŠ VJ Sektor KoV UA, stupilo na snagu za sve artiljerijske jedinice u VJ od 01.01. 1998.
- [5] Objašnjenje uz artiljerijsko pravilo gađanja, GŠ OS SFRJ, ZNGŠ JNA za KoV, UA-21-1, VINC, Beograd, 1991.
- [6] Petrović, D.: Uputstvo za rad računarskih odeljenja u artiljeriji, GŠ VJ, Sektor KoV, UA-179-1, NIU Vojska, Beograd, 1998.
- [7] Uputstvo za rad na vatrenom položaju artiljerijskih jedinica, GŠ JNA, ZNGŠ JNA za KoV, UA-22-1, VIZ, Beograd, 1983.
- [8] Kokelj, T.: Zbirka rešenih zadataka iz teorije artiljerijskog gađanja, GŠ VJ, Sektor KoV, UA-225, VIZ, Beograd, 1999.
- [9] Viličić J.; Gajić, M.: Balistika (udžbenik za VA KoV – smer artiljerije i artiljerijske jedinice), SSNO, UA-214, VIZ, Beograd, 1979.
- [10] Kokelj, T.: Teorija artiljerijskog gađanja – zbirka rešenih zadataka (skripta), AŠC-3, VŠ Kruševac, AŠC Kragujevac 1997.
- [11] Tablice gađanja za Top 130 mm M46, SSNO, GŠ JNA, UA-156/2, VIZ, Beograd, 1984.
- [12] Smith, E. A.; Whisler, V.; Marquis, H.: Visual Basic 6 Biblija, Mikro knjiga, Beograd, 1999.
- [13] Chester, T.; Alden, R. H.: Excel 97, Mikro knjiga, Beograd, 1996.



Sl. 1 – Sadržaj pripreme početnih elemenata

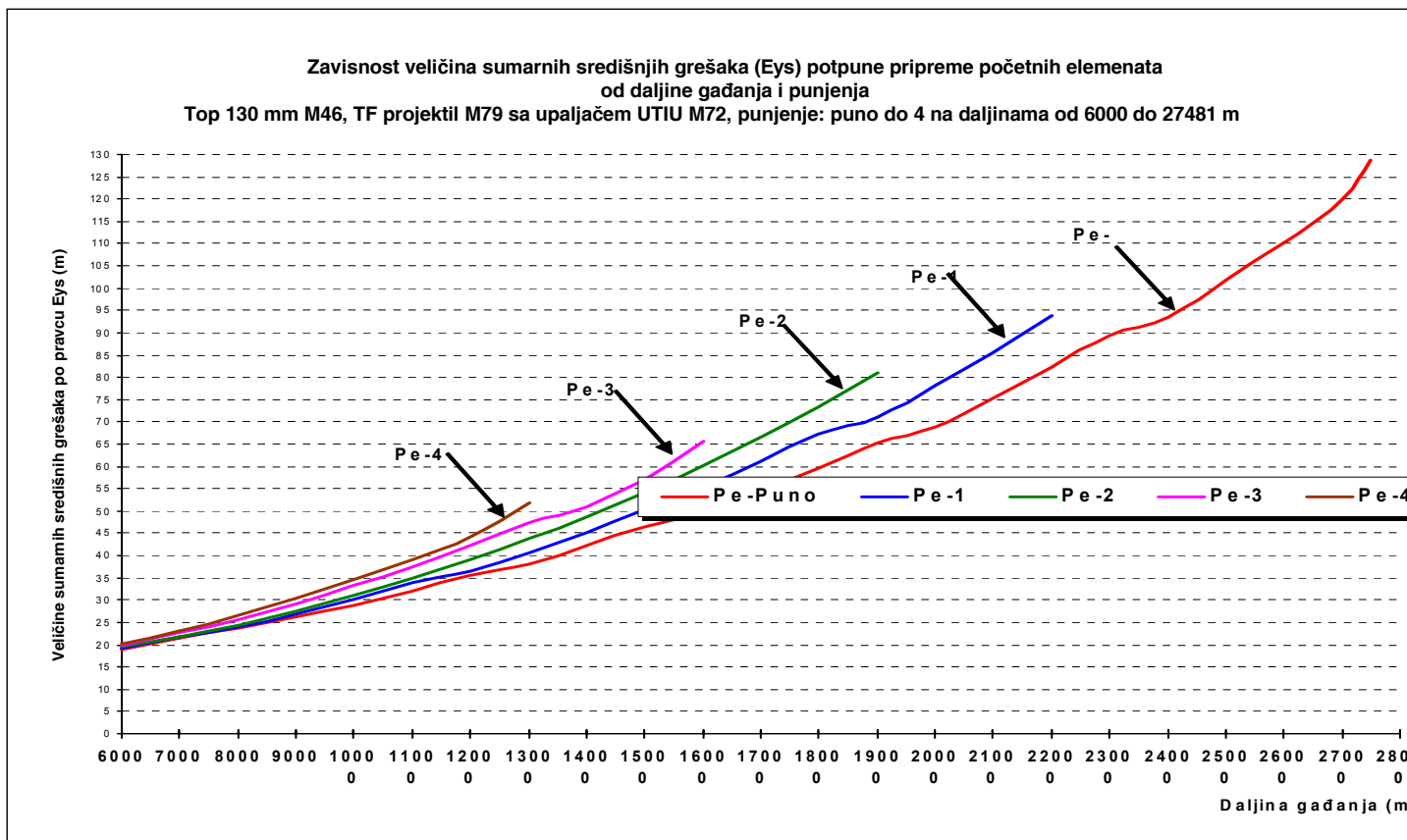


Sl. 2 – Uticaj nezavisnih izvora grešaka u potpunoj pripremi na tačnost artiljerijskog posrednog gadanja



Sl. 3 – Algoritam programa GPPE

Grafikon



Dr Radun Jeremić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd
mr Luka Grbović,
pukovnik, dipl. inž.
Tehnička uprava GŠ VSCG,
Beograd

EKSPLOZIVNE MATERIJE ZA NEOSETLJIVA UBOJNA SREDSTVA

UDC: 662.1/4

Rezime:

U skladu sa sve strožim zahtevima za očuvanje životne sredine i većom bezbednošću, tendencije u razvoju savremenih ubojnih sredstava (UbS), pored povećanja pouzdanosti i efikasnosti, usmerene su i na povećanje sigurnosti pri njihovoj proizvodnji, skladištenju, manipulaciji i upotrebi. Na taj način dobijena je nova kategorija UbS, tzv. neosetljiva UbS, kod kojih je verovatnoća neželjenog aktiviranja pod dejstvom spoljnih impulsa svedena na minimum. Suština rešavanja ovog problema je primena eksplozivnih materija koje su mnogo manje osetljive na spoljne uticaje u odnosu na standardne. Osnovni zahtev koji se pri tome postavlja je da taktičko-tehničke karakteristike ostanu na nivou ili budu bolje u odnosu na postojeća UbS. U radu je ukratko objašnjen koncept razvoja neosetljivih UbS i dat pregled najznačajnijih rezultata istraživanja u oblasti eksplozivnih materija koje zadovoljavaju zahteve za primenu u neosetljivim UbS.

Ključne reči: neosetljiva UbS, neosetljivi baruti, neosetljivi eksplozivi, neosetljiva raketna goriva.

EXPLOSIVE SUBSTANCES FOR INSENSITIVE MUNITIONS

Summary:

According to severe environment protection and safety requirements, tendencies in development of modern munitions, besides of increasing reliability and efficiency, are directed to decreasing of danger during their processing, storing, handling and operating. In that manner the new category of munitions has been obtained, named insensitive munitions, with a minimum probability of unplanned activating. The best method for solving this problem is using of explosive substances that are more insensitive according to standard ones. The main requirement is the tactical and technical characteristics stay at the level or to be better according to the existing munitions. In this paper the developing concept of insensitive munitions is shortly explained and presented a review of most important research results of explosive materials that fulfill requirements for applying in insensitive munitions.

Key words: insensitive munitions, insensitive explosives, insensitive rocket propellants, insensitive gun propellants.

Uvod

Neosetljiva ubojna sredstva (ili UbS malog rizika, neranjiva UbS), definišu se kao sredstva koja pouzdano ostvaruju svoje projektovane performanse, ali kod kojih je verovatnoća aktiviranja pod dej-

stvom različitih neplaniranih spoljnih impulsa svedena na minimum [1]. To je jedan od zahteva koji dobija sve veći značaj pri projektovanju i proizvodnji savremenih UbS. U svetu, a i kod nas, dešavali su se mnogi akcidenti sa katastrofalnim posledicama koji su posledica prevelike

osetljivosti UbS na udar i toplotu. Do njih može dolaziti u transportu, manipulaciji, rutinskim operacijama, usled terorističkih napada, a naročito u uslovima izvođenja borbenih dejstava kada su UbS (na nosačima i spremnicima municije u avionima, brodovima, tenkovima, oruđima vatrene podrške, itd.) izložena dejstvu neprijateljeve vatre.

Neosetljiva UbS ne smeju detonirati čak ni pri prostrelu zrna ili parčadi projektila, kao ni pod dejstvom toplotnog impulsa, pri čemu mogu sagorevati, ali bez prelaska u detonaciju. Na taj način povećava se pirotehnička bezbednost i omogućuje istovremeno pakovanje, manipulacija, skladištenje i transportovanje većeg broja UbS u odgovarajućim kontejnerima, što ima i pozitivan ekonomski efekat.

Ovom problemu u svetu se u poslednje vreme poklanja velika pažnja. Tako je u okviru NATO formiran informacioni centar za neosetljiva UbS – NI-MIC (NATO Insensitive Munitions Information Center) sa sedištem u Briselu [2] čiji je osnovni zadatak unapređenje tehnologije neosetljivih UbS.

Pri razvoju novih UbS i kod nas se kao jedan od osnovnih zahteva postavlja pitanje lične bezbednosti korisnika, što je u poslednje vreme posebno izraženo kod tromblonske municije i municije za potcevni bacač granata. Međutim, pristup u rešavanju ovog problema još uvek nije sistemski.

Aktivnosti Ujedinjenih nacija na klasifikaciji „neosetljivih brizantnih eksploziva“ u pogledu transportnih sigurnosnih zahteva pokazali su potrebu za izradom protokola za testove opasnosti koji će zadovoljiti veliki broj različitih sigurnosnih zahteva.

U tom smislu Ministarstvo odbrane SAD izdalo je jedinstven tehnički bilten u kojem je data procedura za klasifikaciju eksplozivnih materija i UbS u pogledu opasnosti [3].

U tabeli 1 prikazani su testovi i kriterijumi koje UbS moraju da zadovolje da bi bila kvalifikovana kao neosetljiva [4, 5].

Tabela 1
Testovi za neosetljiva UBS

| Vrsta testa | Uslovi ispitivanja | Kriterijum za prijem |
|-------------------|--|---|
| Brzi „cookoff“ | prema standardu gorivo: tečno ili drvo | bez intenzivnije reakcije od tipa V (sagorevanje) |
| Udar zrna | 1 do 3 tipa zrna 12,7 mm 850±60 m/s, 80±40 ms interval dejstva | bez intenzivnije reakcije od tipa V (sagorevanje) |
| Prenos detonacije | prema standardu | bez reakcije tipa I (detonacija) od bilo kog donora |
| Spori „cookoff“ | brzina grejanja 3,3 °C/h | bez intenzivnije reakcije od tipa V (sagorevanje) |
| Udar fragmenata | 12,7 mm čel. kocka (2530±90 m/s) | bez intenzivnije reakcije od tipa V (sagorevanje) |
| Kumulativni mlaz | 50 mm specijalni donor prema standardu | bez reakcije tipa I (detonacija) |

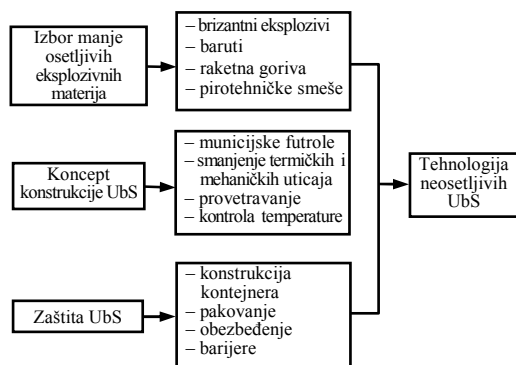
Reakcije UbS pri sprovođenju testova za neosetljivost rangirane su na sledeći način:

- tip V – sagorevanje,
- tip IV – deflagracija ili propulzija,
- tip III – eksplozija,
- tip II – delimična detonacija,
- tip I – detonacija.

Treba istaći da se, bez obzira na zadovoljenje kriterijuma navedenih testova, mogućnost neželjenog aktiviranja neosetljivih UbS ne može u potpunosti eliminisati.

Za ispitivanje ponašanja UbS zahvaćenih požarom primenjuje se metoda brzog grejanja (Fast Cookoff) [4]. Na osnovu ovakvih rezultata istraživanja može se vršiti optimizacija konstrukcije bojnih glava i raketnih motora, tako da u uslovima požara ne može doći do njihove detonacije.

Na slici 1 prikazan je opšti pristup razvoju neosetljivih UbS [6].



Sl. 1 – Opšti tehnički pristup razvoju neosetljivih UbS

Problem osvajanja neosetljivih UbS rešava se primenom manje osetljivih eksplozivnih materija, prilagođavanjem konstruktivnih karakteristika i dodatnom zaštitom.

Eksplozivne materije (eksplozivi, baruti i raketna goriva) osetljive su na toplotu i mehaničke uticaje (udar zrna streljačke municije, parčadi projektila, potresa i sl.), usled čega može doći do njihovog neželjenog aktiviranja, što može imati katastrofalne posledice.

Eksplozivne materije, kao osnovne komponente UbS, diktiraju i njihovu osetljivost na spoljne uticaje. Kako od primenjenih eksplozivnih materija zavise i performanse UbS, tehnologija, toksičnost, cena, itd., izbor eksplozivnih materija za konkretno UbS je složen proces.

Izbor eksplozivnih materija za neosetljiva UbS

Generalni princip pri osvajanju neosetljivih UbS je primena eksplozivnih materija koje su manje osetljive na spolj-

ne uticaje u odnosu na standardne, a da pri tome performanse UbS budu iste ili bolje u poređenju sa onima koje su laborisane standardnim eksplozivnim materijama. U poslednje vreme intenzivno se radi na osvajanju manje osetljivih eksploziva i eksplozivnih sastava, čvrstih raketnih goriva, kao i klasičnih baruta.

Čvrsta raketna goriva

Sigurnost raketnih motora, i njihovo pouzdano funkcionisanje, u najvećoj mери zavisi od primenjenog raketnog goriva, ali je pri tome bitna i propisna integracija svih komponenti raketnog motora (pogonsko punjenje, komora, lajner, inhibitor, termički izolator i dr.). Kritična komponenta je pogonsko punjenje, jer ono može reagovati nepredvidivo pod dejstvom spoljnih uticaja, a i u toku funkcionisanja raketnog motora (pojava eksplozije, odnosno detonacije).

Raketno gorivo kod raketnih projektila može činiti i do 80% eksplozivnog materijala u raketi. Sva goriva imaju određen nivo osetljivosti. Tendencije u razvoju raketnih goriva uvek su bile na poboljšanju energetskih karakteristika što je imalo za posledicu i povećanje njihove osetljivosti.

Prema dostupnim podacima [1] može se zaključiti da standardno metalizirano gorivo na bazi hidroksi-terminiranog polibutadiena i amonijumperhlorata (AP/HTPB) reaguje na mnoge impulse pri testiranju sa neprihvatljivim intenzitetom reakcija. Pored toga, kod nekih sastava, na osnovu „cookoff“ testova, zaključeno je da proces sagorevanja može preći u detonaciju. Takođe, kod goriva na bazi poliuretana i amonijumperhlorata

ta sa bakarhromitom, kao katalizatorom brzine sagorevanja, uočena je detonacija pri sporom „cookoff“ testu, čak i kada gorivo nije bilo zatvoreno.

Koncept razvoja neosetljivih UbS nalaže neophodnost redukovanja osetljivosti i nepredvidivih reakcija raketnih goriva bez umanjena energetske svojstava, što je vrlo složen problem. Postizanje potrebne energije i gustine goriva, uz zadovoljenje zahteva neosetljivih UbS, poseban je problem kod bezdimnih i nemetaliziranih goriva. Pored toga, pri osvajanju raketnih goriva za konkretni raketni motor prisutna su razna konstrukciona ograničenja, što dodatno usložava problem.

Može se smatrati da za raketni motor nema opasnosti od detonacije ako je zadovoljen bar jedan od sledećih uslova:

- gorivo ne može detonirati u motoru ako je prečnik pogonskog punjenja manji od kritičnog;

- mogući spoljni uticaji na pogonsko punjenje ne mogu da dostignu neophodan minimalni pritisak za inicijaciju detonacije;

- rastojanje od površine iniciranja do tačke u kojoj dolazi do potpunog razvoja detonacije veće je od dužine pogonskog punjenja.

Uprkos činjenici da je raketno gorivo samo jedan aspekt raketnog sistema, postoje specifične karakteristike koje se moraju identifikovati, a koje doprinose smanjenju osetljivosti UbS.

Prema karakteristikama raketnih goriva mogu se izdvojiti tri generalna pristupa smanjenju njihove osetljivosti [2]:

1. Promena čvrstoće, odnosno žilavosti goriva. Goriva sa dobrim deforma-

cionim osobinama (posebno na niskim temperaturama), koja dobro apsorbuju energiju i deformaciju sa minimalnim oštećenjima, mogu dobro podnositi i potrebe i udare.

2. Upravljanje raspodelom energije:

- smanjenje udela čvrste komponente. Uopšte, smanjenje ukupne čvrste faze (za ekvivalentan energetski nivo) poboljšava mehaničke karakteristike i smanjuje detonabilnost goriva. To se može postići: povećanjem gustine kristalnog oksidatora (razvoj novih oksidansa); primenom energetskog veziva koje omogućuje odgovarajuće smanjenje čvrste faze bez smanjenja ukupne energije; primenom aditiva visokih gustina radi održavanja ili povećanja zapreminskog impulsa uz smanjenje udela čvrste faze;

- kontrolisanje veličine i raspodele čestica – primena raspodele čestica koja je optimalna za kvašenje vezivom i za jačinu veza između čestica. Na primer, fino mlevenje nitramina smanjuje osetljivost na udar;

- primena manje osetljivih čvrstih komponenti (tj. smanjenje udela nitramina, smanjenje ili zamena balističkih modifikatora, smanjenje udela amonijumperlorata). To može uključiti i razvoj novih komponenti, upotrebu novih kombinacija postojećih komponenti raketnih goriva, kao što su energetski plastifikatori.

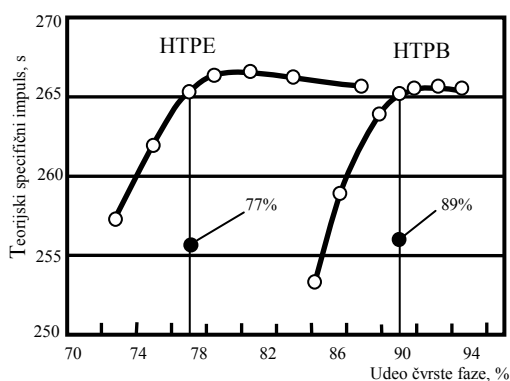
3. Razvoj goriva koja se mogu gasiti – goriva koja tinjaju ili se gasu na atmosferskom pritisku.

Kao rezultat primene ovog pristupa osvojeno je nekoliko novih raketnih goriva smanjene osetljivosti koja zadovoljavaju zahteve neosetljivih UbS. Međutim, podaci o istraživanjima i sastavima čvr-

stih raketnih goriva, proizvedenih prema zahtevima neosetljivih UbS, vrlo su restriktivni, pa će biti izneti samo neki osnovni podaci o gorivima na kojima je rađeno u poslednje vreme, a koja su zadovoljila propisane testove [7].

Hidroxi-terminirani polietar (HTPE) – vrsta raketnog goriva sa smanjenom količinom dima u produktima sagorevanja, na bazi hidroksi-terminiranog polietera (HTPE) kao veziva, testirana je na više vrsta raketnih motora različitih dimenzija i konfiguracija u poslednjih desetak godina. Ova goriva razvijena su kao manje osetljive zamene za HTPB/AP goriva koje se primenjuje u mnogim raketnim motorima taktičkih sistema.

Osnovni pristup je smanjenje udela čvrste faze što je postignuto primenom energetskog plastifikatora koji je kompatibilan sa HTPE polimerom. To omogućuje HTPE gorivu da ima isti ili veći specifični impuls u odnosu na odgovarajuće HTPB gorivo (slika 2).



Sl. 2 – Prednost HTPE goriva: redukovan udeo čvrste faze za isti nivo energije [7]

Osetljivost se dodatno smanjuje zamenom dela amonijumperhlorata sa sekundarnim oksidansom.

Performanse HTPE goriva su na nivou ili iznad HTPB goriva u pogledu specifičnog impulsa (Isp), brzine gorevanja, mehaničkih karakteristika, „pot lajfa“. U tabeli 2 dati su rezultati ispitivanja prema zahtevima neosetljivih UbS u poređenju sa rezultatima ispitivanja HTPB goriva [7].

Tabela 2
Poređenje rezultata ispitivanja osetljivosti HTPB i HTPE goriva

| Vrsta testa | Rezultati testa (Analogni RM od 10 inča) | |
|-----------------|--|-------------|
| | HTPB | HTPE |
| Spori „cookoff“ | eksplozija | sagorevanje |
| Brzi „cookoff“ | sagorevanje | sagorevanje |
| Udar zrna | deflagracija | sagorevanje |
| Udar fragmenata | eksplozija | gašenje |

Umrežena dvobazna goriva (XLDB) – vrsta raketnih goriva male osetljivosti na bazi umreženih dvobaznih goriva poznata kao „nitramiti“. Ovi sastavi bazirani su na energetskom vezivu (hidroksiterminirani polietar ili polietar plastifikovan pomoću nitroglicerina), punjeno nitraminima (HMX ili RDX). Varijanta sa minimalnom količinom dima ne sadrži AMP. Radi dodatnog smanjenja osetljivosti na udar razvijeni su sastavi sa smanjenom količinom nitramina koji sadrže manje osetljive energetske plastifikatore (trimetiletantrinitrat – TMETN i butantrioletrinitrat – BTTN umesto nitroglicerina). Iako su ovi sastavi slabo osetljivi na toplotne i mehaničke uticaje, zbog znatnog sadržaja nitramina relativno lako prihvataju detonaciju.

Goriva na bazi HTCE – aluminizirani sastavi sa smanjenom količinom dima na bazi blok-kopolimera politetrahidrofurana i polikaprolaktona, kao jeftinija alternativa za HTPE goriva.

Jedna verzija sadrži 10% amonijumnitrata kao sekundarnog oksidatora, a određena količina HTCE zamjenjena je polietrom. Ovo gorivo sadrži izvanredne proizvodne i mehaničke karakteristike sa istim nivoom energetske karakteristika.

Goriva na bazi polietilenglikola (PEG) – slabo aluminizirana goriva (5% Al) sa 65% nitramina, visokoenergetska, malodimna goriva, na bazi polietilenglikola kao veziva, plastifikovana sa mešavinom nitrata estera. Ovaj sastav zadovoljava testove za neosetljiva UbS (tabela 3) [7]. Isti sastav može se primeniti i kao neosetljivo eksplozivno punjenje ukazujući na trend energetske materijala prema karakteristikama između goriva i eksploziva.

Pored ovih, razvijeno je još nekoliko vrsta raketnih goriva smanjene osetljivosti, kao što su:

- bezdimna raketna goriva na bazi hidroksilamonijumnitrata (HAN) kao zamene za amonijumperhlorat [1];
- goriva na bazi nitrata estera-polietera (NEPE);
- goriva na bazi energetskog veziva, kao što je poliglicidilnitrat (GAP), energetskim plastifikatorima i amonijumnitratom kao oksidansom [7], itd.

na istraživanja komponenti koje bi mogle ući u sastav ovih goriva. Biće navedene samo neke od njih [8].

Oksidatori – u poslednje vreme najviše se radi na istraživanju sledećih oksidatora za raketna goriva: amonijumdinitrat (ADN), heksanitroformat (HNF) i CL-20. Ovi oksidatori mogu se primeniti i za goriva smanjene osetljivosti, a za razliku od amonijumperhlorata ne sadrže hlor, pa su pogodni i sa ekološkog aspekta.

Amonijumdinitrat (ADN), $\text{NH}_4\text{N}(\text{NO}_2)_2$, ima tendenciju da zameni amonijumperhlorat kao oksidator. Ima visok višak kiseonika, veliku brzinu gorenja i može se primeniti za goriva sa velikim specifičnim impulsom. Pored toga, njegova proizvodnja je relativno jeftina. Sa aspekta sigurnosti manje je osetljiv na udar od RDX, HMX i CL-20, a nije osetljiv na trenje i statički elektricitet. Nedostatak mu je što je osetljiv na svetlost i što je vrlo higroskopan. Ovaj problem rešava se inkorporiranjem u polimerno vezivo. ADN ima i neke probleme nekompatibilnosti. Kompatibilan je sa HTPB, ali reaguje sa izocijanatima koji se koriste kao umreživači polimernih veziva, uključujući i HTPB. Reakcija se može ograničiti korišćenjem manje reaktivnih izocijanata i prekidom reakcije umrežavanja. Ima nižu tačku topljenja od HNF i CL-20.

Heksanitroformat (HNF), $\text{N}_2\text{O}_5\text{-C}(\text{NO}_2)_3$, visokoenergetski je oksidator i potencijalna zamena za amonijumperhlorat. Ima veliki višak kiseonika i veću gustinu od ADN, i dobre balističke osobine. Zamenom amonijumperhlorata sa HNF dobija se povećanje performansi za 3 do 4%. Međutim, postoji nekoliko problema koje treba rešiti. Mora se poboljšati termička stabilnost iznad 60°C . Takođe, do-

Tabela 3
Rezultati ispitivanja goriva na bazi PEG

| Vrsta testa | Rezultati testa | |
|-------------------|-----------------------|----------------------|
| | debela čelična komora | tanka čelična komora |
| Spori „cookoff“ | – | Tip V |
| Brzi „cookoff“ | Tip V | Tip V |
| Udar zrna | Tip V | Tip V |
| Udar fragmenata | – | Tip V |
| Prenos detonacije | nema detonacije | nema detonacije |

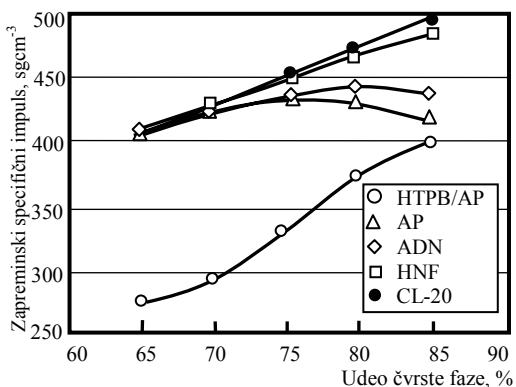
Iako je napravljen veliki pomak u razvoju neosetljivih raketnih goriva, u mnogim slučajevima rešenja nisu zadovoljavajuća tako da se sprovode intenziv-

sta je osetljiv, mada mu se osetljivost smanjuje sa dodatkom veziva. Ima tendenciju stvaranja igličastih kristala koji su nepoželjni pri proizvodnji goriva. Vrlo je reaktivan, nekompatibilan sa izocijanatima, što izaziva probleme prilikom umrežavanja. Uprkos toga sačinjen je i testiran sastav HNF/Al/HTPB.

CL-20 je vrlo interesantan sa aspekta specifičnog impulsa. Ima niži bilans kiseonika od prethodna dva oksidansa, ali i veću gustinu i toplotu formiranja. Vrlo je osetljiv (kao pentrit), ali mu se osetljivost znatno smanjuje kada se inkorporira u sastav raketnih goriva.

Sastavi raketnih goriva sa CL-20 pokazali su se izuzetno bezbednim za upotrebu i manipulaciju.

Poređenje relativnih performansi tri oksidansa AMP prikazano je na slici 3. Sva tri oksidansa imaju bolje karakteristike od amonijumperhlorata. U pogledu osetljivosti ADN ima najbolje osobine. Sastavi koji sadrže velike količine CL-20 slični su brzantnim eksplozivima, pa ne mogu da ispune zahteve za neosetljivu municiju. U primeni HNF ima mnogo problema, ali se nastavlja istraživanje za njihovo rešavanje.



Sl. 3 – Performanse novih oksidanasa

Energetska polimerna veziva i plastifikatori – razvijaju se da bi se zadovoljili zahtevi savremenih raketnih goriva. Oni su posebno interesantni, jer omogućuju smanjenje masenog udela čvrste faze u gorivu. U tabeli 4 dat je pregled nekih veziva koja su razvijena za primenu u raketnim gorivima, barutima i eksplozivima.

Tabela 4
Pregled nekih novih energetskih veziva

| Komponenta | Gustina (g/cm ³) | ΔH _f (kJ/mol) | T _g (°C) |
|------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------------|
| PoliAMMO ¹ | 1,17 | 46 | -40 |
| PoliBAMO ² | 1,30 | 440 | |
| GAP ³ | 1,29 | 138 | -45 |
| PoliNIMMO ⁴ | 1,31 | -335 | -30 do -35 |
| PoliGlin ⁵ | 1,47 | -285 | -35 |

¹ poliazidomethylmethyloxetane, ² poli(bis-azidomethyl-oxetane), ³ poliglicidilazid, ⁴ poli(3-nitrometil-3-metiloksetan), ⁵ poliglicidilnitrat.

Ovi polimeri se mogu upotrebiti za dobijanje umrežene polimerne matrice (poliuretani) pomoću izocijanata. Međutim, mogu se upotrebiti i za dobijanje blok-kopolimera koji nisu umreženi i mogu se topiti (termoplastični elastomeri). Oni su interesantni za primenu u raketnim gorivima jer omogućuju njihovu ponovnu preradu nakon isteka životnog veka.

Neki primeri novih razvijenih sastava čvrstih raketnih goriva prikazani su u tabeli 5.

Osvojen je i određen broj energetskih plastifikatora od kojih su neki uključeni u sastave raketnih goriva iz tabele 5. Pravilan izbor plastifikatora zavisi od mnogih faktora, kao što su: efekat plastifikacije, što manja sklonost ka migraciji, dobra kompatibilnost, jednostavna proizvodnja i mali rizici.

Tabela 5
Pregled osnovnih karakteristika novih sastava
raketnih goriva

| Osnovni sastav | Specifični impuls (teorijski) (s) | $\rho \cdot I_{sp}$ (sgcm ⁻³) | Brzina gorenja (pri 7 MPa) (mm/s) |
|----------------------|-----------------------------------|---|-----------------------------------|
| HTPB/AP/Al | 265 | 464 | 9,0 |
| GAP/AP/Al | | 492 | 9,9 |
| GAP/AN/Al | 262 | 463 | |
| GAP/AN/CL-20/Al | 264 | 475 | |
| GAP/CL-20/Al | 273 | 521 | |
| GAP/ADN/Al | 274 | 491 | |
| GAP/HNF/Al | 273 | 492 | |
| PoliNIMMO/AP/Al | | | 9,5 |
| PGA/TMETN/BTTN/RDX | 284 | 405 | |
| GAP/TMETN/BTTN/RDX | 242 | 411 | 14,6 |
| GAP/TMETN/BTTN/CL-20 | 252 | 452 | 20 |
| HTPB malodimno | 247 | 421 | |

Butantrioiltrinitrat (BTTN) vrlo je osjetljiv na udar i zato se primenjuje u kombinaciji sa trimetiletantrinitratom (TMETN) da bi mu se smanjila osjetljivost. Diglicidilitionaftalen (DGTN) razmatra se kao moguća zamena za BTTN, jer raketnom gorivu daje bolje mehaničke karakteristike i povećava sigurnost pri upotrebi i manipulaciji.

Razvoj čvrstih raketnih goriva diktiran je zahtevima za poboljšanjem performansi. Međutim, postoji nekoliko drugih konstrukcionih zahteva koji se moraju uzimati u obzir pri razvoju novih sastava, od kojih je jedan vezan za neosetljiva UbS.

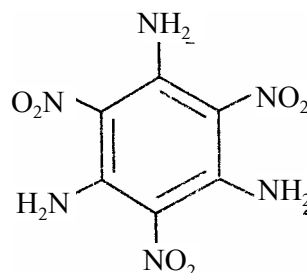
Osvojene komponente i sastavi raketnih goriva pokazuju da je moguće smanjiti osjetljivost raketnih goriva za potrebe neosetljivih UbS bez narušavanja ostalih zahteva.

Neosetljivi brizantni eksplozivi

Tendencija razvoja neosetljivih UbS nametnula je potrebu osvajanja novih eksploziva i eksplozivnih sastava koji

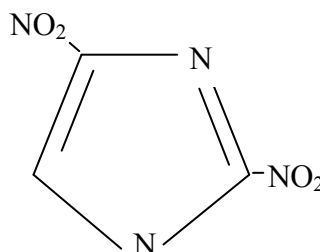
imaju manju osjetljivost na spoljne uticaje u odnosu na standardne sastave. Navodimo samo neke od njih.

Triamino-trinitrobenzen (TATB) jedno je od najznačajnijih dostignuća hemičara laboratorija za nuklearno naoružanje u drugoj polovini 20. veka.



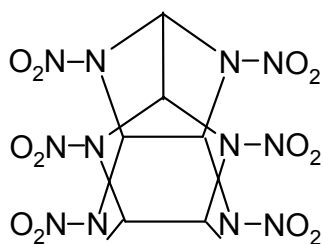
To je visokobrizantni eksploziv male osjetljivosti na udar, trenje i toplotu [9]. Njegova otpornost na toplotni i mehanički impuls veća je od svih poznatih materija sličnog sadržaja energije. Zbog ovih karakteristika primenjuje se u nuklearnim bojnim glavama. Zadovoljava sve kriterijume za primenu u neosetljivim UbS, ali problem predstavlja vrlo visoka cena proizvodnje. Njegova brzina detonacije iznosi 7760 m/s ($\rho = 1,88 \text{ g/cm}^3$), a temperatura topljenja 325°C.

Dinitroimidazol (DNI) (2, 4-dinitroimidazol) relativno je novi aromatski heterociklični eksploziv izuzetno male osjetljivosti [10]. Njegova kristalna gustina iznosi oko 1,8 g/cm³, a temperatura topljenja oko 270°C.

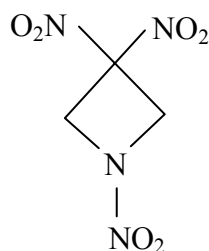


Nema podataka o njegovoj brzini detonacije, ali je sigurno da su mu eksplozivne karakteristike između TNT-a i HMX-a. Međutim, mnogo je manje osjetljiv na toplotne i mehaničke uticaje i može se relativno jeftino proizvoditi, što ga čini vrlo atraktivnim za masovnu primenu u UbS, posebno za neosetljiva UbS.

CL-20, HNIW (2, 4, 6, 8, 10, 12-heksanitro-2, 4, 6, 8, 10, 12-heksaazoisozovurcitan) jedan je od najnovijih i do sada naj snažnijih sintetizovanih eksploziva [11]. Topi se na 240°C i ima brzinu detonacije oko 10 000 m/s ($\rho = 2 \text{ g/cm}^3$). Međutim, vrlo je osjetljiv, pa se mora flegmatizovati različitim polimerima ili energetskim vezivima, kao što je fluoronitroformal.



TNAZ (1, 1, 3 Trinitroazetidin) ima slične eksplozivne karakteristike kao HMX ali manju osjetljivost. Stabilan je i iznad temperature topljenja (101°C), ali vrlo lako isparava. Ovaj problem ublažava se različitim dodacima ili stvaranjem smeša sa drugim eksplozivima, što ga čini pogodnim za smanjenje osjetljivosti visokobrizantnih eksploziva bez većeg umanjavanja eksplozivnih karakteristika. Smeša CL-20 i TNAZ-a u odnosu 70:30 ima brzinu detonacije 8700 m/s i malu osjetljivost. Za sada je većoj primeni TNAZ-a najveća prepreka njegova visoka cena proizvodnje (mnogo veća u odnosu na HMX) [12].



Eksplozivi sa polimernim vezivom (PBX). Razvijen je veliki broj eksplozivnih sastava koji se sastoje od jednog ili dva visokobrizantna eksploziva, polimernog veziva i, eventualno, drugih dodataka, poznatih kao PBX eksplozivi (Plastic Bonded Explosives) [13]. Imaju odlična eksplozivna i mehanička svojstva i izuzetno su hemijski stabilni. Široko se primenjuju za izradu različitih eksplozivnih punjenja UbS, detonatorskih pojačnika, za seizmička ispitivanja, itd. Međutim, za potrebe neosetljivih UbS razvijani su posebni sastavi PBX eksploziva.

Eksplozivi sa polimernim vezivom na bazi TATB-a, poznati kao LX-17 i PBX-9502, kvalifikovani su kao jedini „neosetljivi“ brizantni eksplozivi koji zadovoljavaju stroge zahteve za primenu u nuklearnom oružju [12]. Oni imaju sledeći sastav:

– LX-17: 92,5% TATB / 7,5% Kel-F 800,

– PBX-9502: 95% TATB / 5% Kel-F 800.

Kel-F 800 je oznaka za polimerno vezivo na bazi kopolimera hlortrifluoroetilena i vinolidinfluorida.

Brzina detonacije sastava LX-17 iznosi 7630 m/s ($\rho=1,91 \text{ g/cm}^3$), a PBX-9502 je 7710 m/s ($\rho=1,90 \text{ g/cm}^3$) [13].

MNX-194 je livljiv eksploziv na bazi RDX-a i voska kao veziva, kojim se, umesto TNT-a, laborišu neki artiljerijski

projektili (155 mm u SAD). Razvijena je i aluminizirana verzija MNX-194 koja treba da zameni sastave na bazi TNT u nekim vrstama aviobombi [14].

Eksplozivi tipa PAX predstavljaju posebnu grupu livljivih eksploziva sa energetskim vezivom, relativno su jeftini, male osetljivosti na udar i toplotu. Zadovoljili su sva ispitivanja za primenu u nuklearnim UbS. Ovi sastavi bazirani su na 2,4-dinitroanizolu (DNAN) kao energetskom vezivu, RDX-u ili HMX-u i amonijumperhloratu [14]. Do sada su proizvedeni sledeći sastavi:

– PAX-21 – zamena za kompoziciju B: RDX, DNAN, AP i male količine plastifikatora MNA (2-metil-5-acetil neuraminska kiselina);

– PAX-24 – zamena za TNT: DNAN, AP and MNA;

– PAX-25 – zamena za kompoziciju B: RDX, DNAN, AP and MNA (različiti odnosi RDX, DNAN i AP), ima bolje performanse od PAX-21;

– PAX-26 – zamena za tritonal: DNAN, Al, AP, MNA;

– PAX-28 – za određene bojne glave: RDX, DNAN, Al, AP, MNA. Faktor ekvivalencije radne sposobnosti između kompozicije B i PAX-28 je 1,62;

– PAX-40 – zamena za oktol: HMX, DNAN, MNA;

PAX-41 – zamena za heksotol: RDX, DNAN, MNA.

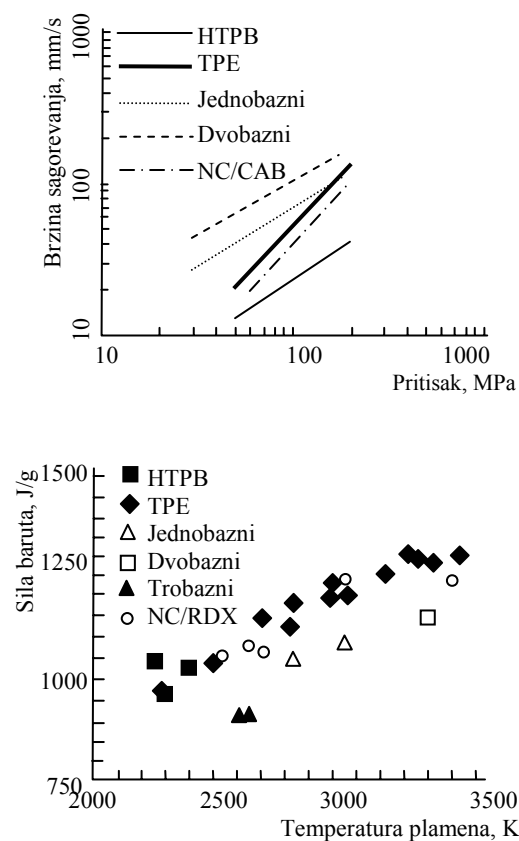
PBXN-109 je eksplozivna smeša sastava RDX/Al/HTPB-64/20/16, čija je brzina detonacije 7480 m/s ($\rho = 1,70 \text{ g/cm}^3$). Primenjuje se za laboraciju bojnih glava različitih UbS namenjenih za probijanje tvrdih ciljeva [14].

PBXIH-135 je termobarični eksploziv na bazi livenih umreženih eksploziva

tipa PBX i precizno definisane smeše aluminijumskog praha koji sagoreva u vrelim gasovitim produktima tek nakon određenog vremena posle detonacije uz oslobađanje velike količine toplote i produženje faze visokog pritiska koji deluje na okolinu. Ima bolje eksplozivne karakteristike i manju osetljivost u odnosu na PBXN-109 [14].

Baruti

Pri razvoju savremenih baruta akcentat se daje na što većoj specifičnoj energiji (sili), nižoj temperaturi sagorevanja,



Sl. 4 – Uporedne karakteristike standardnih i novih baruta za neosetljiva UbS [15]

većoj stabilnosti i manjoj osetljivosti na spoljne uticaje. Ovo je dovelo do razvoja nove vrste baruta pri čemu su primenjena znanja i iskustva iz razvoja raketnih goriva. Tako su dobijeni baruti na bazi HTPB, termoplastičnih (TPE) ili energetskih termoplastičnih polimera (ETPE), čiji sastav nije objavljen, ali se pretpostavlja da se kao energetska komponenta primenjuje RDX [15]. Takođe, navodi se da su nove vrste baruta zadovoljile većinu testova za potrebe neosetljivih UbS. Na slici 4 prikazane su neke uporedne karakteristike ovih baruta u poređenju sa standardnim sastavima [15]. Može se uočiti da ovi baruti imaju čak i bolje energetske karakteristike u odnosu na standardne, dok im je zakonitost brzine sagorevanja slična.

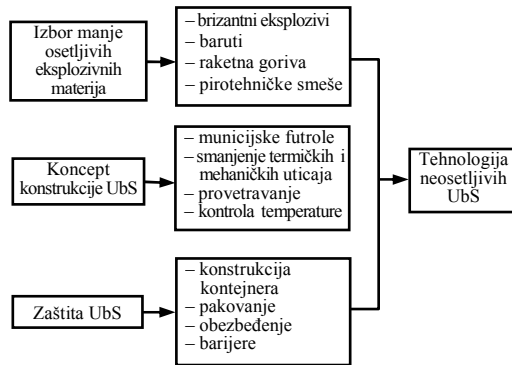
Zaključak

U razvoju savremenih UbS jedan od osnovnih zahteva je smanjenje ranjivosti, odnosno smanjenje osetljivosti na spoljne impulse (toplotne i mehaničke), čime se smanjuje mogućnost neželjenog aktiviranja. Problem se rešava, pre svega, primenom novih, manje osetljivih eksplozivnih materija, prilagođavanjem konstrukcije, pakovanja, skladištenja i sl. Da bi se određena eksplozivna materija mogla primeniti za neosetljiva UbS ona mora zadovoljiti stroge zahteve u pogledu osetljivosti. Modifikacijom postojećih eksplozivnih materija i sintezom no-

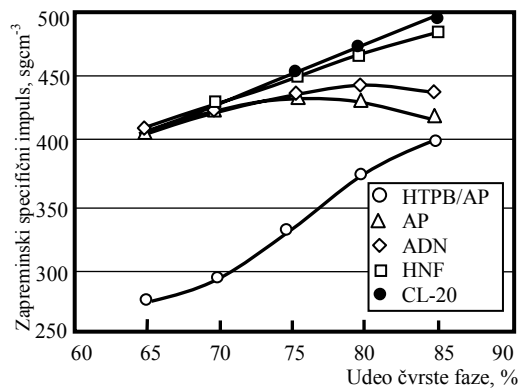
vih, dobijeni su eksplozivi, baruti i raketna goriva smanjene osetljivosti u skladu sa zahtevima za proizvodnju neosetljivih UbS. U svetu se u tom pravcu nastavljaju dalja intenzivna istraživanja.

Literatura:

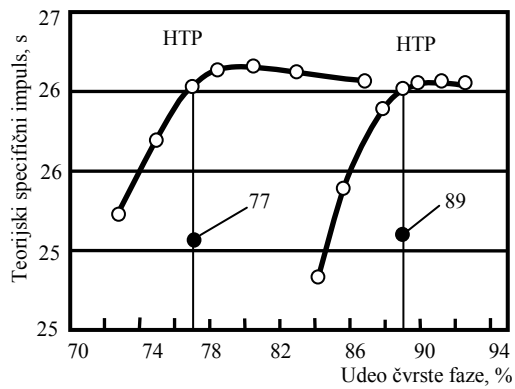
- [1] Victor, C. A.: Insensitive Munitions Technology for Tactical Rocket Motors, <http://members.aol.com/victec/AIAAIM.pdf>.
- [2] Lettre du Lettre du Newsletter, 4th Quarter 2002, <http://www.nato.int/related/nimic/welcome.html>
- [3] Department of Defense, Department of Defense – Explosives Hazard Classification Procedures, TB 700-2, NAVSEAINST 8020.8B, TO 11A-1-47, DLAR 8220.1, 1998.
- [4] Military Standard, Hazard Assessment Tests for Non-Nuclear Ordnance, MIL-STD-2105C 1994.
- [5] Advisory Group for Aerospace Research and Development, Hazard Studies for Solid Propellant Rocket Motors, AGARDograph No. 316, AGARD, Neuilly sur Seine, France, 1990.
- [6] DoD Acquisition Manager's Handbook for Insensitive Munitions, <http://akss.dau.mil/guidebookalphabeticLinks.do>
- [7] Lettre du Lettre du Newsletter, 1st Quarter 2003, <http://www.nato.int/related/nimic/welcome.html>
- [8] Lettre du Lettre du Newsletter, 2nd Quarter 2003, <http://www.nato.int/related/nimic/welcome.html>
- [9] Delistraty, J.; Brandt, H.: Detonation Properties of 1,3,5-triamino 2,4,6-trinitrobenzene When Impacted by Hypervelocity Projectiles, Propellants, Explosives, and Pyrotechnics 7, 1982.
- [10] Minier, L.; Behrens, R.; Bulusu, S.: Solid-phase Thermal Decomposition of 2,4-dinitroimidazole (2,4-DNI), Symposium: DECOMPOSITION, COMBUSTION, AND DETONATION CHEMISTRY OF ENERGETIC MATERIALS, Boston, 1995.
- [11] Bazaki, H.; Kawabe, S.; Miya, H.; Kodama, T.: Synthesis and Sensitivity of Hexanitrohexaaza-isowurtzitane (HNIW), Propellants, Explosives, Pyrotechnics, Vol. 23, 6, (333–336), 1999.
- [12] Insensitive High Explosives, <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/im.htm>
- [13] Dobratz, B. M.: LLNL Explosives Handbook, Lawrence Livermore National Laboratory, 1981.
- [14] Insensitive High Explosives [IHE], <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/explosives-im.htm>
- [15] Karthaus, W.; Hordijk, A. C.; Driel, C. A.; Schoolderman, C.: Development, production and characterisation of LOVA gun propellants, 1st International Symposium of Energetic Materials and their Application (ISEM), Tokyo, Japan, 2002.



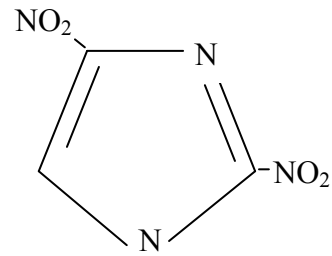
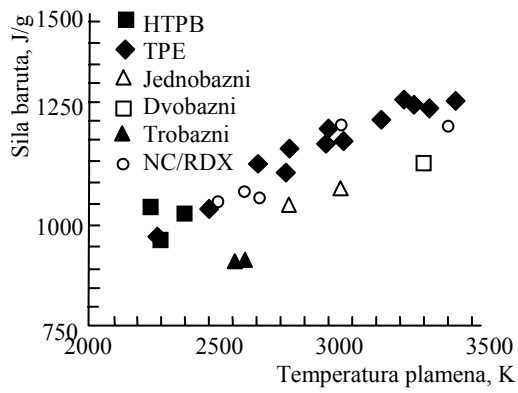
Sl. 1 – Opšti tehnički pristup razvoju neosetljivih UbS



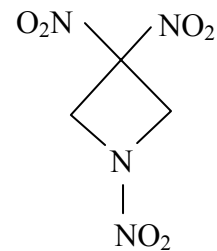
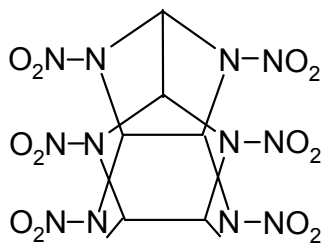
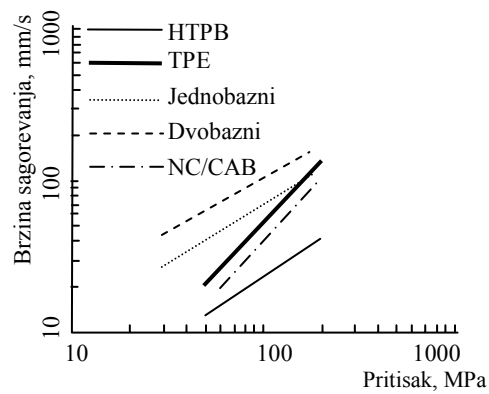
Sl. 2 – Prednost HTPE goriva: redukovan udeo čvrste faze za isti nivo energije [7]



Sl. 3 – Performanse novih oksidanasa



Slika 4. Uporedne karakteristike standardnih i novih baruta za neosetljiva UbS [15]



Dr Boško Rodić,
pukovnik, dipl. inž.
Uprava za vezu i informatiku GŠ VSCG,
Beograd
mr Dejan Vuletić,
kapetan I klase
Institut ratne veštine MO,
Beograd

SPOSOBNOST OPSTANKA INFORMACIONIH SISTEMA

UDC: 004.382 : 004.052.2

Rezime:

U radu je opisan značaj i trend razvoja informacionih sistema u savremenom društvu, a definisani su i drugi značajni pojmovi radi boljeg razumevanja problema. Prikazana su i četiri aspekta rešenja sposobnosti opstanka informacionih sistema koje predlaže Computer Emergency Response Team (CERT).

Ključne reči: informacioni sistem, sposobnost opstanka, napad.

SURVIVABILITY OF INFORMATION SYSTEMS

Summary:

The article deals with importance and trend of information systems in modern society. In the article are defined, beside survivability, other relevant ideas necessary for better understanding of the problems. Also, in the article are illustrated four aspects of information system survivability solution by Computer Emergency Response Team (CERT).

Key words: information system, survivability, attack.

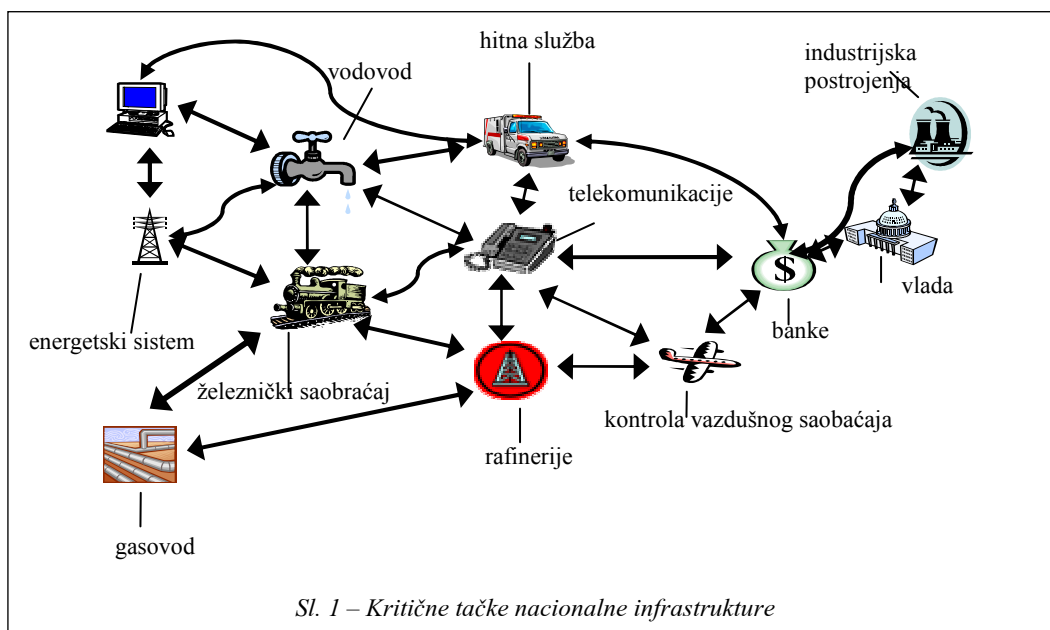
Uvod

Ako se informacioni sistem posmatra kao sistem u kojem se „veza između elemenata sistema ostvaruje razmenom informacija“, (ne)predviđeni događaji, a naročito rat, mogu mu naneti nepopravljive štete, pre svega prekidom informacionih tokova. Na primer, magnetne bure, kao posledica pojačane Sunčeve aktivnosti, slabe ili prekidaju satelitske veze. Agresija na SRJ 1999. godine započeta je masovnim udarom po komunikacionom sistemu Vojske Jugoslavije, ali je on preživio i bio u funkciji svih 78 dana neprestanog bombardovanja.

Poseban problem jeste što se zbog ubrzanog razvoja informacione tehnolo-

gije i nezaustavljivog rasta njene primene u svim sferama ljudskog društva uvećava njegova ranjivost i izloženost vrlo ozbiljnim potencijalnim opasnostima. Zbog kritičnih tačaka (slika 1), kao i zbog naglašene kompleksnosti i čvrste međuzavisnosti, nacionalne infrastrukture koje povezuju, pokreću i opslužuju računari, postale su izuzetno osetljive i, ako se organizovano napadnu, može da se izazove znatan poremećaj ili destrukcija.

Uspeh svih organizacija zavisi od dostupnosti i pravilnog funkcionisanja širokog spektra složenih informacionih sistema. Zbog ozbiljnih posledica neuspeha organizacije se fokusiraju na sposobnost opstanka sistema, kao na ključni korak upravljanja rizikom.



U poslednje vreme najčešće se govori o pojmovima bezbednosti i/ili sposobnosti opstanka računarskih mreža [1, 2]. Međutim, na primeru sposobnosti njihovog opstanka težište će biti na širem pojmu – sposobnosti opstanka informacionog sistema.

Mogućnosti opstanka informacionih sistema

Uvećana osetljivost informacionih sistema jeste jedan od uzroka povećanog broja incidenata, od kojih mnogi zbog različitih razloga ostaju neobjavljeni. Ipak, korisnici su sve svesniji rizika zbog ranjivosti sistema i cene u slučaju, recimo, gubitka podataka. Nekada je glavna preokupacija korisnika i onih koji izgrađuju informacioni sistem bila – kako učiniti da sistem radi brže i efikasnije, dok je danas glavna preokupacija kako da sistem radi sigurnije.

Današnji informacioni sistemi su sve više povezani u „neobaveznu“ mrežu [1]. Neobavezna, fakultativna ili opciona mreža, na primer Internet, jeste mreža u kojoj ne postoji čvrsta formalna (zakodavna), organizaciona, pa ni tehnološka međuzavisnost. U ovakvoj mreži u isto vreme dešavaju se dva velika trenda.

Prvi je da pojedinci i organizacije postaju kritično zavisni od ovakvih sistema, a drugi, ranjivost (mrežnih) sistema se naglo povećava zbog toga što sve više potencijalnih napadača ima pristup mreži i tuđim sistemima.

Informacioni sistemi poboljšavaju efikasnost i efektivnost organizacije primenom novih nivoa organizacione integracije. Takve integracije praćene su povišenim nivoom rizika od upadanja u sistem i kompromitovanjem. Ovi rizici mogu biti ublaženi udruživanjem pojedinačnih mogućnosti za opstanak u organizacione sisteme.

Informacioni sistemi bili su i ostali kritični segment ljudskog društva. Ekonomski sektor, odbrana, bezbednost, energetika, telekomunikacije, industrijska proizvodnja, finansije i drugo zavise od informacionih sistema koji rade u lokalnim, nacionalnim ili globalnim razmerama. Društvena zavisnost od informacionih sistema uvećava posledice napada, nezgoda i padova, kao i važnost obezbeđivanja sposobnosti njihovog opstanka. Povezanost mrežnih komunikacija povećava njihovu ranjivost, zbog veće mogućnosti pristupanja informacionoj strukturi iz raznih krajeva sveta.

Većina današnjih istraživanja u oblasti sposobnosti opstanka informacionih sistema usmereno je na odbranu od, pre svega, informacionih upada, što je ograničen pristup jer se usredsređuje skoro isključivo na ojačavanje sistema (npr. korišćenjem firewalla i dr.) da bi se sprečio upad. Za kradljivca, kome je naloženo da se domogne važnih informacija, „ne postoji tehnologija koja može da spreči napad na informacije“ [10]. Prema tome, jedini efikasan način da se umanjí pretnja „od krađe podataka“ jeste korišćenje bezbednosne tehnologije u sprezi sa bezbednosnim pravilima u kojim su definisani postupci zaposlenih, kao i sa odgovarajućim obrazovanjem i obukom.

Trend u mrežnim okruženjima informacionih sistema je težnja ka velikim otvorenim mrežnim infrastrukturama. Zatvoreni sistem je onaj u kojem su svi sistemski delovi kontrolisani jedinstvenom upravom i mogu biti kompletno određeni i kontrolisani, čak su i fizički odvojeni od otvorenih mrežnih infrastrukture. U otvorenim sistemima ne postoji jedinstvena uprava nad njegovim

delovima. Termin uprava (administrativna kontrola) predstavlja moć da se određuje i primorava sankcijama, a ne da se jednostavno preporuči prikladna bezbednosna politika. U otvorenom sistemu svaki učesnik se mora osloniti i verovati informacijama koje pristižu iz okruženja, i ne može vršiti kontrolu izvan svog lokalnog područja.

Uprkos naporima onih koji se bave bezbednošću, nijedan stepen jačanja sistema ne može sa sigurnošću obezbediti da sistem koji je priključen na otvorenu mrežu bude neranjiv na napade. Disciplina sposobnosti opstanka informacionih sistema može pomoći da se obezbedi da takav sistem radi sa osnovnim servisima i da održava osnovne osobine, kao što su [6]:

- poverljivost,
- integritet,
- raspoloživost,
- pouzdanost,
- neporecivost informacija (podataka),
- proverenost,

uprkos, recimo, prisutnim upadima. Za razliku od tradicionalnih bezbednosnih mera koje zahtevaju centralnu komandu ili administraciju, sposobnost za opstanak je namera da se spozna, recimo, otvoreno mrežno okruženje.

Napadi su slučajevi potencijalnog oštećivanja informacionog sistema, kojim upravljaju napadači. Napadači mogu da se svrstaju u sledećih šest kategorija [3, 6]: 1) hakeri – „provaljuju“ u računar prvenstveno zbog izazova radi statusa prioritarnog korisnika sistema; 2) špijuni – „provaljuju“ u računar prvenstveno zbog informacija koje se mogu upotrebiti za političku dobit; 3) teroristi – „provaljuju“ u računar radi izazivanja straha koji im omogućava političku dobit; 4) korporacijski napadači – osoblje jedne

kompanije „provaljuje“ u informacione sisteme druge kompanije radi finansijskog dobitka; 5) profesionalni kriminalci – „provaljuju“ u informacione sisteme zbog ličnog finansijskog dobitka; 6) vandali – „provaljuju“ u informacione sisteme prvenstveno radi nanošenja materijalne štete.

Međutim, uočava se nepotpunost navedene klasifikacije [6]. Naime, ni u jednoj od šest kategorija nisu spomenute „štetočine“ (insajderi) – zaposleni u informacionom sistemu: službenik analfabeta, službenik ljubitelj – „istraživač“ (diletant) i unutrašnji zlonamernik.

Napad se sastoji od upada, proba i obaranja sistema [1].

Incident čini grupu napada koja se može razlikovati od ostalih napada po prepoznatljivosti napadača, stepenu sličnosti sajtova, tehnika i drugo. Napad se definiše i kao „serija namernih koraka preuzeta od strane napadača da bi postigao neautorizo-

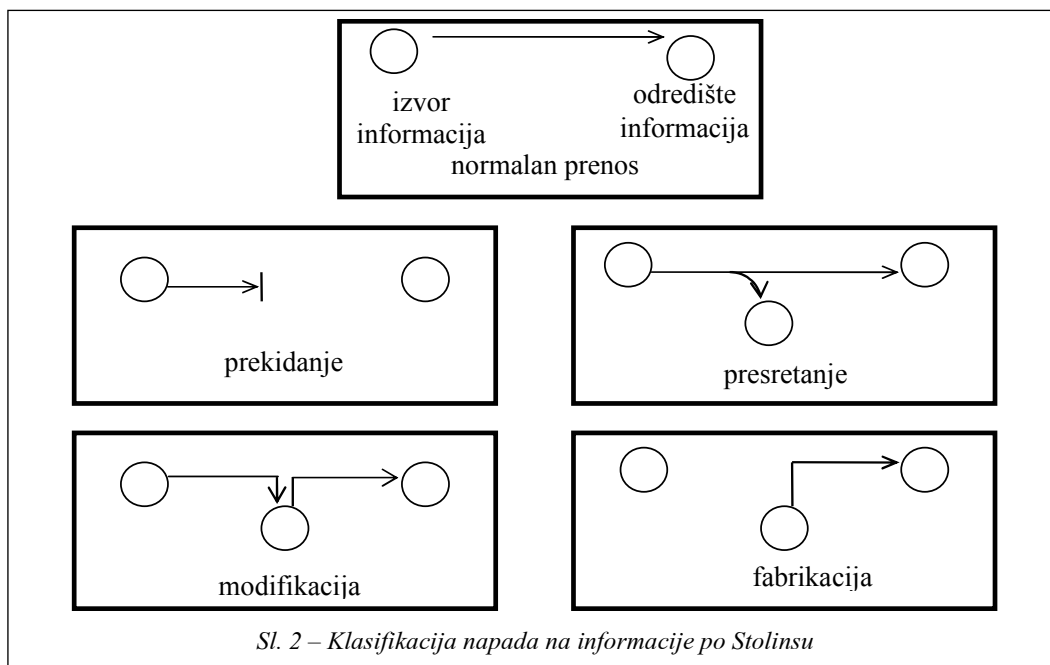
van rezultat“. Upad predstavlja kombinaciju (*alat + akcija + meta*).

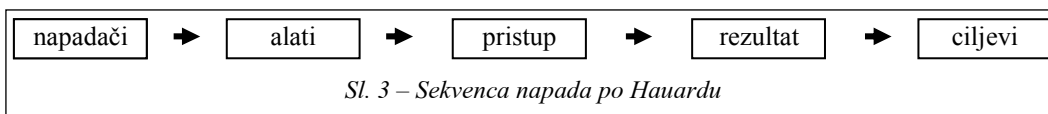
Nezgode predstavljaju širok spektar slučajno iskrsljih i potencijalno štetnih događaja, kao što su prirodne nepogode.

Padovi sistema su mogući štetni događaji prouzrokovani manjkavostima u sistemu ili u spoljnim elementima od kojih sistem zavisi. Padovi sistema prouzrokovani su greškama u izradi softvera, zastarevanju hardvera, ljudskim greškama, itd.

Primeri ugrožavanja informacionih sistema

Stolings predlaže jednostavan model koji klasifikuje pretnje informacionim sistemima [6]. Model se odnosi samo na podatke u tranzitu. Uočavaju se četiri kategorije (slika 2): 1) prekidanje – resursi sistema su uništeni ili nedostupni korisnicima; 2) presretanje – neovlašće-





Sl. 3 – Sekvenca napada po Hauardu

no lice pristupa resursima sistema; 3) modifikacija – neovlašćeno lice ne samo da pristupa resursima sistema već ih i modifikuje i 4) fabrikacija – neovlašćeno lice unosi falsifikovane objekte u sistem. Presretanje predstavlja pasivan napad, dok su prekidanje, modifikacija i fabrikacija aktivni napadi [4].

Prema Hauardu napadač na informacioni sistem pokušava da dostigne vezu krajnjeg cilja i motiva [3]. Ova veza se može opisati sekvencom koju čine alati, pristup i rezultati napada, kao što je prikazano na slici 3.

Svako oštećenje, promena i/ili uništenje informacija u informacionom sistemu, predstavlja degradaciju informacionog sistema [5].

Mere sposobnosti opstanka informacionih sistema

Otvoreni sistemi su značajna komponenta u današnjem informacionom okruženju, a u budućnosti će imati još značajniju ulogu. Internet – mreža sistema bez hijerarhije (ustrojstva), od kojih je svaki isključivo pod svojom lokalnom administrativnom kontrolom, osnovni je primer otvorenog sistema. Dok konvencije postoje da bi dozvolile delovima Interneta da međusobno funkcionišu, ne postoji globalna administrativna kontrola koja treba da obezbedi da se ovi delovi ponašaju shodno konvencijama. Zbog toga postoji mnogo problema. Na žalost, sposobnost opstanka otvorenih sistema najčešće je potcenjena.

Otvoreni sistem može biti sačinjen od zatvorenih i otvorenih sistema povezanih u mrežu. Na slici 4 prikazano je otvoreno područje koje se sastoji od više zatvorenih sistema, kod kojih je svaki pod različitom upravom. Iako bezbednosna politika pojedinačnog zatvorenog sistema ne može biti kompletno primorana na nešto od nekog izvan granica njegove administrativne kontrole, ona može biti realizovana radi obezbeđenja stanja bezbednosti tog zatvorenog sistema. Naravno, bezbednosna politika može biti predočena javnosti, ali administratori su višestruko ograničeni u svojoj mogućnosti da prisile ili ubede pojedince i celine da je slede.

Sposobnost opstanka informacionog sistema definiše se kao mogućnost sistema da ispuni svoju misiju i pored prisutnih napada, padova sistema i nezgoda. Termini napad, pad sistema i nezgoda predstavljaju potencijalne štetne događaje. Termin sistem u najširem smislu, uključuje i računarske mreže [1]. Sposobnost opstanka informacionog sistema definiše se i kao „sposobnost sistema da se oporavi od napada i nivoa do kojeg se oporavio“ [2].

Ključna osobina sposobnosti opstanka informacionih sistema je njihova sposobnost da održe osnovne servise tokom napada, pada sistema ili nezgode. Zato je vrlo bitno odrediti minimalni nivo kvalitativnih svojstava koji je povezan sa nekim osnovnim servisom. Ova kvalitativna svojstva toliko su bitna da su definicije sposobnosti za opstanak često izražene kao održavanje balansa između drugih kvalitativnih svojstava, kao što su performanse, tolerancija nedostataka, sposobnost izmena i korisnost.

Dakle, povezana je mogućnost sistema da vremenom ispuni svoju misiju sa njegovom sposobnošću da održi osnovne servise u slučaju napada, nezgode ili pada sistema. Obavezno mora opstati izvršenje misije, a ne neki deo ili komponenta sistema. Ako je, ipak, osnovni servis izgubljen, on može biti zamenjen drugim servisom koji obezbeđuje izvršenje misije na drugačiji, ali ekvivalentan način.

Da bi održali njihovu sposobnost sprovođenja osnovnih servisa [1], sistemi sposobni za opstanak moraju imati četiri ključna svojstva prikazana u tabeli 1.

Termin misija odnosi se na skup (apstraktnih) zahteva ili ciljeva vrlo visokog nivoa. Izvršenje misije znači da ona mora da opstane, a ne neki podsistem ili sistemskom komponenta. Ako sistem zadrži integritet i poverljivost svojih podataka i nastavi rad svojih osnovnih servisa posle prolaska perioda problema u okruženju, može se reći da je ispunio svoju misiju.

Računarska mreža, na primer, kao infrastrukturna osnova informacionog sistema obezbeđuje se radi zaštite resursa informacionog sistema, od mogućih prolaznih ili trajnih oštećenja, uništenja ili bilo kakvih štetnih događaja koji bi mogli ugroziti njen rad.

Da bi informacioni sistem opstao, on mora da reaguje ili se oporavi od štetnih efekata mnogo pre nego što se otkrije pravi razlog tih efekata. U stvari, reagovanje i oporavak moraju biti uspešni bez obzira na to da li je uzrok otkriven.

Mogućnost opstanka zavisi od tri ključne sposobnosti: otpora, prepoznavanja i oporavka (Resistance, Recognition and Recovery). Otpor je sposobnost sistema da odbije napade. Prepoznavanje je sposobnost otkrivanja napada kada se pojave, i procena razmera štete. Oporavak, reper za sposobnost opstanka, jeste sposobnost održavanja osnovnih usluga i dobara tokom napada, ograničavanja štete i ponovno uspostavljanje svih usluga nakon napada [1].

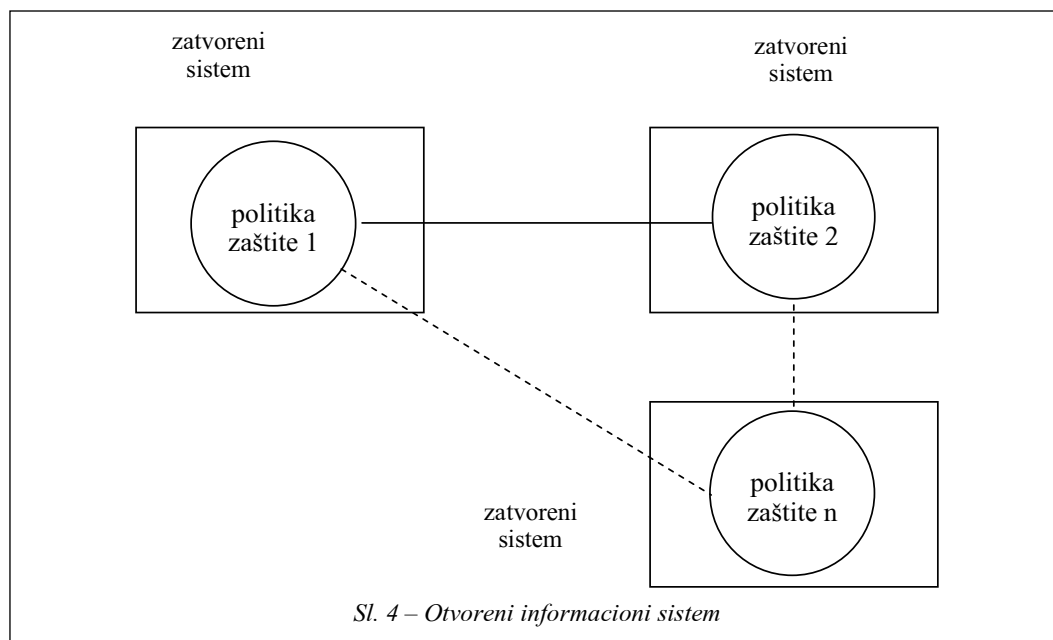


Tabela 1
Osobine sistema sposobnih za opstanak

| Ključna osobina | Opis mera | Primer mera |
|---|--|---|
| Otpomost na napade | Strategije za odbijanje napada | Identifikovanje korisnika. Korišćenje različitih programa |
| Prepoznavanje napada i obima oštećenja | Strategije za prepoznavanje napada (uključujući i upade) i razumevanje trenutnog stanja sistema, uključujući i procenjivanje obima oštećenja. | Unutrašnja provera integriteta (celovitosti) |
| Oporavak potpunih i osnovnih servisa posle napada | Strategije za povraćaj kompromitovanih informacija ili funkcionalnosti, ograničenje obima oštećenja, održavanje ili, ako je potrebno, povraćaj osnovnih servisa u ograničenom roku misije, povraćaj potpunih servisa, kako to uslovi dozvoljavaju. | Dupliranje i ponovno vraćanje podataka na početno stanje. |
| Adaptacija i razvoj radi sprečavanja efikasnosti budućih napada | Strategija za poboljšanje sistemske sposobnosti za opstanak, a koje se zasniva na prethodnim iskustvima sa upadima. | Udruživanje u novi model za prepoznavanje upada |

Tabela 2
Aspekti sposobnosti za opstanak

| Aspekti sposobnosti za opstanak | Navodi strategija |
|---------------------------------|---|
| Otpor | <ul style="list-style-type: none"> - tradicionalna bezbednost, uključujući kriptovanje i skrivene kanale - raznolikost i uvećane razlike u pojedinačnim čvorovima - analitičke rezerve i glasanje - specijalizacija, podela rada, poverenje i informacije - neprestano potvrđivanje nadzora - pokazana svojstva na osnovu pretpostavki i slučajno ponašanje |
| Prepoznavanje | <ul style="list-style-type: none"> - analitička suvišnost i testiranje (uključujući greške u softveru, kriptovanje i nadzor) - nadgledanje upada i sumnjivih aktivnosti - ponašanje sistema i nadgledanje celovitosti |
| Oporavak | <ul style="list-style-type: none"> - fizičke i informacione rezerve - nelokalne kopije informacionih resursa - pripreme, spremnost, slučajno planiranje i timovi za odgovor |
| Prilagodavanje i evolucija | <ul style="list-style-type: none"> - sveopšte ili određene izmene radi otpora, prepoznavanja ili oporavka od ranjivosti koje su otkrivene - slanje upozorenja ostalim čvorovima - objavljivanje strategija prilagođenja i evolucije - zastrašivanje kroz odmazde i kazne |

Kao što je predstavljeno u tabeli 2, CERT predlaže četiri aspekta rešenja koja mogu služiti kao osnova za strategiju sposobnosti za opstanak.

Pouzdanost i raspoloživost informacionih sistema u funkciji sposobnosti opstanka

Pouzdanost sistema podrazumeva njegovu sposobnost da održava njegovu radno stanje i u reduciranim uslovima okruženja [6].

Pouzdanost uključuje sledeće sposobnosti: 1) nastavljanje rada nakon što neke komponente sistema „ispadnu“ iz rada; 2) održavanje integriteta snimljenih informacija; 3) postojanje rezervnih komponenti i/ili puteva u sistemu; 4) uočavanja „ispada“ neke komponente iz rada; 5) reorganizaciju onih elemenata koji su još u dobrom radnom stanju u modificiranom sistemu.

Pouzdanost sistema je kvalitativna jedinica. Danas ne postoje opšteprihvaćeni kriterijumi za određivanje jedinice kojom bi se mogla meriti veličina pouzdanosti, pa se pouzdanost i ne meri.

Na pouzdanost se može uticati odgovarajućim organizacionim merama. Glavni preduslov za povećanje pouzdanosti sistema su prepreke u slučaju nastupa greške, odnosno „ispada“ komponente iz rada, odnosno preventivne mere.

Preventivne mere, usmerene na povećanje pouzdanosti sistema, obuhvataju:

- planiranje i očuvanje vitalnih podataka, kopiranjem podataka i snimanjem na različitim lokacijama, a u trenutku nastajanja tih podataka, odnosno pre njihovog fizičkog premeštanja i očuvanje integriteta podataka;

- zaštitu vitalnih podataka, zaštitom glavne memorije i zaštitom datoteka i banaka podataka sa spoljnim memorijama;
- razradu strategije ponovnog puštanja u rad (recovery strategy);
- planiranje sistema tako da se smanji međusobna zavisnost pojedinih ključnih komponenti;
- pripremu preventivnih mera kao osnovnog sredstva za povećanje raspoloživosti;
- ugrađivanje sposobnosti systemske rekonfiguracije u hardver i softver od samog početka planiranja sistema.

Raspoloživost sistema predstavlja matematičku verovatnoću da će sistem, u skladu sa svojim projektovanim performansama, izvršavati određene funkcije u određenom vremenu i pod određenim uslovima [6].

Rizici u informacionim sistemima

Kako sposobnost opstanka informacionog sistema obavezno uključuje agresiju, može da se zaključi da je:

$$Pr \subseteq B$$

gde je:

Pr – sposobnost opstanka informacionog sistema,

B – bezbednost informacionog sistema.

Informacioni sistem ne može biti apsolutno bezbedan [6]. Zato korisnik, suočen sa potencijalnim opasnostima, treba da upravlja rizikom u njegovom radu. To je postupak utvrđivanja, kontrolisanja i svođenja rizika na minimum ili eliminisanja opasnosti po sposobnost opstanka koje mogu imati uticaj na informacione sisteme, uz prihvatljivu cenu [6].

Postoji više načina razmatranja rizika: izbegavanje, zadržavanje, smanjivanje i prebacivanje. Korisnik će, u skladu sa šemom na slici 5, odlučiti kako da upravlja rizikom. Odluka će biti određena sledećom formulom:

$$R = \frac{Pr \cdot Ra \cdot Z}{Pm},$$

gde je:

R – stepen rizika, od 0,1 do 1000;

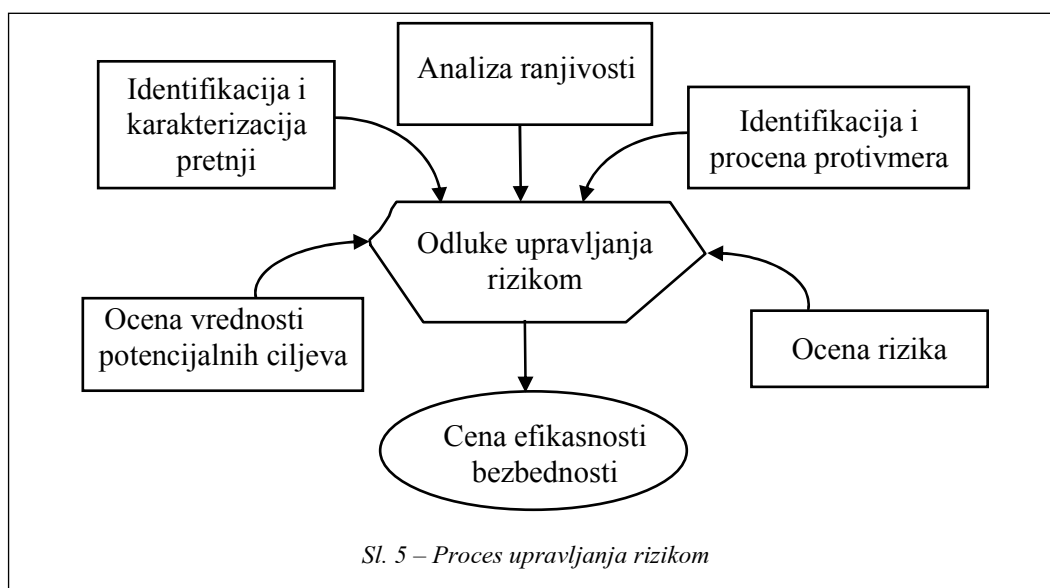
Pr – stepen pretnji, od 1 do 10;

Ra – stepen ranjivosti sistema, od 1 do 10;

Z – značaj sistema, od 1 do 10;

Pm – intenzitet protivmera, od 1 do 10.

Stepen, ili intenzitet pretnji, mera je frekvencije i snage pretnji. Neke pretnje nikada ne budu otkrivene, pa se angažuju posebne službe koje otkrivaju ili procenjuju mogućnost pretnje. Ranjivost sistema je, u stvari, obrnuto srazmerna stepenu branjenosti sistema. Značaj sistema zavisi od finansijske, materijalne ili političke vrednosti. Analiza pretnji, ranjivosti i značaja sistema pomaže u vođenju i određivanju potrebnih aktivnosti rukovodstva i prioriteta u radu sa rizicima u zaštiti informacija, kao i pri uvođenju kontrole odabranih da bi štatile od tih rizika. Ponekad je potrebno da se postupak ocenjivanja rizika i odabiranja kontrole ponove nekoliko puta, kako bi se obuhvatili razni delovi organizacije ili pojedinačni informacioni sistemi. Metode ocenjivanja rizika mogu se primeniti na celokupnu organizaciju, ili samo na njeine delove, kao i na pojedinačne informacione sisteme, specifične komponente sistema ili usluge, kao i funkcije, tamo gde je to izvodljivo.



Za imaoce informacionih sistema odluke mogu da budu:

- izbegavati rizik. Privremeno se napuštaju određene funkcije sistema ili se ne koriste neke komponente sistema (hardver ili softver) koje su najugroženije, a bez kojih sistem može, uz manji rizik, da obavlja preostale radne zadatke. Izbegavanje rizika je privremena i svesna degradacija sistema. Ova mera se koristi ako nije na raspolaganju neka druga ekonomičnija i efikasnija mera;

- zadržati rizik. Nakon analize pretnji, ranjivosti sistema i raspoloživih protivmera, prihvata se rizik. Ta mera se koristi kad su pri konkretnom riziku male štetne posledice ili je šteta manja od troškova zaštite;

- smanjiti rizik. Primeniti zaštitne mere moguće je i kao kompromis između troškova zaštite i troškova štete;

- prebaciti rizik. Delimično ili potpuno prebaciti rizik ugovorom o održavanju, osiguranjem u slučaju štete kod osiguravajućeg zavoda i slično.

Potrebno je sprovesti periodična preispitivanja rizika po bezbednosti i uvedenih mera zaštite, kako bi se [6]:

- uzele u obzir izmene u poslovnim zahtevima i prioritetima;
- razmotrile nove pretnje i ranjivosti;
- analizirao sistem u izmenjenim uslovima (hardver, softver);
- potvrdilo da su kontrole ostale efikasne i odgovarajuće.

Preispitivanja treba izvoditi na raznim nivoima dubine, zavisno od rezultata prethodnih ocenjivanja i promenljivog nivoa rizika koje je rukovodstvo spremno da prihvati. Ocenjivanje rizika često se prvo sprovodi na nekom visokom nivou, kao sredstvom za prioritete resurse u područjima visokog rizika, a zatim na nivou detalja, radi iznalaženja specifičnih rizika.

Kada su zahtevi za bezbednost definisani, treba odabrati i ugraditi kontrolne mere, kako bi se osiguralo da će rizici biti smanjeni na prihvatljiv nivo. Kontrole se mogu odabrati ili se, prema potrebi, mogu projektovati druge kontrole kako bi se zadovoljile specifične potrebe [6].

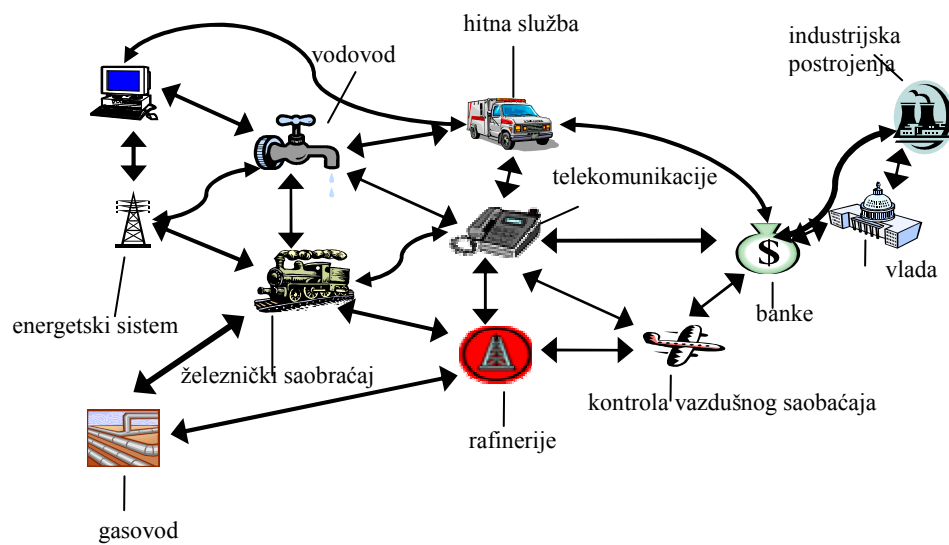
Zaključak

Informacioni sistemi su veoma ranjivi i izloženi ozbiljnim potencijalnim opasnostima. Rešenje sposobnosti njihovog opstanka veoma je složen problem, čije rešenje zahteva znatno angažovanje svih segmenata društva.

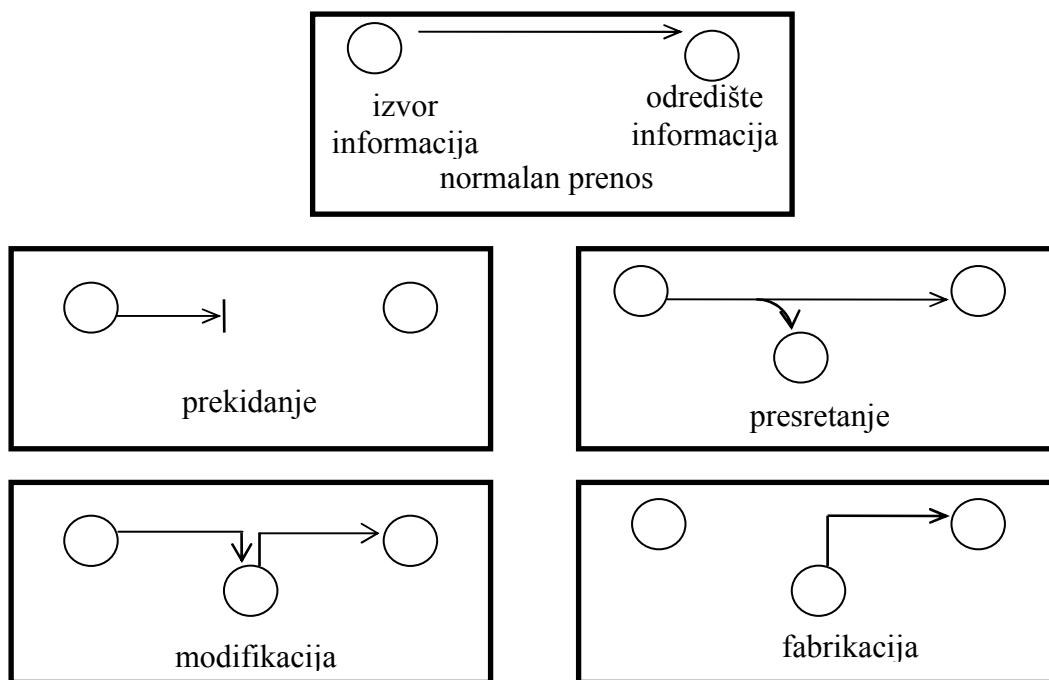
Najslabija karika svakog informacionog sistema svakako je čovek. U vezi s tim, nerealna je apsolutna sposobnost opstanka informacionog sistema ali se rizici- ma u znatno većoj meri može upravljati.

Literatura:

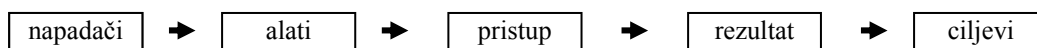
- [1] www.cert.org
- [2] Ellison, J., Fisher, A.: *Survivable Network Systems: An Emerging Discipline*, Pittsburgh, Carnegie Mellon University, 1987.
- [3] Howard, J.: *An Analysis of Security Incidents on the Internet 1989–1995*, Ph. D. Dissertation, Carnegie Mellon University – Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh, PA, 1995.
- [4] Stallings, W.: *Network and Internetwork Security Principles and Practice*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- [5] Rodić, B.: *Interakcija javnih računarskih mreža i računarskih mreža specijalnih institucija (doktorska disertacija)*, Vojnotehnička akademija, Beograd, 2001.
- [6] Rodić, B., Đorđević, G.: *Da li ste sigurni da ste bezbedni*, Produktivnost AD, Beograd, 2004.
- [7] www.geneva-link.ch/pgalley/infosec/
- [8] Munro, N.: *The Pentagon's New Nightmare: An Electronic Pearl Harbor*, Washington Post 16. 07. 1995.
- [9] Washington D. W., *Prema kiber vojnicima*, magazin TIME, 21. 08. 1995.
- [10] Mitnik D. Kevin, Sajmon L. Vilijam, *Umetnost obmane*, Mikroknjiga, Beograd, 2002.



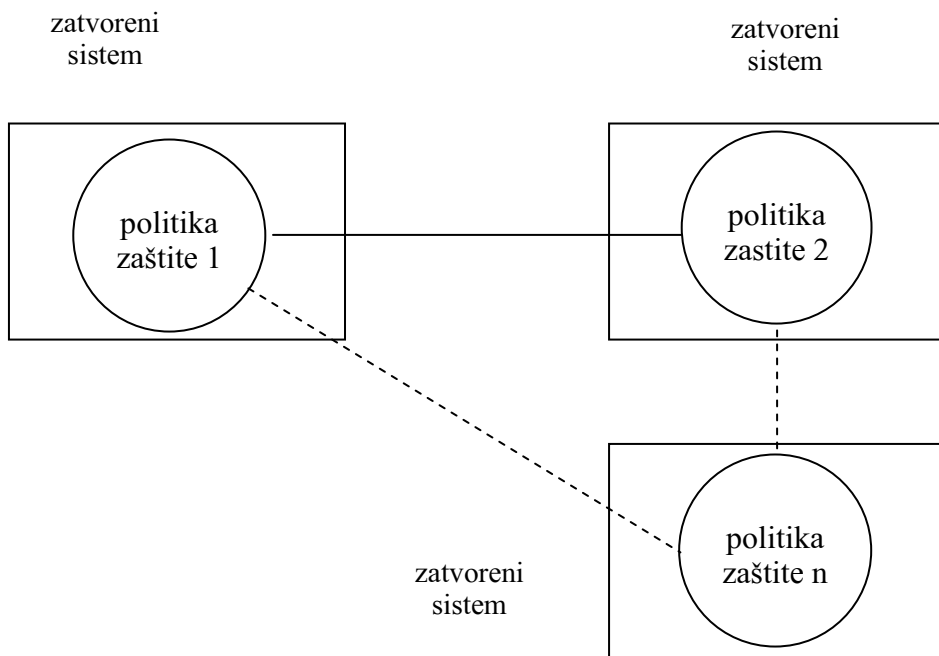
Sl. 1 – Kritične tačke nacionalne infrastrukture



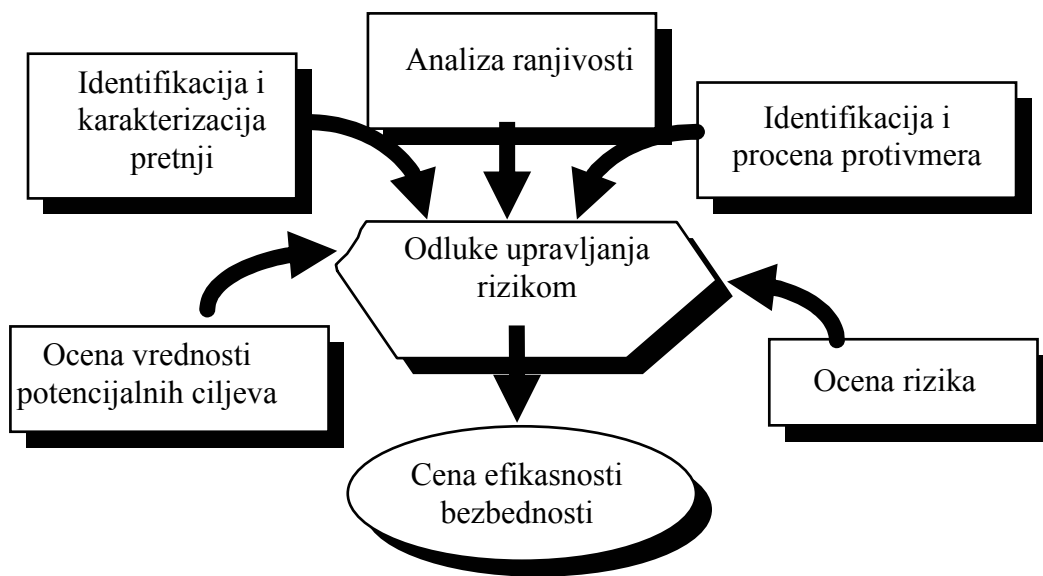
Sl. 2 – Klasifikacija napada na informacije po Stolinsu



Sl. 3 – Sekvenca napada po Hauardu



Sl. 4 – Otvoreni informacijski sistem



Sl. 5 – Proces upravljanja rizikom

Mr Slavko Muždeka,
kapetan I klase, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd

STRUKTURNA ANALIZA SLOŽENIH PLANETARNIH PRENOSNIKA SNAGE

UDC: 621.833.6 : 531.1

Rezime:

Određivanje osnovnih kinematičkih i dinamičkih karakteristika složenih planetarnih prenosnika je složen proces za koji je razvijeno više analitičkih, grafičkih i grafoanalitičkih metoda. U radu je prikazan način određivanja prenosnog odnosa, opterećenja elementa i tokova snage za planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem preko polužne analogije i primene strukturnog (Wolfvog) simbola. Polužna analogija definisana je i za planetarni red sa spoljašnjim ozubljenjem, za koji je, takođe, definisan strukturni simbol. Definisani strukturni simboli iskorišćeni su za definisanje strukture prenosnika tipa Ravigneaux. Primena strukturne šeme za analizu karakteristika složenih planetarnih prenosnika ilustrovana je kroz analizu određenih funkcionalnih stanja planetarnih menjačkih prenosnika. Posebno je definisana mogućnost analize blokiranih stanja planetarnih menjačkih prenosnika.

Ključne reči: planetarni prenosnici, prenosnik Ravigneaux, polužna analogija, strukturna šema, analiza stanja.

STRUCTURAL ANALYSIS OF COMPOUND PLANETARY GEAR TRAINS

Summary:

Determination of basic kinematic and dynamic characteristics of compound planetary gear trains is complex process. Therefore there are many analytical, graphical and graphic-analytical methods. This paper presents method of determination gear ratios, loads and power flows for planetary gear set with the sun and ring gear by lever analogy with the application of Wolf's structural symbol. The lever analogy and structural symbols are also defined for the planetary gear set with two sun gears. Defined structural symbols are employed for definition of Ravigneaux gear structure. Application of structural schemes for an analysis of compound planetary gear trains is illustrated through analysis of certain planetary gearboxes functional state. The possibility of analysis of blocked compound planetary gear train is defined too.

Key words: planetary gear trains, Ravigneaux gear train, lever analogy, structural scheme, analysis.

Uvod

U oblasti zupčastih prenosnika snage planetarni prenosnici imaju sve širu primenu u odnosu na prenosnike sa nepokretnim osama zbog brojnih prednosti

– manjeg opterećenja, manjih dimenzija, saosnosti ulaznog i izlaznog vratila, većeg stepena korisnosti i sl. Planetarni prenosnici koji se najčešće primenjuju su jednoredni sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem i složeni – višeredni preno-

snici. Posebnu grupu složenih planetarnih prenosnika čine prenosnici tipa Ravigneaux [1, 2, 3] koji se često primenjuju u menjačkim prenosnicima motornih vozila. Kinematička i dinamička analiza planetarnih prenosnika znatno je složenija nego analiza prenosnika sa nepokretnim osama. Za određivanje prenosnog odnosa, opterećenja elemenata i određivanje tokova snage kod planetarnih prenosnika razvijeno je više analitičkih, grafoanalitičkih i grafičkih metoda koje su, u većoj ili manjoj meri, kompleksne i zahtevaju relativno složen matematički aparat. U radu je prezentovana kinematička i dinamička analiza određenih funkcionalnih stanja karakterističnih predstavnika planetarnih menjačkih prenosnika pomoću metode strukturne analize uz primenu polužne analogije koja je razrađena u radovima [4, 5, 6] i upotrebu Wolfvogovog strukturnog simbola [7, 8, 9]. Pored primene polužne analogije za planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem razrađena je primena navedene analogije za planetarni red sa spoljašnjim ozubljenjem i prenosnik tipa Ravigneaux.

Strukturni modeli osnovnih planetarnih prenosnika

Na slici 1a) prikazan je model planetarnog reda sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem koji je najšire primenjen kao samostalni planetarni prenosnik ili element složenog prenosnika. U opštem slučaju to je četvoročlani zupčasti mehanizam sa dva stepena slobode od kojih se tri člana (centralni zupčanici i nosač satelita) mogu koristiti za vezu

sa elementima koji prenose snagu. Prenosnik će biti u ravnoteži ukoliko je suma spoljašnjih momenata na njegovim elementima jednaka nuli, tj.:

$$\Sigma T = T_a + T_b + T_H = 0 \quad (1)$$

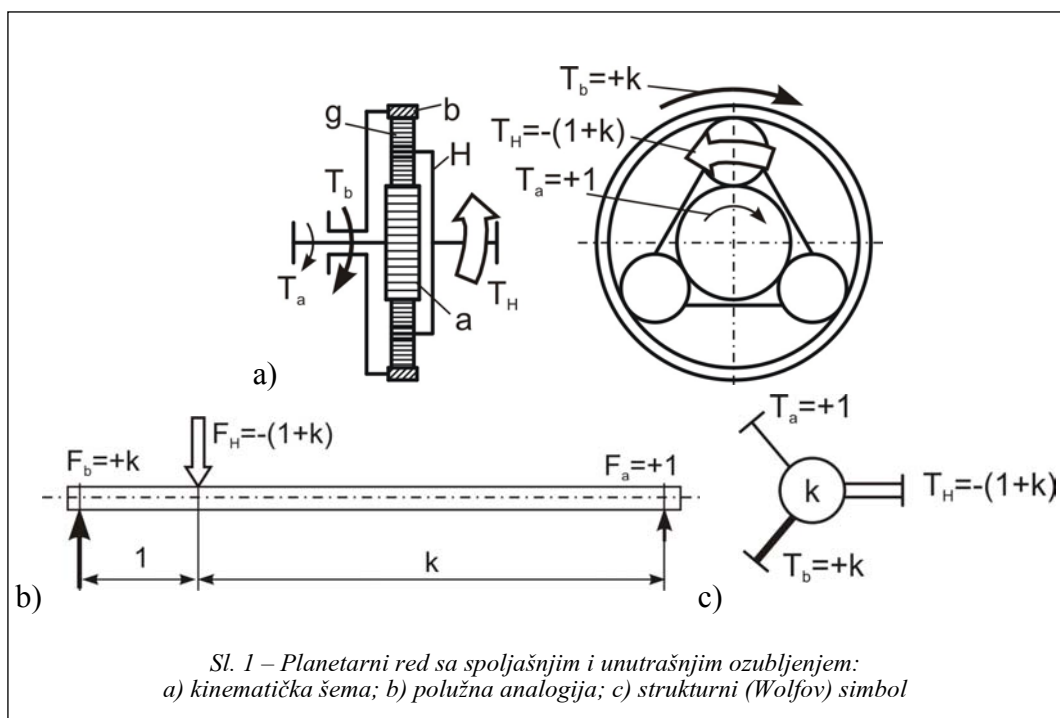
Odnos momenata na elementima planetarnog prenosnika je:

$$T_a : T_b : T_H = +1 : +k : -(1+k) \quad (2)$$

Parametar k je unutrašnji prenosni odnos koji je jednak odnosu momenata na centralnom zupčaniku sa unutrašnjim ozubljenjem i centralnom zupčaniku sa spoljašnjim ozubljenjem, odnosno, odnosu broja zuba navedenih zupčanika:

$$k = \frac{T_b}{T_a} = \frac{z_b}{z_a} \quad (3)$$

Unutrašnji prenosni odnos kod navedene realizacije planetarnog prenosnika uvek je veći od jedinice, a u praktičnim realizacijama prenosnika najčešće je u dijapazonu od 1,5 do 4,5 [1]. Odnos momenata na elementima prenosnika uvek odgovara izrazu (1), bez obzira na to da li je prenosnik u funkciji delitelja snage – diferencijala, sabirača snage ili prenosnika sa jednim stepenom slobode. Kod složenih prenosnika svaki planetarni red može se posmatrati posebno, tako što se uticaj elemenata susednih planetarnih redova koji su vezani sa posmatranim redom zamenjuje momentom koji je po veličini jednak momentu na elementu susednog reda, samo sa promenjenim predznakom.



Analogno opterećenjima planetarnog reda, ukoliko se problem posmatra u linearnom koordinatnom sistemu, dobija se odnos sila koje deluju na polugu koja je u ravnoteži, kako je prikazano na slici 1b). Analogija je očigledna i potpuna i po smeru i intenzitetu opterećenja. Da bi se izbeglo označavanje članova, a radi povećavanja jasnoće i olakšavanja izračunavanja, uveden je strukturni – Wolfov simbol [7, 8, 9], slika 1c), koji omogućava lako određivanje opterećenja elementa prenosnika. Simbol se sastoji od kruga u kojem je upisan unutrašnji prenosni odnos planetarnog reda i tri linije koje simbolizuju članove koji mogu da se iskoriste kao pogonski, gonjeni i kočeni (centralni zupčanici i nosač satelita). Tankom linijom označen je član sa najmanjim momentom, što odgovara momentu na centralnom zupčaniku sa spo-

lajšnjim ozubljenjem. Deblom linijom označen je moment na centralnom zupčaniku sa unutrašnjim ozubljenjem koji je jednak proizvodu momenta na centralnom zupčaniku i unutrašnjeg prenosnog odnosa. Sumarni moment, koji uravnotežava prethodna dva, deluje na elementu koji je označen duplom linijom, a to je nosač satelita. Na taj način nedvosmisleno su i jednoznačno određeni momenti na elementima planetarnog reda, bilo da se radi o jednostavnom ili o složenom prenosniku. Ukoliko se jedan element planetarnog reda zakoči, on postaje prenosnik sa jednim stepenom slobode i prenosnim odnosom jednakim odnosu ugao- nih brzina ulaznog i izlaznog člana. Kod složenih prenosnika sa jednim stepenom slobode prenosni odnos se, takođe, određuje kao odnos ugaonih brzina ulaznog i izlaznog člana, tj.:

$$i = \frac{\omega_{ul}}{\omega_{izl}} \quad (4)$$

Pod pretpostavkom da se zanemaruju gubici snage unutar prenosnika i da se zanemare inercijalne sile (slučaj ravnog obrtanja elemenata prenosnika), u skladu sa zakonom o održanju energije, važe sledeći izrazi

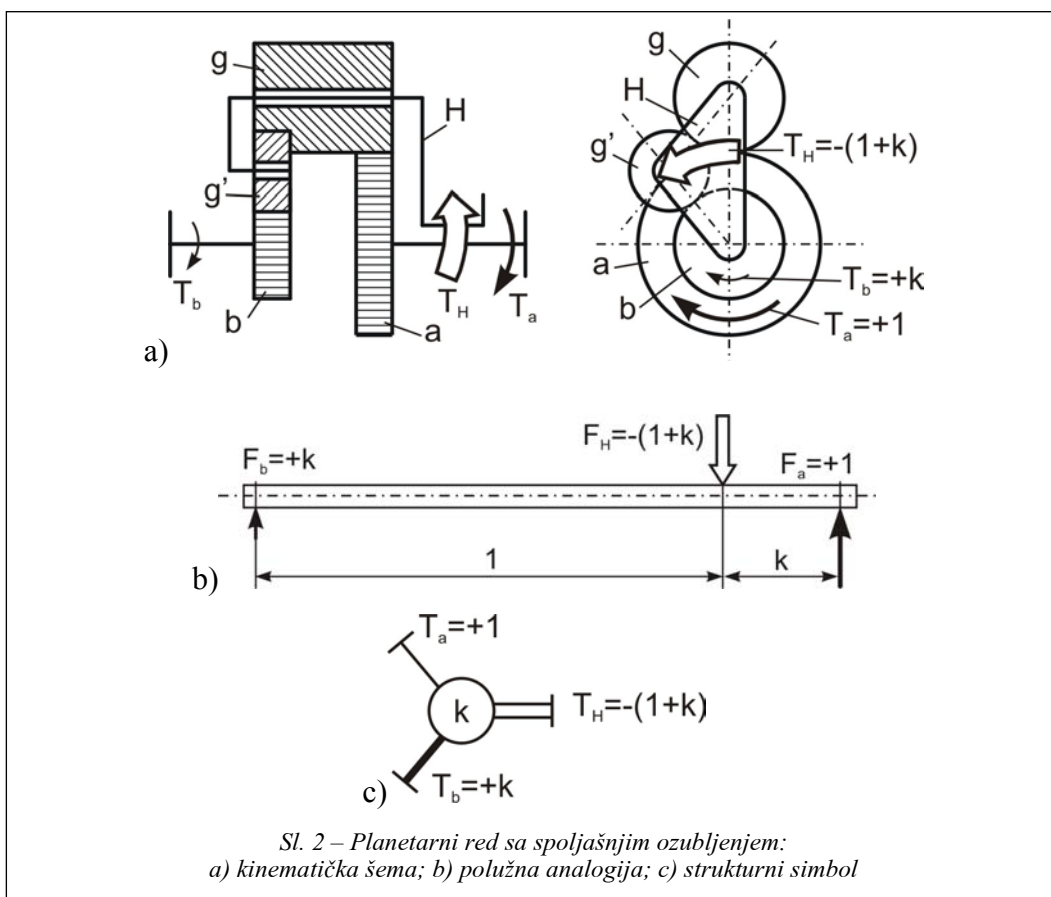
$$P_{ul} + P_{iz} = 0 \quad (5)$$

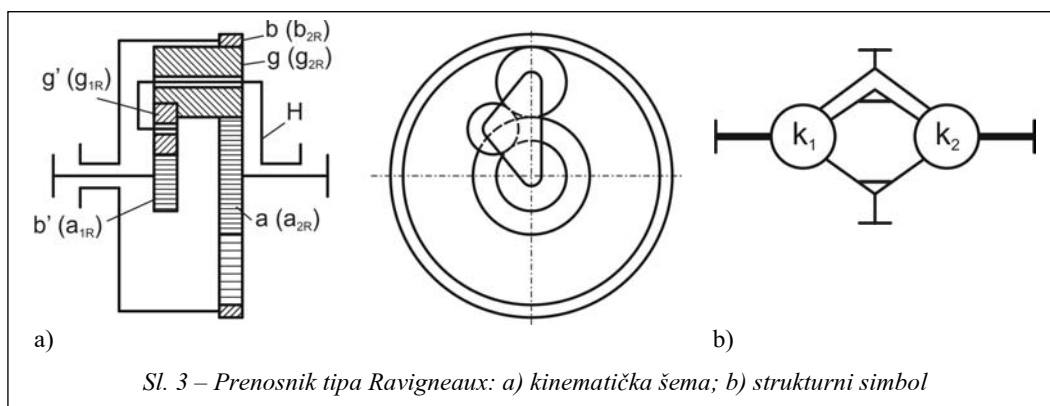
$$T_{ul}\omega_{ul} + T_{iz}\omega_{iz} = 0 \quad (6)$$

$$i = \frac{\omega_{ul}}{\omega_{iz}} = -\frac{T_{iz}}{T_{ul}} \quad (7)$$

Izraz (7) pokazuje da se prenosni odnos može odrediti na osnovu odnosa momenata na izlaznom i na ulaznom elementu, što se može iskoristiti u situaciji kada je lakše odrediti obrtne momente nego ugaone brzine.

Na slici 2a) prikazana je kinematička šema planetarnog prenosnika sa spoljašnjim ozubljenjem koji se ređe koristi u praksi. Ovaj prenosnik ima tri člana, preko kojih se ostvaruje veza sa drugim elementima i može da ostvari istovetna kinematička stanja kao planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. Označavanje elemenata prenosnika je analogno kao kod planetarnog reda sa





spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. Zbog činjenice da su oba centralna zupčanika sa spoljašnjim ozubljenjem, na nosaču satelita postoje dva satelita koji su međusobno uzubljeni, tako da se smerovi ugaonih brzina i opterećenja članova poklapaju sa smerovima ekvivalentnih veličina planetarnog reda sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. Unutrašnji prenosni odnos, za razliku od planetarnog reda sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem, može biti manji, jednak ili veći od jedinice, što stvara razliku između ova dva planetarna reda. Jednačine (1), (2) i (3) važe i za ovaj prenosnik, ali veličine momenata na zupčanicima a i b mogu biti različite u odnosu na planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. Na slici 2a) prikazana je realizacija planetarnog reda sa spoljašnjim ozubljenjem i unutrašnjim prenosnim odnosom manjim od jedinice sa pripadajućim momentima, a na slici 2b) prikazana je polužna analogija za ovaj prenosnik. Vidi se da je moment na centralnom zupčanicu b manji od momenta na zupčanicu a i da je krak k manji od jedinice. Ukoliko se želi zadržati analogija sa prenosnikom na slici 1, ovakvo stanje opterećenja ne mora da ima uticaj, pa označavanje ovog pre-

nosnika pomoću strukturnog simbola može ostati istovetno, slika 2c). Povećavanjem dimenzija zupčanika b, a smanjivanjem zupčanika a dobija se povećanje unutrašnjeg prenosnog odnosa k koji može i preći jedinicu, kada se dobija situacija potpuno analogna prenosniku na slici 1.

Planetarni prenosnik tipa Ravigneaux može se predstaviti kao složeni prenosnik kod kojeg su vezani jedan planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem i planetarni red sa spoljašnjim ozubljenjem, kako je to prikazano na slici 3. Prvi planetarni red je sa spoljašnjim ozubljenjem i čine ga centralni zupčanici a i b', sateliti g i g' i nosač satelita H. Unutrašnji prenosni odnos k_1 jednak je odnosu broja zubaca zupčanika b' i zupčanika a i kod praktičnih realizacija prenosnika nalazi se u dijapazonu od 0,5 do 0,8 (izuzetno 0,92) [1]. Teorijski postoji mogućnost da prenosni odnos k_1 bude veći i da se kreće u dijapazonu od 0,5 do 1,5 [10]. Drugi planetarni red čine centralni zupčanici a i b, satelit g i nosač satelita H. Unutrašnji prenosni odnos k_2 jednak je odnosu broja zubaca zupčanika b i zupčanika a i nalazi se u dijapazonu od 1,5 do 4,5.

Da bi se obezbedila analogija sa označavanjem elemenata unutar složenih

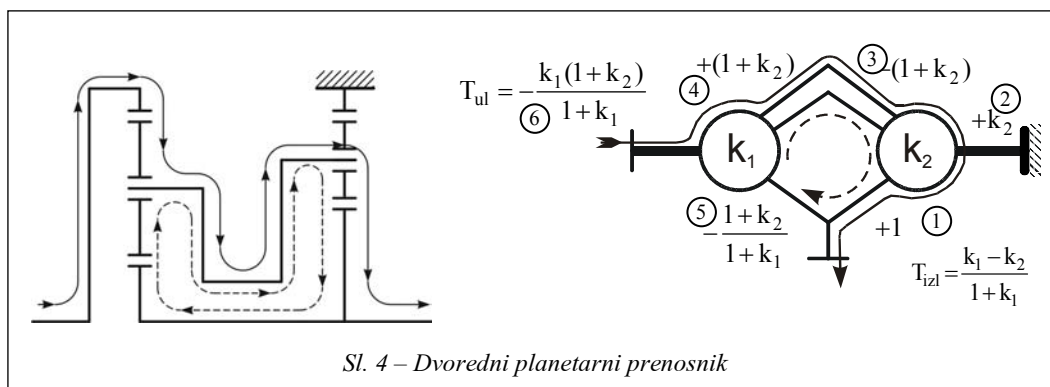
planetarnih prenosnika koji se sastoje od planetarnih redova sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem, u literaturi [1] se elementi prenosnika tipa Ravigneaux označavaju na način kako je to prikazano na šemi, slika 3a), u zgradama. Na taj način se kod složenog prenosnika koji se sastoji od planetarnih redova sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem elementi označavaju slovima (kao na slici 1) sa indeksima koji označavaju mesto planetarnog reda. Prvi planetarni red je onaj koji je najbliži ulaznom vratilu, a poslednji onaj koji je najbliži izlaznom vratilu. Kod prenosnika tipa Ravigneaux centralni zupčanici sa spoljašnjim ozubljenjem označavaju se slovom, a sa pripadajućim indeksom koji pored broja ima i slovo R. Manji broj je uvek vezan za centralni zupčanik sa spoljašnjim ozubljenjem koji nije unutar planetarnog reda sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. U navedenoj literaturi prenosnik sa elementima a_{1R} , g_{1R} , i H naziva se nepotpuni planetarni red.

Ukoliko se prenosnik tipa Ravigneaux posmatra kao složeni prenosnik koji se sastoji od dva planetarna reda sa zajedničkim centralnim zupčanikom, a i nosačem satelita H za oba planetarna reda, može se predstaviti kao dvoredni prenosnik sa čvrsto vezanim nosačima sate-

lita i centralnim zupčanicima, kako je prikazano na strukturnoj šemi, slika 3b). Centralni zupčanici i nosač satelita su na strukturnoj šemi vezani dodatnom linijom, što simbolizuje da su izrađeni izjedna. Prenosnik tipa Ravigneaux ima dva stepena slobode, iako ima četiri člana koji se mogu koristiti za vezu sa elementima izvan prenosnika. Opterećenje elementa i tok snage kroz prenosnik u velikoj meri zavise od toga koji element je pogonski, kočeni, gonjeni ili slobodan. Ukoliko je slobodan jedan od zajedničkih članova (nosač satelita H ili centralni zupčanik a) oba planetarna reda prenose snagu, a ako je jedan od centralnih zupčanika b ili b' slobodan, tada planetarni red čiji element je slobodan ne prenosi snagu.

Određivanje prenosnog odnosa, opterećenja i tokova snage

Da bi se prikazala mogućnost primene strukturnog simbola za analizu kinematičkih i dinamičkih karakteristika prenosnika, razmatraće se dvoredni prenosnik čija je kinematička šema prikazana na slici 4.



Određivanje opterećenja elemenata prenosnika

Da bi se odredili obrtni momenti koji deluju na elemente prenosnika, posmatra se posebno svaki planetarni red unutar prenosnika. Za prenosnik na slici 4 redosled određivanja opterećenja prikazan je brojevima u krugovima na strukturnoj šemi. Na centralnom zupčaniku prvog posmatranog planetarnog reda (u slučaju na slici 4 to je planetarni red 2) pretpostavi se vrednost momenta jednaka +1. Moment na ostalim elementima posmatranog prenosnika jednostavno se određuje na osnovu izraza (2). Kada su određeni momenti na prvom posmatranom planetarnom redu prelazi se na drugi, s tim što se veza sa elementom koji je direktno vezan sa elementom prethodnog planetarnog reda zamenjuje momentom na tom elementu, ali sa suprotnim predznakom. To je slučaj sa vezom nosača satelita, gde je moment na nosaču prvog planetarnog reda jednak momentu na nosaču drugog sa negativnim predznakom. Ukoliko je više elemenata vezano, potrebno je zadovoljiti uslov da u čvornoj tački suma momenata bude jednaka nuli. Moment na ostalim elementima prvog planetarnog reda izračunava se na osnovu izraza (2). Moment na ulaznom i izlaznom elementu prenosnika jednak je sumi momenata članova vezanih za ulazni, odnosno izlazni element.

Kod složenih višerednih prenosnika potrebno je voditi računa o tome koji planetarni red se prvi razmatra, jer od izbora prvog planetarnog reda zavisi složenost izračunavanja momenata. Da bi se opterećenja svih elemenata izrazila u funkciji ulaznog momenta potrebno je svaki izra-

čunati moment pomnožiti sa recipročnom vrednošću momenta na ulazu. Na taj način ulazni moment postaje jednak jedinici.

Moment na blokiranom elementu ili elementima jeste spoljašnji moment [6, 9] i može služiti za kontrolu izračunavanja opterećenja, pošto mora biti zadovoljena jednačina:

$$T_{ul} + T_{iz} + T_k = 0 \quad (8)$$

gde je:

T_{ul} – ulazni moment,

T_{iz} – izlazni moment,

T_k – ukupan moment na svim blokiranim elementima.

U konkretnom slučaju jednačina (8) je zadovoljena, što znači da su opterećenja elemenata adekvatno određena.

Određivanje prenosnog odnosa

Prenosni odnos prenosnika određuje se na osnovu izraza (4) i za prenosnik prikazan na slici 4 iznosi:

$$i = \frac{k_1 - k_2}{k_1(1 + k_2)} \quad (9)$$

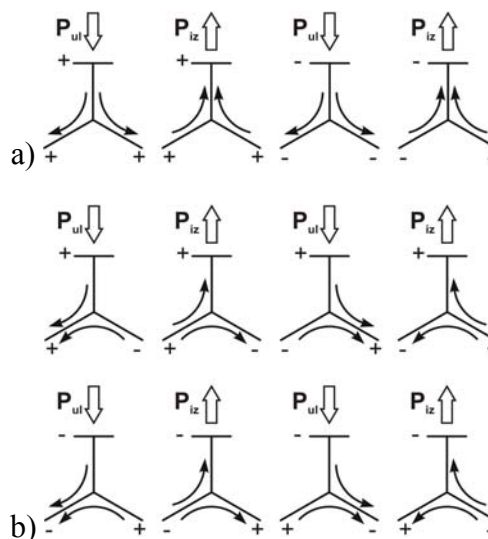
Izraz za prenosni odnos pokazuje da u konkretnom slučaju smer obrtanja izlaznog elementa prenosnika zavisi od odnosa unutrašnjih prenosnih odnosa k_1 i k_2 . Ukoliko je $k_1 > k_2$ prenosni odnos prenosnika je pozitivan i nema promene smera obrtanja, dok u suprotnom dolazi do promene smera obrtanja.

Određivanje tokova snage

Snaga unutar složenog planetarnog prenosnika, u opštem slučaju, prenosi se preko više tokova, uz mogućnost da se u

zatvorenoj konturi pojavi i cirkulirajuća snaga. Uslov za pojavu cirkulirajuće snage jeste da unutar prenosnika postoji zatvorena kontura i cirkulirajući moment koji pri radu prenosnika izaziva cirkulaciju snage. Karakteristično je da se cirkulirajuća snaga može pojaviti i kod blokiranog prenosnika kada nema relativnog kretanja elemenata unutar prenosnika. Obrtni moment koji prenose pojedini elementi prenosnika mogu višestruko premašiti vrednost ulaznog momenta koji je jednak momentu na izlazu. Da bi se utvrdio tok snage unutar prenosnika potrebno je voditi računa o odnosu momenta na elementu i ugaone brzine elementa. U opštem slučaju, ukoliko se smer vektora momenta i vektora ugaone brzine poklapa, radi se o elementu na koji ulazi snaga, i obratno, ako se smer vektora ugaone brzine i smer vektora momenta ne poklapaju radi se o elementu sa kojeg snaga izlazi. To znači da ukoliko su dva ili više članova prenosnika vezani za ulazno ili izlazno vratilo i ukoliko su spoljašnji momenti na članovima istog predznaka kao i ulazni, odnosno izlazni moment, tada dolazi do grananja ili sabiranja snage. Ukoliko je moment na nekom članu suprotnog predznaka to ima za posledicu da dolazi do pojave cirkulirajuće snage. Moguće varijante grananja snage i pojave cirkulacije snage na dva vezana elementa prenosnika prikazane su na slici 5.

U razmatranom slučaju dvorednog prenosnika (slika 4) postoje dve varijante toka snage, u zavisnosti od vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa. U obe varijante dolazi do cirkulacije snage u zatvorenoj konturi između centralnih zupčanika i nosača satelita, samo u suprotnom smeru. Kad je $k_1 > k_2$ aktivna snaga

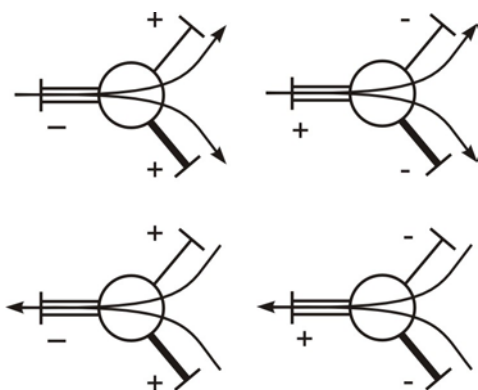


Sl. 5 – Grananje snage kod planetarnog prenosnika: a) grananje snage; b) cirkulacija snage

se prenosi tokom prikazanim na slici 4. U slučaju jednakosti unutrašnjih prenosnih odnosa oba planetarna reda unutar prenosnika se prenosi samo cirkulirajuća snaga, a na izlazno vratilo nema prenosa snage i ono se ne obrće.

U slučaju da je prenosnik blokiran, njegov prenosni odnos jednak je jedinici, ali tok snage kroz prenosnik zavisi od načina vezivanja elemenata, odnosno načina blokiranja prenosnika. Zbog toga je veoma važno odrediti tokove aktivne i cirkulirajuće snage unutar prenosnika, odnosno opterećenja pojedinih elemenata. Za određivanje tokova aktivne i cirkulirajuće snage važe ista pravila kao za određivanje toka snage kod prenosnika koji nije blokiran, uz napomenu da je, zbog jednakih ugaonih brzina elemenata, tok snage unutar prenosnika ekvivalentan toku momenta, što ima za posledicu da tok snage kroz prenosnik zavisi od pred-

znaka momenta. Moguće varijante toka snage u ovom slučaju prikazane su na slici 6, bez obzira na to da li se radi o aktivnoj ili cirkulirajućoj snazi. Znak + ili – određuje predznak obrtnog momenta na elementu prenosnika.



Sl. 6 – Tok snage kroz blokirani planetarni red

Jedna varijanta blokiranja prenosnika sa slike 4 prikazana je na slici 7 preko kinematičke i strukturne šeme pomoću koje su tokovi snage određeni za varijantu $k_1 < k_2$.

Strukturna analiza prenosnika tipa Ravigneaux

U analizi prenosnika Ravigneaux mogu se primeniti isti principi koji va-

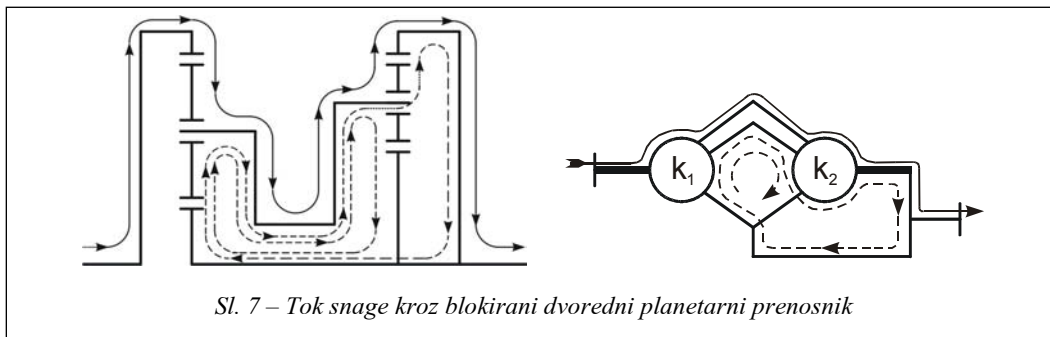
že za analizu složenih planetarnih prenosnika na bazi planetarnog reda sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem. Na slici 8 prikazana je kinematička i strukturna šema jedne varijante prenosnika tipa Ravigneaux, koja može ilustrovati način njihove analize. Na šemi je prikazan postupak određivanja opterećenja elemenata prenosnika, uzimajući kao prvi element centralni zupčanik drugog planetarnog reda. Analiza se vrši pod pretpostavkom da prenosnik ima razdvojene elemente, uz izračunavanje opterećenja pojedinačnih elemenata.

Opterećenja zajedničkih elemenata izračunavaju se sumiranjem parcijalnih opterećenja. Tako se moment na zajedničkom centralnom zupčaniku, koji je istovremeno i ulazni moment, izračunava na sledeći način:

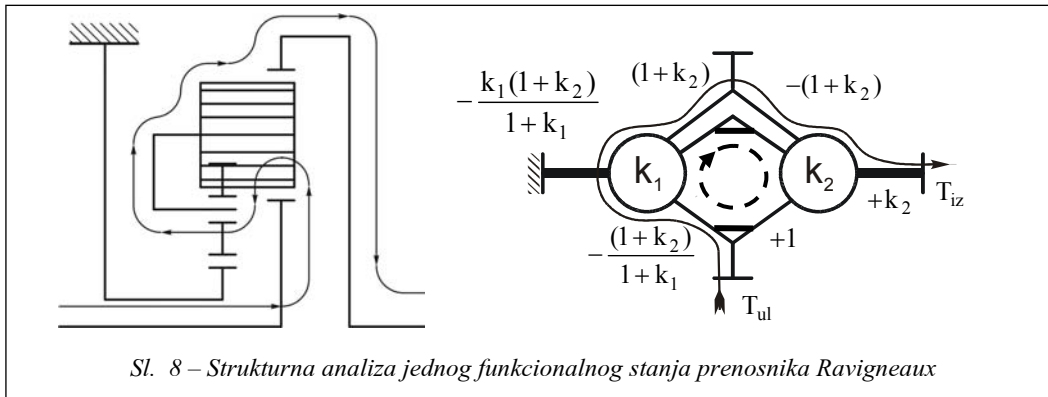
$$T_{ul} = 1 - \frac{1+k_2}{1+k_1} = -\frac{k_2-k_1}{1+k_1} \quad (10)$$

Prenosni odnos izračunava se na osnovu sledeće relacije:

$$i = -\frac{T_{iz}}{T_{ul}} = \frac{k_2(1+k_1)}{k_2-k_1} \quad (11)$$



Sl. 7 – Tok snage kroz blokirani dvoredni planetarni prenosnik



Sl. 8 – Strukturna analiza jednog funkcionalnog stanja prenosiča Ravigneaux

U slučaju jediničnog ulaznog momenta, moment na izlaznom elementu iznosi:

$$T_{iz} = -\frac{1+k_1}{k_2-k_1} \cdot k_2 = T_{ul} \left(-\frac{k_2(1+k_1)}{k_2-k_1} \right) \quad (12)$$

Prenosni odnos u ovom slučaju jednak je negativnoj vrednosti izlaznog momenta, što potvrđuje tačnost izračunavanja prenosnog odnosa.

Moment na elementu koji je zakočen (u ovom slučaju centralni zupčanik b') za jedinični ulazni moment je:

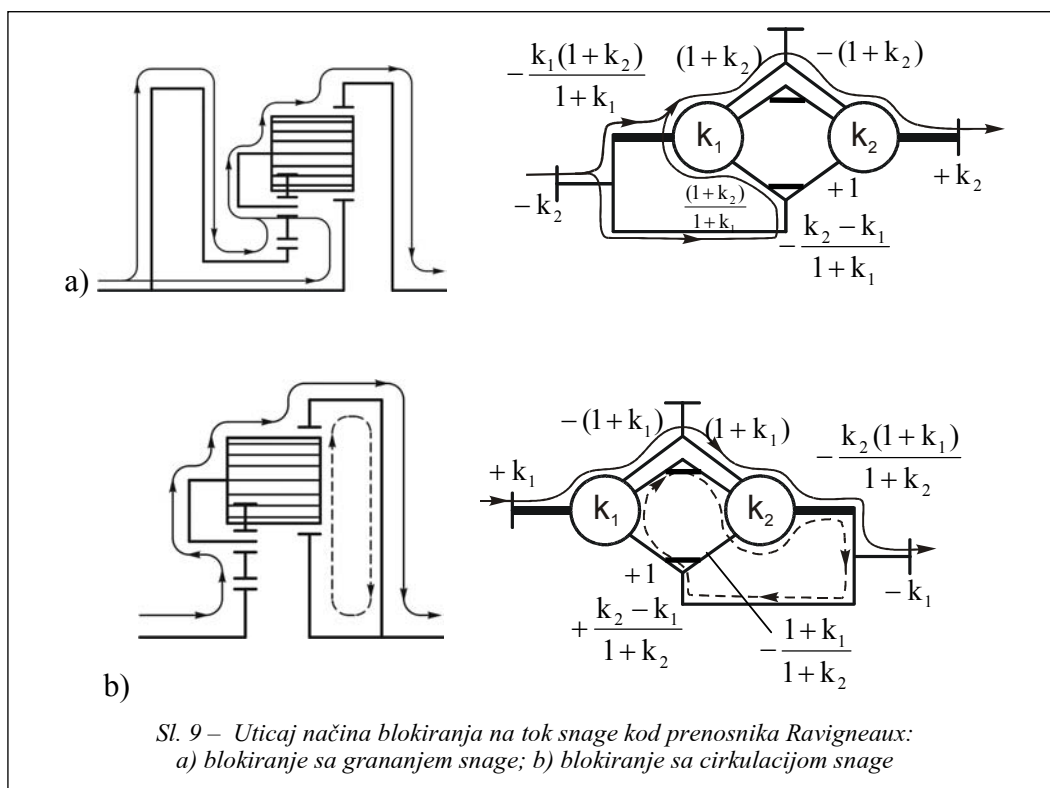
$$T_k = \left(-\frac{1+k_1}{k_2-k_1} \right) \cdot \left(-\frac{k_1(1+k_2)}{1+k_1} \right) \\ T_k = T_{ul} \frac{k_1(1+k_2)}{k_2-k_1} \quad (13)$$

Momenti na ulaznom, izlaznom i zakočenom elementu, koji su spoljašnji za prenosnik, moraju zadovoljiti jednačinu (6), što je u ovom slučaju ispunjeno i što predstavlja potvrdu tačnosti proračuna.

Tok snage unutar prenosiča određen je na osnovu predznaka momenata na elementima prenosiča (strukturna šema, slika 8). Prema strukturnoj šemi sna-

ga se prenosi kroz dva toka, kao aktivna i cirkulirajuća. Aktivna snaga prenosi se tokom prikazanim punom linijom, dok je tok cirkulirajuće snage prikazan isprekidanom linijom. S obzirom na nepostojanje zatvorene konture koja je prikazana na šemi, zbog toga što su centralni zupčanik i nosač satelita zajednički za oba planetarna reda, ne postoji mogućnost toka cirkulirajuće snage, tako da se ovaj tok kod prenosiča Ravigneaux ne prikazuje. Na kinematičkoj šemi (slika 8) prikazan je samo tok aktivne snage koja se prenosi kroz elemente prenosiča.

Blokiranjem prenosiča ostvaruje se vrednost prenosnog odnosa jednaka jedinici, ali opterećenja elemenata i tok snage zavise od načina blokiranja. Uticaj načina blokiranja prenosiča Ravigneaux na tokove snage ilustrovan je na slici 9. Ukoliko se blokiranje obezbedi vezivanjem centralnih zupčanika sa spoljašnjim ozubljenjem (slika 9a) snaga se deli unutar prenosiča, što znači da su elementi unutar prenosiča opterećeni manjim momentom od momenta koji se prenosi. Kod blokiranja prenosiča, kao na slici 9b), dolazi do pojave cirkulacije snage i dodatnog opterećenja centralnog zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem koji



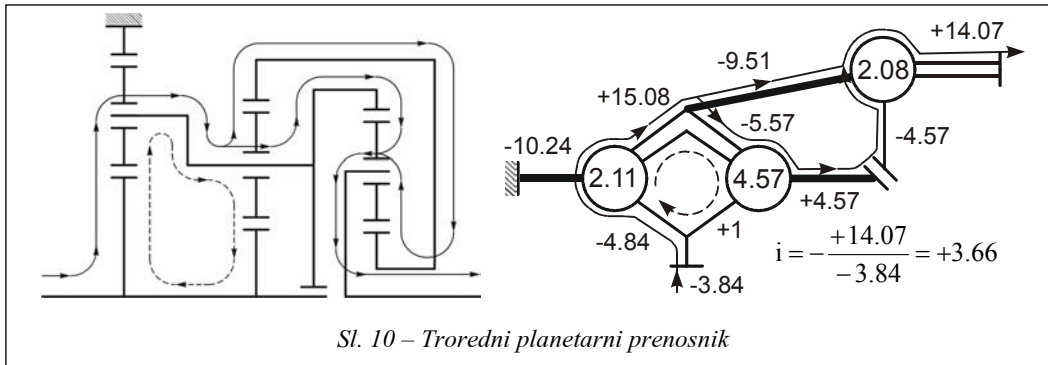
Sl. 9 – Uticaj načina blokiranja na tok snage kod prenosa Ravigneaux:
 a) blokiranje sa grananjem snage; b) blokiranje sa cirkulacijom snage

prenosi aktivni i cirkulirajući moment koji je veći od ulaznog momenta. Ovu činjenicu treba imati u vidu pri izboru načina blokiranja prenosa, ako je to moguće, pošto prikazane strukture nisu jedini načini blokiranja prenosa.

Strukturalna analiza složenih prenosa

Primena strukturalne šeme posebno je korisna za analizu složenih kinematičkih šema koje se često pojavljuju kod menjačkih prenosa motornih vozila. Za konkretne vrednosti unutrašnjih prenosnih odnosa prikazaće se kinematičke i strukturalne šeme nekih funkcionalnih stanja karakterističnih rešenja planetarnih menjačkih prenosa brzohodnih guseničnih vozila.

Na slici 10 prikazana je strukturalna trorednog prenosa koja se pojavljuje u trećem stepenu prenosa menjačkog prenosa tenka T-72 [11]. Unutrašnji prenosni odnosi navedenog prenosa su sledeći: $k_1 = 2,11$; $k_2 = 4,57$ i $k_3 = 2,08$. Prenosni odnos, opterećenja elemenata i tok snage prikazani su na strukturalnoj šemi. Tok snage u zatvorenoj konturi, koju čine elementi prva dva planetarna reda, lako se određuje na osnovu predznaka opterećenja. Da bi se odredio tok snage u ostalom delu strukture potrebno je, pored predznaka opterećenja elemenata prenosa, poznavati i predznak ugaone brzine, što se može relativno lako dobiti analizom kinematike prenosa kojom je utvrđeno da ugaone brzine svih elemenata imaju isti predznak. Na taj način jednoznačno se određuje da snaga ulazi na



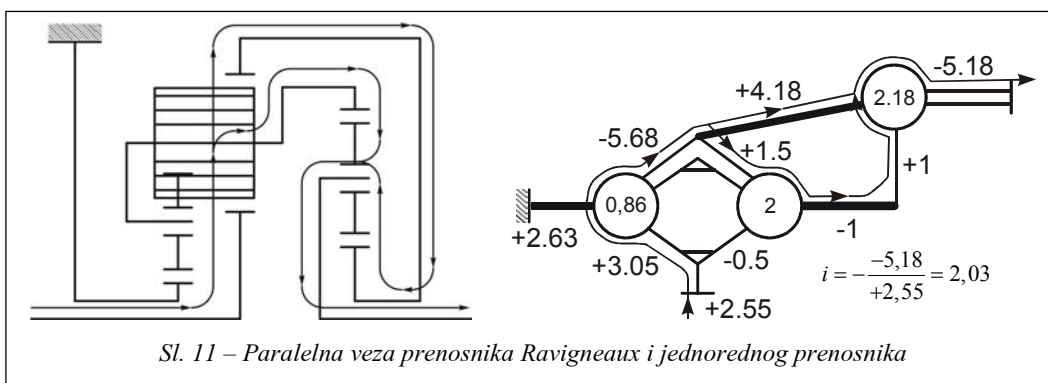
oba elementa trećeg planetarnog reda, čime su potpuno definisani tokovi snage.

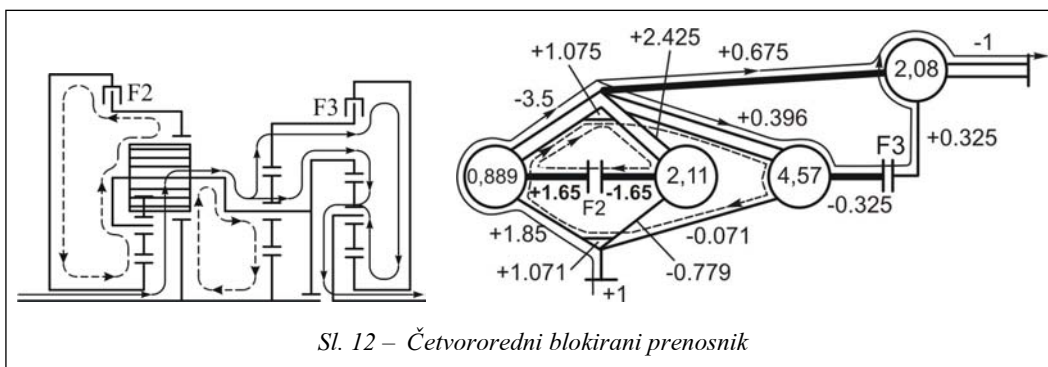
Na slici 11 prikazana je struktura paralelne veze prenosnika tipa Ravigneaux i jednorednog prenosnika, koja se pojavljuje u drugom stepenu prenosa menjačkog prenosnika tenka T-80 [12]. Unutrašnji prenosni odnosi su: $k_1 = 0,86$; $k_2 = 2,0$; $k_3 = 2,18$. Strukturna šema ovog prenosnika istovetna je strukturoj šemi prenosnika prikazanog na slici 10, tako da se i analiza obavlja na isti način. Jedina razlika je što se kod prenosnika Ravigneaux ne pojavljuje cirkulirajuća snaga. Moment na nosaču satelita prenosnika Ravigneaux jednak je sumi parcijalnih momenata i iznosi $-4,18$, slika 11 (negativna vrednost momenta centralnog zupčanika sa unutrašnjim ozubljenjem trećeg planetarnog reda). Moment na ulaznom

elementu takođe je jednak sumi parcijalnih momenata i iznosi $+2,55$. Vrednost prethodna dva momenta izražena je u odnosu na moment centralnog zupčanika trećeg planetarnog reda koji je usvojen kao jedinični.

Na slici 12 prikazana je struktura četverorednog blokiranog prenosnika koja se pojavljuje u sedmom stepenu prenosa menjačkog prenosnika tenka T-72.

Vrednosti momenata koje su prikazane na strukturoj šemi svedene su na jedinični ulazni moment radi sagledavanja maksimalnih opterećenja pojedinih elemenata. Na osnovu predznaka momenta određen je tok snage, gde se pokazuje da unutar prenosnika postoji grananje snage, kao i dve zatvorene konture koje izazivaju pojavu cirkulirajuće snage. Kao posledica ovakvog načina prenosa





Sl. 12 – Četvororedni blokirani prenosnik

snage moment kojim je opterećena spoj- nica koja spaja centralni zupčanik sa spol- jašnjim ozubljenjem prvog planetarnog reda i centralni zupčanik sa unutrašnjim ozubljenjem drugog planetarnog reda (F2) veći je za 1,645 puta od ulaznog momenta. Ovaj moment ujedno je i mak- simalni moment koji prenosnik prenosi u ovom funkcionalnom stanju, jer je mo- ment na nosaču satelita prenosnika Ra- vigneaux jednak sumi parcijalnih mome- nata $((-3,5+2,425)T_{ul} = 1,075 T_{ul})$.

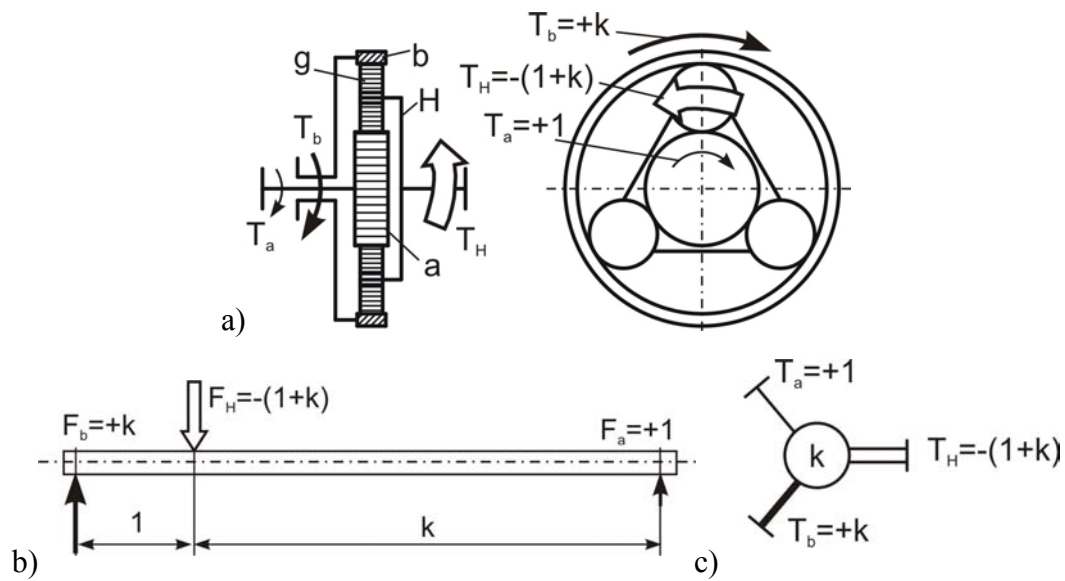
Zaključak

Predstavljanje složenog planetarnog prenosnika pomoću strukturnog simbola omogućava bolje sagledavanje međusob- nih veza elemenata prenosnika i analizu njegovih kinematičkih i dinamičkih ka- rakteristika. Uopštena polužna analogija i primena strukturnog simbola za analizu karakteristika planetarnog reda sa spol- jašnjim ozubljenjem, na način kako je to prezentovano u ovom radu, omogućava strukturnu analizu prenosnika tipa Ra- vigneaux i složenih prenosnika koji u svojoj strukturi imaju navedeni prenosnik, čime se pojednostavljuje analiza navedenih prenosnika. Metod strukturne analize po-

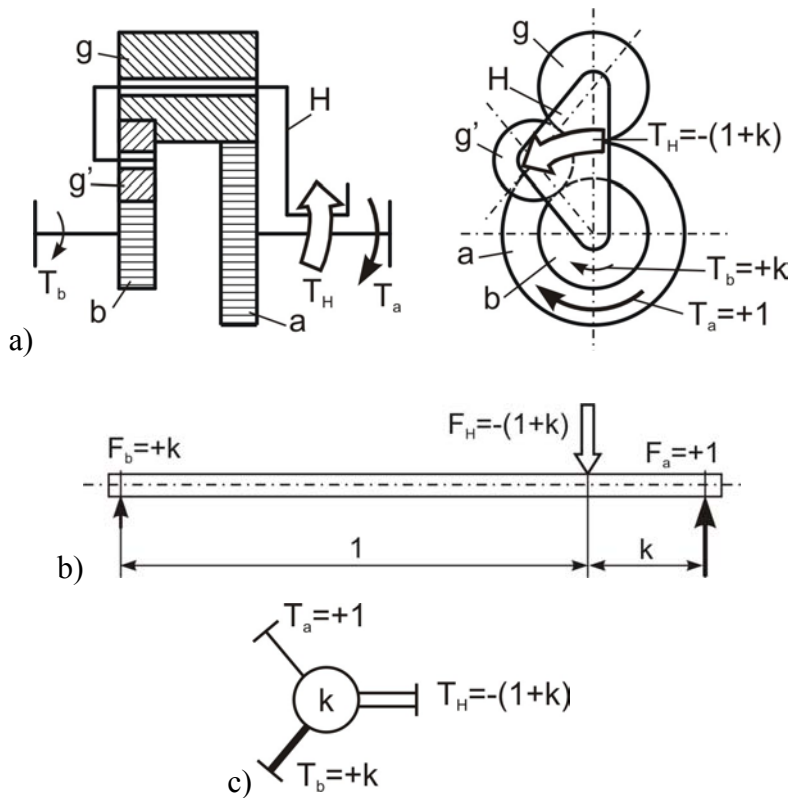
sebno je koristan pri analizi složenih vi- šerednih prenosnika, bilo da se radi o blokiranom prenosniku ili prenosniku sa jednim stepenom slobode.

Literatura:

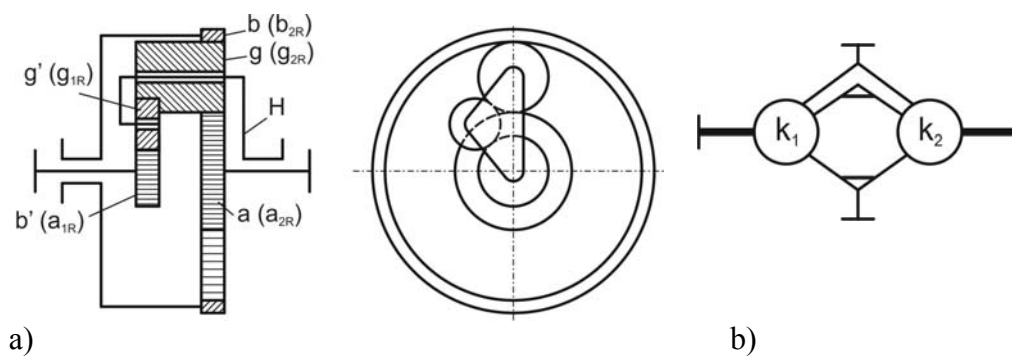
- [1] Pantić, M.: Gubici snage u ozubljenju kao parametar za formiranje optimalne kinematske šeme planetarnih prenosnika primenjenih u sistemu za prenos snage motornih vozila, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.
- [2] Muždeka, S.; Arsenić, Ž.: Virtual models of planetary transmissions, International Journal for Vehicle Mechanics, Engines and Transportation systems (Mobility & Vehicles Mechanics), Volume 29, Number 1, Kragujevac, march 2003, pp. 33–42.
- [3] Pantić, M.; Muždeka, S.: Neki problemi projektovanja složenih planetarnih prenosnika snage, Naučno-stručni skup IRMES 2004, Kragujevac, 2004.
- [4] Arnaudov, K.: Eingaches Verfahren zur Ermittlung des Übersetzungsverhältnisses zusammengesetzter Planetengetriebe, VDI-Berichte 1230 (Internationale Conference on Gears, Dresden 1996), VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf, 1996, s. 313–327.
- [5] Arnaudov, K.; Karaivanov, D.: Engineering analysis of the coupled two-carrier planetary gearing through the lever analogy, International Conference on Mechanical Transmissions, Chongqing, China, 2001.
- [6] Arnaudov, K.; Karaivanov, D.: Coupled multi carrier planetary gears, their systematics, properties and abilities, International conference „Power Transmissions 03“, Varna 2003.
- [7] Wolf, A.: Die Grundlagen der Umlaufgetriebe, Braunschweig: Freider, Vieweg&Sohn, 1958.
- [8] Muler, H., W.: Die Umlaufgetriebe, Berlin Springer Verlag, 1996.
- [9] Looman, J.: Zahnradgetriebe, Berlin, Springer Verlag, 1996.
- [10] Stojković, V.: Doprinos sintezi planetarnih prijenosnika sa tri stupnja slobode radi primjene na brzohodnim oklopnim gusjeničnim vozilima, disertacija, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [11] Tenk T-72, TU-I, SSNO, Beograd.
- [12] Popov, N., S.: Transportnie mašini s gazoturbinnimi dvi- gateljami, Mašinstroenie, Moskva, 1987.



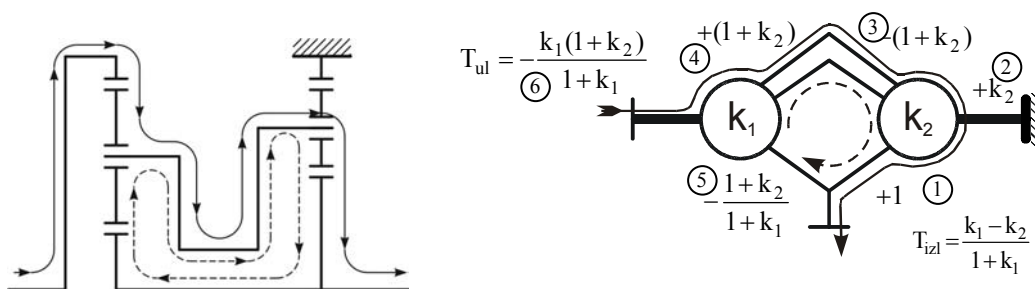
Sl. 1 – Planetarni red sa spoljašnjim i unutrašnjim ozubljenjem:
 a) kinematička šema; b) poluzna analogija; c) strukturni (Wolfov) simbol



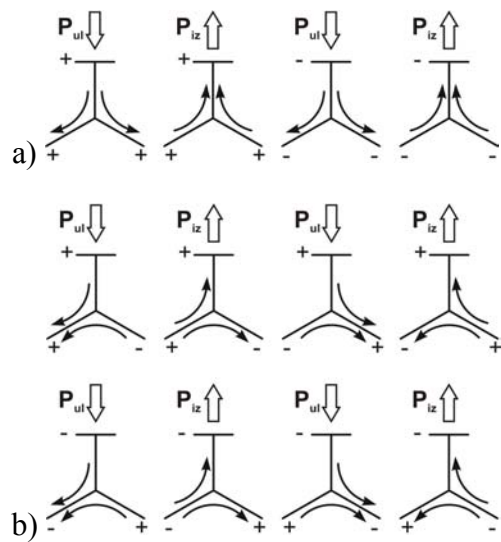
Sl. 2 – Planetarni red sa spoljašnjim ozubljenjem
 a) kinematička šema; b) polužna analogija; c) strukturni simbol



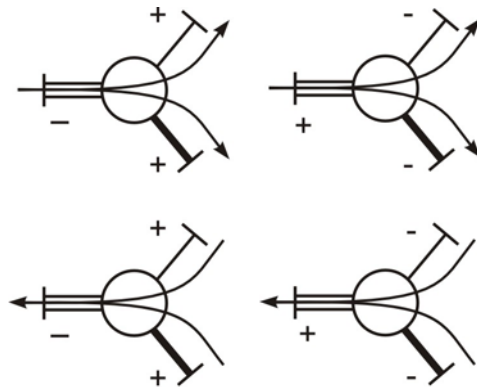
Sl. 3 – Prenosnik tipa Ravigneaux: a) Kinematička šema; b) Strukturni simbol



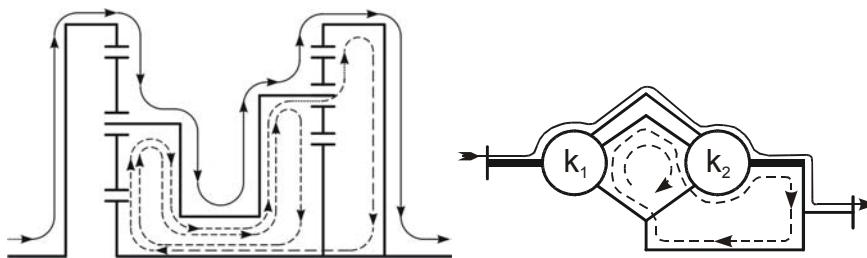
Sl. 4 – Dvoredni planetarni prenosnik



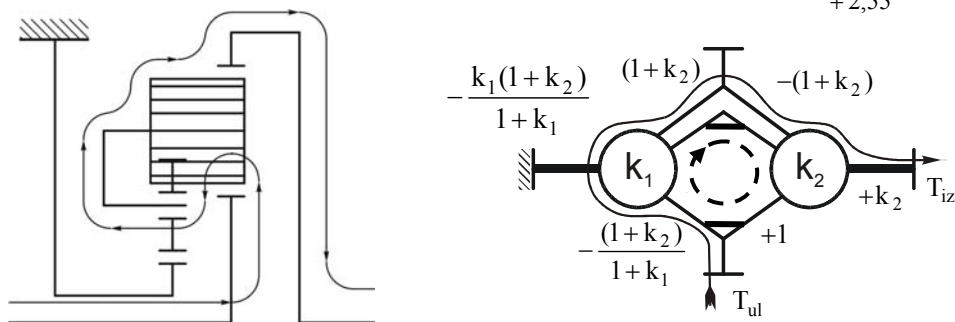
Sl. 5 – Grananje snage kod planetarnog prenosnika:
 a) grananje snage; b) cirkulacija snage



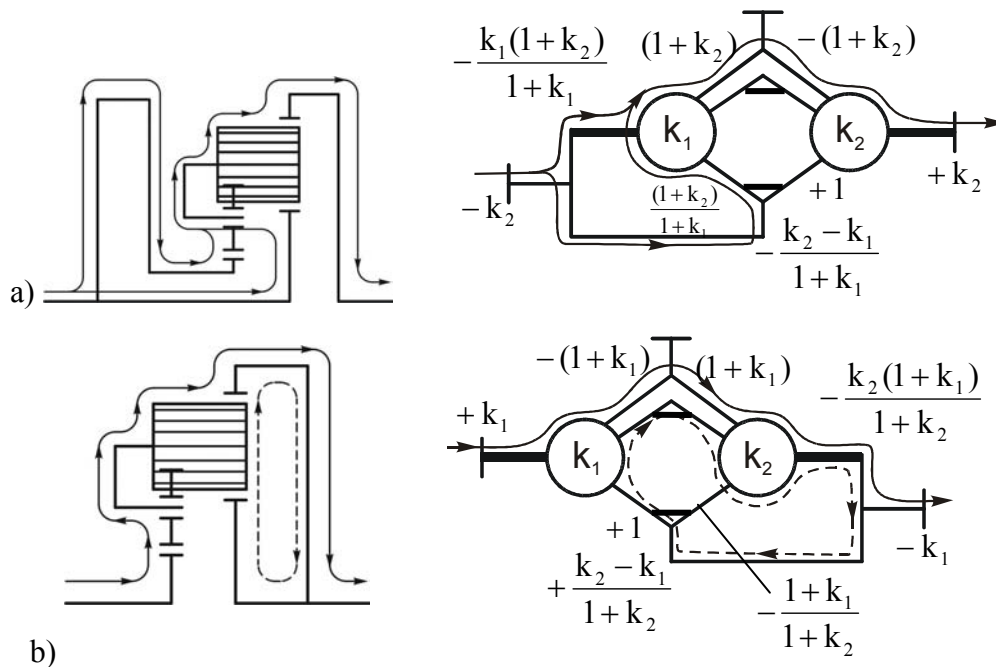
Sl. 6 – Tok snage kroz blokirani planetarni red



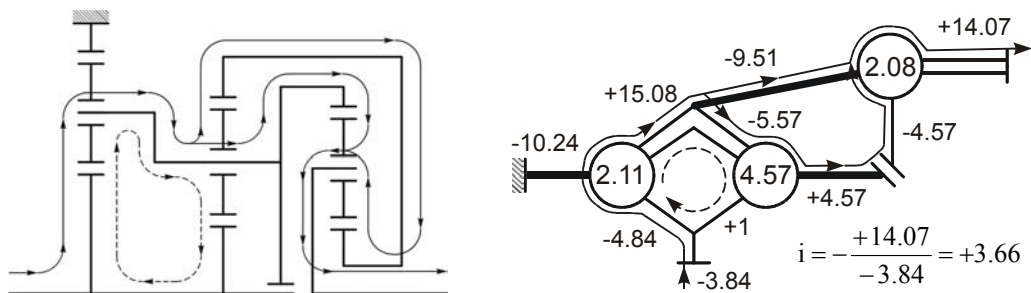
Sl. 7 – Tok snage kroz blokirani dvoredni planetarni prenosnik $i_1 = \frac{-5,18}{+2,55} = 2,03$



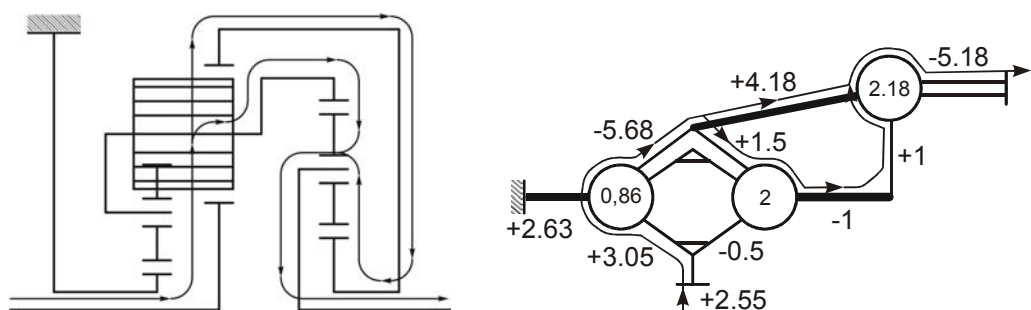
Sl. 8 – Strukturna analiza jednog funkcionalnog stanja prenosnika Ravigneaux



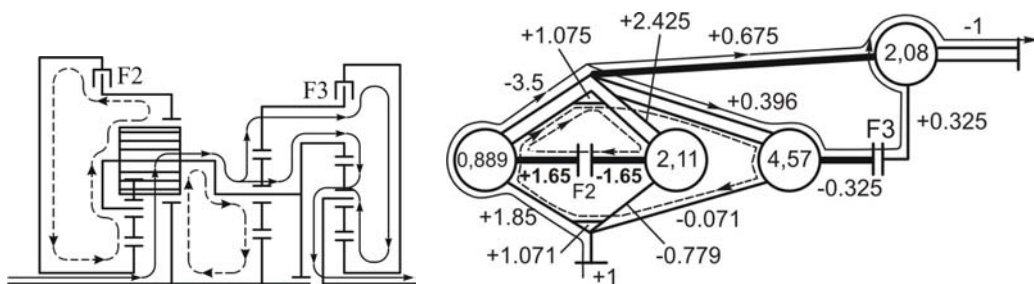
Sl. 9 – Uticaj načina blokiranja na tok snage kod prenosnika Ravigneaux:
a) blokiranje sa grananjem snage; b) blokiranje sa cirkulacijom snage



Sl. 10 – Troredni planetarni prenosnik



Sl. 11 – Paralelna veza prenosnika Ravigneaux i jednorodnog prenosnika



Sl. 12 – Četvorredni blokirani prenosnik

Mr Radosav Nikolić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojna akademija – Odsek logistike,
Beograd
vanredni profesor
dr Zoran Nikolić,
dipl. inž.
Institut tehničkih nauka SANU,
Beograd

POJAVA KAVITACIJE U BRODSKIM DIZEL MOTORIMA

UDC: 532.528 : [621.436 : 623.82]

Rezime:

U radu je obrađen proces nastajanja kavitacije, uzroci koji dovode do njene pojave, kao i posledice koje izaziva na materijalima. Razmotren je uticaj kavitacije na delove brodskih dizel motora koji se hlade vodom, kao i kavitacione erozije na površine cilindarskih košuljica hladenih vodom. Težište rada posvećeno je uzrocima nastajanja kavitacije na rashladnim površinama brodskih dizel motora, a posebno uticaju vrste rashladne tečnosti, pritiska i temperature na gubitak mase modela ispitivanih na kavitaciju u jednakim uslovima i na istom uređaju. Posebno je izvršena analiza i upoređenje kavitacionih razaranja od pritiska i temperature rashladne tečnosti.

Ključne reči: brodski dizel motor, kavitacija, košuljica cilindra, rashladna tečnost.

THE CAVITATION IN MARINE DIESEL ENGINES

Summary:

This paper work presents the cavitation arises, causes of its appearing and consequences which it sets up on materials. It represents the influence of cavitation on parts of marine Diesel engines cooled by water, as well as, influence of cavitation erosion on surface of the cylinder liner cooled by water. The focus of this paperwork is the influence of cavitation appearing on cooling surfaces of marine Diesel engines, and specially the influence of cooling fluid type, pressure and temperature on the loss of mass of models examined on cavitation in equal conditions and on the same device. Particularly performed analysis and comparison of cavitation destruction dependent on pressure and temperature of cooling fluid.

Key words: marine Diesel engines, cavitation, cylinder liner, cooling fluid.

Uvod

Sagorevanjem goriva u cilindru broskog dizel motora oslobađa se određena količina toplotne energije koja se pretvara u mehanički rad. Deo te energije prenosi se i na delove motora koji se pri tome zagrevaju, što ima za posledicu povećanje njihove temperature. Da bi se sprečilo nekontrolisano zagrevanje delova motora vrši se hlađenje: spoljnih površina cilindarskih košuljica, cilindarskih

glava, klipova, izduvnih ventila, vazduha iza turbokompresora i turbokompresora, dok se ostali delovi hlade indirektno uljem za podmazivanje.

Visokotermički opterećeni savremeni brodski dizel motori hlade se na više načina, a na brodovima najčešće vodom, pri čemu se javljaju određeni problemi zbog oštećenja rashladnih površina. Ova oštećenja posledica su većeg broja faktora, a jedan od njih je uticaj kavitacije.

Najveći intenzitet oštećenja primećen je na površinama cilindarskih košuljica i blokova motora koje su u dodiru sa rashladnom tečnošću. Posebno su izražena oštećenja nastala kavitacionom erozijom motora lakših konstrukcija. Međutim, kod motora sa većom specifičnom masom ta oštećenja su zanemarljiva. Uzrok većih oštećenja, nastalih kavitacionom erozijom, povezan je sa povećanim oscilacijama tankih cilindarskih košuljica. Erozijska cilindarska košuljica umanjuje njenu čvrstoću i ta oštećenja su najčešće trajna.

Povećanjem snage i srednjeg efektivnog pritiska srednjebrzohodnih i sporohodnih brodskih dizel motora primećena su veća oštećenja nastala uticajem kavitacije, kako na cilindarskim košuljicama, tako i na blokovima cilindra motora. Istraživanjem problema kavitacije na određenim tipovima brodskih dizel motora ustanovljeno je da je razaranje cilindarskih košuljica intenzivno, i da se nakon 12 000 do 15 000 radnih časova dizel motora ove košuljice moraju remontovati ili zameniti. U velikom broju slučajeva razaranja nastala uticajem kavitacije prouzrokuju i pojavu pukotina neposredno ispod prirubnice cilindarske košuljice.

Zbog stalnog povećanja snage po cilindru i smanjenja debljine košuljica, intenzitet kavitacionih razaranja stalno je u porastu, zbog čega je neophodno proučavanje problema nastajanja kavitacije, njenog negativnog uticaja na rashladne površine, kao i mera zaštite od ove pojave.

Na osnovu eksperimenata, koji su do sada realizovani na brodskim dizel motorima, može se doći do određenih saznanja: o uzrocima pojave kavitacije, mestima gde se javlja, vrstama nastalih

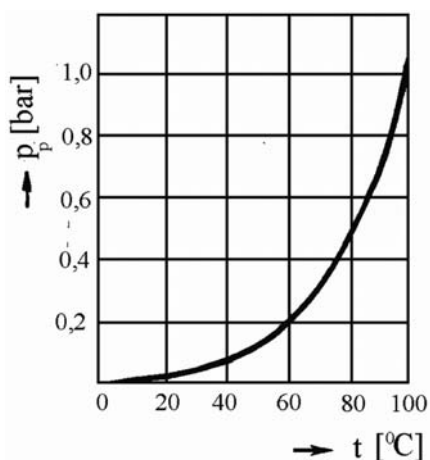
oštećenja na rashladnim površinama, posledicama po pouzdanost rada brodskog dizel motora, o merama zaštite od kavitacije i načinu primene mera zaštite radi produžavanja veka trajanja cilindarskih košuljica i povećanja pouzdanosti rada brodskih dizel motora.

Kavitacija

Početak nastajanja kavitacije vezan je za veličinu pritiska u rashladnoj tečnosti. Naime, smanjenjem pritiska na vrednost isparavanja tečnosti na određenoj temperaturi, dolazi do pojave stvaranja mehurića, što se smatra početkom nastajanja procesa kavitacije. Početak pojave procesa kavitacije nastaje prekomernim padom pritiska ili lokalnim ubrzanjem struje rashladne tečnosti. Mehurići pare, nošeni strujom tečnosti, dolaskom u polje povišenog pritiska se kondezuju. Ako se kondenzacija završava blizu površine čvrstog tela ili na njoj, dolazi do pojave razaranja materijala tog tela, što se naziva kavitacionom erozijom [2].

Proces isparavanja tečnosti događa se na svim temperaturama pri atmosferskom pritisku, međutim, sa aspekta proučavanja kavitacije interesantno je ključanje na nižim pritiscima i temperaturama, odnosno „hladno ključanje“. Kao rashladno sredstvo brodskih dizel motora najčešće se koristi voda, čija je zavisnost pritiska ključanja od temperature $p = f(t)$ prikazana na slici 1.

Rashladna tečnost u sebi sadrži određeni procenat nerastvorenih gasova (O_2 , N_2 , CO_2 , vazduh i dr.) u obliku mehurića koji predstavljaju klice – centre



Sl. 1 – Zavisnost temperature ključanja vode od pritiska

kavitacije. Veličina mehurića je različita i zavisi od pritiska tečnosti. Najmanja dimenzija gasnih mehurića je reda veličine $1 \mu\text{m}$, a zavisi od stišljivosti gasova. Mehurići gasa, nošeni strujom tečnosti, dolaze u polje sniženog pritiska koji odgovara temperaturi isparavanja, a difuzijom kroz površinu (opnu) mehurića ustrojava para, zbog čega zapremina mehurića stalno raste. Kada mehurić, nošen strujom, dođe u polje povećanog pritiska dolazi do kondenzacije pare i smanjenja njegove zapremine.

Za analizu dobijenih rezultata, kako teorijskih, tako i eksperimentalnih, pri procesima kavitacije koristi se bezdimenzijski broj k , koji predstavlja odnos sile zbog razlike u pritiscima, prema inercijalnoj sili. Ovaj broj naziva se Ojlerov ili kavitacioni broj, a veoma lako se dobija iz Navije-Stoksove jednačine za pritisak ključanja tečnosti p_k :

$$k = \frac{p_1 - p_k}{\rho \cdot v_1^2} \quad (1)$$

gde je:

$p_1 [Pa]$ – pritisak struje rashladne tečnosti,

$p_k [Pa]$ – pritisak ključanja tečnosti,

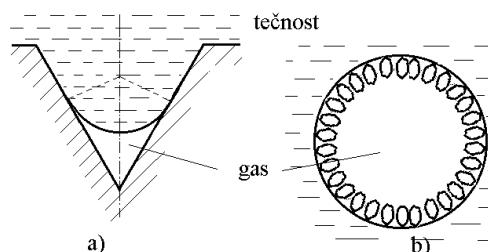
$\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ – gustina rashladne tečnosti, i

$v_1 \left[\frac{m}{s} \right]$ – brzina strujanja rashladne tečnosti.

Zbog prisustva mehurića u tečnosti koja struji, njen protočni presek se smanjuje. Od broja mehurića u struji tečnosti zavisi smanjenje protočnog preseka, kao i promena strujnih karakteristika. Promene strujnih karakteristika mogu ići čak daleko da potpuno zaguše strujni tok.

U procesu kavitacije postoje tri faze: prva faza – stvaranje mehurića, druga faza – rast mehurića, i treća faza – nestajanje mehurića.

Prva faza kavitacije povezana je sa mehanizmom nastajanja mehurića i kaverni zbog prisustva nerastvorenih gasova u tečnosti. Postoje dva modela pomoću kojih je moguće objasniti stvaranje centra kavitacije. Prvi model (slika 2a) odnosi se na stvaranje mehurića na površini tela. Naime, svaka površina je, u manjoj ili većoj meri, hrapava što potiče od tehnolo-

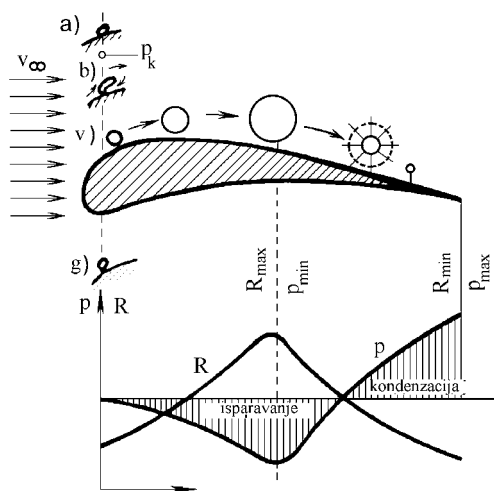


Sl. 2 – Proces stvaranja mehurića na površini tela

škog procesa obrade površine, ali i od uslova eksploatacije. U tim mikroneravninama nalaze se „zarobljeni“ mehurići nerastvorenih gasova koji u uslovima delovanja kritičnog pritiska u okolnoj tečnosti predstavljaju centre isparavanja tečnosti.

Drugi model (slika 2b), takođe, zasniiva se na prisustvu nerastvorenih gasova u tečnosti. Mehurići nerastvorenih gasova nošeni strujom tečnosti dolaze u zonu gde pritisak dostiže vrednost isparavanja, pri čemu im se povećava zapremina.

Osim ova dva modela formiranja centara isparavanja tečnosti, treba naglasiti da parni mehurić može nastati i u centrima vrtloga. Na slici 3 prikazan je proces stvaranja mehurića na čvrstoj površini i „životni put“ parnog mehurića pri opstrujavanju tela. U odgovarajućem preseku na telu (slika 3a) pritisak dostiže vrednost p_k , kada mehuriću nastalom od nerastvorenih gasova, koji se nalazi na zidu, raste zapremina zbog isparavanja tečnosti.



Sl. 3 – Proces stvaranja mehurića na površini tela i „životni put“ parnog mehurića pri opstrujavanju tela

Dejstvom hidrodinamičkih sila nastali mehurić raste (slika 3b), deformiše se i izdužuje u smeru strujanja. U trenutku kada hidrodinamičke sile nadvladaju površinske sile prijanjanja mehurića za čvstu površinu, on se otkida od te površine (slika 3v), a na tom mestu (slika 3g) započinje ciklus stvaranja novog. Taj proces stvaranja mehurića nastavlja se sve dok postoje uslovi za održavanje kritičnog pritiska p_k .

Otkidanjem parnog mehurića sa zida započinje druga faza njegovog „života“ – rast mehurića. Stvoreni mehurići u tečnosti su različitih veličina i oblika. Međutim, pri analizi se pretpostavlja da mehurići imaju oblik sfere koja je ispunjena parom ili parom i gasom. Otkinuti mehurić nosi struja tečnosti u smeru strujanja, tako da na mestima gde se povećava brzina pritisak pada, mehurić raste i obrnuto.

Od trenutka kada se u tečnosti postigne pritisak $p > p_k$, uslovi za opstanak parne faze prestaju i nastaje kondenzacija mehurića – treća faza. Kako se kondenzacija obavlja trenutno, obično se smatra da je mehurić iščezao ili da je doživio kolaps. Pri kondenzaciji mehurića zapremina parne faze se trenutno smanjuje, a u nju velikom brzinom ustrujava tečnost. Usled toga, na mestima kolapsa mehurića nastaju lokalni hidro udari praćeni naglim lokalnim porastom pritiska. Ako se kondenzacija mehurića završava na čvrstoj površini ili blizu nje, tada je ta površina izložena dejstvu velike sile (reda veličine 1000 do 1500 MPa) na maloj površini. Kod dugotrajnog procesa kondenzacije mehurića na čvrstoj površini ona će biti oštećena, a taj proces naziva se kavitacionom erozijom. Svi mehurići koji se kondenzuju ne učestvuju u ra-

zaranju površine, već samo oni koji išče-zavaju na njoj ili blizu nje.

Proces kavitacione erozije praćen je površinskim razaranjem materijala, pa samim tim i gubitkom njegove mase. Svi materijali, bez obzira na kvalitet i mehanička svojstva, podložni su kavitacionoj eroziji. Pri razvijenoj kavitaciji samo je pitanje vremena kada će nastupiti razaranje površinskog sloja. Ispitivanje procesa kavitacije obavlja se u laboratorijskim uslovima, jer ispitivanje na objektima u stvarnim uslovima eksploatacije nije preporučljivo, zbog narušavanja radnog procesa i promene karakteristika, kao i zbog toga što je ova pojava u eksploataciji nepoželjna. U laboratorijskim uslovima brže se dolazi do podataka o kavitacionoj eroziji.

Na metalnim površinama stalno je prisutna i korozija, pa je u normalnim uslovima eksploatacije na mestima sa procesom kavitacije stalno prisutan i korozivno-erozivni proces. Eksperimentima u laboratorijskim uslovima dobijeni su podaci o gubitku mase (tabela) različitih vrsta materijala u uslovima kavitacione erozije.

Gubitak mase nekih materijala u uslovima kavitacione erozije

| Materijal | Način obrade | Sastav | Gubitak mase uzorka posle 2 h ispitivanja Δm [mg] |
|---------------|---------------------------------------|-----------------------------|---|
| Bronza | toplo valjana | Cu 83%; Al 10,3%; Fe 5,8% | 3,2 |
| | livena | Cu 83,1%; Al 12,4%; Fe 4,1% | 5,8 |
| Čelik | valjan, otporan na koroziju | Cr 26%; Ni 13% | 8,0 |
| | valjan, otpušten, otporan na koroziju | Cr 12% | 9,0 |
| | liven, otporan na koroziju | Cr 18%; Ni 8% | 13 |
| | | Cr 12% | 20 |
| Aluminijum | | | 124 |
| Mesing | | | 156 |
| Kovano gvožđe | | | 224 |

Pojava kavitacije u brodskim dizel motorima

Oštećenja površina cilindarskih košuljica i blokova cilindra hlađenih vodom posledica su istovremenog dejstva mehaničkih, hemijskih, toplotnih i elektrohemijskih procesa. Pri analizi oštećenja najpre se smatralo da su ona posledica korozije zbog prisustva kiseonika. Međutim, kasnijim eksperimentima došlo se do saznanja da oštećenja rashladnih površina direktno zavise od kavitacije. Glavni uzrok kavitacije i kavitacionih oštećenja je promenljivi pritisak u rashladnoj tečnosti, izazvan oscilacijama cilindarskih košuljica, što je zaključeno na osnovu direktne zavisnosti između pojave kavitacije i procesa koji se odvijaju u cilindru dizel motora, kao i na osnovu identičnosti karaktera i oblika oštećenja na rashladnoj površini cilindarske košuljice brodskih dizel motora i brodskih propelera, usisnih delova hidrauličnih mašina i dr.

Na spoljnoj površini cilindarskih košuljica, koje se hlade vodom, dolazi do oštećenja nastalih procesom kavitacije. Kavitaciona oštećenja spoljnih površina košuljica dizel motora nastaju zbog pulziranja vode usled dejstva normalne sile koja nastaje pri udaru klipa o zid cilindarske košuljice. Udarni impuls izaziva lokalne elastične deformacije u obliku radialnih i uzdužnih oscilacija cilindarske košuljice koje dovode do pobuđivanja zvučnih i ultrazvučnih oscilacija u prstenastom sloju vode oko cilindarske košuljice, odnosno izaziva njeno pulziranje.

Procesi pulziranja vode za hlađenje uz oscilatorne površine utiču na stvaranje kavitacionih mehurića. Pri nestajanju

mehurića stvara se prazan prostor na površini cilindarske košuljice, a voda velikom brzinom nadire (naleće) u taj prostor i udara u površinu cilindarske košuljice. Pritisak vode u tim slučajevima kreće se u granicama od 1000 do 1500 MPa, a čvrstoća sivog liva (od koga je košuljica izrađena) iznosi od 200 do 400 MPa. Tada najveća opterećenja na mikropovršini, na kojoj deluje navedeni pritisak, prelaze granicu tečenja metala, što dovodi do skidanja (erozije) njegovih delova. Zbog udaranja klipa o cilindarsku košuljicu nastaju oštećenja i mikropukotine i na površini sa strane hlađenja. Zbog pojave ponovnih hidrauličnih udara čestice sa tih površina se otkidaju, a oko tog mesta stvara se mreža pukotina koje se s vremenom produbljuju. Iz sivog liva najpre se oslobađaju grafitni sastojci koji imaju zanemarljivo malu čvrstoću u odnosu na metal. Kod čvršćih i tvrdih konstrukcionih materijala ovaj proces razaranja teče relativno sporo. Paralelno sa mehaničkim prisutna su i hemijska, toplotna i elektrohemijska oštećenja rashladnih površina. Pri naglom nadiranju mehurića visokog pritiska u mikroprostore tečnosti dolazi do naglog povećanja temperature. U tom slučaju, kada mehurić dođe u dodir sa površinom cilindarske košuljice i ako je temperatura u tom mikroprostoru veća od temperature topljenja materijala košuljice, materijal se na toj površini topi. Viša temperatura pojačava elektrohemijske procese, a njihova uloga pri kavitaciji koja se razvija na površini cilindarske košuljice je poznata. Naime, udarci klipa o košuljicu izazivaju deformacije i povećavaju opterećenje materijala na maloj površini. Na tim mestima nastaju anodni sektori, koji sa vodom za hlađenje

(elektrolitom) i osnovnom površinom cilindarske košuljice (katodom) formiraju galvanski par. U sistemima za hlađenje dizel motora osim kavitacije javljaju se i procesi korozije koji potpomažu oštećenja. Pod uticajem kavitacije razaranje materijala je stalno, a posebno je velikog intenziteta kada se stalno ponavljaju kavitaciono-korozivni procesi.

Procesi kavitacije ispituju se pomoću mikrofotografija i metodom difrakcije rendgenskih zraka. U oba slučaja kod kavitacionih oštećenja primećuju se i plastične deformacije. Ispitivanja uzoraka materijala različitog hemijskog sastava pokazala su da su oštećenja nastala kavitacijom jednaka. Osim toga, vršena su ispitivanja uzoraka od nikla u vodi i u tečnom metil-benzolu, bez prisustva vazduha i dodira sa helijumom. U obe tečnosti kavitacija je izazvala plastične deformacije jednakog oblika i veličina. Eksperimenti izvršeni sa uzorcima od nerđajućeg čelika, zlata, platine, plastične mase, gume i drugih neoksidirajućih materijala dali su iste rezultate. Svi ovi materijali imali su oštećenja nastala uticajem kavitacije. To znači da nema materijala koji je apsolutno otporan na uticaj kavitacione erozije.

Mehanizam razaranja čvrstih tela, u prvom redu, zavisi od uzroka pojava kavitacionog razaranja. Uzročni faktori, uglavnom, zavise od prepreka u struji tečnosti (u rashladnom prostoru dizel motora) i zatvorenih (zarobljenih) kavitacionih mehurića. Međutim, ukoliko se primene mere za smanjenje kaverni, tada se u principu uvek smanjuju i kavitaciona oštećenja opstrujanih površina cilindarskih košuljica i blokova cilindra.

Osim oštećenja nastalih od kavitacije na košuljicama i blokovima cilindra, kod brodskih dizel motora primećena su oštećenja izazvana kavitacijom i na ležajima kolenastog vratila, elementima sistema za ubrizgavanje goriva (pumpa za gorivo, ubrizgač goriva) [1], ventilima motora, pumpama za rashladnu vodu i dr. U sistemu za hlađenje klipa kavitacija se javlja u teleskopskim cevima. Kolenasto vratilo se ne obrće ravnomerno u ležajima, već izvodi složeno kretanje u zavisnosti od sila koje na njega deluju. Ako se zbog pomeranja zazor između vratila i ležišta naglo poveća, nastaju mehurići u ulju za podmazivanje, koji implodiraju kada se vratilo približava ležišnoj šolji, što dovodi do pojave kavitacione erozije.

Zavisnost kavitacionih razaranja od temperature i pritiska rashladne tečnosti

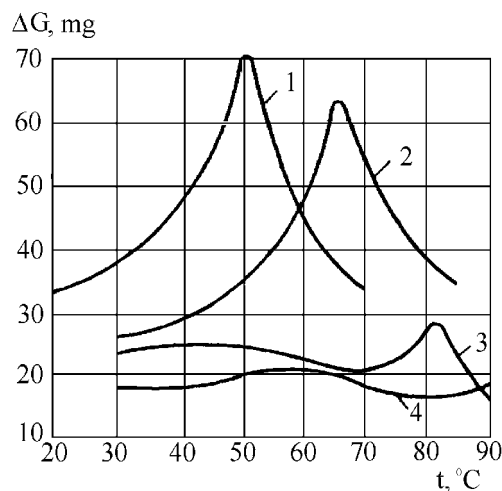
Laboratorijska ispitivanja pojave kavitacije obavljaju se različitim metodama na različitim uređajima. U ovom radu korišćeni su podaci dobijeni merenjem na magnetrostrikcionom oscilatoru. Ovi podaci dobijeni su pri ispitivanju modela u različitim sredinama rashladne tečnosti sa konstantnim veličinama hidrostatskog pritiska, konstantnim zazorima (20 mm) između aktivnih i pasivnih modela i u intervalu od 30 do 90°C.

Pri ispitivanju su korišćene sledeće rashladne tečnosti: voda iz vodovoda, voda iz vodovoda sa 0,5% sadržajem aditiva i posebno pripremljena voda.

Voda iz vodovoda

Na slici 4 prikazana je zavisnost kavitacionih razaranja od temperature vode

za četiri konstantne vrednosti pritiska, pri čemu se razaranje odnosi na ukupnu rashladnu površinu motora. Uočava se da veličina kavitacionih razaranja zavisi od količine kavitacionih mehurića u vodi.



Sl. 4 – Zavisnost kavitacionih razaranja od temperature i pritiska vode:

1. $p = 0,05 \text{ MPa}$; 2. $p = 0,15 \text{ MPa}$;
3. $p = 0,25 \text{ MPa}$; 4. $p = 0,29 \text{ MPa}$

Pošto se sa povećanjem temperature vode smanjuje zasićenje gasom i slabe amortizaciona svojstva gasova rastvorenih u vodi, veličina razaranja modela, u prvom trenutku naznačenih pritiska, raste i dostiže maksimalnu vrednost na temperaturama od 50°, 65° i 80°C. Daljim porastom temperature vode dolazi do ubrzanog preobražaja unutar kavitacionih mehurića koji, zahvaljujući tome, ponovo dobijaju amortizaciona svojstva. Na osnovu rezultata i karaktera prikazanih grafova vidi se da se veličina kavitacionih razaranja smanjuje sa povećanjem temperature i pritiska, pri čemu se maksimalne vrednosti razaranja dostižu na višim temperaturama.

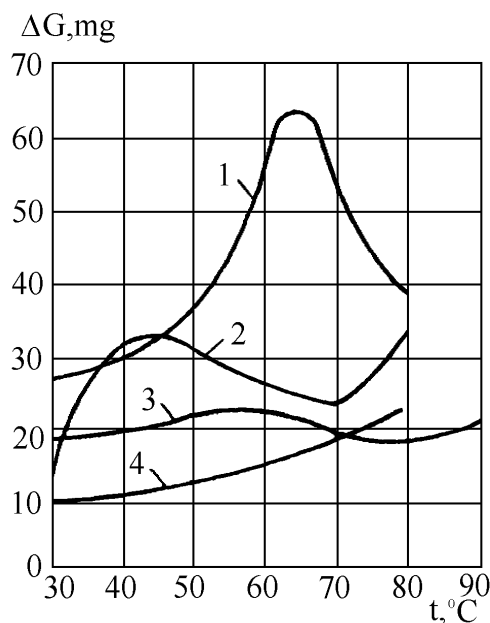
Prema tome, pri pritisku $p = 0,05$ MPa (kriva 1) maksimalna razaranja ($\Delta G \approx 70$ mg) su u zoni temperature od 50°C , pri pritisku $p = 0,15$ MPa (kriva 2, $\Delta G \approx 64$ mg) na temperaturi od 65°C , pri pritisku $p = 0,25$ MPa (kriva 3, $\Delta G \approx 28$ mg) na temperaturi od 80°C , dok pri pritisku $p = 0,29$ MPa (kriva 4, $\Delta G \approx 22$ mg) na temperaturi od 90°C maksimalnih razaranja gotovo da i nema. Ovakvi rezultati merenja objašnjavaju se kasnijim početkom nastajanja pare pri povišenim pritiscima vode u sistemu. Analizom apsolutnih veličina razaranja modela (gubitka mase) po krivama 1 do 4, uočava se da sa povećanjem pritiska iznad vrednosti $p = 0,25$ MPa (krive 3 i 4) veličina kavitacionih razaranja postaje stabilna u intervalu temperatura od 30°C do 90°C i manja je za 2,5 do 3,5 puta u odnosu na vrednosti za pritiske prikazane krivama 1 i 2.

Voda iz vodovoda sa aditivima

Za ovu analizu korišćena je voda iz vodovoda kojoj je dodata određena količina aditiva (0,5% Schell Dromus oil B u odnosu na ukupnu masu vode u sistemu). Ispitivanja su vršena pri konstantnim pritiscima od 0,15 i 0,29 MPa na različitim temperaturama, a rezultati su prikazani na slici 5. Na dijagramu su prikazane i vrednosti kavitacionih oštećenja za vodu iz vodovoda (bez aditiva) pri istim pritiscima, što omogućava upoređivanje rezultata i donošenje određenih zaključaka.

Koncentracija aditiva sa 0,5% uzeta je na osnovu ranijih ispitivanja čiji su rezultati pokazali da je to optimalna količina. Kod manjih koncentracija aditiva veći su gubici mase nastali kavitacijom,

dok se kod većih koncentracija ti gubici neznatno smanjuju. Kod nekih vrsta aditiva sa koncentracijom $> 0,5\%$ povećavaju se oštećenja i gubici mase usled pojave kavitacije.



Sl. 5 – Zavisnost kavitacionih razaranja od temperature i pritiska vode bez i sa aditivom: 1. $p = 0,15$ MPa (voda iz vodovoda); 2. $p = 0,15$ MPa (voda sa aditivima); 3. $p = 0,29$ MPa (voda iz vodovoda); 4. $p = 0,29$ MPa (voda sa aditivima)

Sa slike 5 vidi se da pri pritisku od 0,15 MPa kavitaciono razaranje u vodi bez aditiva (kriva 1) ima najveće vrednosti na temperaturi od oko 65°C . U vodi sa aditivima (kriva 2) na istom pritisku kavitaciono razaranje ima relativno najveće oscilovanje u intervalu temperature od 35°C do 80°C , a po apsolutnoj vrednosti znatno manji gubitak mase u odnosu na vodu bez aditiva.

Povećanjem hidrostatskog pritiska do vrednosti od 0,29 MPa apsolutna vred-

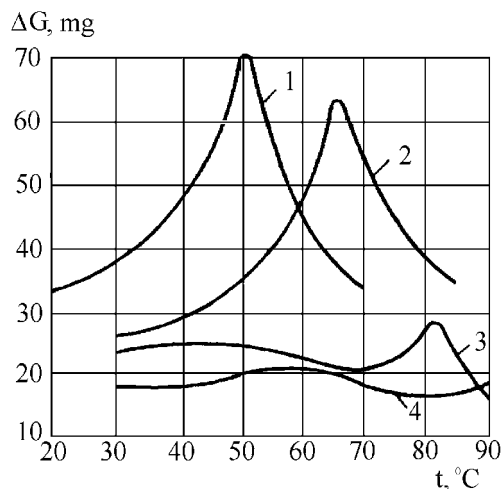
nost razaranja je dva do tri puta manja (kriva 4). Znači da sa povećanjem temperature veličina razaranja u vodi sa aditivima postepeno raste. U intervalu temperatura od 30° do 72°C gubitak mase zbog kavitacije je za 1,5 do 2 puta manji nego kod modela ispitivanog u vodi bez aditiva (kriva 3). Međutim, pri temperaturama višim od 72°C gubitak mase zbog kavitacije u vodi sa aditivima mnogo je veći nego u vodi bez aditiva. To se može objasniti smanjenjem adhezionih osobina aditiva sa povećanjem temperature.

Posebno pripremljena voda

Posebno pripremljena voda (voda visoke čistoće) dobija se neutralizacijom, odnosno odstranjivanjem soli i kiseonika iz nje. Time se voda praktično prevodi u dielektrik (električni otpor iznosi do 10 Ω cm) i povećava joj se površinski napon (u poređenju sa destilovanom vodom skoro dva puta). To znači da se upotrebom ovakve vode u rashladnom sistemu dizel motora isključuje proces elektrohemijske korozije, dok se razaranja nastala kavitacionom erozijom smanjuju.

Na slici 6 prikazana je zavisnost veličine kavitacionih razaranja od temperature u vodi visoke čistoće (krive 1 i 4) pri konstantnim hidrostatskim pritiscima koji imaju vrednosti 0,15 i 0,29 MPa.

Na slici su prikazane i dobijene vrednosti gubitaka mase pri istim hidrostatskim pritiscima modela u vodi iz vodovoda (krive 2 i 3) radi upoređenja sa rezultatima ispitivanja modela u vodi visoke čistoće. Uočava se da se maksimalni gubitak mase modela u vodi visoke čistoće (krive 1 i 4) dešava nezavisno od pritiska na nižim temperaturama od oko



Sl. 6 – Zavisnost kavitacionih razaranja od temperature vode visoke čistoće pri konstantnim hidrostatskim pritiscima:

1. $p = 0,15$ MPa (voda visoke čistoće);
2. $p = 0,15$ MPa (voda iz vodovoda);
3. $p = 0,29$ MPa (voda iz vodovoda);
4. $p = 0,29$ MPa (voda visoke čistoće)

50°C. Apsolutna vrednost razaranja u toj sredini pri pritisku od 0,29 MPa (kriva 4) gotovo je tri puta manja u odnosu na pritisak 0,15 MPa (kriva 1) tj. skoro šest puta u odnosu na vodu iz vodovoda (kriva 2) pri temperaturi od 65°C. Daljim porastom temperature veličina razaranja u oba slučaja (voda visoke čistoće) smanjuje se, s tim da pri pritisku od 0,15 MPa naglo opada, a na temperaturi od 70°C i višoj, apsolutna veličina razaranja postaje praktično jednaka, nezavisno od veličine hidrostatskog pritiska.

Upoređenjem karaktera razaranja u posmatranoj sredini (krive 1 i 4) sa karakterom razaranja u vodi iz vodovoda (krive 2 i 3) može se primetiti da je na pritisku od 0,15 MPa i temperaturi od oko 50°C razaranja u vodi visoke čistoće većeg intenziteta. Dalje povećanje temperature dovodi do znatnog razaranja u

neutralizovanoj vodi. Pri pritisku od 0,29 MPa, u svim intervalima temperatura, veličina razaranja modela je u neutralizovanoj vodi donekle manja u odnosu na vodu iz vodovoda.

Prema tome, u neutralizovanoj vodi u poređenju sa vodom iz vodovoda znatno su manje vrednosti gubitka mase modela nastalih kavitacionom erozijom kod niskih pritisaka temperaturama 50°C i višim. Pri povećanju hidrostatskog pritiska (0,25 do 0,29 MPa i višim) rashladna tečnost manje utiče na kavitaciono razaranja, pa su njihove apsolutne vrednosti prilično niske u obe sredine.

Zaključak

Savremeni visokotermički opterećeni brodski dizel motori hlade se na više načina, a najčešće vodom, pri čemu se javljaju određeni problemi, jer dolazi do oštećenja rashladnih površina nastalih uticajem kavitacione erozije, odnosno gubitkom mase rashladnih površina.

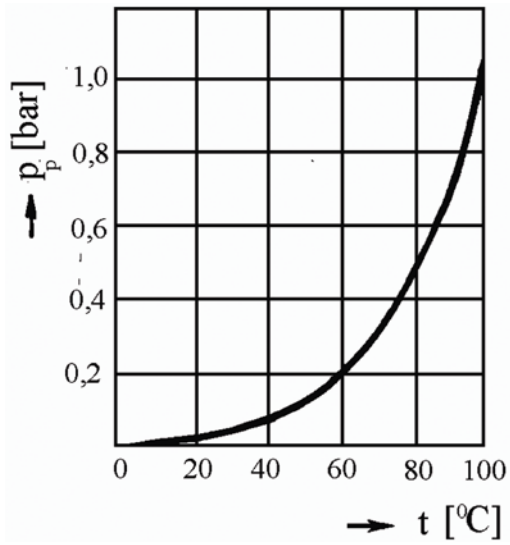
Pojava kavitacije na rashladnim površinama brodskih dizel motora povezana je sa padom pritiska do vrednosti ključanja i isparavanja rashladne tečnosti na nižim temperaturama. Tom prilikom nastaju parni mehurići, pri čemu im se povećava zapremina, odvajaju se sa rashladnih površina i stvaraju slobodan prostor određene zapremine. U taj prostor naglo ustrujava okolna tečnost pod veoma visokim pritiskom, i otkida čestice

materijala rashladne površine (proces kavitacione erozije), pri čemu dolazi do oštećenja tih površina.

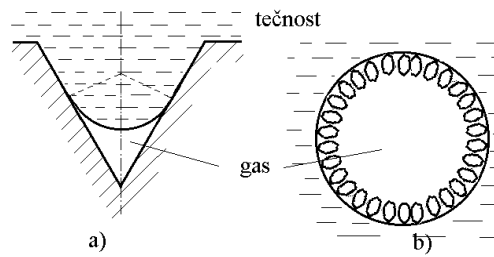
Za proces nastajanja kavitacije od posebnog je značaja uticaj koncentracije aditiva u rashladnoj vodi kao i pritisaka i temperature u sistemu hlađenja. Kod brodskih dizel motora do maksimalnog gubitka mase cilindarskih košuljica, nastalog procesom kavitacije, dolazi na režimu rada pri temperaturi rashladne vode oko 50°C. Povećanjem pritiska rashladne vode, upotrebom aditiva određene koncentracije i materijala veće čvrstoće, smanjuje se uticaj kavitacione erozije na rashladnim površinama cilindarskih košuljica. Osim uticaja kavitacione erozije, na dužinu veka upotrebe u eksploataciji cilindarskih košuljica bitno utiču mehanička oštećenja, hemijski i elektrohemijski procesi, proces korozije, toplota i drugi činioci. Svi materijali, bez obzira na kvalitet i mehanička svojstva, podložni su kavitacionoj eroziji.

Literatura:

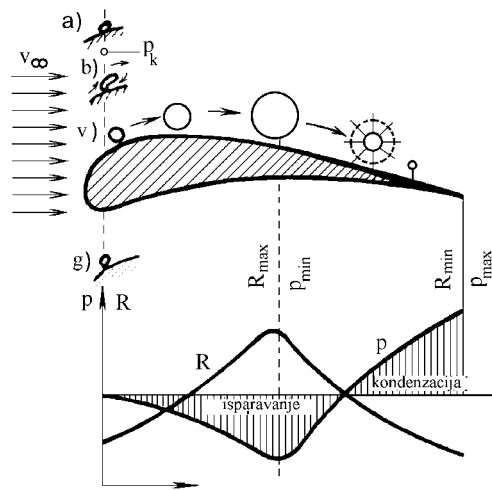
- [1] Ivošević, S.: Kavitacija u sistemu za ubrizgavanje sporohodnih dizel motora, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1972.
- [2] Čantrak, S.; Cmojević, C.: Hidraulika, teorija, problemi, zadaci, Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
- [3] Čantrak, S.; Cmojević, C.; Radojević, Z.; Jovanović, P.: Hidraulika, kavitacija, elektrohidraulika, OMO, Beograd, 1987.
- [4] Рождественский, В. В.: Кавитация, Судостроение, Ленинград, 1977.
- [5] Пимошенко, А. П.: Защита судовых дизелей от кавитационных разрушений, Судостроение, Ленинград, 1983.
- [6] Đorđević, V.: Pregled metoda za laboratorijska ispitivanja kavitacione erozije, Tehnika, Mašinstvo, Beograd, 1973.
- [7] Nikolić, R.: Istraživanje problema kavitacije brodskih dizel motora, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1999.



Sl. 1 – Zavisnost temperature ključanja vode od pritiska

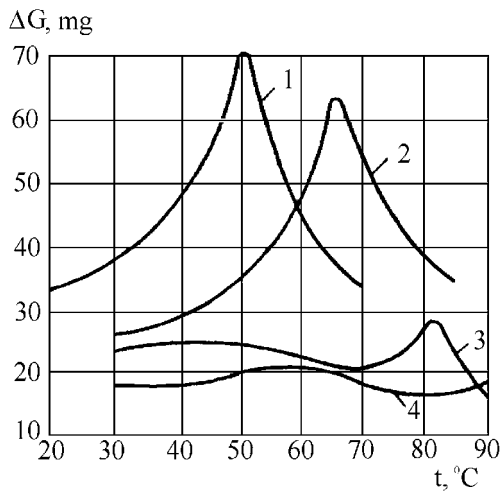


Sl. 2 – Proces stvaranja mehurića na površini tela



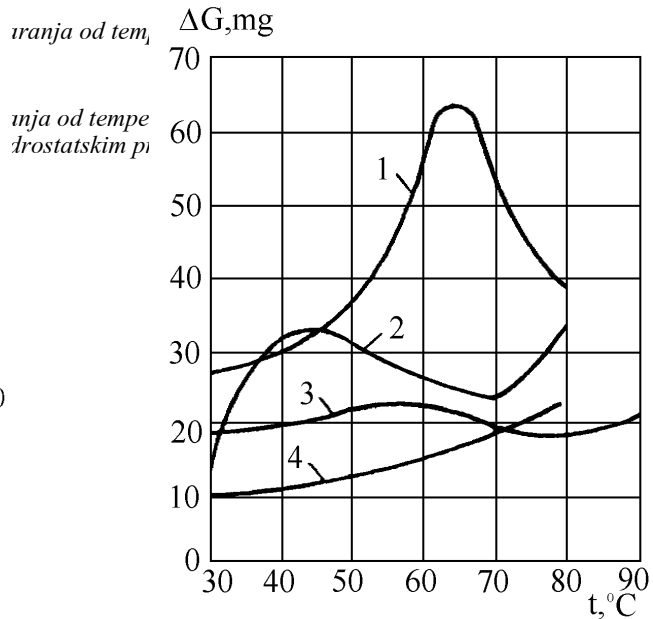
Sl. 3 – Proces stvaranja mehurića na površini tela i „životni put“ parnog mehurića pri opstrujavanju tela

1. $p = 0,05 \text{ MPa}$; 2. $p = 0,15 \text{ MPa}$;
3. $p = 0,25 \text{ MPa}$; 4. $p = 0,29 \text{ MPa}$

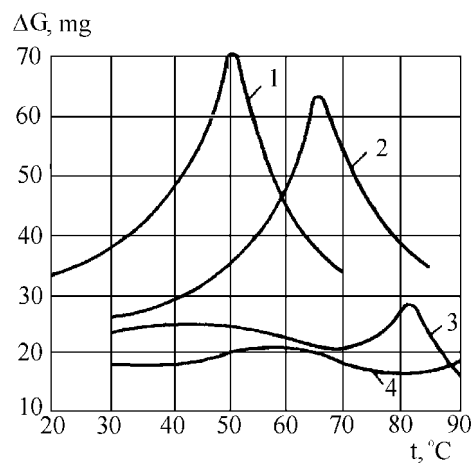


inih razaranja od temperature i pritiska vode

1. $p = 0,15 \text{ MPa}$ (voda iz vodovoda);
2. $p = 0,15 \text{ MPa}$ (voda sa aditivima);
3. $p = 0,29 \text{ MPa}$ (voda iz vodovoda);
4. $p = 0,29 \text{ MPa}$ (voda sa aditivima)



1. $p = 0,15 \text{ MPa}$ (voda visoke čistoće);
2. $p = 0,15 \text{ MPa}$ (voda iz vodovoda);
3. $p = 0,29 \text{ MPa}$ (voda iz vodovoda);
4. $p = 0,29 \text{ MPa}$ (voda visoke čistoće)



Mr Sead Cvrk,
potpukovnik, dipl. inž.
VP 8420, Bar

ODREĐIVANJE PROPELERSKE KARAKTERISTIKE MOTORA POMOĆU MJERNIH TRAKA I PERSONALNOG RAČUNARA U USLOVIMA EKSPLOATACIJE NA BRODU

UDC: 621.436 : 623.82] : 004.382.7

Rezime:

U ovom radu opisan je postupak mjerenja deformacija propelerskog vratila pomoću mjernih traka i personalnih računara, beskontaktnom metodom. Na osnovu poznatog poprečnog presjeka, kao i vrste materijala propelerskog vratila, određivan je obrtni moment. Pознаvajući frekvenciju vratila, odnosno ugaonu brzinu i obrtni moment, moguće je odrediti efektivnu snagu koja se prenosi od motora na propeler. Oprema, odnosno hardver i softver koji je korišten u radu proizvedeni su u njemačkoj firmi „Hottinger baldwin messtechnik“ (HBM). Eksperiment je izvršen na brodu Mornarice Vojske Srbije i Crne Gore u uslovima ustaljenog režima plovidbe.

Ključne reči: brod, dizel motor, efektivna snaga, mjerne trake.

DETERMINANTING THE PROPELLER CHARACTERISTIC OF THE ENGINE BY MEANS OF STRAIN GAUGES AND PERSONAL COMPUTERS IN THE CONDITIONS OF EXPLOTATION ON A SHIP

Summary:

In this paper, there has been described the way of measuring propeller shaft deformation using the strain gauges and PCs by means of the non-contact method. On the basis of the known cross-section as well as the propeller shaft material type the torque has been calculated. Knowing the shaft frequency, that is the radial velocity and the torque, it is possible to determine the effective power that has been transmitted from the engine to the propeller. The equipment, that is the hardware and the software that have been used, was produced by HOTTINGER BALDWIN MESSTEHNİK (HBM), Darmstadt, the Federal Republic of Germany. The experiment has been carried out on a ship belonging to the Navy of Serbia and Montenegro in the conditions of the usual sailing regime.

Key words: ship, diesel engine, effective power, strain gauges.

Uvod

U toku eksploatacije motora njegova snaga se stalno mijenja, zavisno od priključenog potrošača. U uslovima pogona broda, snaga koju motor predaje propeleru sa nepromjenljivim korakom krila zavisi od broja obrtaja i koraka krila propelera. Otpor koji pruža propeler ne-

promjenljivog koraka krila, a koji motor savlađuje, proporcionalan je kvadratu broja obrtaja propelera:

$$M = k \cdot n^2 \quad (1)$$

Efektivna snaga koju motor predaje propeleru može da se izrazi preko obrtnog momenta koji se sa koljenastog vratila

prenosi preko spojnice na propeler, pri čemu se on obrće ugaonom brzinom ω :

$$P_e = M \cdot \omega \quad (2)$$

U slučaju kada motor pokreće propeler određenog koraka krila, snaga motora koju propeler apsorbira pri različitim brojevima obrtaja biće [1]:

$$P_e = M \cdot \omega = k \cdot n^2 \cdot \frac{\pi \cdot n}{30} = k_1 \cdot n^3 \quad (3)$$

gdje je:

P_e – snaga koju motor predaje propeleru [W],

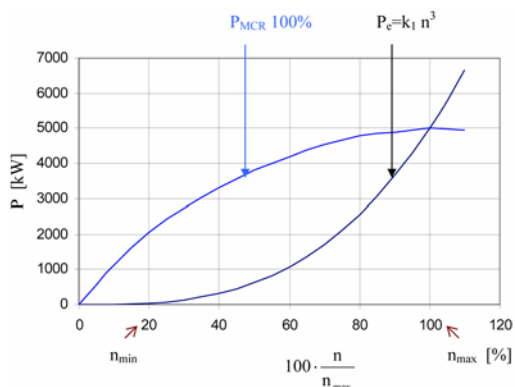
M – obrtni moment propelera [Nm],

n – broj obrtaja propelera [min^{-1}],

k_1 – konstanta koja zavisi od osobina propelera.

Iz jednačine (3) vidi se da se snaga motora mijenja po kubnoj paraboli u funkciji promjene broja obrtaja propelera. Ova kriva naziva se propellerska karakteristika motora.

U uslovima eksploatacije motora na brodu veoma je bitno odrediti snagu koju apsorbira propeler u području od minimalnog do maksimalnog broja obrtaja.



Sl. 1 – Propellerska i spoljna karakteristika motora

Na osnovu snimljene propellerske karakteristike može se zaključiti na kom režimu motor radi u području mogućih brojeva obrtaja, odnosno da li motor radi po proračunskoj karakteristici obrtnog momenta, karakteristici obrtnog momenta pri plovljenju s „teškim propelerom“ ili karakteristici obrtnog momenta pri plovljenju s „lakim propelerom“.

Često se događa da motori ne mogu da razviju potreban broj obrtaja, a brodovi odgovarajuću brzinu. Razlozi za to mogu biti sadržani u promjenjenim spoljašnjim uslovima plovidbe (plovidba u plitkim vodama, kanalima, povećanje gaza broda, plovidba po nevremenu, promjena parametara okoline i drugo) i u promjeni tehničkog stanja i regulacije pojedinih elemenata pogonskog kompleksa: broskog trupa, propelera, prenosa snage i motora. Očigledno da je zbog mnoštva različitih eksploatacionih faktora, koji utiču na maksimalni broj obrtaja motora, pa time i brzinu plovidbe broda, teško objasniti razloge ove pojave. Zbog toga članovi posade broda koji opslužuju pogonski kompleks, treba dobro da poznaju hidrodinamiku broda, teoriju motora SUS, karakteristike pojedinih elemenata kompleksa, kao i faktore koji na njih utiču. Kada se zna uzrok nekog nedostatka mogu se preduzeti i odgovarajuće pravovremene mjere za njihovo otklanjanje. U brodskim uslovima obično ne postoje instrumenti za mjerenje obrtnog momenta motora (a samim tim i snage) i sile potiska propelera. Zbog toga je potrebno da se, u takvim slučajevima, vrši neposredna kontrola karakteristika trupa, propelera i motora.

Članovima posade broda, koji opslužuju pogonski kompleks, pri rješavanju ovog zadatka, znatnu pomoć pruža

korišćenje odgovarajućih metoda kontrole rada i tehničkog stanja pojedinih elemenata pogonskog kompleksa broda, a naročito kontrola rada glavnih pogonskih motora.

Jedna od efikasnih metoda pomoću koje se može vršiti mjerenje parametara glavnih motora na brodu, kao i analiza uticaja pojedinih eksploatacionih faktora na rad motora, jeste pomoću mjernih traka (kao i drugih davača izrađenih na principu djelovanja mjernih traka) i personalnih računara. Ovom metodom moguće je uspostaviti funkcionalnu zavisnost između indikatorskih i efektivnih parametara rada motora sa eksploatacionim parametrima, ako se za osnovu uzme bilo koji parametar.

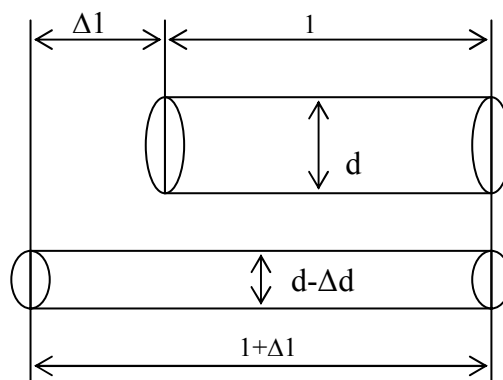
Primjena mjernih traka

Upotreba mjernih traka danas je veoma raširena, a efikasno se mogu koristiti za analizu napona u konstrukcijama kao što su: jednoosno naponsko stanje, ravansko naponsko stanje, zaostali naponi u konstrukcijama, termički naponi, gradijentni naponi, itd.

Mjerne trake mogu se upotrebljavati za statička, kvazistatička i dinamička mjerenja na konstrukcijama i dijelovima mašina, i to za mjerenje: dilatacija i napona, sile i mase, pritiska, obrtnog momenta, pomjeranja, vibracija, itd.

Kada su u pitanju mjerenja dilatacija i napona, mjerne trake se upotrebljavaju u području elastičnih deformacija prema Hukovom (Hooke) zakonu.

Mjerna traka predstavlja provodnik definisane otpornosti koji je pričvršćen za površinu mjenjenog objekta. Svaka deformacija mjenjenog objekta, usled njego-



Sl. 2 – Deformacija objekta usled opterećenja

vog opterećenja, izaziva odgovarajuću deformaciju mjerne trake, što sve zajedno omogućava mjerenje promjenjenog otpora.

U neopterećenom stanju otpor mjerne trake je R_0 , a u opterećenom stanju, odnosno posle deformacije, biće $R_0 + \Delta R$ [2]:

$$R_0 = \frac{\rho \cdot l_0}{A} = \frac{4 \cdot \rho \cdot l_0}{\pi \cdot d^2} \quad (4)$$

gdje je:

ρ – specifični otpor materijala, [$\Omega\text{mm}^2/\text{m}$],
 l_0 – dužina mjerne trake u neopterećenom stanju, [m],

A – površina poprečnog presjeka, [m^2].

Ukupna promjena otpora usled deformacije i promjene mikrostrukture materijala od kojeg je izrađena mjerna traka je:

$$\frac{dR}{R_0} = \varepsilon \cdot (1 + \nu) + \frac{d\rho}{\rho} \quad (5)$$

gdje je:

$$\varepsilon = \frac{dl}{l_0} \text{ – relativno izduženje,}$$

dl – promjena dužine trake
 ν – Poasonov (Poisson) koeficijent.

Zavisnost između mehaničke deformacije i promjene otpora na mjernoj traci, za različite provodničke materijale, određena je njenom osjetljivošću k [2]:

$$k = \frac{\frac{\Delta R}{R_o}}{\frac{\Delta l}{l_o}} = \frac{\Delta R}{\varepsilon} \quad (6)$$

Za različite legure koje se koriste za izradu vlakana u mjernoj traci osjetljivost k je različita. Mjerna traka bi trebalo da mijenja otpor samo usled naprezanja u aktivnom pravcu (pravac u kome se vrši mjerenje) i tada je osjetljivost (k -faktor) definisana kao:

$$k_t = \frac{\frac{\Delta R}{R_o}}{\varepsilon_t} \quad (7)$$

Ako je mjerna traka opterećena u poprečnom pravcu, tada je odgovarajući k -faktor definisan kao:

$$k_t = \frac{\frac{\Delta R}{R_o}}{\varepsilon_t} \quad (8)$$

Odnos ova dva faktora definiše se kao poprečna osjetljivost:

$$q = \frac{k_t}{k_t} \quad (9)$$

Ovaj efekat se redukuje primjenom folijskih mjernih traka sa transversalnim

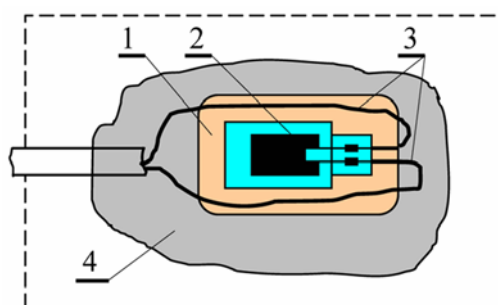
podebljanjima mreže. Zavisno od tipa mjerne trake i dužine mreže, poprečna osjetljivost $q < 0,01-0,02$. Mjerne trake se, u opštem slučaju, upotrebljavaju za mjerenje deformacija do 3000 $\mu\text{m/m}$. Maksimalno izduženje mjerne trake zavisi od njene konstrukcije i materijala i iznosi od ± 2 cm/m do 15 cm/m . U prisustvu velikih deformacija mjerne trake pokazuju nelinearne karakteristike koje se ne mogu smatrati zanemarljivim.

Postavljanje mjernih traka na objekat ispitivanja

Postavljanje mjerne trake na objekat ispitivanja izvodi se lijepljenjem, uz upotrebu različitih vezivnih materijala i zahtjeva maksimalnu pažnju.

Kao vezivni materijal za lijepljenje mjernih traka upotrebljavaju se: hladno vezujuća lijepila, lijepila koja se vezuju na toplo, keramički kit, tačkasti zavari.

Postavljanje mjernih traka uključuje: čišćenje (mehaničko i hemijsko) površine mjenjenog objekta na koju se postavlja traka, vezivanje mjerne trake na očišćenu



Sl. 3 – Postavljena mjerna traka na objekat ispitivanja:

- 1 – pripremljena površina na objektu za mjerenje;
- 2 – postavljena mjerna traka na objekat za mjerenje;
- 3 – električni provodnici za napajanje mjerne trake
- 4 – specijalna guma za zaštitu mjerne trake

površinu mjenenog objekta, lemljenje izvoda na terminale za lemljenje, zaštitu mjerne trake (mehanička i hemijska).

Električno povezivanje mjernih traka izvodi se u obliku Vitstonovog (Wheatston) mosta, koji se može upotrijebiti za mjerenje otpora, i to: apsolutnog iznosa otpora, poređenjem sa poznatim otporom i relativne promjene električnog otpora.

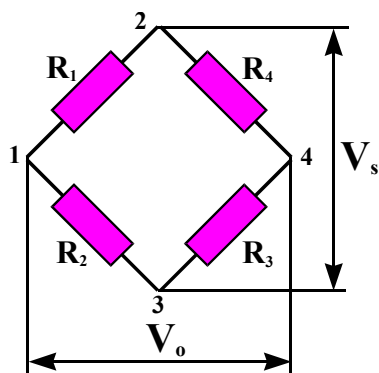
Na ovaj način, povezivanje mjernih traka omogućava mjerenje promjene otpora u granicama od 10^{-4} do $10^{-7} \Omega/\Omega$ sa veoma visokom tačnošću. Mjerne trake predstavljaju određene otpornike koji se povezuju od R_1 do R_4 , kao što je prikazano na slici 4.

U tačkama 2 i 3 spajaju se grane od izvora za napajanje V_s bilo jednosmjernim ili naizmjeničnim naponom. U tačkama 1 i 4 dobija se izlazni napon V_0 koji predstavlja mjereni signal.

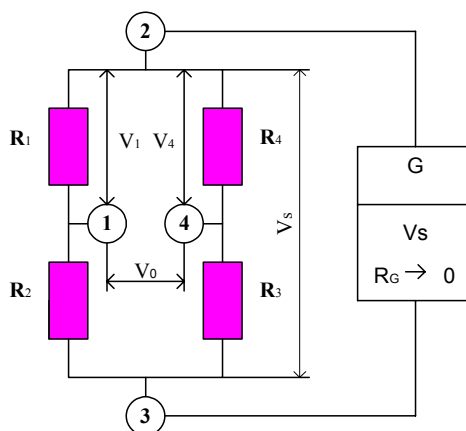
Princip rada Vitstonovog mosta može se objasniti uz pomoć slike 5.

Pretpostavlja se da je otpor izvora napona R_G zanemarljiv i da je unutrašnji otpor instrumenta za mjerenje izlaznog napona veoma veliki.

Naponi V_1 i V_4 mogu se izračunati na sljedeći način, ukoliko su poznati otpori R_1, R_2, R_3, R_4 i V_s :



Sl. 4 – Vitstonov most



Sl. 5 – Princip rada Vitstonovog mosta

$$V_1 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \cdot V_s \quad (10)$$

$$V_4 = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot V_s \quad (11)$$

Razlika napona V_1 i V_4 predstavlja izlazni napon V_0 .

$$V_0 = V_s \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \right) = V_s \cdot (V_1 - V_4) \quad (12)$$

Neizbalansiranost mosta definisana je kao relativni izlazni napon:

$$\frac{V_0}{V_s} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} - \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (13)$$

Postoje dva slučaja kada je most izbalansiran:

- otpori otpornika u mostu su jednaki ($R_1 = R_2 = R_3 = R_4$),
- odnos otpora u obe polovine mosta je isti ($R_1/R_2 = R_3/R_4$).

U oba slučaja $V_0/V_S = 0$ most je izbalansiran. Ako otpori u mostu $R_1...R_4$ mijenjaju svoje vrijednosti za odgovarajuću razliku ΔR , most nije izbalansiran i javlja se odgovarajući izlazni napon V_0 . U ovom slučaju relativni izlazni napon je:

$$\frac{V_0}{V_S} = \frac{1}{4} \left(\frac{R_1 + \Delta R_1}{R_1 + \Delta R_1 + R_2 + \Delta R_2} - \frac{R_4 + \Delta R_4}{R_3 + \Delta R_3 + R_4 + \Delta R_4} \right) \quad (14)$$

Zbog činjenice da je $\Delta R_i \ll R_i$, relativni izlazni napon se može predstaviti na sljedeći način:

$$\frac{V_0}{V_S} = \frac{1}{4} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) \quad (15)$$

Kako je $\Delta R_i / R_i = k\varepsilon_i$, relativni izlazni napon je:

$$\frac{V_0}{V_S} = \frac{k}{4} (\varepsilon_1 - \varepsilon_2 + \varepsilon_3 - \varepsilon_4) \quad (16)$$

Prema tome, izlazni napon sa mosta V_0 je funkcija:

- napona napajanja mosta V_S ,
- k -faktora mjerne trake,
- deformacija ili promjene napona u granama mosta $\varepsilon_1... \varepsilon_4$.

Prikaz metode istraživanja

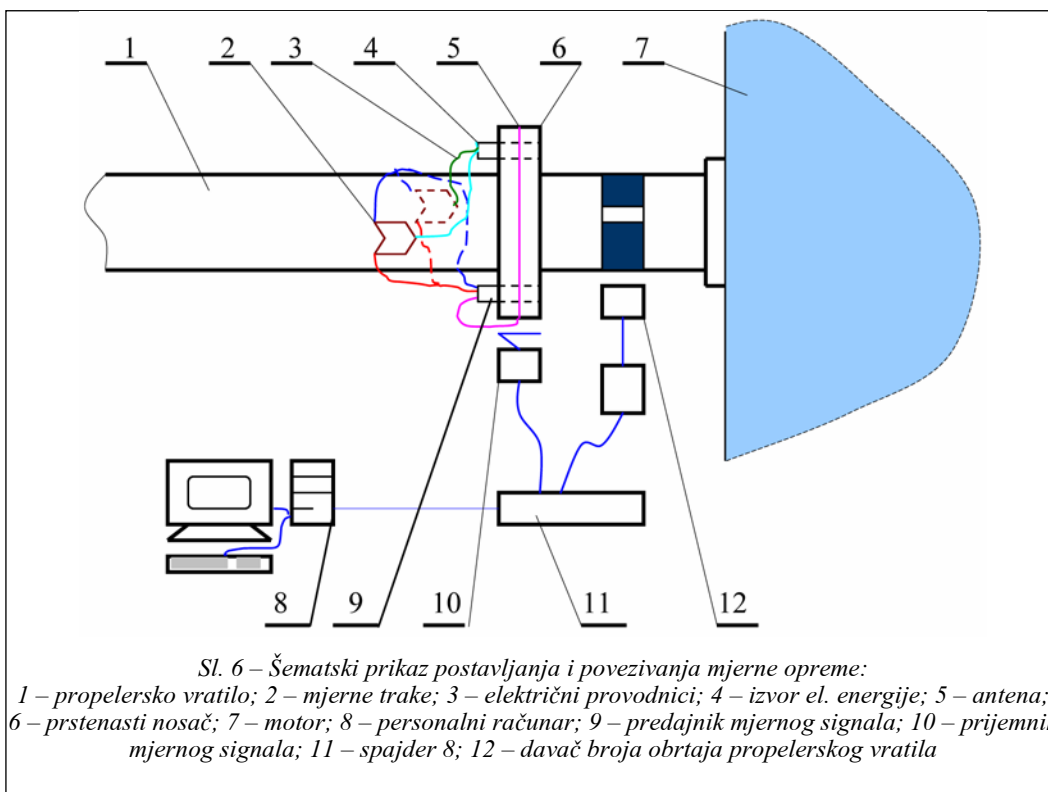
Eksperimentalno određivanje propelerne karakteristike dvotaktnog brodskog dizel motora, pomoću mjernih traka i personalnih računara beskontaktnom metodom, izvršeno je na brodu Mornari-

ce Srbije i Crne Gore, čija je dužina 96,5 m, širina 12,5 m, a standardni deplasman 1470 t. Gaz broda na pramcu iznosi 2790 mm, a gaz na krmi je 3240 mm.

Brod pogone dva glavna dizel motora i jedna gasna turbina preko zasebnih vratilnih vodova. Na svakom vratilnom vodu nalazi se trokrilni propeler sa fiksnim krilima. Dizel motori prema konstrukcionom obliku su linijski, u dva reda po devet cilindara u vertikalnom bloku. Tip motora je 68B, dvotaktni, nominalne snage jednog motora 5880 kW. Gorivo koje motori koriste je dizel DS, a ulje SAE-50. Pri izvođenju eksperimenta brod je pogonjen sa dva dizel motora, a gasna turbina nije radila. Pri tome se turbinski vratilni vod slobodno obrtao.

Pozicija broda sa koje je započeto snimanje propelerske karakteristike je azimut pravi $\omega_p = 047$ a daljina $d = 0,3$ M od ostrva Mamula. Kurs broda tokom snimanja karakteristika bio je $k_p = 136$, a stanje mora 1 do 2. Temperatura vazduha bila je 12°C , barometarski pritisak 1005 mbar, vjetar jugoistočni 11 čv, a relativna vlažnost 68%. Temperatura mora iznosila je 14°C .

Mjerenje je izvršeno postavljanjem mjernih traka i mjerne opreme na vratilni vod lijevog glavnog motora. Mjerne trake se postavljaju na vratilnom vodu između spojnice motora i potisnog (odrivnog) ležaja. Lijevi glavni motor od ugradnje imao je 2912,30 časova pogona. Do sada na motoru nije izvršen ni jedan generalni remont. Dio vratilnog voda na kojem su postavljene mjerne trake je prstenastog poprečnog presjeka dimenzija 260/80 mm. Vratila su izrađena od kovanog čelika, čiji je modul elastičnosti $E = 215 \text{ kN/mm}^2$. Shematski prikaz po-



stavljanja i povezivanja mjerne opreme prikazan je na slici 6. Na vratilo su postavljena dva para mjernih traka tip XY21-6/350 koje su povezane u Vitstonov most. Trake su međusobno postavljene pod uglom od 180°, a njihovo napajanje izvršeno je izvorom jednosmjernog napona od 9 V. Mjerni signal sa Vitstonovog mosta odvodi se do predajnika i preko antene predaje prijemniku mjernog signala. Izvor električne energije, predajnik i antena postavljeni su na prstenasti disk koji mora biti od plastične mase radi eliminacije smetnji, a postavlja se na vratilo. Na vratilo se po cijelom obimu postavlja još i tamna traka sa svjetlom trakom preko nje, koja omogućava da se registruje broj obrtaja vratilnog voda. Pored vratilnog voda, na odgovarajućem

razmaku, postavljaju se prijemnik mjernog signala i davač broja obrtaja vratilnog voda. Prijemnik mjernog signala i davač broja obrtaja povezani su sa elektronskim mjernim uređajem Spider 8.

Spider 8 povezuje se sa personalnim računarom, a program koji omogućava mjerenje i obradu izmjerenih podataka je catman 3.0. Navedena oprema, odnosno hardver i softver proizvedeni su u njemačkoj firmi HOTTINGER BALDWIN MESSTEHNİK (HBM).

Spider 8 je elektronski mjerni uređaj za mjerenje promjenljivih fizičkih veličina, kao što su naprezanje, sila, pritisak, ubrzanje i temperatura. Spaja se na personalni računar preko veze za štampač. Sva podešavanja uređaja vrše se softverski, odnosno putem komandi na perso-

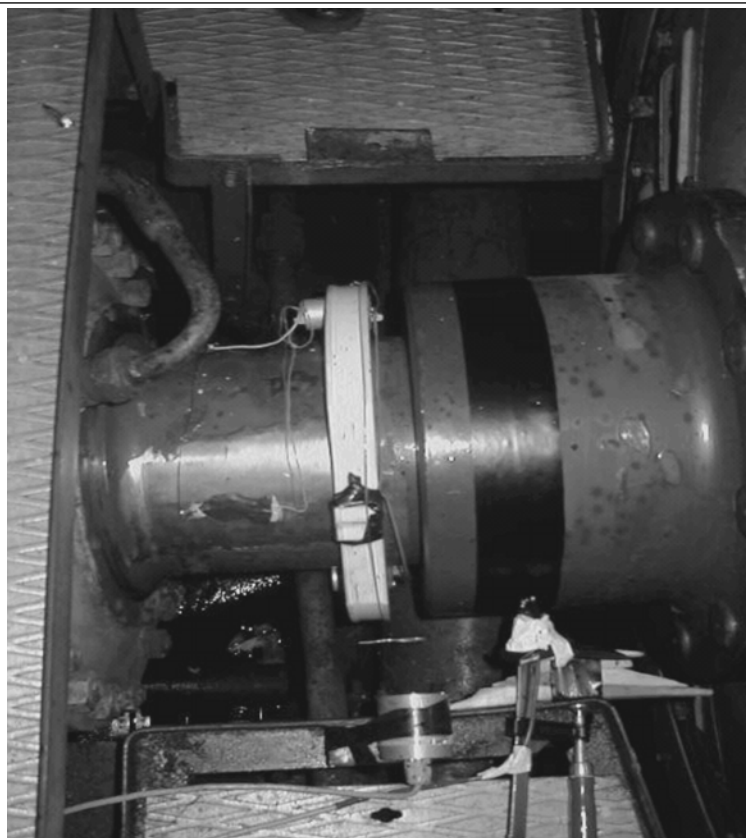
nalnom računaru. Ima četiri digitalna pojačivača koji rade na frekvenciji 4,8 kHz i osam kanala numerisanih brojevima od 0 do 3 i od 4 do 7. Svaki kanal radi sa odvojenim A/D konvertorom koji dopušta mjerne odnose od 1/s do 9600/s, što znači da u potpunosti pokriva opseg mehaničkih mjernih zadataka.

A/D konvertori su sinhronizovani kako bi se osiguralo istovremeno mjerenje na svim kanalima. Moguće je spojiti osam uređaja u kaskadu, što daje ukupno 64 kanala. U tom slučaju nisu potrebna nikakva dodatna podešavanja, a računar će prepoznati ovakav sistem međusobno povezanih uređaja kao jednu cjelinu sa

64 kanala koji su međusobno sinhronizovani [4].

Catman 3.0 je program predviđen za rad u operativnom sistemu MS Windows, i dozvoljava korisniku da se koncentriše na stvarne zadatke mjerenja. Program Catman predviđen je za korišćenje interaktivnog ili automatskog mjernog softvera, ali je moguća i njegova upotreba kao razvojnog okruženja za posebne aplikacije [3].

Ovaj softver može da obavlja različite zadatke, kao što su: konfiguracija mjerne opreme, definisanje i automatizacija mjernih koraka, vizuelno prikazivanje rezultata, arhiviranje rezultata, anali-



Sl. 7 – Postavljena mjerna oprema na vratilo vratilnog voda broda na kojem je izvršeno mjerenje

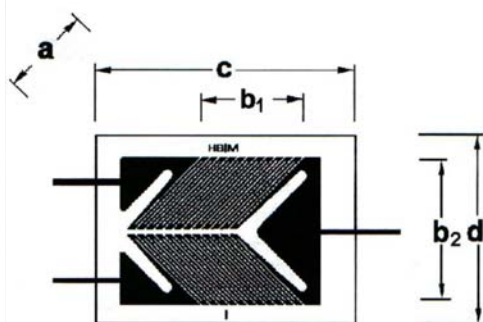
za rezultata, razvoj okruženja za specijalne potrebe korisnika.

Rezultati mjerenja pomoću ovog programa dobijaju se u četiri koraka.

U prvom koraku prepoznaju se priključeni uređaji i dodjeljuju im se imena preko korisničkog interfejsa, a u drugom koraku vrši se konfiguracija pojačivačkog sistema. Program sadrži drajvere i virtualne kontrolne panele za sve HBM pojačivačke sisteme.

U trećem koraku određuju se ulazno-izlazni kanali kojima se dodjeljuju odgovarajući brojevi, kao i opcije automatskog čuvanja podataka u pojedinim datotekama ili bazi podataka i u četvrtom koraku se obavlja mjerenje i prikazivanje izmjerenih rezultata.

Mjerne trake koje su korištene pri mjerenju deformacija vratila specijalnog su oblika serije Y, tip XY21-6/350, izrađene od dvije trake, tako da je formiran par mjernih traka (slika 8). Unutrašnji otpor para mjernih traka je 350Ω , a osjetljivost mjerne trake je $k = 2,07$. Tempe-



Sl. 8 – Izgled mjerne trake XY21-6/350

raturno područje u kom se mjerne trake mogu primjenjivati iznosi od -10 do 45°C . Maksimalni napon napajanja mjernih traka je 19 V .

Dimenzije mjernih traka su sljedeće: $a = 6 \text{ mm}$, $b_1 = 7,8 \text{ mm}$, $b_2 = 10 \text{ mm}$, $c = 17,5 \text{ mm}$ i $d = 12,7 \text{ mm}$.

Da bi se započelo sa procesom mjerenja potrebno je u program Catman unijeti vrijednosti polaznih podataka koji karakterišu vratilo, a to su:

- modul elastičnosti E ,
- modul smicanja G ,
- Poasonov koeficijent ν ,
- polarni moment otpora poprečnog presjeka vratila W_p ,
- moment torzije M_d .

Pored navedenih podataka potrebno je unijeti i podatke o kalibraciji mjerne opreme.

Polarni moment otpora, za prstenasti poprečni presjek, određuje se prema obrascu iz otpornosti materijala:

$$W_p = \frac{D^4 - d^4}{16 \cdot D} \cdot \pi \quad (17)$$

$$W_p = \frac{26^4 - 8^4}{16 \cdot 26} \cdot \pi = 3418 \left[\text{cm}^3 \right]$$

Modul smicanja određuje se izrazom:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \quad (18)$$

Za čelik $\nu = 0,3$.

$$G = \frac{215}{2 \cdot (1 + 0,3)} = 8269,23 \left[\frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} \right]$$

Moment torzije određuje se [2]:

$$M_d = \frac{1}{2} \cdot W_p \cdot G \cdot \varepsilon_i \quad (19)$$

$$M_d = \frac{1}{2} \cdot 3418 \cdot 8269,23 \cdot \varepsilon_i =$$

$$= 141321,1407 \cdot \varepsilon_i \text{ [kNm]}$$

ε_i predstavlja izmjerenu vrijednost deformacije vratila koja uzima u obzir izvršenu kalibraciju.

Da bi se u postupku mjerenja izbjegle systemske greške, izvršen je postupak kalibracije mjerne opreme. U ovom slučaju primjenjena je metoda Shunt kalibracije, pomoću jednog otpornika vezanog paralelno u Vitstonovom mostu. Kod ove metode kalibracije, a uzimajući u obzir i vrstu primjenjene mjerne trake, izlaznom naponu mosta od 2 mV/V odgovara deformacija mjerne trake od 1000 $\mu\text{m/m}$, što se mora uzeti u obzir pri određivanju momenta torzije.

| $n \text{ min}^{-1}$ | 273 | 316 | 355 | 397 | 447 | 553 | 566 | 586 | 602 |
|----------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| P_{sr} kW | 241,27 | 414,28 | 612,22 | 870,33 | 1283,98 | 2432,64 | 2587,33 | 2902,47 | 3088,79 |
| P_{min} kW | 62,43 | 226,69 | 463,44 | 622,73 | 962,15 | 2278,44 | 2488,52 | 2778,07 | 2936,86 |
| P_{max} kW | 453,84 | 559,71 | 765,04 | 1145,26 | 1597,44 | 2566,82 | 2704,51 | 3039,06 | 3303,16 |
| σ | 80,57 | 71,49 | 66,68 | 157,81 | 197,28 | 51,34 | 42,58 | 52,01 | 60,00 |

Snaga koju motor preko vratilnog voda predaje propeleru iznosi:

$$P = M_d \cdot \omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} \cdot 141321,1407 \cdot \varepsilon_i \text{ [kW]}$$

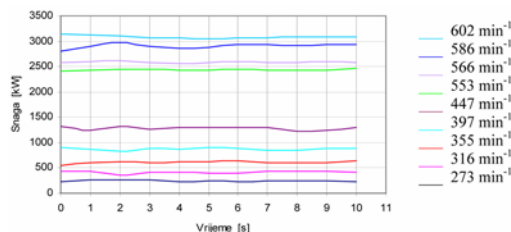
$$= 14791,6123 \cdot n \cdot \varepsilon_i \text{ [kW]}$$

n je broj obrtaja osovinskog voda.

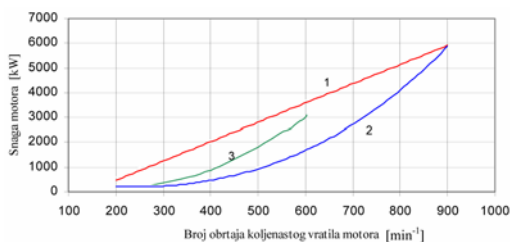
Izraz za snagu unosi se kao polazni podatak u program catman, koji omogućava određivanje snage predate od motora preko vratilnog voda propeleru u svakom trenutku. Promjena snage može se kontinuirano pratiti u dužem intervalu ili u intervalu od nekoliko sekundi, zavisno od potrebe.

Na taj način snimljena je propelerska karakteristika navedenog motora i to od minimalnog broja obrtaja koljenastog vratila motora 273 min^{-1} do broja obrtaja koji je postignut u datim uslovima 602 min^{-1} . Snaga je snimana u devet radnih tačaka i to za svaku tačku u intervalu od 10 sekundi. U svakom intervalu mjerenja od 10 sekundi izmjereno je po 250 vrijednosti snage, gdje su registrovane minimalne vrijednosti, maksimalne vrijednosti, srednja vrijednost snage i standardna devijacija izmjerenih vrijednosti. Izmjereni rezultati prikazani su u tabeli. Na slici 9 grafički je prikazana promjena snage za svaki broj obrtaja koljenastog vratila na osnovu izmjerenih vrijednosti deformacija vratila vratilnog voda u mjerenom intervalu od 10 sekundi. Za dobijanje propelerske karakteristike korištene su izmjerene srednje vrijednosti snage na svakom intervalu. Propelerska karakteristika dizel motora grafički je prikazana (kriva 3) na slici 10.

Na slici 10 prikazane su gornja granična karakteristika motora (kriva 1) i propelerska karakteristika vožnje „naprijed“ (kriva 2), koje je dao proizvođač u uputstvu za eksploataciju motora 68 B, a



Sl. 9 – Promjena snage dizel motora u intervalu od 10 sekundi za brojeve obrtaja od 273 do 602 $[\text{min}^{-1}]$



Sl. 10 – Snimljena propelerska karakteristika (kriva 3)

izrađene su na osnovu dobijenih rezultata pri ispitivanju dizel motora na brodu nakon novoizgradnje broda [6]. Pri izvođenju protokola ispitivanja brod je pogonjen sa dva dizel motora, a gasna turbina nije radila, pri čemu se turbinski vratilni vod slobodno obrtao. Motori su radili u uslovima ustaljenog režima, na osnovu čega se može konstatovati da su približno isti uslovima u kojima je izveden eksperiment.

Sa slike 10 se vidi da se snimljena propelerska karakteristika pomoću mjernih traka znatno razlikuje od propelerske karakteristike koju je dao proizvođač u uputstvu, i predstavlja rad motora na režimu „teškog propelera“. Riječ je, naime, o tome da brod nije bio na doku četiri godine, zbog čega nije očišćen njegov podvodni dio (oplata podvodnog dijela broda i propeleri su „obrasli“), što predstavlja veliki otpor kretanju.

Zaključak

Eksperimentalni podaci dobijeni metodom koja je korištena pri snimanju propelerske karakteristike na konkretnom brodu pokazali su da motor radi po krivoj „teškog propelera“, što govori o tome da brod ne može postići potrebnu brzinu kao kada su podvodni dio broda i

propeleri čisti. Da bi se postigla potrebna brzina broda potrebno je povećati broj obrtaja motora, što bi dovelo do njegovog preopterećenja. Iz snimljene propelerske karakteristike uočljivo je da se već pri 600 min⁻¹ kriva bliži spoljnoj graničnoj karakteristici motora, odnosno svi parametri radnog procesa su blizu gornjih granica. Maksimalni projektovani broj obrtaja motora iznosi 900 min⁻¹, što govori o tome da se motor ne smije opteretiti više od polovine nominalne snage. Takođe, kada je motor preopterećen povećava se potrošnja goriva, a smanjuje resurs motora.

Kao i druge poznate metode, i ova ima svoje prednosti i nedostatke. Prednosti su:

- mjerne trake i davači na principu mjernih traka veoma su malih masa, što znači da ne postoje inercijalne sile;
- mjerne trake ne utiču na objekat ispitivanja,
- mjerne trake su se pokazale kao veoma pogodne za dugotrajna dinamička ispitivanja kod velikog broja ciklusa (rad motora SUS),
- davači na principu mjernih traka mogu izdržati kako niske tako i veoma visoke pritiske (od 10⁻⁷ mbar do 10 000 bar),
- u pogledu gornje granične frekvencije ne postoje ograničenja, što znači da mjerne trake, kada su ispravno postavljene, prate sve dinamičke promjene na objektu ispitivanja,
- kada se mjerne trake postave na objekat ispitivanja, mogu se zaštititi specijalnom gumom, tako da se ponovna mjerenja mogu vršiti po potrebi i posle dužeg perioda.

Nedostaci metode su:

- maksimalne temperature na kojima se mogu primjeniti mjerne trake su do

350°C, izuzev specijalnih davača koji imaju primjenu i na većim temperaturama;

– mjerne trake su osjetljive na takozvana parazitska opterećenja;

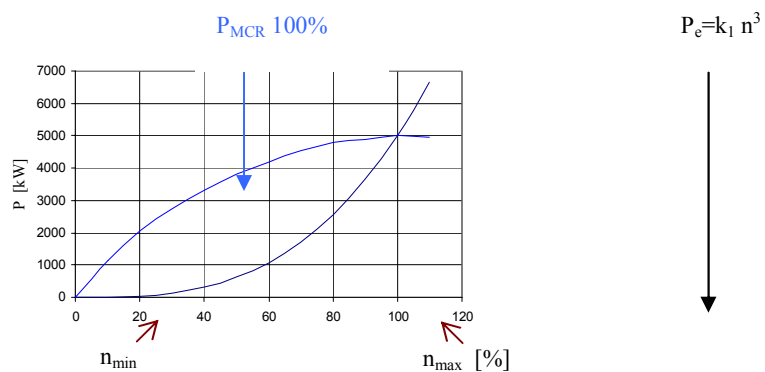
– osjetljive su na vlagu, tako da je potrebno izvršiti zaštitu sa specijalnim gumama.

Može se konstatovati da se ova metoda može uspješno primjeniti za kontrolu stanja trupa i propelera, kao i provjere da li propeleri odgovaraju brodskom trupu i glavnim motorima.

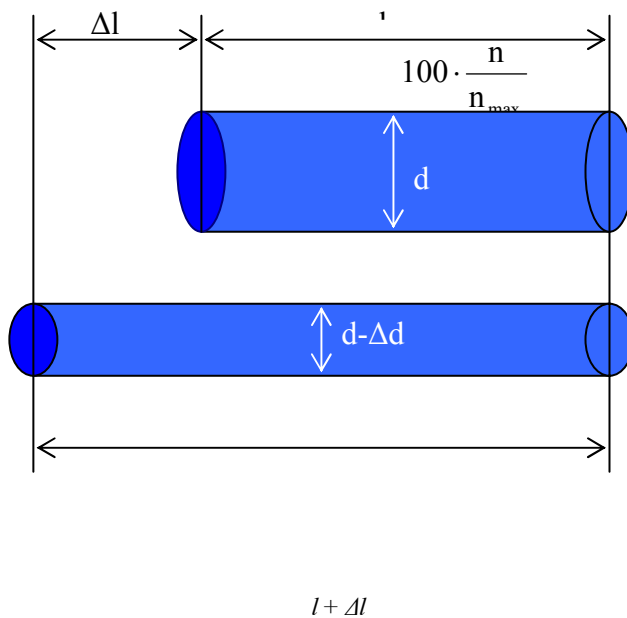
Literatura:

- [1] Gitis, V. J.; Bondarenko, V. L.; Jefimov, T. P., Poljakov, J. G.; Ćurbanov, B. M.: Teorijske osnove eksploatacije brodskih dizel motora (prevod s ruskog), SSNO, Beograd, 1973.
- [2] Hoffmann, K.: An Introduction to Measurements using Starin Gages, Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, 1989.
- [3] CATMAN 3.0 32-bit measurement technique software for MS-Windows 95/98 NT, HBM Darmstadt, 1999.
- [4] Spider8-the friendly alternative for PC-based measurements, HBM Darmstadt, 1997.
- [5] Jeremić, M. B.: TEROTEHNOLOGIJA-Tehnologija održavanja tehničkih sistema, Eskod Kragujevac, 1992.
- [6] Dizel motor 68B, Uputstvo za eksploataciju (prevod), SSNO, Beograd, 1985.

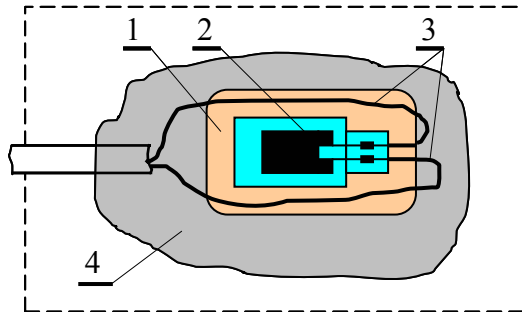
| | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| n min ⁻¹ | 273 | 316 | 355 | 397 | 447 | 553 | 566 | 586 | 602 |
| P_{vr} kW | 241,27 | 414,28 | 612,22 | 870,33 | 1283,98 | 2432,64 | 2587,33 | 2902,47 | 3088,79 |
| P_{min} kW | 62,43 | 226,69 | 463,44 | 622,73 | 962,15 | 2278,44 | 2488,52 | 2778,07 | 2936,86 |
| P_{max} kW | 453,84 | 559,71 | 765,04 | 1145,26 | 1597,44 | 2566,82 | 2704,51 | 3039,06 | 3303,16 |
| σ | 80,57 | 71,49 | 66,68 | 157,81 | 197,28 | 51,34 | 42,58 | 52,01 | 60,00 |



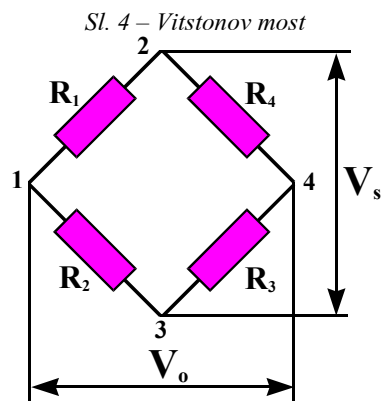
Sl. 1 – Propelerska i spoljna karakteristika motora

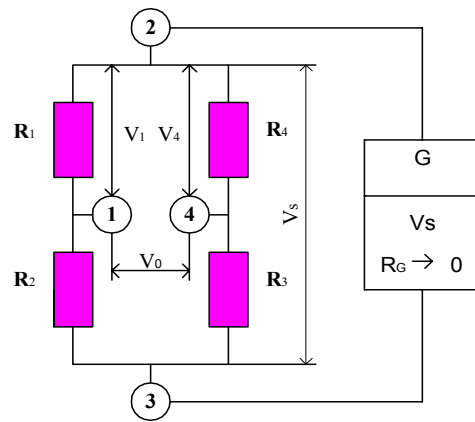


Sl. 2 – Deformacija objekta usled opterećenja

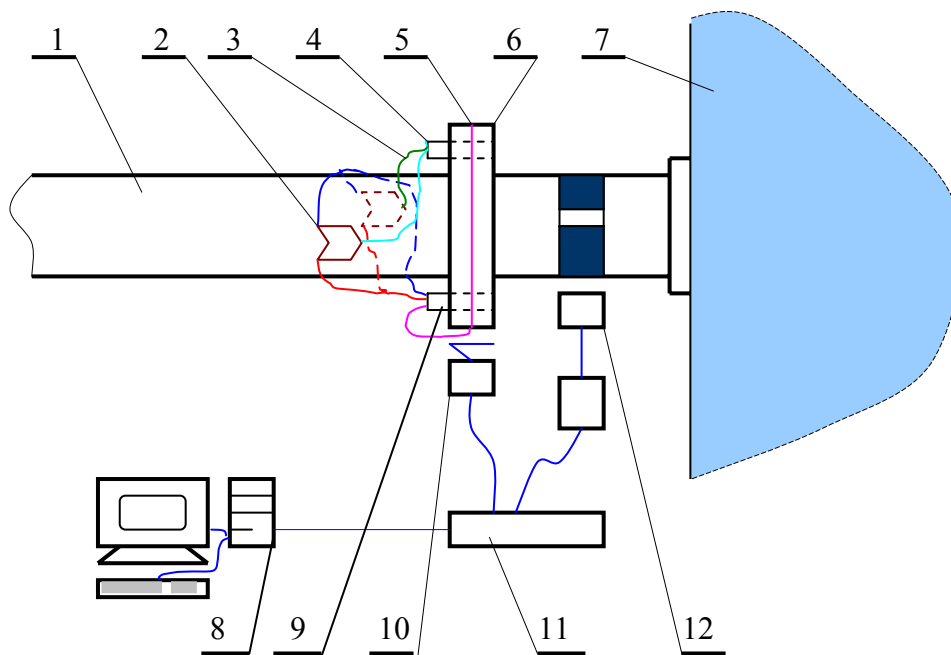


Sl. 3 – Postavljena mjerna traka na objekat ispitivanja:
 1 – pripremljena površina na objektu za mjerenje;
 2 – postavljena mjerna traka na objekat za mjerenje;
 3 – električni provodnici za napajanje mjerne trake i
 4 – specijalna guma za zaštitu mjerne trake

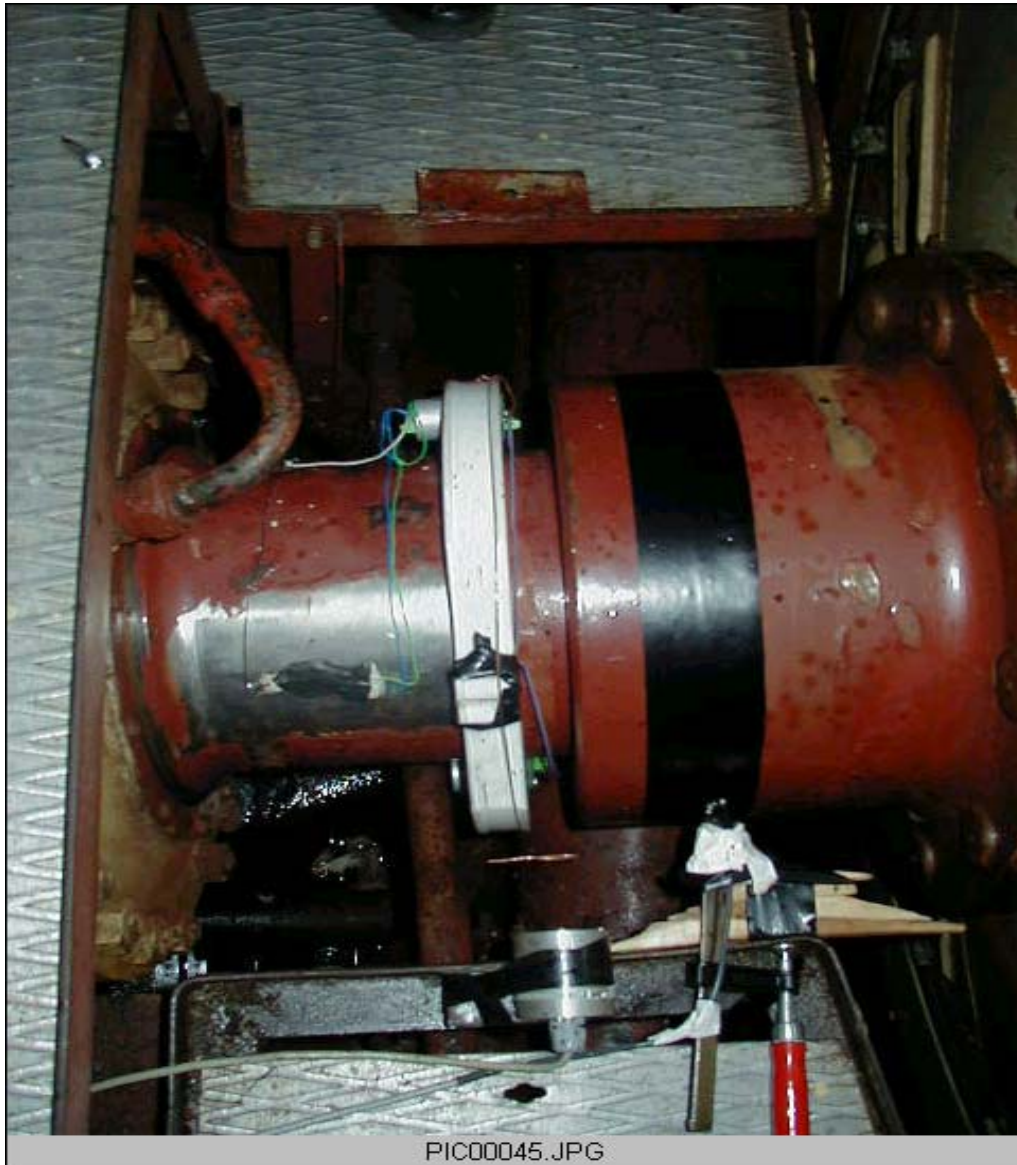




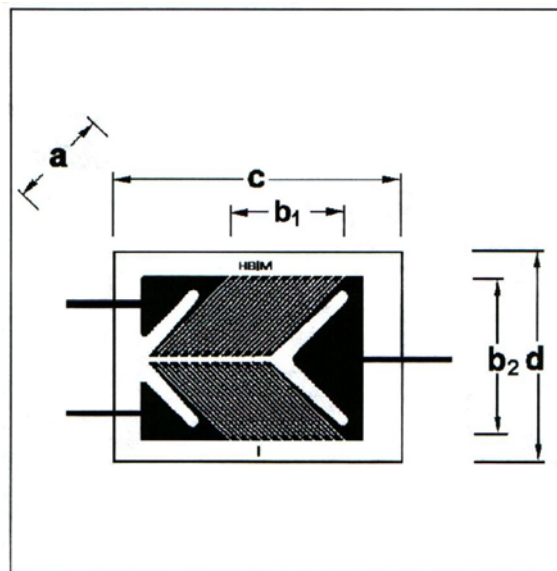
Sl. 5 – Princip rada Vitstonovog mosta



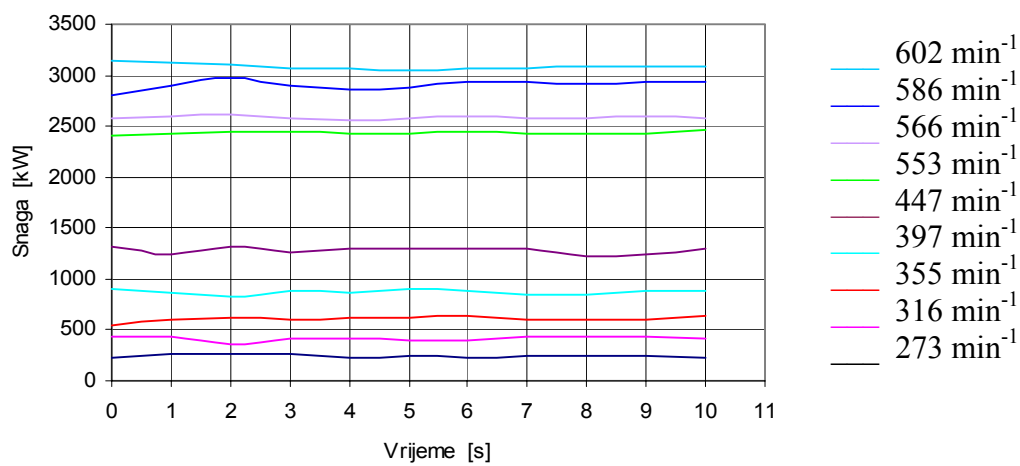
Sl. 6 – Šematski prikaz postavljanja i povezivanja mjerne opreme:
 1 – propellersko vratilo; 2 – mjerne trake; 3 – električni provodnici; 4 – izvor el. energije; 5 – antena; 6 – prstenasti nosač; 7 – motor; 8 – personalni računar; 9 – predajnik mjernog signala; 10 – prijemnik mjernog signala; 11 – spajder 8; 12 – davač broja obrtaja propellerskog vratila



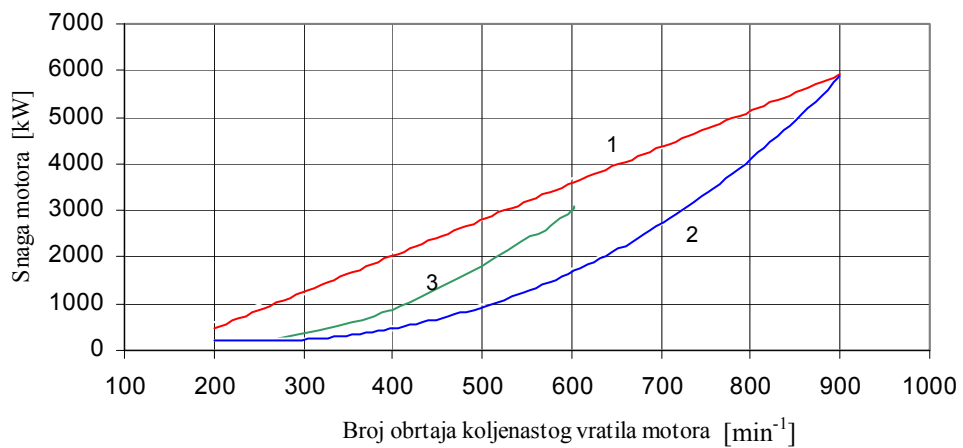
Sl. 7 – Postavljena mjerna oprema na vratilo vratilnog voda broda na kojem je izvršeno mjerenje



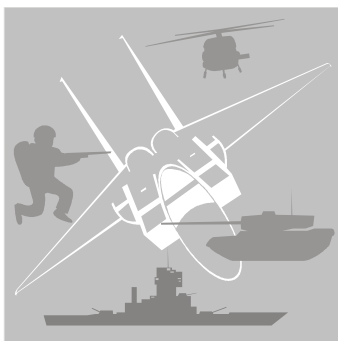
Sl. 8 – Izgled mjerne trake XY21-6/350



Sl. 9 – Promjena snage dizel motora u intervalu od 10 sekundi za brojeve obrtaja od 273 do 602 [min^{-1}]



Sl. 10 – Snimljena propelerska karakteristika (kriva 3)



savremeno naoružanje i vojna oprema

LASER PROTIV MINOBACAČKIH NAPADA*

Kompanija Northrop Grumman ponudila je armiji SAD lasersko oružje usmerene energije za sprečavanje minobacačkih opasnosti, koje bi bilo na raspolaganju za 18 meseci od sklapanja ugovora, a koje bi koristile američke i koalicione snage u Iraku.

Koncept nazvan laser visoke energije za sisteme protivrakete, protivartiljerijske i protivminobacačke odbrane HELRAM (High Energy Laser for Rocket, Artillery and Mortar) rezultat je kontinuiranog rada kompanije na zajedničkom programu armije SAD i izraelskog ministarstva odbrane u izradi pokretnog taktičkog lasera visoke energije (MTHEL). Koncept HELRAM potekao je iz težnje da se ponudi neposrednije sredstvo za obaranje minobacačkih zrna u letu, kao i raketnih i artiljerijskih projektila, pre nego što bude raspoloživ taktički laser MTHEL, čije se testiranje očekuje tek krajem ove dekade.

HELRAM je predviđen kao pokretni, trodelni sistem, koji bi na ratište mo-

gao da se prebaci transportnim avionima C-130 Hercules, a zatim preveze do svog položaja. Vatrene jedinice, koja sadrži pokazivač laserskog snopa i spremnike za hemikalije koje opskrbljuju laser, u posebnim je kontejnerima 6×2,4×2,4 m na odvojenim kamionima. Komandno-kontrolni (C2) elemenat mogao bi da se ugradi na višenamensko terensko vozilo.

Kada se razvije, HELRAM bi mogao da brani zonu radijusa većeg od 1 km, obezbeđujući pokrivanje u krugu od 360° od napada minobacača, kao i ograničenu odbranu protiv artiljerijskih granata i raketa.

Armija vrši procenu koncepta HELRAM, jer je ta vrsta odbrane, pored zaštite od improvizovanih eksplozivnih naprava, jedan od njenih najvećih prioriteta.

HELRAM bi trebalo da bude nešto manji od prototipa MTHEL koji nije predviđen da bude mobilan i da prati manevarske snage. Za njegovo postavljanje biće potrebno četiri vojnika i šest sati vremena, dok će kasnije za upravljanje njime biti potrebno samo dva vojnika.

Svaki spremnik mogao bi da obezbedi goriva za 10 do 20 hitaca. Vatrene jedinice mogla bi međusobno da poveže do dva spremnika, a jedan komandno-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. novembar 2004.

-kontrolni elemenat mogao bi da upravlja sa više vatrenih jedinica.

Kao drugi protivartiljerijski sistemi, HELRAM bi trebalo da bude upućen na spoljašnje senzore zbog sopstvenog sistema praćenja pri zahvatu i uništenju cilja.

U kompaniji Northrop Grumman se smatra da sistem, sa njihovim hemijskim gorivima, može pouzdano da radi u ratnoj zoni i da bude efikasan i u pustinj-skim uslovima.

M. K.



POBOLJŠANA LAKA SAMOHODNA HAUBICA 155 mm*

U martu 2005. godine u potpunosti bi trebalo da bude završen funkcionalni demonstrator artiljerijskog topovskog modula AGM (Artillery Gun Module) lake kupolske samohodne haubice 155 mm, koji je izradila kompanija Krauss-Maffei Wegmann (KMW), kako bi u oktobru mogla da započnu vatrena ispitivanja svih sistema.

Preliminarna vatrena ispitivanja sa početnim demonstratorom AGM, opremljenim oruđem sa cevi dužine 52 kalibra i ugrađenim na guseničnu šasiju višecev-nog lansirnog raketnog sistema, održana su avgusta i septembra 2004. godine. Tada je ispaljeno ukupno 80 zrna, većina u zoni 6 (najveće punjenje) Rajnmetal DM72 modularnih punjenja.

Kupola AGM, koja je bez posade, imaće masu 12,5 t, uključujući i 30 projektila sa 80% maksimalnog punjenja. Oklopna šasija opremljena je pojačanim torzionim vratilima i dodatnim parom amortizera.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Preliminarno ispitivanje je pokazalo da se može uspešno otvarati vatra sve do 45° levo i desno od položaja cevi koji se poklapa sa uzdužnom osom vozila, pri svim punjenjima i elevacijama.

Radi transporta avionom A400M cev topa se može spustiti do gotovo nultog položaja iznad kabine, kada maksimalna visina haubice dostiže 3,065 m, širina 2,972 m i dužina 9,472 m (uključujući 2,5 m isturenu cev).

Početni demonstrator ima ručno punjenje, dok će drugi demonstrator imati potpuno automatizovani sistem punjenja ne samo za gotove projekte, već i za modularna punjenja. Automatski punjač projektovan je tako da može automatski sastaviti punjenja, koristeći bilo koji tip JBMOU modula, uključujući i DM72 koji ima izdubljenu osnovu koja omogućava da se višedelni moduli povežu zajedno radi ručnog punjenja.

Automatski punjač, koji koristi električni sistem napona 24 V, ima normalnu brzinu punjenja od 10 zrna u minuti, ali se preferira brzina od 6 zrna u minuti.

Prednji deo kupole opremljen je podizačem koji omogućava posadi da spolja popunjava municijski magazin.

Sa guseničnom šasijom ukupna masa vozila sa AGM iznosi 27 t, uključujući protivminku zaštitu Nivoa 3 i balističku zaštitu za posadu u kabini od zrna 14,5 mm.

Očekuje se da će vozilo biti opremljeno poboljšanim motorom Euro IV i menjačem koji bi omogućili dalji porast oklopne zaštite. Kao alternativne platforme za ugradnju AGM predviđeni su i železnička vozila, brodovi i točkaši poput kamiona 6×6 MAN. U poslednjem slučaju ukupna masa iznosila bi 22 do 23 t, a u opremi bi bili i stabilizujući podupirači.

Prema kompaniji KMW, projekat AGM je moguće primeniti i za lakša oruđa, kakva je 39-kalibarska haubica 155 mm ili top 105 mm.

M. K.



VELIKA BRITANIJA POBOLJŠAVA MOĆ ZEMALJSKE ARTILJERIJE*

Jedan od prioriteta ciljeva britanske armije u okviru programa budućih artiljerijskih sistema FAWS (Future Artillery Weapons Systems) jeste stvaranje mogućnosti zemaljskoj artiljeriji da, u odnosu na sadašnje sisteme, ostvari veće domete po raznovrsnim ciljevima, uz veću preciznost i efikasnost u svim vremenskim uslovima.

Britanska artiljerija danas koristi dva osnovna sistema oružja velikog dometa: samohodni artiljerijski sistem 155 mm/39-kal AS90 i evropski višecjevni lansirni raketni sistem MLRS (Multiple Launch Rocket System).

Sistem AS90 koristi familiju municije, uključujući visokoeksplozivnu, dimnu, osvetljavajuću i sa submunijskim punjenjem, dok britanski MLRS lansira dve različite rakete. To su standardne rakete Faza I M-26 sa maksimalnim dometom od 31,5 km, koja nosi submuniciju bez mehanizma za samouništenje, i Faza II sa dometom od 40 km, koja nosi nemačke protivtenkovske mine AT-2.

Iako AS90 i MLRS zadovoljavaju neke od današnjih zahteva zemaljske artiljerije, korisnici traže i veće domete i veću preciznost. Uz to, sva buduća muni-

cija mora imati mehanizme za samouništenje i osobine neosetljive municije IM (insensitive munition).

Radi ostvarenja namere da se ciljevi uništavaju na većim rastojanjima i sa većom preciznošću nego sa sadašnjim artiljerijskim projektilima 155 mm, formiran je tim Impaqt. To je konzorcijum kompanija MBDA (Francuska, Velika Britanija), QinetiQ (Velika Britanija), Bofors Defence (Švedska) i Giat Industries (Francuska), koji treba da razvija familiju savremene artiljerijske precizno vođene municije, koja će zadovoljiti povećane zahteve korisnika.

Neka ispitivanja su već izvršena i predložena su dva artiljerijska projektila 155 mm sa IM svojstvima (neosetljiva municija): Impaqt Mk I i Impaqt Mk II. Prvi ima projektovani domet između 50 i 60 km, dok Impaqt Mk II treba da ima veći domet i veće punjenje. Ta municija ima robustni inercioni navigacioni sistem i globalni pozicioni sistem (INS/GPS) i očekuje se njegova preciznost u granicama 10 metara.

Prva generacija Impaqt Mk I treba da nosi dve municije tipa Bonus, sa senzorskim upaljačem, koja se već proizvodi u velikim količinama i koristi u Francuskoj i Švedskoj. U toku su brojna poboljšanja na ovoj municiji. Veći domet ostvaren je kombinacijom efikasnije aerodinamike i korišćenjem savremenih lakših strukturnih materijala.

Mk II bi trebalo da ima sklapajuća krilca na zadnjem delu i četiri upravljačke površine napred, a mogao bi da nosi tri Bonusa na domet preko 100 km.

Impaqt bi trebalo da ima i druge mogućnosti, uključujući ugradnju tragača

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 26. januar 2005.

na nosu i raketnog potiskivača za moguću domet od preko 150 km. Mogla bi da se doda data-link veza koja bi omogućila da se projektil preusmeri u toku leta u skladu sa promenom uslova.

Vodene rakete GMLRS (Guided Multiple Launch Rocket System) razvio je internacionalni konzorcijum iz Francuske, Nemačke, Italije, Velike Britanije i SAD, sa 12,5% ulaganja svake od evropskih zemalja i 50% ulaganja iz SAD. Ove rakete su u fazi početne manje proizvodnje za armiju SAD i uskoro za Veliku Britaniju.

Domet GMLRS povećan je na preko 60 km, a opremljene su novim sistemom za vođenje i uređajima za IM i GPS. Povećanje tačnosti zahteva se do mogućnosti neutralisanja određenog cilja sa što manje municije.

Prvi model GMLRS nosiće 404 poboljšane konvencionalne bombice dvostrukog namene sa upaljačem za samouništenje. Druge bojne glave GMLRS biće unitarne i nalaze se u fazi razvoja. Uskoro se može očekivati da se uspostavi i evropska produkcija GMLRS, ali za sada funkcioniše američka produkcija. Komponente iz evropske ponude su pogonski podsklopovi (Roxel, Francuska), sklop repnih krilaca (Fusaro, Italija) i neki kablovski i mehanički elementi.

Kompanija MBDA radi, takođe, na tri poboljšanja za GMLRS. To je predlog bojne glave izvedene iz njihove avio-bombe BANG, koja ima trorežimske mogućnosti (eksplozija u vazduhu, udar i proboj) i zadovoljava IM uslove.

Aprila 2004. godine sklopljen je ugovor sa Ministarstvom odbrane Velike Britanije za program tehnološkog de-

monstratora za povećanje dometa GMLRS do najmanje 100 km. Ponudena je i poluaktivna laserski vođena verzija koja će obezbediti dodatnu preciznost protiv visokovrednih ciljeva, čija je prethodna studija već gotova.

Kompanija MBDA proučava i jeftine lebdeće (tumarajuće) nosače LCLC (Low Cost Loitering Carrier), koji bi mogli da udovolje dugoročnim zahtevima britanskog Ministarstva odbrane. Za te potrebe MBDA je formirao tim koji čine Cranfield Aerospace, Rotortech, Insys i UAV Engines, koji je već investirao znatna sredstva u taj i druge projekte.

Radi smanjenja cene razmatra se upotreba komercijalnih podsistema, a najkritičnija stavka za cenu trebalo bi da bude senzorski paket, koji bi mogao da sadrži IC kameru, uređaj za povezivanje punjenja i laser. Jedan od predloga je projekat sa dvostruko sklapanjem krilcima, sastavljen i lansiran iz malih kaset. Tumaranje bi trebalo da traje 10 do 15 časova. Očekuje se da demonstrator za let bude završen za 22 meseca.

M. K.

<<<◇>>>

LAKI RAKETNI ARTILJERIJSKI SISTEM LIMAWS(R)*

Za artiljeriju britanske armije završen je prvi prototip lakog mobilnog artiljerijskog raketnog sistema LIMAWS(R). Narednih nekoliko meseci prelazi se na seriju provera pokretljivosti, mogućnosti avioprevoza, savladavanja vodenih prepreka gazom i vatrenih ispiti-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 19. januar 2005.

vanja. Vatrema ispitivanja provodiće se na QinetiQ vatrenom poligonu u Outer Hebrides. Radi potvrđivanja stabilnosti platforme za lansiranje, ukupno će biti ispaljeno osam raketa.

Za projektovanje lansirnog mehanizma odgovoran je tim iz kompanija Insys i Lockheed Martin Missiles and Fire Control. Šasiju je razvila firma Supacat, a rakete za vatrema ispitivanja snabdeva Diehl.

LIMAWS(R) je izrađen na bazi najnovije generacije visokomobilnih terenskih vozila serije Supacat 600, koja je britanska armija već selektirala za brojne aplikacije. Jedan od ključnih zahteva bio je da se LIMAWS(R) može nositi, kompletno sa raketnim kontejnerom, ispod teškog helikoptera CH-47 Chinook. Da bi se to omogućilo na sredstvu su prilagođena četiri mesta za podizanje pomoću helikoptera. Takođe, postoji zahtev da se dva lansera, bez raketnih kontejnera, prevoze transportnim avionom C-130 Hercules.

Prilično aktivnosti usmereno je na smanjenje mase LIMAWS(R). Šasija konfiguracije 6×6 mogla je da ima veću pokretljivost ali, da bi se ograničila masa vozila, projektovana je konfiguracija 6×4. Sa kontejnerom od šest raketa sistem ima masu oko 8,8 t. Takođe, sistem će imati kondicioniranje vazduha i NBH zaštitu, iako to nije ugrađeno u prototip.

LIMAWS(R) ima jedinstven kontejner od šest raketa 227 mm u novoj lakoj lansirnoj konstrukciji. Na standardnom višecevnom raketnom lansirnom sistemu (MLRS) lanser ima dva kontejnera, od kojih svaki nosi po šest raketa MLRS 227 mm. Međutim, LIMAWS(R) će lan-

sirati samo najnovije vođene rakete GMLRS, pa će i lanser biti opremljen samo uređajem za hidrauličku elevaciju, jer se okretanje i ne zahteva.

Sistem popune na lanseru sličan je onome koji je sada na upotrebi na MLRS.

Ugrađivaće se najnoviji kompjuterizovani sistem za upravljanje, kompanije Lockheed Martin, koji je već standardan na najnovijim guseničnim MLRS armije SAD M270A1 i novom visokomobilnom artiljerijskom raketnom sistemu.

LIMAWS(R) je jedan od dva nova artiljerijska sistema koje britanska artiljerija treba da uvede krajem ove dekade u srednje brigade. Drugi sistem je topovski sistem LIMAWS(Gun), na koji pretenduju dva kandidata.

Sadašnji raketni sistem MLRS je sredstvo divizijske vatrene podrške, sa pukom od tri baterije od kojih svaka ima devet lansera. Količina i raspored novih LIMAWS(R) tek treba da se odredi.

M. K.



POBOLJŠANI SISTEM PVO OSA-AKM*

Prototip poboljšanog samohodnog protivavionskog sistema za male visine Osa-AKM, koji je razvio Elektromehanički zavod iz Iževska u Rusiji, prošao je sva vatrema ispitivanja i verovatno će biti namenjen za izvoz.

Poboljšanja koja su urađena trebalo bi da omogućе produženje operativnog veka ovog sistema za narednih deset godina.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 24. novembar 2004.

Sistem Osa-AKM izrađen je u velikom broju i na upotrebi je u gotovo dvadeset zemalja. Razvijen je šezdesetih godina 20. veka, a u upotrebu u sovjetsku armiju uveden je sedamdesetih godina prošlog veka. Od tada je sistem usavršavan u brojnim ključnim segmentima u skladu sa pretnjama iz vazdušnog prostora. Njegova borbena upotreba viđena je na Srednjem istoku i Južnoj Africi.

U Rusiji je sistem Osa-AKM zamenjen efikasnijim samohodnim PA raketnim sistemom Tor M1, na bazi gusenične šasije, sa deset raketa u položaju spremnom za lansiranje. Paketom poboljšanja povećana je pouzdanost sistema, otpornost na ometanje, a time i ukupna borbena efikasnost. Uveden je automatski tragač cilja sa maksimalnim dometom 30 km, automatizovane su neke operacije u toku rada rakete, a uvedene su i nove bojne glave za raketu 9M33M3. Stari ekrani sa katodnim cevima zamenjeni su monitorima sa tečnim kristalima, a komunikacija do komandne baterije poboljšana je ugradnjom sistema satelitske navigacije.

Radi povećanja otpornosti na dejstvo raketa, autonomni uređaji za ometanje mogu da se razmeste na rastojanjima od 50 m do 600 m ispred lansera, a platforma može da se opremi senzorima sa laserskim zračenjem u kompletu sa laserima specijalnih granata.

Pouzdanost je poboljšana zamenom analognih podsistema novim digitalnim podsistemima. Rakete 9M33M3 mogu dalje da se poboljšaju novim modulom za vođenje i novim motorima na čvrsto gorivo.

Iako je sistem prvobitno bio namenjen za uništavanje aviona, proizvođači

ističu da je poboljšani sistem sposoban da uništava krstareće rakete lansirane iz vazdušnog prostora.



Sistem PVO Osa-AKM

Dalja poboljšanja, koja se nude, uključuju:

- razvoj mešovite baterije Tor M1/poboljšana Osa-AKM baterija;
- obezbeđenje odeljenja za posadu dodatnim pasivnim oklopom;
- opremanje sistemom za kondicioniranje vazduha;
- ugradnju sistema za identifikaciju sopstvenih protivničkih sistema;
- dopunu trenajnih mogućnosti.

Šasija 6×6 ima kupolu sa radarima za praćenje i osmatranje, elektrooptičke uređaje i šest raketa na čvrsto gorivo serije 9M33, sa eksplozivnim fragmentacionim bojnim glavama u položaju spremnom za lansiranje. Rakete se vode pomoću komandnog linka sa lansera.

Za podršku lansirnog vozila koristi se vozilo za popunu, na sličnoj 6×6 šasiji, koje je opremljeno hidrauličnom dizalicom koja može da podiže po tri nove rakete u njihovim kontejnerima. I lansirno vozilo i vozilo za podršku poseduju amfibijske karakteristike.

M. K.



JUŽNOKOREJSKI VIŠECEVNI RAKETNI LANSER 70 mm*

Južnokorejska kompanija Hanwha Corp obelodanila je prototip modela svog višecevnog raketnog lansera 70 mm koji je u fazi razvoja.

Ovaj program započet je 2000. godine proizvodnjom prototipa sistema sa ručnim rukovanjem. Taj sistem bio je namenjen jedinicama pukovskog nivoa i njime su u armiji Južne Koreje izvršena ispitivanja.

Razvoj novog višecevnog raketnog lansera, sa potpuno automatizovanim sistemom za upravljanje vatrom, započet je 2002. godine, a predviđeno je da se završi 2005. godine. Obe varijante lansera imaju po 40 lansirnih cevi koje mogu da koriste sve tipove raketa kalibra 70 mm. Za ovo sredstvo razvija se municija sa visokoeksplzivnim zrnom, submunicija, kao i vođena municija.

Nova poboljšana verzija lansera ima masu 4200 kg bez municije, a posadu čine četiri člana. Od ugrađenih podsistema lanser poseduje inercioni navigacioni sistem, GPS, laserski daljinomer, jedinicu za upravljanje vatrom, jedinicu za upravljanje sistemom i senzor za kretanje vozila.

Sistem može da dejstvuje direktno (line-of-sight) ili indirektno po ciljevima sa maksimalnim dometom od 8 km i može se transportovati avionom.

M. K.

<<<<◇>>>>

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. novembar 2004.

NOVI SUV ZA PROJEKILE KRASNOPOLJ*

Ruski Instrumentalno projektni biro KBP razvio je automatizovani sistem za upravljanje vatrom (SUV) za upotrebu sa najnovijom generacijom laserski vođenog artiljerijskog projektila 155 mm Krasnopolj.

Prvobitni laserski obeleživač cilja ID22, čija je masa 45 kg, služi samo za dnevnu upotrebu, a može da uništava utvrđene ciljeve na rastojanjima do 7 km.

Novi svezremenski obeleživač cilja nazvan je Malahit, i sastoji se od elementata za komandno i osmatračko mesto i platformu oružja.

Komandno i osmatračko mesto imaju novi, na tronošcu ugrađeni, laserski obeleživač – daljinomer, komandirsku konzolu i radio-uređaj, koji se koriste za dnevno-noćno uništenje ciljeva neposrednim i posrednim dejstvom. Laserski obeleživač može da osvetli ciljeve veličine tenka u dnevnim uslovima i na rastojanjima do 5 km, i slične ciljeve u noćnim uslovima na rastojanjima do 4 km. Ciljevi na moru mogu biti zahvaćeni na maksimalnom rastojanju do 15 km.

Komandno i osmatračko mesto, koje je opremljeno GPS-om, zahteva 3 minuta za postavljanje. Komandna konzola ima ravan displej koji daje informacije o cilju, kao i položaj vatrenih oruđa. Vatrene položaj ima radio i sličnu konzolu sa ravnim panel-displejom i GPS.

Razvoj sistema Malahit je završen. Najnoviji Krasnopolj označen je kao K155M i, kao i raniji projektili Krasnopolj M1 i Krasnopolj 152, tipa je poluak-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. oktobar 2004.

tivnog lasera i može da uništava stacionarne i pokretne ciljeve sa visokom vjerovatnoćom pogađanja prvim hicem 0,9).

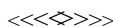
Domet zavisi od kombinacije projektila i punjenja, a maksimalno iznosi 30 km.

Pojektil je dužine 1,3 m, ima lansiranu masu od 53 kg sa fragmentacionom bojnom glavom u kojoj se nalazi 18 kg eksploziva TNT.

Na velike stacionarne ciljeve baterija artiljerijskih sistema 155 mm može da ispaliti plotun ovih laserski vodenih projektila.

K155M može da se lansira i sa zapadnih artiljerijskih sistema, poput južnoafričke vučne haubice Denel G5 i samohodne G6, američke M109, Bofors FH-77.

M. K.



BORBENO VOZILO PEŠADIJE MARDER MK 30*

Nemačka kompanija Rheinmetall Landsysteme (RLS) razvila je za potrebe grčke armije gusenično borbeno vozilo pešadije Marder MK 30. Prvi primerak prikazan je na izložbi Defendory International 2004. u Atini, a vatrena ispitivanja će se obaviti u Nemačkoj 2005. godine.

Armija Grčke namerava da ova vozila koristi za sadejstvo sa novim tenkovima Leopard 2A6EX koji se sada proizvode za njih.

Za razliku od nemačkog Marder 1A3, koji ima standardnu kupolu za dva člana posade i top 20 mm sa spregnutim mitraljezom 7,62 mm, Marder MK 30 ima kupolu najnovije generacije RLS E4 koja je takođe za dva člana posade.

Kupola je naoružana stabilizovanim automatskim topom Mauser 30 mm MK 30-2 i koaksijalnim mitraljezom 7,62 mm MG3A1. Ovaj top je odabran i za mnoge druge programe, a trebao bi da koristi najnoviju generaciju pancirne municije 30 mm APFSDS-T ili APDS-T. Pokretanje kupole je potpuno električno, a elevacija do +45° omogućava dejstvo topom i po helikopterima. Sa svake strane kupole postavljena su po četiri električno upravljana lansera dimnih granata 76 mm.

Da bi se omogućilo dejstvo po stacionarnim i pokretnim ciljevima u svim vremenskim uslovima, bilo da vozilo MK 30 stoji ili je u pokretu, kupola je opremljena panoramskim nišanskim sistemom SEOSS koji funkcioniše u kompletu sa digitalnim sistemom za upravljanje vatrom, a koji je razvila kompanija RDE (Rheinmetall Defence Electronics). Sistem SEOSS sadrži termalni kanal sa kamerom treće generacije i laserski daljinomer bezbedan za oči i omogućava pogodak prvim zrnom sa velikom vjerovatnoćom. Komandir ima periskop RDE PERI Z 17.

Marder MK 30 opremljen je i sistemom C3(i) koji je ugrađen i na grčke tenkove Leopard 2A6EX. On omogućava kontinuirani prikaz taktičke situacije, komandi, poruka i upozorenja. Digitalno mapiranje terena prikazuje se na kolor-ekranima sa visokom rezolucijom.

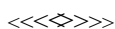
Vozilo Marder MK 30 može da se opremi pojačanim oklopnim paketom. Top bi mogao da koristi vazdušnoeksplozivnu municiju, komandir bi mogao da se opremi novim stabilizovanim dnevno-noćnim nišanom koji mu omogućava da zahvaćeni cilj prenese nišandžiji radi uništenja.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 20. oktobar 2004.

Osnovni podaci vozila Marder MK 30 su:

- borbena masa 35 t,
- snaga dizel motora 442 kW,
- maksimalna brzina po putu 65 km/h,
- posada od tri člana (komandir, nišandžija i vozač),
- prevozi 7 vojnika sa punom borbenom opremom.

M. K.



NOVI ČISTAČ MINA MARINSKOG KORPUSA SAD*

Razvoj novog jurišnog čistača mina ABV (Assault Breacher Vehicle) za potrebe Marinskog korpusa SAD završen je i na putu je njegova proizvodnja. Marinski korpus je naručio 33 vozila ABV, a očekuje se da posljednje od njih bude završeno u drugoj polovini 2007. godine.

ABV je izrađen na bazi šasije tenka M1A1 Abrams, što krajnjim korisnicima daje očigledne prednosti u logistici i obuci. Njegova ukupna cena, uključujući razvoj, ispitivanja i proizvodnju, iznosi oko 150 miliona USD.

Kupola tenka M1A1 zamenjena je novom varenom čeličnom kupolom, sa sedištem za komandira vozila i naoružanom teškim mitraljezom 12,7 mm M2. Sa obe strane kupole ugrađeno je po šest električno upravljanih lansera dimnih granata.

Preko čeonog dela oklopnog tela može da se postavi eksplozivni reaktivni oklop, radi povećanja zaštite od protivtenkovskog oružja sa visokoeksplozivnim bojnim glavama. Ispitivanja su po-

kazala da ABV može da se razvije pomoću mornaričkog desantnog broda i da bude spreman za dejstvo čim dospe na kopno. Ima isti nivo pokretljivosti kao i tenk M1A1 koji će podržavati.

Na prednjem delu oklopa montiran je čistač mina, a kao alternativa može da se ugradi dozer, čistač površinskih mina ili sistem za brzo uklanjanje artiljerijskih projektila. Na zadnjem delu vozila montirana su dva lansera Mk155 sa poboljšanim vatrenim sistemom. Svaki lanser opremljen je linearnim punjenjem M58, koje sadrži 7938 kg eksploziva C-4 vezanog za raketu Mk2.

U tipičnoj operaciji čišćenja mina vozilo ABV treba da bude izvan minskog polja, odakle bi ispaljivao raketno linearno punjenje. Punjenja se razvlače preko minskog polja, a zatim se vrši njihova detonacija pomoću daljinskog upravljanja sa ABV. Kao rezultat stvorenog natpritiska eksplozivaju postavljene protivtenkovske mine.

ABV zatim treba da uđe u minsko polje i, koristeći svoj minočistač, čisti teren od mina koje nisu eksplodirale u prethodnom postupku.

Pri kretanju vozila napred, sistem za markiranje, koji je ugrađen s obe strane oklopa i nazad, pobada markere u zemlju, tako da budu vidljivi za nadolazeće snage.

Na vozilu je ugrađen i sistem daljinskog upravljanja koji omogućava upravljanje sa bezbedne distance u uslovima velike opasnosti. Dnevno-noćna kamera omogućava da se operacije daljinskog upravljanja odvijaju u skoro svim vremenskim uslovima.

ABV ima borbenu masu 62 t i trebao bi da ima samo dva člana posade – komandira i vozača, od koji svaki ima svoj dnevno-noćni uređaj za osmatranje.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 27. oktobar 2004.

Marinski korpus procenjuje i mogućnost upotrebe municije JDAM (Joint Direct Attack Munition) za zadatke čišćenja mina, koja bi imala oznaku JABS (JDAM Assault Breaching System). Ona bi protiv mina i drugih prepreka trebalo da koristi precizno vođene bombe Mk 84 sa JDAM repnim sklopom.

M. K.



IZRAELSKI OKLOPNI TRANSPORTER NEMERAH*

Izraelske odbrambene snage (IDF) započele su operativno uvođenje novorazvijenog teškog oklopnog transportera Nemerah, koji je izrađen na bazi šasije osnovnog borbenog tenka Merkava Mk1.

Sa nekoliko proizvedenih prototipova oklopni transporter Nemerah predstavlja značajan doprinos i efikasan odgovor na sve veće zahteve IDF za boljom zaštitom pojasa Gaze.

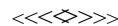
IDF su znatno ograničile upotrebu svojih osnovnih oklopnih transportera M113 u tom području nakon dva incidenta u maju 2004. godine u kojima su ti transporteri bili uništeni raketnim bacačima RPG. Kao trenutno rešenje, IDF je predislocirao mnoge od svojih teških oklopnih transportera, uključujući one na bazi tenkova T-54/T-55 (Achzarit) i Centurion (Puma i Nagmachon).

U procesu povlačenja iz upotrebe svojih osnovnih tenkova Merkava Mk 1, Ministarstvo odbrane je preporučilo skidanje kupole sa tenka i korišćenje njihovih šasija za izradu teških oklopnih transportera. Za potrebe ispitivanja proizve-

dena su i isporučena dva prototipa naoružana različitim sistemima oružja. Međutim, pojedinačna cena oklopnog transportera Nemerah, koja je sada procenjena na 750 000 dolara, može još uvek da bude prepreka za buduće nabavke.

Već duže vreme, Generalštab IDF preporučivao je za svoje pešadijske brigade srednje oklopno vozilo Stryker 8 × 8, koje proizvodi kompanija General Dynamics, ali zbog budžetskih ograničenja odložio je odluku o njihovoj nabavci i traži prihvatljivije rešenje. Međutim, u IDF ističu da se nastavljaju ispitivanja i procene na tri vozila Strajker. Svako od njih opremljeno je različitim izraelskim naoružanjem i sistemom veza. Posle provedene serije armijskih testova očekuje se da će preporuke Generalštabu biti dostavljene do sredine 2005. godine.

M. K.



SISTEM PROTEKTOR ZA OKLOPNA VOZILA*

Finske odbrambene snage (FDF) primice od kompanije Kongsberg 62 sistema Protektor – daljinski upravljani sistem oružja za oklopna vozila, prema ugovoru vrednom 23,4 miliona dolara sklopljenim sa kompanijom Patria Vehicles.

Sistemi će biti isporučeni u 2006. i 2007. godini, a firma Patria ugradiće ih na oklopna modularna vozila XC-360 8×8, koja se isporučuju za FDF prema ugovoru vrednom 96 miliona eura.

Sistem Protektor izabran je za Finske odbrambene snage na osnovu izbora ku-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 5. januar 2005.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 26. januar 2005.

pole Oto Melara Hitrole i oružnog mesta koje je preporučila kompanija Patria. U izabranoj konfiguraciji, daljinski upravljano oružno mesto treba da bude opremljeno mitraljezom 12,7 mm, laserskim daljinomerom, IC i dnevnom TV kamerom i lanserima dimnih granata. Planira se da se sistem do isporuke i dalje razvija i prilagođava prema finskim specifikacijama.

Sistem za upravljanje oružjem ove konfiguracije biće poboljšana verzija baznog sistema Protektor. Više od 700 kompleta prodato je radi ugradnje na američko borbena vozila Stryker posle 2000. godine. Finska je četvrta zemlja koja uvodi Kongsbergove sisteme oružja, a do sada je ovaj sistem isporučen Norveškoj, SAD i Australiji.

M. K.

<<<◇>>>

DODATNA ZAŠTITA ZA LAKO OKLOPLJENA VOZILA*

Australijska lako oklopljena vozila ASLAV (Australian Light Armoured Vehicle), koja su angažovana u Iraku, uskoro će biti opremljena sistemom dodatnog oklopa radi bolje zaštite posada od napada raketnim granatama RPG.

Vozila ASLAV su konfiguracije 8 × 8 i mogu biti u verziji ASLAV-PC (oklopni transporter) i ASLAV-25 (sa kupolom za top 25 mm).

Potreba za dodatnom zaštitom usledila je nakon oštećenja vozila i povrede posada nastalih dejstvom improvizovanih eksplozivnih naprava pri kretanju vozila po putu.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 10. novembar 2004.

Novi sistem od čeličnih šipki, kojim će se opremiti vozila ASLAV, sličan je onom za vozila Stryker, koja su takođe u Iraku. Namenjen je da izazove detonaciju zrna RPG na određenoj udaljenosti od oklopa vozila, čuvajući ga ili znatno smanjujući šansu da bojna glava probije osnovni sloj oklopa. Međutim, Stryker (varijanta LAV-III) ima veći nivo baliističke zaštite nego ASLAV, koji je otporan samo na zrna 7,62 mm. Prototip sistema od čeličnih šipki razvila je kanadska kompanija General Dynamics Land Systems, u saradnji sa projektnim birooom za ASLAV u Australiji, a njegovo testiranje je u toku. Novi zaštitni komplet ima masu manju od 1000 kg.

Pored obezbeđenja veće održivosti posade od dejstva kinetičke energije projektila koji probijaju oklop, ovaj komplet treba da obezbedi i zaštitu od RPG, smanjujući njihovo parčadno dejstvo.

Zaštitni komplet trebalo bi uskoro da bude u Iraku, a nije izvesno da li će se ugrađivati i na preostali kontingent vozila ASLAV.

M. K.

<<<◇>>>

MODERNIZOVANI LOVAČKI AVION Su-27SM*

Ruske vazduhoplovne snage primile su od kompanije Suhoj prvih sedam modernizovanih borbenih lovačkih aviona Su-27SM, a očekuje se da narednih 17 aviona budu isporučeni u toku ove godine.

Modernizaciju je izvršila Avio proizvođačka asocijacija Komsomolsk na Amuru, prema zahtevima iz 2004. godi-

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 19. januar 2005.

ne. Avion Su-27SM predstavlja poboljšanu verziju lovačkog aviona Su-27S s dodatnim višenamenskim mogućnostima koje su ostvarene ugradnjom modernijeg naoružanja, poboljšanim performansama i održavanjem, boljom ergonomijom kokpita, povećanom pouzdanošću i dužim vekom upotrebe.

Avionika Su-27SM sadrži optimizirane sisteme za upravljanje oružjem tipa vazduh-vazduh a dodatno i oružjem tipa vazduh-zemlja. Mogućnosti avionike poboljšane su novim sastavnim elementima i algoritmima. Ovaj lovac može da koristi rakete vazduh-vazduh R-77 izvan vidnog dometa, rakete vazduh-zemlja Kh-31P, Kh-31A, Kh-29T (TE) i Kh-29L, kao i vođene avio bombe KAB-500 Kr i KAB-1500 Kr. Borbena održivost lovca povećana je ugradnjom savremene opreme za elektronsku borbu.

Pilotiranje je postalo efikasnije zbog ugradnje novih instrumenata kokpita i povećane preciznosti nišanskog i navigacionog sistema. Avionski radar ima mogućnosti mapiranja zemljišta, izoštravanje snopa, otkrivanje zemaljskih ciljeva s radarskim odrazom na rastojanju do 100 km, većih ciljeva na vodi do 350 km i manjih do 120 km. Očekuje se da kompanija Suhoj ove godine isporuči ruskim vazduhoplovnim snagama i modernizovane Su-24M2 i Su-25SM, a od 2006. godine i višenamenske jurišne avione S-34.

Kompanija Suhoj je u 2004. godini isporučila 45 borbenih aviona, uključujući i 24 aviona Su-30MK2 za Kinu (više od milijarde dolara), četiri Su-30MK2V za Vijetnam (110 miliona dolara), 10 Su-30MKI za Indiju (350 miliona dolara) i 7 Su-27SM za ruske vazduhoplovne snage (35 miliona dolara). Pored toga, četiri

kompleta komponenata isporučeno je Indiji za licencno sklapanje lovca Su-30MKI (oko 120 miliona dolara).

Da bi ojačali poziciju na tržištu Južnoistočne Azije, Suhoj pojačava mrežu za održavanje isporučenih aviona. Samo od prodaje rezervnih delova u spoljnotrgovinskim poslovima ova kompanija očekuje da će u 2004. godini dostići godišnji prihod od 200 miliona dolara.

M. K.



SISTEM ZA SAMOZAŠTITU HELIKOPTERA*

Sistem za samozaštitu helikoptera L370 Vitebsk, koji je razvio naučno-istraživački institut Ekran iz Samare u Rusiji, testiran je na borbenom helikopteru Kamov Ka-50 u drugoj polovini 2004. godine.

Poznat u svojoj eksportnoj izvedbi pod nazivom Kolchuga, ovaj sistem je projektovan za zaštitu borbenih i jurišnih helikoptera od protivavionskih sistema i borbenih letelica. Potpuno automatizovan u svom dejstvu, sistem upozorava posadu kada je opasnost otkrivena, aktivira protivdejstvo i predlaže, preko multifunkcionalnog displeja i zvučnog signala, izbegavajući manevar.

Institut Ekran je, takođe, razvio i modul za aktivno elektronsko ometanje, koji je deo sistema Vitebsk/Kolchuga, kao i panel sistema za upravljanje. Nedavno su završeni kvalifikacioni testovi nekoliko pojedinačnih komponenata sistema i započela je njihova proizvodnja.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, februar 2005.

Laserska upozoravajuća jedinica L140 Otklik (Odgovor) ugrađena je na helikoptere serije Ka-50 kao i na modernizovane helikoptere Mi-8 Hip i Mi-24 Hind koji su korišćeni u Čečeniji. Kada bude potpuno završen, sistem Vitebsk/Kolchuga biće ugrađivan na borbene helikoptere Ka-50/Ka-52, kao i na Mi-8GM. Pojedini elementi sistema biće ugrađeni na helikoptere Mi-8, Mi-24, Mi-26 i Ka-27, u sklopu njihove srednje modernizacije.

Sistem se upravlja modulom L370-01, koji obrađuje informacije dobijene sa radara, lasera i IC upozoravajućih senzora, generiše komande uređajima za ometanje i daje informacije pilotu. Radarski upozoravajući prijemnik Pastel radi sa G-J snopom (4–20 GHz) i pokriva zonu od 360×60°. Ova jedinica otkriva radare na zemlji i u vazдушnom prostoru sa rastojanja koja su za 20% veća od rastojanja sa kojih bi helikopter mogao da bude otkriven od neprijateljevih radara.

Laserski upozoravajući prijemnik L140 Otklik, koji je pre nekoliko godina ugrađivan na Ka-50 kao samostalna jedinica, sada je integrisan u sistem Vitebsk.

Četiri senzorske jedinice Otklik ugrađene su simetrično oko trupa helikoptera: dve sa strana, jedna na nosu i jedna ispod repa helikoptera. Otklik pokriva 360° po azimutu i 90° po elevaciji. Senzorska jedinica radi u frekventnom području od 0,4 do 1,1 μm, i definiše poziciju opasnosti sa tačnošću od 10%.

Uređaj Mak-UFM može da otkrije lansiranje protivničkih raketa na udaljenosti od 15 km. Pri tome se otkriva lansiranje rakete i smer prilaza. Četiri senzora Mak postavljena su simetrično sa strana pod uglom od 45°, na nosu i na repu trupa helikoptera.

Uređaj za ometanje sistema Vitebsk ima dve jedinice za aktivno ometanje (radar i IC), kao i dispnzere za protivdejstva. Aktivni radarski ometač L370-3 (nije još ugrađen na Ka-50) korišćen je za ometanje zemaljskih radara sistema PVO, kao i tragače raketa PVO koji rade u G-J pojasu, u sektoru 120×60° (napred i nazad).

Najnoviji razvoj isproban na Ka-50 je aktivni elektrooptički ometač L370-5, koji generiše modulirano IC i UV zračenje pod uglom 7°, ometajući tako IC tragače raketa PVO. Helikopter Ka-50 ima dva takva ometajuća modula ugrađena sa strana donjeg dela trupa, koji zajedno pokrivaju sektor 360×90°.

M. K.

<<<◇>>>

BESPILOTNI HELIKOPTER LITTLE BIRD*

Kompanija Boeing obelodanila je alternativno upravljani helikopter za potrebe armije SAD, nazvan „bespilotna mala ptica“ (Unmanned Little Bird) koji može da nosi kompletne senzora i oružja uz veću izdržljivost i kapacitet od bilo koje druge bespilotne letelice u njegovoj klasi.

Bespilotni Little Bird je koncept letelice, uobličena kao helikopter MD 530F, sa autonomnim sistemima za izvršavanje zadataka, koji omogućavaju da se letelicom i njenim sensorima upravlja laptop kompjuterom sa zemlje, ili operatorom na pilotiranom helikopteru, poput AH-64D Apache Longbow.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. novembar 2004.

Ovaj helikopter mogao bi da se koristi za osmatranje, dopunu potreba vojnika na udaljenim isturenim lokacijama, za obezbeđenje spojeva u širokom pojasu za brigadne borbene grupe, kao i za spašavanje prizemljenih pilota i vojnika u opasnosti.

Sistem bi mogao da bude brzo raspoloživ, s obzirom na to da se zasniva na platformi koja je već u proizvodnji i koristi komercijalne komponente. Pošto su helikopteri MD 500 serije AH-6/MH-6 Little Bird već u upotrebi kod snaga za specijalne operacije SAD, logistička i trenajna infrastruktura već postoji, tako da zahtevaju minimalne strukturne obaveze.

Operativna konfiguracija koju Boeing prezentuje trebalo bi da ima domet od 450 km (242 nm), izdržljivost 10 časova leta i noseći koristan teret od 453 kg (1000 lb).

Na helikopteru bi trebalo da budu smešteni elektrooptički i IC senzori sa laserskim daljinomerom koji bi automatski pratili ciljeve.

M. K.

<<<<◇>>>>

BOLJA ZAŠTITA VOZILA M2 BRADLEY*

Početakom 2005. godine za armiju SAD počele su isporuke novog eksplozivnog reaktivnog oklopa za borbeno vozilo pešadije M2 Bradley.

Eksplozivni reaktivni oklop (ERO), koji je razvila Balistička istraživačka laboratorija, prvi put je primenjen za vozilo M2A2 Bradley kasnih osamdesetih godina 20. veka, kada je pojačani oklop

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

zadržavao sličnu spoljašnju geometriju vozila. Današnja vozila imaju ERO punjen eksplozivnim pločicama proizvodnje Ensign Bickford, i uobličeni tako da minimiziraju rizik povrede vojnika izvan vozila.

Najnoviji oklop, za koji je nedavno General Dynamics i Technical Products (GDATP) sklopio ugovor za proizvodnju 140 kompleta za vozila (svaki po 105 ploča), razvijen je u saradnji sa izraelskom kompanijom Rafael Ordnance Systems, koja je odgovorna za obezbeđenje neosetljivog eksploziva visoke energije koji se koristi u pločama koje proizvodi fabrika GDATP u Stone Country iz Misisipija.

Testovi, koji su vršeni 2002. i 2003. godine u trajanju od 14 meseci, obuhvatali su oklopnu zaštitu od kumulativnih zrna, osetljivost na pešadijsko naoružanje i parčad artiljerijskih zrna, simpatetični uticaj detonacije i kolateralnu štetu.

Prema dostupnim podacima najnoviji reaktivni oklop (model A2) pokazao je da se postiže znatno povećanje nivoa zaštite za vojnike i opremu od dejstva pešadijskog naoružanja i najvećeg dela cevnih lansiranih sistema sa kumulativnim punjenjem.

M. K.

<<<<◇>>>>

„ELEKTROMAGNETNI OKLOP“ ZA LAKI TENK THUNDERBOLT*

Kompanija United Defense razvila je i pripremila za ugradnju na laki tenk Thunderbolt, sa glatkocevnim topom 120 mm,

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

elektromagnetni „oklop“ (EMO) i elektrotermičko hemijsko (ETC) pojačanje pogona za njegovo osnovno naoružanje.

Novi revidirani demonstrator, nazvan Lightningbolt, sposoban je da eksploatiše električno napajanje napona 600 V, koje stvara njegov sistem hibridnog električnog pogona za potrebe napajanja sistema EMO i sistema ETC (Electrothermal Chemical).

Na izložbi AUSA 2004. kompanija United Defense je pokazala kako, zajedno sa kompanijama ARL i TARDEC, paralelno radi na opremanju i borbenog vozila pešadije M2 Bradley svojim EMO. Otkako je prvi put testiran na modifikovanom guseničnom transporteru M113, pokazano je da EMO može uspešno da štiti i vozilo M2 od udara granata višecevnih bacača raketa. Međutim, testovi na vozilu Bradley obavljani su sa spoljašnjim izvorom napajanja električnom energijom, pa kompanija United Defense sada radi na adaptaciji sistema EMO tako da radi sa standardnim napajanjem sa vozila napona 28 V.

M. K.

<<<<◇>>>>

POBOLJŠANI RUČNI LASERSKI DALJINOMER VECTOR*

Verzija sa mogućnostima primene u noćnim uslovima ručnog goniometrijskog laserskog daljinomera Vector, koji se široko koristi za osmatranje i akviziciju ciljeva na bojištu, u fazi je razvoja švajcarske firme Vectronix AG (sada u sastavu francuske Sagem group).

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Baš kao i njihovi laserski daljinomer bezbedan za oči i digitalni magnetni kompas, i varijanta ovog daljinomera (Vector Night) inkorporiraće pojačivač slike Gen 2,5 ili Gen 3. Početni demonstrator zasnovan je na modelu Vector IV, koji ima domet preko 4 km, ali očekuje se da noćne mogućnosti budu ponuđene i za modele sa većim dometima Vector 21 ili Vector 23, koji ima ugrađen fiberoptički laser, deklarisan za domete preko 10 km u širokom spektru uslova vidljivosti.

Vector 23 sadrži standardnu optiku povećanjem sa 10×. Nedavno je marinski korpus SAD poručio 1500 jedinica Vector 21B iz programa opštih laserskih daljinomera, a još 700 je poručeno za armijske snage za brza dejstva.

Vector 21B se razlikuje od osnovnog Vector 21 po mogućnostima za daljinsko upravljanje i drugačijeg 12-polnog konektora. U marinskom korpusu ovaj daljinomer se postavlja na tronožac, radi bolje preciznosti na većim rastojanjima i smanjenja zamora operatora. Firma Ashbury danas nudi poboljšani stativ mase 1,5 kg, koji ima teleskopski nosač (745 mm) i podešavajuću glavu za montažu daljinomera.

Vector 21B, kao binokularni daljinomer, koristi se u američkim jedinicama u Avganistanu i Iraku.

M. K.

<<<<◇>>>>

EKONOMIČAN SISTEM ZA IDENTIFIKACIJU*

U okviru razvojnog programa budućih borbenih sistema armije SAD, kom-

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, februar 2005.

panija Raytheon se obavezala da proizvede 60 sistema za borbenu identifikaciju BTID (battlefield target identification device) prema uslovima NATO STANAG 4579. Sistemi su razvijeni u samostalnoj ili integrisanoj konfiguraciji, kada su deo višefunkcionalnog radio-frekventnog sistema koji ima komunikacijske, radarske i identifikacione funkcije.

Radi smanjenja cene proizvodnje, kompanija planira da odloži početni program BTID, koji je ranije prodavala u vidu sistema ugrađenog na vozila. Umesto njega planira da ponudi najnovije rešenje ANSER (Air aNd Surface Electronic Responder), na osnovu samostalnog razvojnog projekta za potrebe budućih borbenih sistema FCS (Future Combat Systems). To bi trebalo da snizi cenu u masovnoj proizvodnji na manje od 10 000 dolara po sistemu.

Osnovna oprema sadrži transponder-sku jedinicu, uključujući primopredajnik i integralnu opštu antenu, i odvojenu komunikacijsku interfejs jedinicu. Moguća je i konfiguracija sa odvojenom antenom. Pored identifikacije, transponder ANSER moći će da obezbedi svojim vozilima integralne digitalne komunikacije specificirane kao deo STANAG 4579. Upotreba jednostavne magnetne opreme omogućice minimalne troškove ugradnje na logistička i slična vozila, kao i korišćenje energije tipične za jedno pakovanje baterija ili za upaljač za cigarete u vozilu. U slučaju vatrenih platformi biće dodat podsistem smanjene upitne antene, čija bi cena iznosila 12 000 do 15 000 dolara.

Kompleti prototipa ANSER neće biti na raspolaganju pre 2009. godine.

U međuvremenu, očekuje se da hibridno rešenje BTID/ANSER bude prikazano

oktobra 2005. godine kao deo američkog programa savremenog koncepta tehnološkog demonstratora ACTD (Advanced Concept Technology Demonstrator). Kompanija Raytheon sklopila je ugovor sa Ministarstvom odbrane Italije za isporuku 10 takvih transponderskih jedinica i dve kombinovane upitno-transponderske jedinice radi opremanja odgo-varajućih vozila, koja će biti testirana zajedno sa ostalom opremom sistema BTID namenjenih Francuskoj, Britaniji i SAD.

M. K.



LAKO VOZILO ZA VATRENU PODRŠKU*

Za marnski korpus SAD ponudeno je novo, lako, naoružano vozilo ITV (Internally Transportable Vehicle), kao baza za sisteme brze vatrene podrške EFSS (Expeditionary Fire Support System), koje je po prvi put prikazano na izložbi AUSA 2004 u Vašingtonu.

Vozilo je dužine 4,16 m, širine 1,52 m i visine 1,52 m, što znači da može lako da se utovari na avion MV-22 za tri minuta i iskrcava za manje od jednog minuta.

Klirans vozila je 254 mm, podizanje prednjeg točka 305 mm, zadnjeg točka 254 mm, a visina pri kretanju podešena je na 203 mm. Maksimalno podizanje iznosi 400 mm, a za potrebe samoizvlačenja napred ugrađen je čekrk sa mogućnošću izvlačenja mase 3,6 t. Prazno vozilo ima masu 1,4 t, a korisna nosivost iznosi 907 kg (dozvoljeno 567 kg po osovini). Ono može i da vuče prikolicu mase 907 kg.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Vozilo pokreće turbo-dizel motor od 150 KS, koji sa automatskom transmisijom sa šest stepeni prenosa, omogućava maksimalnu brzinu od 110 km/h. Autonomija kretanja je oko 482 km sa 62 l goriva.

Laka cevasta konstrukcija vozila obezbeđuje prostor za vozača u srednjem prednjem delu i za dva člana posade u srednjoj sekciji. Konstrukcija može da se obloži pločama od kevlar (mase 34 kg/m²), što obezbeđuje posadi balističku zaštitu Nivoa 1.

Za lake jurišne zadatke na vozilu je ugrađeno prstenasto postolje tipa HMMWV za mitraljez 12,7 mm ili automatski bacač granata 40 mm Mk19, kao i laki mitraljez 5,56 mm koji se montira na vratima. Alternativno, na vozilu se mogu smestiti dva sanitetska nosila ili 907 kg tereta.

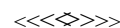
Sistem EFSS sastoji se od dva vozila. Jedno je minobacačka platforma, opremljena minobacačem tipa Soltam M120, u konfiguraciji za brzi utovar (Quick Stow). Ona omogućava da se oslon ploča minobacača, lafet i cev, smeste u sklopljenom stanju, tako da se pri stupanju u dejstvo kompletan minobacač može brzo odvojiti od zadnjeg dela vozila i ukopati u zemlju. Ceo postupak aktiviranja postiže se za manje od 30 sekundi.

Nišanjenje može da se obavlja ručno pomoću lakog ručnog računara ili pomoću minobacačkog sistema za upravljanje vatrom Honeywell M95, sa integralnom inercijalnom referentnom jedinicom TALIN.

Pored dvočlane posade i sklopa minobacača, na vozilu je smešteno i 16 granata spremnih za dejstvo. Drugo vozilo prevozi tri dodatne posade i 32 granate za popunu.

Uvođenje ovih sredstava u operativnu upotrebu očekuje se u 2006. i 2007. godini.

M. K.



NAORUŽANA ROBOTIZOVANA VOZILA*

Detalje o dva naoružana vozila bez posade, iz familije budućih borbenih sistema SAD, objavila je kompanija United Defense, Ground Systems.

U projekat borbenih vozila bez posade uključena su naoružana robotizovana vozila ARV (Armed Robotic Vehicle), mala besposadna vozila i višefunkcionalna vozila za logistiku i opremu.

United Defense razvija dva tipa robotizovanih vozila 6×6, koja će imati istu šasiju, a namena će im biti izviđačka (ARV-R) i jurišna (ARV-A). Po dva takva vozila, mase 8,5 t, mogla bi se transportovati taktičkim transportnim avionom C-130 Hercules, što je ključni zahtev za sve elemente budućih borbenih sistema.

U prvoj fazi, prema dvogodišnjem ugovoru, očekuje se izrada ukupno 12 vozila, od kojih po šest ARV-A i šest ARV-R.

Vozila ARV-R, odnosno vozila za izviđanje, osmatranje i akviziciju cilja biće naoružana modernizovanim topom 25 mm XM307, koji će se puniti sa 150 do 200 zrna iz kompleta municije spremne za upotrebu. Kupola vozila će moći da se okreće za 180°.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Vozilo ARV-A (jurišno) opremaće se sličnom kupolom naoružanom topovskim sistemom 30 mm MK 44 i sa četiri rakete (trenutno u razvoju kao zamena za PTR Hellfire). Kontejner za četiri rakete biće potpuno zaštićen oklopom i podizaće se pre lansiranja.

Obe verzije vozila biće automatizovane, a koristiće četvorotaktni 6-cilindarski dizel motor od 217 KS u kompletu sa automatskom transmisijom sa pet stepeni prenosa i električnim hibridnim pogonom kao jednom od mogućih opcija. To će obezbediti maksimalnu brzinu kretanja od 90 km/h uz ubrzanje od 0 do 48 km/h za 10 s.

Aktivno hidropneumatsko ovešanje dvosmernog dejstva namenjeno je da obezbedi dobru terensku pokretljivost, dok će upravljački sistem tipa Ackerman omogućavati zaokret u prečniku od 6 m.

Platforma će biti konstruisana od keramičkog materijala, a automatski sistem za otkrivanje i gašenje požara biće standardna oprema.

Predviđeno je da vozila ARV izvođe dejstva ispred borbenih vozila sa posadama, koja bi se kretala iza vidne linije neprijateljevih snaga.

Vozila ARV-A i ARV-R trebalo bi da izvršavaju sledeće zadatke: daljinsko izvidanje, postavljanje senzora, oružja za neposredno dejstvo i specijalne municije između zgrada, bunkera i drugih urbanih struktura; procenu borbene štete; da predstavljaju komunikacijske releje; da podržavaju snage u napadu direktnom ili indirektnom vatrom i PT oružjem; da zauzmu ključne terene i obezbede vatru izvan svog vidokruga.

Izviđačko vozilo ARV-R imaće teleskopski senzorski stub i obezbeđivaće informacije za ugrađene sisteme na borbenim vozilima i izviđačkim vodovima putem zajedničkog taktičkog radio-sistema. Vozilo ARV-R će sa desne strane krova kupole imati i lanser za nepraćene zemaljske senzore.

M. K.



RAZVOJ SNAŽNIJIH TENKOVSKIH MOTORA U RUSIJI*

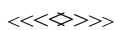
Ruska kompanija za proizvodnju motora iz Čeljabinska radi na poboljšanju varijanti dizel motora V-12 koji danas pokreću osnovne borbene tenkove T-90S i starije varijante T-72 i T-72M1. Povećana je snaga ovih motora, a radi se i na daljem povećanju snage. Pored toga, kompanija radi i na sasvim novim motorima, namenjenim, verovatno, budućim tenkovima.

Raniji model motora V-92S2 imao je snagu 735 kW (1000 KS), ali je, modifikacijom klipova i sistema za dovod goriva povećana snaga na 880 kW (1200 KS). Porast snage motora usmeren je na poboljšanje manevarskih sposobnosti tenka T-72. Pri tome, poboljšani motor ima istu masu i dimenzije kao i dosadašnja verzija. Takođe, očekuje se da se uskoro ostvari varijanta motora od 1100 kW (1500 KS). Taj nivo snage trebalo bi da se meri sa zapadnim dizel motorima kakvi su SACM V8X-1500 Huperbar dizel (koji pokreće francuski tenk Leclerc) i MTU MB873 Ka-501 (na nemačkom tenku Leopard 2).

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, januar 2005.

Prema objavljenim podacima, radovi na novoj generaciji motora u Rusiji su u toku. Dok su motori na sadašnjim tenkovima T-72 i T-90 12-cilindrični V-konfiguracije, novi pogonski agregat bi koristio X-konfiguraciju cilindara. Nivo snage ovakvih motora još nije objavljen. Ruska armija ne planira nabavku značajnijih količina novih tenkova do 2008. godine ili kasnije. Do tada će aktivnosti biti usmerene na modernizaciju postojećih tenkova T-72 i T-80.

M. K.



MOTORI ZA LAKA BORBENA VOZILA*

Postojeći vojni zahtevi za lakšim borbenim vozilima, koja se prevoze vazдушnim putem, zahtevaju da i njihove komponente budu lakše i manjih dimenzija. Među njima se posebno ističu motori, ne samo zbog njihove mase, već i prostora i oklopa koji se postavlja oko njih.

Sa izazovom obezbeđenja lakših i kompaktnijih motora suočili su se i stručnjaci iz kompanije MTU Fridrichshafen, vodećeg proizvođača vojnih dizel motora, koji su razvili snažne kompaktne motore serije 890, koji su znatno lakši i manji u odnosu na ranije dizel motore za borbena vozila. To je i razlog što su motori serije 890 postali kandidati za pokretanje američkih budućih borbenih sistema FCS (Future Combat Systems) i britanskih FRES (Future Rapid Effect Systems). Uz to, jedan od njih već je usvojen kao motor za buduće nemačko borbeno vozilo pešadije Puma.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, februar 2005.

Serija 890 je četvrta generacija dizel motora MTU koji su razvijeni za borbena vozila posle 1953. godine. Prva generacija uključivala je motor MB 838, V-10, snage 610 kW (830 KS), koji je pokretao tenk Leopard 1, najbrojniji tenk u Zapadnoj Evropi sedamdesetih godina, koji se još koristi širom sveta.

Osnovni motor druge generacije bio je MB 873, V-12, snage 1100 kW (1500 KS), koji se razvijao za tenk Leopard 2, a osamdesetih i devedesetih godina prihvatile su ga mnoge evropske zemlje kao standardni motor za osnovni borbeni tenk. Drugi motor iste serije je MB 871, V-8, snage 882 kW (1200 KS), koji je proizveden po licenci u Južnoj Koreji za njihov tenk K-1, a poslužio je kao model za proizvodnju kineskog motora 150 HB za njihove najnovije tenkove Tip 98.

Prvi od najznačajnijih motora treće generacije pojavio se 1979. godine kao MTU 883, V-12, snage 1100 kW (1500 KS). Posle usavršavanja ovaj motor je postao osnovni evropski pogonski agregat, a devedesetih godina prvi put je ugrađen u francuski tenk Leclerc namenjen za Ujedinjene Arapske Emirate. Sredinom devedesetih godina kompanija General Dynamics Land Systems ugrađivala je i ove motore na američke tenkove M1A1 Abrams umesto gasnih turbina AGT-1500, što je oslobodilo 950 mm prostora po dužini oklopa i omogućilo da se prepolovi vrlo visoka potrošnja goriva kod ovih tenkova. Uprkos tome, Armija SAD istrajava na razvoju druge generacije gasne turbine, General Electric/Honeywell LV-100-5, radi preoružanja tenkova M1. Ipak, verziju motora MT 883 sa visokim superpunjenjem, koji razvija

maksimalnu snagu 2016 kW (2740 KS), prihvatio je marinski korpus za pogon svog ekspedicionog borbenog vozila EFV (Expeditionary Fighting Vehicle).

Projektni ciljevi za motore serije 890 bili su da njihova specifična težina i zapremina budu samo polovina one koju ima MTU 883. Izgled motora serije 890, njihova lakoća i kompaktnost, bili su dovoljno atraktivni da se primene i na platforme budućih američkih borbenih sistema FCS. Prvi prototip za te potrebe završen je u verziji 6V krajem 2003. godine, a imao je specificiranu ispitnu snagu 550 kW (747 KS). Posle toga, ugovor je proširen i na prototip četverocilindričnog linijskog motora verzije 4L. Međutim, kompanija MTU primila je i zahtev za verziju 10V od 800 kW (1087 KS) koji će se ugrađivati u buduća nemačka borbeno vozila pešadije Puma, čija je realizacija u toku.

Kada razvija maksimalnih 550 kW motor tipa 6V, sada sa oznakom MT 890, ima specifičnu izlaznu snagu od 91,7 kW/dm³, što je dva puta više nego kod motora MT 883 i znatno više nego kod bilo kojeg drugog dizel motora za borbeno vozilo. Ista visoka specifična izlazna snaga predviđena je i za motor tipa 4L, ili MT 898, što znači da, uprkos zapremini motora od samo 4,44 litra, on ima maksimalnu izlaznu snagu od 410 kW (560 KS). Visoku specifičnu izlaznu snagu motora 890 prati niska specifična masa od oko 1 kg/kW, koja je jednako mala kao kod MT 883 sa superpunjačem za američko ekspediciono borbeno vozilo marinskog korpusa.

Mnogo značajnije su male ukupne razmere motora, čiji je rezultat odnos

snage i zapremine više od 1200 kW/m³. Druga pogodnost motora malih razmera je njihova ukupna širina (samo 455 mm kod linijskog motora MT 898), što omogućava njegovu ugradnju u više vrsta borbenih vozila, ostavljajući pri tome deo prostora slobodan za druge potrebe.

Male ukupne razmere motora rezultat su kombinovanja visoke specifične izlazne snage sa visoko integrisanom mehaničkom konstrukcijom. Prva karakteristika je proizvod visokog srednjeg efektivnog pritiska motora, koji dostiže maksimum od 26 bara, i velike brzine klipa od 15,2 m/s pri maksimalnih 4250 o/min. To je slučaj kod svih motora serije 890 čiji je hod klipa u cilindru 107 mm, mada se motor 4L MT 898 razlikuje od ostalih po prečniku cilindra od 115 mm umesto 109 mm.

Visok srednji efektivni pritisak postiže se primenom visokoeфикаsnih turbo punjača sa odnosom pritisaka 4,5 : 1 i umetka krilaca do radijalnih unutrašnjih turbina, koji mogu rotirati radi povećanja snage pri malim brzinama motora.

Motori su snabdeveni i najnovijim tipom sistema za ubrizgavanje goriva, koji stvara pritisak od 1800 bara i obezbeđuje nisku potrošnju goriva i malu emisiju izduvnih gasova. Celokupna efikasnost rada motora kontroliše se i dijagnostičira savremenim elektronskim sistemom upravljanja.

Visokointegrirana konstrukcija motora serije 890, koja je dala dalji doprinos u smanjenju razmera motora, ne odstupa od do sada dobro utemeljene prakse MTU i prihvaćene opšte konfiguracije motora (četverotaktni, vodom hlađeni, sa odvojenim glavama cilindara i aluminijskim kućištem, a u slučaju V motora

uglom između cilindara 90°). Međutim, različite komponente koje su bile sa spoljašnje strane motora integrisane su u kućište, čineći motore serije 890 manjim i lakšim. Cevi za dovod vazduha i ceo sistem za podmazivanje, uključujući pumpu za ulje, izmenjivač toplote i filter, smešteni su unutar kućišta, korišćenjem slobodnih prostora s obe strane. Uz to, visina motora je minimizirana upotrebom vrlo plitkog aluminijumskog kartera koji sadrži kanale za cirkulaciju ulja, tako da nema potrebe za dodatnim cevima.

Značajan doprinos u smanjenju mase i zapremine učinjen je i odustajanjem od uobičajenih, odvojenih, spolja montiranih startera motora i alternatora i korišćenjem, umesto njih, permanentnih magnetnih starter-generatora integrisanih sa zamajcem. Njihova veličina zavisi od tipa transmisije koja se koristi uz motor. Na primer, MT 898 treba da ima starter-generator od 20 kW ako se koristi mehanička transmisija, ali ako se koristi električna ili elektromehanička transmisija, tada treba da ima starter-generator 410 kW.

Pored razvoja snažnijih kompaktnih dizel motora, MTU, zajedno sa Rank transmission company, radi i na novim hibridnim elektrosistemima. Oni nude nekoliko prednosti elektropogona bez upotrebe električnih transmisija, ali zadržavaju efikasnost i cenu mehaničkih transmisija.

Osnovna specifičnost tog sistema je motor-generator smešten između motora i mehaničke transmisije, i spojnica koja se može koristiti za njegovo razdvajanje od transmisije ili motora. Kada je motor-generator odvojen od transmisije, snaga motora može se koristiti za proizvodnju električne energije za spoljne potrebe,

zadovoljavajući zahteve potrošača na bojnopolju. To može znatno da smanji broj vučnih generatora koji bi morali da se razviju u sklopu logističke podrške, što je bio i jedan od glavnih argumenata za njihovo usvajanje. Alternativno, kada je motor-generator razdvojen od motora i generator je isključen, vozilo bi moglo bešumno da se pokreće adekvatnim baterijskim kompletom i odgovarajućom energetsom elektronikom.

Mogućnosti borbenih vozila da se bešumno pogone energijom baterija značajan su argument i doprinos u favorizovanju hibridnih elektropogona. Sa uključenim motorom i transmisijom, energija akumulirana u kompletu baterija mogla bi da se koristi za „dodavanje“ energije u motor-generator radi povećanja izlazne snage motora pri naglim ubrzanjima vozila. Ta mogućnost navodi se kao dodatni argument za prihvatanje hibridnog pogona na vozilima.

M. K.



PRVO TERENSKO VOZILLO NA VODONIK*

Armija SAD razvila je prvo terensko vozilo koje se pogoni samo vodonikovim gorivnim ćelijama, što će biti korak dalje u pravcu veće upotrebe alternativne energije.

Vozilo se pogoni hibridnom gorivnom ćelijom od 10 kW i električnim motorom. Njihov rad je bešuman, brzina vozila po putu može dostići 130 km/h, a ubrzanje od 0 do 65 km/h za četiri sekunde. Vozilo su zajedno razvile kompanije

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 26. januar 2005.

Quantum Fuel Systems Technologies i NAC (National Automotive Center) i ono je još u fazi istraživanja i razvoja.

Kompanije Quantum i NAC testiraće vozilo nekoliko meseci u raznim vojnim bazama. Smatra se da bi ova tehnologija bila pogodna za primenu naročito u operacijama specijalnih snaga i granične patrolne.

Nije još poznato kada će tehnologija gorivnih ćelija biti spremna za proizvodnju vojnih vozila. Najprostije gorivne ćelije sada koriste vodonik, ali se još nisu značajnije koristile na bojnopolju. U svakom slučaju, moraće da rade na jednostavno gorivo, kakvo je mlazno gorivo JP-8, ili će morati da budu sposobne da rade sa takvom količinom goriva koja je logistički opravdana.

Drugu značajnu barijeru predstavlja cena jer gorivne ćelije danas koštaju oko 2500 dolara po kW i ručne su izrade. Međutim, s napredovanjem komercijalne tehnologije cene bi trebalo da padaju. Sada gorivne ćelije rade na stotine sati, a za motor vozila je potrebno 4000 sati. Životni vek moraće da se produži tehnologijama koje će se koristiti za vojne aplikacije. Ovakvim vremenski ograničenim potencijalom gorivne ćelije se mogu koristiti kao pomoćni pogon za rad radio-uređaja, nišanskih sistema ili za kondicioniranje vazduha.

U međuvremenu, centar TARDEC (Tank-Automotive Research Development and Engineering Center) u naredne tri godine planira razvoj gorivne ćelije na mlazno gorivo JP-8, koja bi mogla da se primeni i na oklopna vozila.

M. K.

<<<<>>>>

NOVE TEHNOLOGIJE ZA BORBU PROTIV BOMBI*

Ministarstvo odbrane SAD ulaže napore da u Iraku što pre uvede nove tehnologije za borbu protiv bombi i drugih improvizovanih eksplozivnih naprava postavljenih pored puteva. Najaktuelniji problem je detekcija tih sredstava.

Pri poslednjem testiranju u Arizoni, nijedna od pet ponuđenih tehnologija za detekciju opasnosti na vozilima nije zadovoljila uslove za uvođenje u upotrebu. Od ispitanih 12 sistema za detekciju bombi postavljenih uz rub puta, četiri su uzeta za upotrebu u Iraku, dok je od dve tehnologije ponuđene za detekciju bombaša samoubica jedna izdvojena za upotrebu u Iraku.

Prema zvaničnicima armije SAD, vozila bombe su sve veći problem, dok bombaši samoubice ostaju relativno manji problem. Čak i uspešne tehnologije protiv pojedinačnih ciljeva imaju ograničenja i uvedene su u malim količinama.

Jedan od izuzetaka je ometačka tehnologija Warlock. Nedavno ih je više od 700 isporučeno u Iraku, a proizvođač, kompanija EDO, ima ugovor na više od 1000 uređaja. Testiranje ovih uređaja počelo je u oktobru 2003. godine, i izvode se u taktičkim i putnim uslovima sličnim kao u Iraku. Obećavajuće tehnologije odmah su uvedene u naoružanje armijskih snaga za brzo opremanje. Međutim, samo oko polovine nedavno uvedenih sredstava proizvođače se u većim količinama. Glavnu poteškoću predstavljaju razne opasnosti. Tako, na primer, kada je američkim vojnicima bilo naređeno da

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

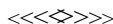
unište svaki plakat koji izražava podršku pobunjenicima, oni su odgovorili da će se pri uništenju plakata detonirati bomba. Takođe, pobunjenici su oblagali projekte 155 mm betonom i ugrađivali ih kao deo puta.

U poređenju sa problemom detekcije, neutralisanje bombi je relativno lakše. U SAD je protekle godine testirano pet malih robota za uklanjanje bombi u Iraku, od kojih su selektirana dva – Foster Miller Talon i Robot PackBot EOD.

Sjedinjene Države imaju oko 200 robota u Iraku i Avganistanu, a u narednih šest meseci nameravaju da uvedu u upotrebu 429. Ti roboti su u Iraku deaktivirani preko 1000 improvizovanih eksplozivnih naprava.

Povećanje broja robota dovelo je do toga da Ministarstvo odbrane pokušava da utvrdi opštu arhitekturu za robotizovane sisteme i postavi zajednički protokol i standarde za vojne robote.

M. K.



NOVI KINESKI I IRANSKI RPG-7*

Kina i Iran prikazali su nove ručne raketne bacače granata RPG (Rocket-propelled grenade) na međunarodnoj izložbi Defendory International 2004, održanoj u Atini u oktobru 2004. godine.

Iranska odbrambena industrija DIO razvila je novi bacač RPG-7, koji je lakši od standardnog sovjetskog modela RPG-7 proizvedenog u Iranu. Smanjenje mase ostvareno je upotrebom lakše metalne konstrukcije, uklanjanjem plastične opreme i rekonstrukcijom odvodnika eksplo-

zivnog mlaza. Za oslonac bacača na rame koristi se tekstilni jastučić umesto plastičnog koji se koristio na RPG-7. Sledeću modifikaciju predstavlja pomeranje pomoćne ručice sa zadnjeg dela ka prednjem, ispred ručke kundaka, i uklanjanje prednjeg dela nišanskog postolja.

Po svim drugim karakteristikama novi lakši RPG-7 je isti kao standardna verzija.

Kineska industrijska korporacija NORINCO, prikazala je raketni bacač 40 mm sa smanjenom cevi, nazvan Tip 2004. To je varijanta bacača 40 mm Tip 69-1, koji je kopija RPG-7. Cev bacača Tip 2004 može se rastaviti na dva dela radi skraćivanja oružja pri nošenju. Dužina bacača u varijanti za nošenje je 655 mm, a pripremljenog za dejstvo 910 mm. Tip 2004 može da koristi termobarične, razorne, protivtenkovske i zapaljive bojne glave.

Usporedni osnovni podaci za ručne raketne bacače

| Karakteristike | Standardni DIO RPG-7 | Laki DIO RPG-7 | NORINCO Tip 2004 |
|-----------------------|----------------------|----------------|------------------|
| Kalibar, mm | 40 | 40 | 40 |
| Režim vatre, zrna/min | 4-6 | 4-6 | 4-6 |
| Masa sa nišanom, kg | 6,5 | 6,2 | - |
| Masa bez nišana, kg | 6,0 | 5,6 | 5,8 |
| Masa nišana, kg | 0,6 | 0,6 | |
| Dužina, mm | 950 | 950 | 655 (910) |
| Početna brzina, m/s | 320 | 320 | 295 |
| Efikasni domet, m | 330 | 330 | 300 |
| Maksimalni domet, m | 500 | 500 | 500 |

M. K.



LAKO OKLOPNO VOZILO CM-32*

Tajvan je obelodanio svoje prvo lako oklopno vozilo, konfiguracije 8×8, pod oznakom CM-32 Yunpao. U razvojnom centru u Nantou County prikazana

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 1. decembar 2004.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 19. januar 2005.

su tri prototipa vozila CM-32: varijante P-1 i P-2 sa topovskim sistemom 25 mm M242 i P-0 kao oklopni transporter.

U razvojnom centru ORDC (Ordinance Readiness Development Centre) ističe se da planiraju razvoj ukupno šest verzija:

- varijantu sa topom 25 mm M242;
- platformu za minobacač;
- oklopni transporter;
- vozilo sa kupolom za top 105 mm i punjenjem od 32 zrna;
- sanitetsko vozilo;
- vozilo sa raketama PVO domaće proizvodnje.

Verzija sa izoliranim topom 105 mm biće opremljena topom M68A1 domaće proizvodnje.

Minobacačka verzija imaće kupolu sa glatkocevnim minobacačem 120 mm koji se puni odozdo, dok se na oklopni transporter može ugraditi kupola sa lanserom granata 40 mm. Masa vozila iznosi 22 t, a sa dizel motorom Caterpillar od 331 kW (450 KS) i automatskom transmisijom Allison postiže maksimalnu brzinu od 110 km/h.

Pored tročlane posade na vozilu ima prostora za još šest vojnika.

Vozilo C-32 zamenice zastarele transportere M113, CM-21 i lako oklopno vozilo LAV-150S 4×4.

Novo lako oklopno vozilo CM-32 je u decembru prošle godine uspešno završilo početna operativna ispitivanja i procene. Tajvan ima potrebe za 1400 ovakvih vozila, čija se probna proizvodnja planira za 2007. godinu. Predviđa se da pojedinačna cena ovog vozila bude oko 2 miliona dolara.

M. K.

<<<<>>>>

TAKTIČKO VOZILO MTV A1+ 8×8*

Armija SAD isprobava kvalitet novog terenskog taktičkog vozila opšte namene MTV A1+ 8×8, koje je isporučeno za manje od četiri meseca od ispostavljanja zahteva.

Vozilo MTV A1+ ima terensku nosivost 12 t, putnu nosivost 16 t i može da se transportuje avionom C-130 Herkules.

Vozilo je opremljeno oklopnom kabinom sa balističkim prozorima, sistemom za kondicioniranje vazduha, grejanjem i individualnim sedištima sa visokim nivoom zaštite od eksplozije mina i improvizovanih eksplozivnih naprava.

Vozač je opremljen savremenim sistemom displeja na kojem se mogu brzo prikazati različite informacije, uključujući i poziciju vozila (putem GPS) i pogled sa kamera ugrađenih na prednjem i zadnjem delu vozila.

Ako se zahteva, može se ugraditi i sistem NHBZ, kao i mitraljezi 7,62 mm i 12,7 mm na krovu kabine za potrebe PVO.

Vozilo pokreće dizel motor Caterpillar C9, od 294,4 kW (400 KS) u kompletu sa automatskom transmisijom ZF sa 12 stepeni prenosa. Ispitivanja su pokazala da se kompletna pogonska grupa može zameniti u terenskim uslovima za oko 10 minuta.

Nestandardna karakteristika MTV A1+ je prostrana ravna platforma na zadnjem delu, koja može da nosi tri standardne NATO palete. Ova noseća platforma ima dizalični sistem koji omogućava da se podešava po visini radi mogućnosti prevoza avionima kao što su

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 22. decembar 2004.

C-5, C-17, C-130 i C-141. On omogućava utovar i istovar vozila bez upotrebe specijalnih utovarivača. Na kraju kabine montiran je kran koji može da se okreće za 340° i podiže 5 t. Radi povećanja stabilnosti platforme pri upotrebi kрана, sa obe strane vozila spuštaju se hidraulični stabilizatori.

U standardnu opremu vozila spada prednji čekrk kapaciteta 6804 kg, koji može da se koristi za samoizvlačenje i izvlačenje drugih vozila.

Vozilo MTV A1+ spada u red vozila opšte namene, a predviđeno je za putne brzine do 112 km/h i operativnu autonomiju do 1440 km. Vozilom se savladaju rovovi širine 2,1 m i vodene prepreke dubine 2,1 m. Radi regulisanja prevoznih mogućnosti koristi se dvosmerni sistem za punjenje – izduvavanje pneumatika kojim vozač iz kabine može brzo da reguliše pritisak. Nezavisni aktivni vazdušni amortizeri omogućavaju klirens od 460 mm. Upravljanje točkovima je potpomognuto elektropogonom, a upravljač vozača može da se postavi levo, desno ili u centru kabine vozila.

Na vozilu se nalazi i sistem održavanja tipa „uključ i posmatraj“ (plug and play) a postoji i mogućnost ugradnje hibridne električne transmisije.

Kompanija koja je proizvela ovo vozilo, kao sopstveno ulaganje, razvila je i kompletnu familiju vozila 4×4, 6×6, 8×8 (dugo i kratko) i oklopno vozilo 10×10. Ova vozila sadrže oko 95% kamionskih komponenti korišćenih na nedavno završenom MTV A1+. Sva ta vozila sada su u fazi ispitivanja.

M. K.

<<<<>>>>

RUČNI ŠIROKOPOJASNI SOFTVERSKI RADIO*

Kompanija ZR Radmor (Gdynia, Poljska) razvila je ručni širokopojasni (HF/VHF/UHF) radio R3505. Početak ispitivanja korisnika u poljskoj armiji započeo je krajem 2004, a serijska proizvodnja planira se u drugoj polovini 2006. godine.

Radio R3505 namenjen je da pokrije frekvencije od 20 do 520 MHz, obezbeđujući bliske taktičke veze prema STANAG 4203, 4204, 4205 u AM, FM, FFSK, GMSK, OPSK modulacijama. Unapred se može programirati do 100 kanala sa razmakom 5 do 25 kHz. Ovaj komplet mogao bi da se opremi za potrebe lokalnih veza između raznih korisnika, ne samo vojnih, već i drugih učesnika angažovanih u kriznim ili protivterorističkim operacijama. Kompanija ZR Radmor razvila je ovaj radio koristeći koncept komunikacijskog softvera SCA (Software Communication Architecture), koji omogućava da se koristi za analogne i digitalne signale (do 16 Kb/s), kao i data komunikacije (do 64 Kb/s), uključujući i prenos slike.

Radio može da se priključi na spoljni modem ili personalni računar. Može da se koristi i kao GPS prijemnik ili za „prolaz“ između različitih komunikacijskih mreža.

Pošto se softverski definiše, R3505 se može koristiti kao interoperabilno sredstvo za ostvarenje veza između svih službi oružanih snaga. Osobnosti R3505 su identifikacija korespondenta, grupni i selektivni poziv, brza promena softvera i menjanje konfiguracije.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Masa radija iznosi 900 g (uključujući i baterije od 400 g), a prilagođen je za upotrebu u raznim klimatskim uslovima i na temperaturama od -30° do $+60^{\circ}\text{C}$. Pod vodom može da izdrži do 120 minuta, zadovoljavajući standard MIL-STD 810E.

Radio R3505 je druga generacija ručnih radio-uređaja ove kompanije. Sadašnja generacija R3501 V/UHF izrađena je po licenci kompanije Czech Dicom (kao RF 1301). Radio R3501/RF 1301 je nedavno poručen za vojne korisnike u Alžiru, Češkoj Republici, Letoniji, Litvaniji, Poljskoj i Slovačkoj, dok se u još 10 armija nalazi u fazi testiranja.

M. K.

<<<<◇>>>>

SISTEM ZA AKVIZICIJU CILJA NA BESPILOTNOJ LETELICI*

Projektni biro Luč (Rjabinsk, Rusija) obelodanio je svoju serijsku bespilotnu letelicu Tipchak kao sistem za akviziciju cilja artiljerije. Ovaj sistem, namenjen za zahvat i određivanje cilja za višecevne lansere raketa i konvencionalnu artiljeriju, prikazan je septembra 2004. godine.

Program Tipchak, jedan od najsavremenijih u svojoj kategoriji u Rusiji, donedavno nije bio poznat. Do sada je izrađeno i ispitano devet bespilotnih letelica Tipchak (pod oznakom 9M62) u Centru za borbene aplikacije bespilotnih letelica u Jegorovsku, blizu Moskve. Na ruskom tržištu ovaj sistem konkuriše letelici mase 20 kg Osa i 140 kg Pčela.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Sistem Tipchak čini komandno mesto na vozilu (operativno vozilo i antensko vozilo međusobno spojeni kablom), vozilo za transport i lansiranje bespilotne letelice, vozilo za tehničko održavanje i šest bespilotnih letelica 9M62.

Vreme razvijanja u terenskim uslovima iznosi 15 do 20 minuta. Operativno vozilo ima dva mesta za operatore i poziciju za sistem komandira.

Slika dobijena sa kamere ugrađene na letelici obrađuje se i kombinuje sa digitalnom kartom zemljišta. Kada su koordinate uočenog cilja definisane (tačnost oko 50 m) prenose se do korisnika (obično artiljerijska baterija). To je proces koji ne traje više od 30 sekundi od momenta detekcije cilja.

Antensko vozilo ima visoki jarbol sa dve antene koje se koriste za prenos podataka i radarsku lokaciju bespilotne letelice. Vozilo za transport i lansiranje nosi šest bespilotnih letelica smeštenih u kontejnere sa obe strane, kao i gorivo i mazivo potrebno za 30 do 40 lansiranja. Letelice se transportuju u delovima, a za to se mogu koristiti različiti tipovi vozila.

Sistem Tipchak može da izvršava zadatke izviđanja istovremeno sa dve letelice u vazдушnom prostoru.

Letelica 9M62 ima blago povijena krila i dvostruki rep. Pogoni je klipni motor od 13 KS sa dvoelisnim potisnim propelerom. Uzletna masa iznosi do 50 kg, uključujući 14,5 kg namenskog tereta. Tipchak se lansira pomoću pneumatskog katapultu, a vraća se pomoću padobrana. Letelica bi trebalo da leti dva sata na visinama između 200 i 3000 m, brzinom od 90 do 200 km/h.

Do zone cilja letelica leti po unapred programiranoj ruti i njome se može upravljati ručno preko operatora na zemlji.

Standardni koristan teret obuhvata opremu za istovremeno dvostruko skeniranje u vidljivom (0,4–0,76 μm) i IC (8–14 μm) spektru. Kamera skenira zonu pod uglom 1,5 rad sa rezolucijom od 1 mrad. Alternativni senzori prenose obaveštajni signal, obavljaju hemijski monitoring, omogućavaju radio-relejni vezu i dr.

Podaci o izviđanju, kao telemetrički podaci, prenose se sa letelice do upravne stanice na zemlji, koristeći radio talase u cm-području brzinom od 10 mb/s.

Upravljački signali do letelice prenose se talasnom dužinom od 10 cm brzinom 1,2 Kb/s. Radi povećanja otpornosti na ometanje koristi se pseudohibridni signal.

Sistem Tipchak projektovan je za izviđanje na udaljenostima do 40 km, mada bi sa izdržljivošću od dva sata u vazдушnom prostoru letelica mogla da leti i dalje i da šalje podatke sa udaljenosti od najmanje 70 km ili čak i 100 km. Najčešći artiljerijski sistemi u Rusiji (uključujući Uragan i poboljšani Grad) imaju efikasne domete do 40 km, što je verovatno i razlog da se ove letelice koriste za njihove potrebe. Ukoliko bi se sistem Tipchak koristio za podršku dalekometnih višecevnih lansera raketa Smerch (sa vatrenim dometom 70 do 90 km), domet bi im se bez poteškoća mogao povećati.

M. K.



OSMATRAČKI RADAR NOVE GENERACIJE MRR-3D*

Kompanija Thales Naval France objavila je detalje o svom lakom trodimenzionalnom osmatračkom radaru nove generacije MRR-3D. Radar je odabran za dva ratna broda francuske mornarice i novu klasu brzih borbenih brodova norveške kraljevske mornarice, pod nazivom Skjold.

Ovi radari izvedeni su iz ranijih višenamenskih trodimenzionalnih radara MRR-3D, kojima su opremljeni brodovi Katara, Kuvajta i Južne Afrike. S namerom da zadovolje specifične potrebe manjih ratnih brodova, ovi radari funkcionišu kao primarni senzori za osmatranje, sopstvenu odbranu i prepoznavanje ciljeva.

Radeći u G-području, MRR-3D ima tri glavna operativna režima: režim samoodbrane (skeniranje na 30 rpm do elevacije preko 60° sa maksimalnim dometom do 60 km); normalni režim osmatranja (skeniranje na 10 rpm i optimiziran za otkrivanje ciljeva malih i srednjih veličina, udaljenih do 140 km) i osmatranje na velikim rastojanjima (skeniranje na 10 rpm sa maksimalnim dometom do 180 km).

Koherentni, frekventni radarski predajnik sposoban je za momentalni prenos, generišući duge rasprostiruće impulse za vazdušni kanal i kratke impulse za površinski kanal (sa dometima otkrivanja do 80 km u bilo kom režimu).

Za vazdušni kanal od emisije do emisije primenjuje se Doplerov postupak, poboljšavajući tako performanse protiv niskoletećih ciljeva u ometajućim uslovima.

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 8. decembar 2004.

Mehaničko rotiranje koristi se za skeniranje po azimutu, a fazni potiskivači za elektronsko skeniranje po visini, od 0° do preko 60°. Glavni niskovisinski snopovi pojačani su sa dva snopa veće elevacije, podešena do 50 km (srednja elevacija) i 40 km (visoka elevacija) kada je u režimu samoodbrane. Ta tri snopa su generisana u nizu kao glavni snop skeniranja usmeren nagore.

Kao rezultat dvanaestogodišnjeg iskustva i razvoja, na MRR-3D nove generacije uvodi se potpuna elektronska (umesto mehaničke) stabilizacija antenskog sistema, uključujući antenu za identifikaciju sopstvenih i protivničkih snaga (IFF), smanjujući masu glave jarbola za oko 20%. Takođe, proširena je elevaciona pokrivenost do 70°.

Ispod palube, upitno-prijemni IFF sklop je uklopljen u kabinet osnovne radarske elektronike, čime se sačuvao prostor i masa. Uz to, uvođenje novog signala i hardvera za obradu podataka oslobodilo je prostor za dodatni razvoj.

Nova funkcionalnost, uvedena na MRR-3D NG, uključuje algoritme za automatsku detekciju, praćenje i klasifikaciju helikoptera iznad mora i zemlje, uključujući lebdeće ili sporokrećuće ciljeve koji se neočekivano pojavljuju. Radar omogućava i podršku za upravljanje vatrom topova. Poboljšano Doplerovo filtriranje predviđeno je da smanji ometanje i omogući detekciju veoma malih ciljeva na velikim rastojanjima.

Za pojačanje mera protivelektronske zaštite koristi se alternativni jednostrani neutralizator. Druga specifičnost je automatsko formiranje talasa i upravljanje radarom radi skeniranja pet snopova po elevaciji pri svakom rotiranju, bez obzira

na preovlađujuće uslove okoline, što omogućava i najbrže skeniranje oslobođeno od ometanja.

M. K.



NOVI KONCEPT BRZIH BRODOVA*

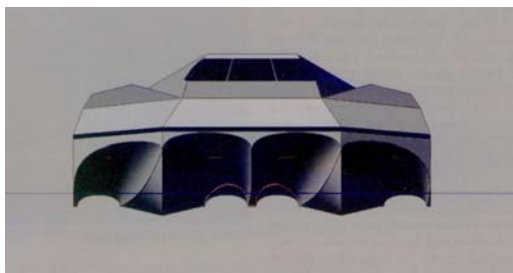
Za potrebe mornarice SAD obavljaju se ispitivanja prototipa brzog, stabilnog i nevidljivog („stelt“) broda M80, dimenzija 24×12 m. Prototip broda „forme duplo M“ izgrađen je od ugljeničnih vlakana (carbon-fiber), poseduje dobru stabilnost i manevarske sposobnosti, a pri velikim brzinama stvara veoma male talase. Za njegov pogon predviđena su četiri motora „Caterpillar“, kojima će postizati brzinu krstarenja od 40 do 50 čvorova.

Tehnologija izrade ovakvog broda relativno je nova, datira od 1999. godine, kada su kompanije Knight & Carver i M Ship izgradile brod dužine oko 20 m, namenjen za vožnju po kanalima Venecije, koji su veoma osetljivi na velike talase. Kao deo partnerstva sa kompanijom M Ship, kompanija Knight & Carver već je konstruisala prototip motorne jahte M trupa, dužine oko 12 m, a proizvodnja drugih sličnih plovila očekuje se uskoro. Manji prototip, aluminijumskog trupa dužine oko 11,5 m, čija je brzina krstarenja veća od 40 čvorova, uočavan je duž obale zaliva u San Dijegu.

Trup broda koji zahvata vazduh, a trup M forme naročito, pruža manji otpor plovljenju, što omogućava veće iskorišćenje propulzije. Izbegavanjem ograničenja konvencionalnih formi trupa, M

* Prema podacima iz WARSHIP TECHNOLOGY, mart 2005.

forma dozvoljava brodovima širi dijapazon radnih uslova i realizaciju zadataka. Ovakav brod projektovan je tako da pri plovljenju zahvata određenu količinu vazduha koji automatski povećava hidrostatički, hidrodinamički i aerostatički uzgon, kako se brzina kretanja broda povećava. Geometrijski oblik podvodnog dela trupa koji zahvata vazduh omogućava brodu da automatski traži najefikasniju formu uzgona, zavisno od brzine plovidbe, korisne nosivosti i stanja mora. Kriva otpora kretanju broda skoro da je linearna, bez tipičnih pikova otpora kroz ceo opseg hidrostatičkog, hidrodinamičkog i aerostatičkog uzgona.



Prototip broda „Forme duplo M“

Geometrija trupa M forme jedinstvena je jer se sastoji od tri međusobno povezana karakteristična dela koji poboljšavaju osobine centralne deplasmanske sekcije, glisirajućih tunela i krutog dela koji svojim oblikom podseća na suknjicu. Centralna deplasmanska sekcija predstavlja kičmu plovila koja obezbeđuje najveći deo deplasmanskog uzgona. Ona ima duboki pramčani tunelski ulaz i široki, plitak izlaz sa pravim uzdužnicama.

Na svakoj strani centralne deplasmanske sekcije tuneli obezbeđuju hidrodinamički i aerodinamički uzgon. Njihove površine mogu biti optimizirane, tako

da obezbeđuju najefikasniji uzgon, jer su projektovane nezavisno od ostatka trupa. Nalaze se visoko iznad statičke vodne linije broda, zahvataju vazduh i pramčane talase i odvode ih postepeno do vodne linije na srednjem delu broda i dalje prema krmu. Krute suknjice, na spoljašnjoj strani plovila, zahvataju pramčane talase i usmeravaju ih da se spiralno kreću kroz glisirajuće tunele. Projektovane su tako da reflektuju energiju pramčanih talasa i kontrolišu gradijent pritiska ispod plovila. Njihov spoljašnji oblik projektovan je tako da minimizira gradijent pritiska, smanji otpor kretanju, kao i trag talasa koji brod ostavlja.

Smatra se da su jedinstvena geometrija M trupa i njegove karakteristike dobra osnova za gradnju velikih brodova, kombinovanjem dva trupa (ili više njih) postavljena poprečno, kako bi se dobilo odgovarajuće plovilo.

Vazduh i voda protiču – prostrujavaju kroz glisirajuće tunele prema krmu, pri čemu se povećava njihov pritisak u skladu s tim kako se oplata tunela spušta prema vodnoj liniji. To stvara aeroplanu površinu koja obezbeđuje uzgon i smanjeni otpor trenju, a time i povećanje stepena iskorišćenja propulzije i eliminaciju ograničenja brzine, što je inače karakteristično za konvencionalne forme trupa brodova.

Plovilo sa M formom trupa ima znatno manji otpor pošto „zahvaćeni vazduh podmazuje“ trup, a mešavina vode, vazduha i vodene pare na visokom pritisku automatski se usisava ispod trupa, stvarajući niskoviskozni granični sloj. Rezultat je znatno smanjenje otpora trenju plovila. Energija sadržana u spirali

pramčanog talasa takođe se transformiše u silu uzgona. Ubrzana masa talasa, koji je stvorila centralna deplasmanska sekcija, usmerena je naniže konkavnim oblikom oplata tunela i krute suknjice, pri čemu se ostvaruje prenos energije koja pomaže izdizanju broda iznad vode. Ovako dobijena sila utiče na povećanje hidrostatičkog i hidrodinamičkog uzgona i na smanjenje ukupnog otpora.

Jedna od bitnih prednosti broda sa M formom trupa jeste mogućnost blagog prelaza sa deplasmanske plovidbe na glisersku, pa i na lebdenje. Centralna deplasmanska sekcija projektovana je tako da može da ostvari efikasan deplasmanski uzgon pri malim brzinama plovljenja bez narušavanja visokobrzinskih osobina. Sa povećanjem brzine broda raste i hidrodinamički uzgon, jer ulazni ugao glisirajućeg tunela ima pozitivnu vrednost u odnosu na vertikalni trim. Da bi se kod konvencionalnih lebdećih plovila ostvario pozitivan ulazni ugao mora se povećati trim celog plovila. Ovakav proces znatno utiče na pojavu pikova na krivoj otpora koje izazivaju talasi, što sprečava brodove sa velikom masom da dostignu glisirajući uzgon. Pri velikim brzinama glisirajući tuneli doprinose povećanju aerodinamičkog uzgona. Za gradnju većih i težih deplasmanskih brodova moguće je povezati dva ili više trupa M forme, čime se omogućava njihovo glisiranje i lebdenje. Težište vodene linije ovakvih brodova pomeren je prema krmu više nego što je to kod konvencionalnih brodova.

Takođe, hidrodinamičke karakteristike M trupa mogu da doprinesu smanjenju zvučnog polja plovila. Geometrija M trupa projektovana je tako da zahvata

pramčane talase, koji predstavljaju značajnu komponentu talasne slike oko broda, i sprečava visokoizraženi efekat konusnog širenja talasa (što je slučaj kod konvencionalnih brodova). Zahvatajuću penu pramčanog talasa, polje vode, vazduha i vodene pare prigušuje vidljivi i zvučni trag broda. Prenos energije krmnog talasa od broda na molekule vode sprečen je prisustvom velike količine zahvaćenih mehurića vazduha ispod površine vode. Na isti način smanjuje se i buka nastala od pogona broda. Prolaz vode, vazduha i vodene pare kroz spoljašnje glisirajuće tunele stvara stabilizirajuću silu koja eliminiše neudobnosti nastale tokom valjanja i zaokretanja broda sa malim uglom naginjanja.

R. N



PATROLNI ČAMAC SUPER DVORA Mk III*

Izraelska mornarica primila je prvi iz klase nove generacije višenamenskih brzih patrolnih čamaca Super Dvora, koji ima oznaku Super Dvora Mk III. Njegova ukupna dužina je 27,4 m, a deplasman 64 do 72 t. Za razliku od ranijih, ovo je potpuno različit tip plovnog sredstva – nova generacija iz familije Super Dvora. Zbog savremene geometrije aluminijumskog trupa pogodan je za plovidbu velikim brzinama i najbrži je tip patrolnog čamca u svojoj klasi u regionu.

Sa dva dizel motora 12V 4000 MTU, Mk III postiže maksimalnu brzinu od 45 čvorova, sa autonomijom patroliranja do 1000 nm, zavisno od deplasmana i

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. novembar 2004.

brzine krstarenja. Sistem pogona čine dva najmodernija propulziona modela Arneson ASD16 izrađena u SAD. Izraelski proizvođač je uspešno prilagodio tu pogonsku tehnologiju, originalno namenjenu za brzinske čamce, za svoje patrolne čamce. Čamcem se ostvaruje vektorisani potisak slično savremenim mlaznim lovačkim avionima. Pored toga, ovaj čamac je sposoban za upotrebu i u ekstremno plitkim vodama.

Naoružanje čamca za potrebe izraelske mornarice, sačinjavaju:

- stabilizovani top 25 mm M242 Brushmaster, smešten ispred komandnog mosta.
- ručno upravljani top 20 mm, na krmi;
- dva mitraljeza 7,62 mm, na levoj i desnoj strani komandnog mosta.

Na jarbolu je ugrađen elektrooptički dnevno-noćni multisenzorski stabilizovani integrisani sistem. Prostor na brodu dozvoljava ugradnju dodatnog naoružanja i opreme, kao što su precizne rakete more-more ili more-obala (IC, TV, aktivno, poluaktivno ili laserski vođene), što zavisi od interesa kupca.

Mornarica Izraela je do sada naručila šest ovakvih plovila, uz mogućnost kupovine još četiri, čija bi isporuka mogla da se završi do kraja 2005. ili početka 2006. godine.

M. K.



NOVA RUSKA PODMORNICA PROJEKT 677*

Brodgradilište iz Sankt Peterburga lansiralo je prvi Projekt 677 „Lada“ –

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 3. novembar 2004.

klase dizelelektričnih podmornica. Nazvana po imenu grada, u čast njegove 300. godišnjice, podmornica je imala prvu probnu vožnju u Finskom zalivu ubrzo posle njenog lansiranja u reku Nevu 28. oktobra 2004. godine. Njeno formalno uključenje u rusku mornaricu očekuje se u drugoj polovini 2005. godine.

Projekt 677, deplasmana 1765 t, poznat kao Amur 1650 u izveznoj varijanti, predstavlja četvrtu generaciju ruskih konvencionalnih podmornica. Dužine oko 67 m, ova podmornica ima šest torpednih cevi i prostor za osamnaest oružja. Maksimalna dubina ronjenja iznosi 250 m, daljina krstarenja do 650 nm, dok je maksimalna izdržljivost pod vodom 10 dana.

Podmornica ima brojne nove sisteme i konstrukcione inovacije. Tu spadaju novi automatski komandno-upravljački sistemi oružja na bazi savremene databus-tehnologije, nova oprema sonara, uključujući vučne antene, i poboljšanja na bazi iskustva iz izgradnje podmornica klase „Kilo“. Primenjena je oprema za smanjeni eho, kao i mere protiv aktivnih senzora.

Projektini biro Rubin radi i na razvoju modula sa nezavisnim pogonom za Projekt 677/Amur 1650, koristeći tehnologiju gorivnih ćelija, što je ponudeno kao opcija za potencijalne inostrane kupce, kao što je Indija.

Varijanta Projekta Amur, sa dodatnim odeljenjem na krmi za vertikalno lansiranje, takođe je obelodanjena. Proširenje od 7 m treba da obezbedi prostor za osam vertikalno lansirajućih protivbrodskih raketa BrahMos.

M. K.



VIŠENAMENSKI PATROLNI BROD MOPV*

Familija novih višenamenskih obalskih patrolnih brodova britanske brodogradnje imala je svoj debi na međunarodnoj izložbi Defendory International 2004 u Grčkoj, održanoj u oktobru.

Višenamenski obalski patrolni brod MOPV (Multipurpose Offshore Patrol Vessel) dugačak je 96 m i namenjen je za izvršavanje zadataka u vodama zatvorenih ekonomskih zona. U takve zadatke spadaju zaštita teritorijalnih voda, patrole proširenog nadzora, operacije odvracanja, tajne operacije, istraživačke i spasilačke operacije, helikopterske operacije i pomoć u pomorskim katastrofama.

Deklarisana brzina plovila MOPV je najmanje 25 čvorova sa četvoromotornim pogonskim agregatom CODAD (Combined Diesel And Diesel). Brzina krstarenja iznosi 16 čvorova, a moguća je autonomija plovidbe do 3200 nautičkih milja.

Uz posadu od 92 člana vrednosti ovog broda su i lakoća održavanja za celokupnu brodsku opremu, visok nivo redundansi i visoka pouzdanost.

Sistem aktivne stabilizacije kormila obezbeđuje veću efikasnost rada posade i brodskih sistema. Brod poseduje i lučni pramac („ram bow“) radi pojačanja stabilnosti na moru i povećanja ekonomičnosti potrošnje goriva.

Ovaj projekat ima najnovije osobine „steltnosti“ za smanjenje vidljivosti, kao i mogućnost odbrane od površinskih opasnosti i opasnosti iz vazdušnog prostora.

* Prema podacima iz INTERNATIONAL DEFENCE REVIEW, decembar 2004.

Brodski senzori uključuju osmatrački radar (na izloženom modelu AMS AWS 9), sredstva za mere elektronske podrške i prenos podataka.

Sistem za upravljanje u borbi treba da specificira kupac sa mogućim isporučiocima opreme, uključujući AMS Nautis, Thales TACTICOS ili Saab Systems 9LV. Kako i opremanje preciznim naoružanjem specificira kupac, osnovno naoružanje moglo bi da bude top 57 mm Bofors ili 76 mm Oto Melara, raketni i topovski sistemi za blisku borbu, kakvi su Thales Goalkeeper, Raytheon Phalanx ili Rolling Airframe Missile Systems. Predviđena je i mogućnost nošenja raketa površina-površina (kakve su Boeing RGM-84 Harpoon ili MDBA MM40 Exocent).

Paluba za poletanje i hangar projektovani su tako da mogu da prime helikoptere srednje veličine (poput Agusta Westland Super Lunx), ali se na palubu mogu smestiti i helikopteri mase 12 t klase NH90.

M. K.



DETEKTOR ZA STRELJAČKO NAORUŽANJE*

Izraelska kompanija Rafael razvila je elektro-optički sistem za detekciju, namenjen za preciznu lokaciju vatre iz streljačkog naoružanja. Sistem nazvan Spotlite namenjen je za korišćenje u jedinicama za osmatranje i izviđanje, za snajpersko osoblje i objekte koji su pod stalnim pretnjama neprijatelja.

Spotlite omogućava istovremenu detekciju izvora višestruke streljačke –

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 16. februar 2005.

snajperske vatre, danju i noću, na velikim rastojanjima i sa visokom preciznošću. Sistem Spotlite sadrži prednju IC kameru, uređaj za zumiranje, laserski daljinomer, komandirsku upravljačku jedinicu i višestruko umreženi snajper i stanice. Vidno polje sistema Spotlite je 32° levo i desno i 24° po elevaciji, a po potrebi se lako može pokriti bilo koji zahtevani pravac. Za sada nije objavljen domet i masa sistema Spotlite, ali se smatra da domet iznosi nekoliko stotina metara, dok se na smanjenju mase još radi.

Sistem je sposoban za otkrivanje izvora vatre, utvrđivanje da li je to vatra neprijatelja, i za prenošenje verifikovanih ciljeva do svojih snajperista. Spotlite može da šalje i podatke sa koordinatama za druge strelce, ili da označi cilj sa laserskim obeleživačem. Elektro-optički sistem omogućava i post-borbene informativne mogućnosti, posebno u uslovima intenzivnih medija, gde se validnost cilja može dovoditi u pitanje.

Spotlite je operativan iako nije potvrđeno da li je već raspoređen u izraelske odbrambene snage. Međutim, kompanija Rafael već uvodi u upotrebu senzorski sistem za detekciju streljačkog naružanja SADS (Small Arms Detection System), koji u realnom vremenu otkriva zvuk i pravac dejstva. Kada je snajper ili streljačko oružje otkriveno u određenoj zoni, SADS uključuje alarm i identifikuje azimut i elevaciju izvora vatre.

Sistemi SADS mogu da se razviju kao stacionarni, prenosni (na šlemu montirani) ili da se ugrade na vozilo. Sistem može da pokriva sektor od 360° i može da otkrije i identifikuje pojedinačnu – višestruku vatru sa rastojanja do 1000 m, sa standardnom devijacijom manjom od

3°. Ističe se da sistem ima dokazanu verovatnoću veću od 98% i pogrešan alarm manji od 1%.

Varijanta SADS ugrađena na vozila mogla bi da radi za druge sisteme, kakvi su stanica daljinski upravljano oružje, kamera ili projektor, jer ima fleksibilan interfejs sa sistemom za komandovanje, upravljanje, komunikacije, kompjutere i obaveštavanje. Može da radi u stacionarnim i u mobilnim režimima.

M. K.



LAKA VERZIJA AVIORADARA N011M BARS*

Ruski radarski projektni biro NIIP Tihomirov predstavio je prvi put na izložbi Aero Indija 2005 laku verziju svog radara N011M Bars. Model, označen kao Bars-29, prodavaće se za nove verzije višenamenskog lovačkog aviona MiG-29.

Radar Bars-29, sa elektronskim skeniranjem, projektovan je za MiG-29M2 (126 ovih aviona isporučuje se Indiji), kao i za oko 50 aviona MiG-29, koji su sada na upotrebi u njihovim vazduhoplovnim snagama, a na kojima treba da se izvrši srednji remont i modifikacija. Radar Bars-29 ima sve mogućnosti povezivanja i ugradnje na bilo koji drugi lovački avion, uključujući i Miraž 2000.

Za vreme početnih pregovora Indija je zahtevala da radar za MiG-29 bude kompatibilan sa radarom N011M Bars, koji je ugrađen na veći lovački avion Su-30MKI, koji se već koristi u Indiji.

Indijsko vazduhoplovstvo ima 32 aviona Su-30MKI, a njihovu licencnu

* Prema podacima iz Jane's Defence Weekly, 2. februar 2005.

proizvodnju započela je kompanija Hindustan Aeronautics Ltd. Kompatibilnost bi trebalo da smanji operativnu cenu zbog standardizacije objekata za testiranje, obuku posada, servisiranje i isporuke rezervnih delova.

Konstruktori su razradili dve varijante radara Bars-29. Prva će zadržati najveći deo komponenata sa radara N011M Bars. Nova antena ima prečnik 60 cm i masu 50 do 60 kg, što je skoro upola manje od mase prethodnog kojem je prečnik 96 cm. Dva druga nova podsklopa radara Bars-29 biće super visokofrekventni prijemnik i pogonski oscilator. Ukupna masa radara Bars-29 biće 350 do 400 kg, oko 100 kg manje nego kod N011M Bars. Druge, mnogo ambicioznije varijante radara Bars-29 imaće novu modularnu opremu

urađenu prema novim tehnologijama. U tom slučaju bi se masa radara mogla smanjiti na 250 do 300 kg.

Radar Bars-29 trebalo bi da bude spreman za operativnu upotrebu u naredne tri godine. Maksimalno će se primeniti prednosti operativnih algoritama i oko 90% softvera koji su već ugrađeni u radare Bars.

U 2004. godini Indija je kupila od Rusije nosač aviona Admiral Gorškov i naručila 16 brodskih lovačkih aviona MiG-29K/KUB, uz opciju za još 30 sa isporukom u 2007–08. godini. Prema ugovoru, na ovim avionima će se ugrađivati radari Žuk-ME i za sada se ne planira ugradnja Bars-29.

M. K.



Uputstvo saradnicima

„Vojnotehnički glasnik“ je stručni i naučni časopis Vojske 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)