

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik  
SLAVOLJUB JOVANČIĆ

UREDIVAČKI ODBOR

General-major  
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)General-potpukovnik  
dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.General-potpukovnik  
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.General-major  
MILAN UZELAC, dipl. inž.General-major  
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILAN ŠUNJEVARIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika Odbora)Pukovnik  
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.Profesor  
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.Profesor  
dr MILIĆ STOJIC, dipl. inž.Pukovnik  
dr RADOVAN MAKSIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr MILOVAN ČIROVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

dr DRAGOLJUB BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik  
dr DRAGUTIN JOVANOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
dr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.Pukovnik  
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.Pukovnik  
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.Potpukovnik  
sc STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)

\* \* \*

Glavni i odgovorni urednik

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

Sekretar redakcije

Zora Pavličević  
(tel. 641-795, vojni 22-431)Adresa redakcije: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.Pretplata tel.-fax: 3612-506, žiro-račun: 40818-  
637-9-6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054.Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štampa-  
rija – Beograd, Generala Ždanova 40b.STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJEVOJNOTEHNIČKI  
G L A S N I K

2

GODINA L • MART–APRIL 2002.



## SADRŽAJ

|                                                                                                                                    |                                                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Mr Milić Milićević,<br>major, dipl. inž.<br>Vladimir Bukvić,<br>major, dipl. inž.<br>Dr Vasilije Mišković,<br>pukovnik, dipl. inž. | FORMIRANJE UPRAVLJAČKIH ODLUKA U VIŠEEŠE-<br>LONSKIM SISTEMIMA ZALIHA POPRAVLJIVIH SKLO-<br>POVA ..... | 135 |
| Docent, dr Danijela Galović,<br>dipl. inž.                                                                                         | UPRAVLJANJE ZALIHAMA REZERVNIH DELOVA U<br>USLOVIMA NEIZVESNOSTI .....                                 | 145 |
| Dr Radun Jeremić,<br>pukovnik, dipl. inž.                                                                                          | NUMERIČKO MODELIRANJE DETONACIJE .....                                                                 | 155 |
| Branko Medan,<br>poručnik, dipl. inž.<br>Sc Momčilo Đorđević,<br>kapetan, dipl. inž.<br>Sc Dejan Veselinović,<br>major, dipl. inž. | PROGRAMSKI PAKET PRADOK ZA VOĐENJE RADIO-<br>NIČKE DOKUMENTACIJE .....                                 | 166 |
| Sc Miroslav Stojanović,<br>pukovnik, dipl. inž.<br>Damir Kopčanski,<br>dipl. inž.<br>Igor Jozić,<br>dipl. inž.                     | PROGRAM ZA VOĐENJE PERSONALNE EVIDENCIJE ...                                                           | 176 |
| Mr Zoran Građin,<br>potpukovnik, dipl. inž.                                                                                        | MOTORI SUS I ŽIVOTNA SREDINA .....                                                                     | 184 |
| Živomir Radojković,<br>dr sc. med. rada<br>Dejan Živković,<br>dipl. inž.<br>Gradimir Basarić,<br>dipl. inž.                        | ŠTETNI FAKTORI U RADNIM I KONTROLNIM PRO-<br>STORIJAMA POGONA NA RATNIM BRODOVIMA .....                | 195 |
| Dr Mirjana Anđelković-Lukić,<br>dipl. inž.                                                                                         | PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U POSTUPCIMA<br>PRERADE I FLEGMATIZACIJE EKSPLOZIVA .....                  | 202 |

|                                                   |                                                                                    |     |
|---------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Dr Dragoljub M. Brkić,</b><br>dipl. inž.       | PRIMENA TESTA SLUČAJNOSTI ZA PROVERU HIPO-<br>TEZE O SLUČAJNOM IZBORU UZORKA ..... | 208 |
| <b>Dr Vlado N. Radić,</b><br>pukovnik, dipl. inž. | 28. KONFERENCIJA JUPITER – prikaz naučno-stručnog sku-<br>pa .....                 | 215 |

---

#### **PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA**

---

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Municija za poboljšanje efikasnosti sistema naoružanja – M. K. .... | 218 |
| Pancir-S1 – optronički upravljani sistem PVO – M. K. ....           | 212 |
| Simulatorski sistemi za oružje velike preciznosti – M. K. ....      | 222 |
| Vojni sateliti – S. A. ....                                         | 224 |
| Zaštitna odeća za posade borbenih vozila – M. K. ....               | 228 |
| Podvodna transportna sredstva – M. K. ....                          | 230 |
| 3D grafičke tehnologije za obuku u mornarici – M. K. ....           | 232 |
| Savremeni termoelektrični sistemi – M. K. ....                      | 234 |

---

#### **TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI**

---

|                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------|-----|
| Završna ispitivanja samohodne haubice Crusader – M. K. .... | 236 |
| Laka samohodna haubica za brzo razvijanje – M. K. ....      | 236 |
| Program budućih borbenih sistema armije SAD – M. K. ....    | 237 |
| Taktički raketni sistem Penetrator – M. K. ....             | 238 |
| Multispektralni nišanski sistem za Predator – M. K. ....    | 238 |
| Komplet bombi za betonske piste – M. K. ....                | 238 |
| Uspešna proba rakete AARGM – M. K. ....                     | 239 |
| Program probnih letova za Eurofajter DA4 – M. K. ....       | 240 |
| Avioni CASA C-295 za špansko vazduhoplovstvo – M. K. ....   | 240 |
| Modernizacija helikoptera Black Hawk – M. K. ....           | 240 |
| Razvoj novog radara E-2C Hawkeye – M. K. ....               | 241 |
| Zemaljski izviđački radar GSR – M. K. ....                  | 242 |
| Personalni lokatorski sistemi za avione A-10 – M. K. ....   | 242 |
| Novi sonarni sistem za mornaricu SAD – M. K. ....           | 243 |
| Satelitski inteligentni bibliotekarski sistem – M. K. ....  | 243 |
| Savremene laserske tehnologije – M. K. ....                 | 244 |
| Zaštitni pancirni prsluci – M. K. ....                      | 245 |



## SEDNICA UREĐIVAČKOG ODBORA

Redovna sednica Uredivačkog odbora stručnog i naučnog časopisa VJ VOJNOTEHNIČKI GLASNIK održana je 12. marta 2002. godine u Tehničkoj upravi GŠ VJ, sa sledećim dnevnim redom:

1. Analiza rada redakcije i Uredivačkog odbora u 2001. godini i težišni zadaci za naredni period.
2. Predlog za obeležavanje 50-godišnjice osnivanja časopisa i formiranje Organizacionog odbora za pripremu obeležavanja jubileja.
3. Proglašenje najuspešnijeg autora časopisa za 2001. godinu.
4. Razno.

Sednicom je rukovodio predsednik Odbora general-major dr Milun Koka-nović. Izveštaj o radu redakcije u 2001. godini podneo je glavni i odgovorni urednik potpukovnik Stevan Josifović. U sveobuhvatnom i analitičkom izveštaju posebno su istaknuti i prikazani podaci o: tiražu, obimu i troškovima publikovanja časopisa; vrsti i broju objavljenih naslova, broju objavljenih članaka prema pripadnosti autora i broju objavljenih radova prema tematskim oblastima.

Nakon podnetog izveštaja članovi Odbora su diskutovali o:

- prikazivanju podataka u budućim izveštajima o broju objavljenih radova prema njihovoj kategorizaciji, kao i pripadnosti pojedinim oblastima NIR-a;
- potrebi da se u narednom periodu časopisu pokloni veća pažnja u skladu sa aktuelnom reformom armije;
- koncepciji i dizajnu časopisa u skladu sa intervidovskom strukturom TSI;
- vrednovanju radova prema važećim kriterijumima resornog republičkog ministarstva;
- mogućnosti promovisanja časopisa na stručnim i naučnim skupovima koji se organizuju u vojsci;
- davanju odgovarajućeg publiciteta najuspešnijem autoru časopisa;
- doprinosu časopisa, kao promotera vojnotehničke misli, obrazovanju i usavršavanju starešina;
- značajnoj ulozi časopisa u stvaranju spona između stručnjaka i potencijalnih korisnika njihovog znanja;
- brizi rukovodećeg kadra TSI za očuvanje časopisa;
- broju radova iz pojedinih rukovodećih institucija sektora pozadine;
- stručnim radovima iz remontnih zavoda, gde se rešavaju konkretni tehnički problemi na sredstvima NVO, i iniciranje efikasnije saradnje;
- mogućnosti iskorišćenja unutrašnjih strana korica časopisa za pružanje korisnih informacija čitaocima;
- grafičkom kvalitetu časopisa i mogućnostima prikazivanja kolor fotografija;
- iniciranju saradnje sa civilnim preduzećima koja sarađuju sa TSI, radi mogućeg sticanja dodatnih sredstava;

– angažovanosti Redakcije na obezbeđivanju kvalitetnog materijala za objavljivanje, i odgovarajuće pomoći članova Odbora;

– nastavljanju započetog trenda objavljivanja radova iz oblasti softvera, hardvera i informacionih sistema;

– mogućnostima učešća časopisa u međuarmijskoj saradnji;

– problemima prisutnim u reorganizaciji vojske i finansiranju, organizaciji logističke podrške i zastupljenosti ovakve tematike na stranicama časopisa.

S obzirom na to da stručni i naučni časopis *VJ VOJNOTEHNIČKI GLASNIK* u 2002. godini navršava 50-godišnjicu svoga postojanja, predsednik Uredivačkog odbora izneo je predlog kojim bi se ovaj jubilej obeležio. Zaključeno je da se oformi Organizacioni odbor koji će pripremiti program za obeležavanje jubileja.

Na predlog Redakcije i članova Uredivačkog odbora *VOJNOTEHNIČKOG GLASNIKA*, za najuspešnijeg autora u 2001. godini proglašen je potpukovnik dr Marko Andrejić, nastavnik u ŠNO u odeljenju za organizaciju i upravljanje logističkom podrškom.

U toku 2001. godine potpukovnik Andrejić objavio je u *VOJNOTEHNIČKOM GLASNIKU* dva zapažena članka: *Metode i softver za podršku planiranja u logističkim organizacionim sistemima* i *Ekspertski sistem za podršku operativnog odlučivanja u oblasti dijagnostike neispravnosti TMS u združenim taktičkim jedinicama*.

Oba objavljena članka veoma su interesantna za unapređenje nastavnog procesa, operativnog upravljanja i prakse.

Potpukovnik Andrejić dugogodišnji je saradnik časopisa, gde objavljuje radove značajne za unapređenje obuke oficira TS, teorije i operativne prakse. U njima je razmatrao organizaciono-upravljačke aspekte u logistici i tehničkoj podršci savremenih oružanih snaga, kroz čitav programirani životni ciklus ovakvih sistema – u miru, kriznim situacijama, mobilizaciji i ratu, kao i pojedine aspekte projekt-menadžmenta.

Priznanje najuspešnijem autoru i čestitke uručili su predsednik Uredivačkog odbora i glavni i odgovorni urednik.

U završnoj reči predsednik Odbora je konstatovao da je zacrtani izdavački plan Redakcije VTG u potpunosti ispunjen i da je Redakcija učinila maksimalan napor kako bi održala redovnu produkciju. Svi izneti predlozi biće razmotreni i, u meri koliko je to moguće, primenjivani u radu.

Glavne aktivnosti Redakcije i Uredivačkog odbora u 2002. godini biće usmerene na:

– redovnu produkciju časopisa, uz održavanje programske koncepcije na stručnom i naučnom nivou;

– obeležavanje 50-godišnjice osnivanja časopisa;

– sticanje novih autora i saradnika.

Redakcija

Mr Milić Milićević,  
major, dipl. inž.

Vladimir Bukvić,  
major, dipl. inž.

Dr Vasilije Mišković,  
pukovnik, dipl. inž.

Vojna akademija, Odsek logistike,  
Beograd

## FORMIRANJE UPRAVLJAČKIH ODLUKA U VIŠEEŠELONSKIM SISTEMIMA ZALIHA POPRAVLJIVIH SKLOPOVA

UDC: 621-772 : 658.785] : 65.01 : 519.673

### Rezime:

*U radu je razmatran mogući način formiranja upravljačkih odluka u višeešelonskom sistemu zaliha popravljivih sklopova. Predloženi postupak sastoji se od: određivanja vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema zaliha popravljivih sklopova, formiranja tabele odlučivanja, formiranja modela višeatributnog odlučivanja i rangiranja varijanti slanja opravljenih sklopova. Postupak formiranja upravljačkih odluka zasnovan je na primeni metoda modelovanja i simulacije i odabranih metoda višekriterijumske analize. Na taj način se u proces upravljanja u složenom višeešelonskom sistemu zaliha uvodi naučno zasnovano odlučivanje.*

*Ključne reči: modelovanje, simulacija, višekriterijumska analiza.*

---

## EXAMPLE OF A MODE OF FORMING CONTROL DECISIONS IN MULTIECHELON INVENTORY SYSTEMS OF MAINTAINABLE PARTS

### Summary:

*This article considers one possible mode of forming control decisions in multiechelon inventory systems of maintainable parts. The suggested procedure consists of: determining the values of the characteristics of inventory system functioning, forming decision tables, forming a model of multiattribute decision making and ranking variants of repaired parts distribution. The control decision forming procedure is based on the modelling and simulation methods as well as on the shosen methods of multicriteria analysis, thus introducing science – based decision – making into the process of complex multiechelon inventory system control.*

*Key words: modelling, simulation, multicriteria analysis.*

---

### Uvod

Višeešelonski sistemi zaliha popravljivih sklopova spadaju u dinamičke, složene organizacione sisteme koji egzistiraju u uslovima vrlo čestih promena u okruženju. Ostvarivanje egzistencije si-

stema, njegovo funkcionisanje, pa i njegovo kontinualno buduće funkcionisanje i njegov razvoj, ne mogu se racionalno odvijati bez stalnog dejstva upravljačkih akcija na sistem, radi promene njegovog stanja i stalnog prilagođavanja promenljivoj okolini. Skup izabranih dejstava, iz

mnoštva mogućih, na sistem, kojima se menja njegovo ponašanje, funkcionisanje ili razvoj, naziva se upravljanje, a ono se manifestuje kroz odlučivanje [4]. Ono predstavlja izuzetno složen proces i može biti dvojako: racionalno ili naučno odlučivanje i intuitivno odlučivanje.

Složenost procesa odlučivanja obrnuto je proporcionalna broju varijanti između kojih se vrši izbor i količina informacija o svakoj postojećoj varijanti. Izbor mogućih oblika delovanja vrši se na osnovu dobijenih informacija. Odluka se donosi tek kada se dostigne potreban nivo informacija. Podacima, kao sirovim informacijama, nije potrebno raspolagati u neograničenim količinama, već u onim koje povećavaju kvalitet odlučivanja. U osnovi potrebno je raspolagati informacijama o promenama vrednosti osnovnih pokazatelja (karakteristika) funkcionisanja sistema u zavisnosti od promene vrednosti faktora iz okruženja sistema koji ispoljavaju bitan uticaj na funkcionisanje sistema.

Uzimajući u obzir složenost procesa donošenja odluke u višeešelonskom sistemu zaliha popravljivih sklopova, u radu je prikazan jedan način formiranja upravljačkih odluka zasnovan na naučnom pristupu odlučivanju, uz neophodno poštovanje iskustva iz prakse. Osnovni cilj koji se pri tome želi postići jeste prikaz mogućnosti primene naučnih metoda u procesu donošenja odluke u višeešelonskom sistemu zaliha popravljivih sklopova. Osnovna pretpostavka od koje se polazi jeste da je primena naučnih metoda u procesu donošenja odluke u složenim sistemima opravdana.

## **Način funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova**

Višeešelonski sistem zaliha popravljivih sklopova koji se razmatra u radu sastoji se od dva nivoa snabdevanja u okviru kojih je izvršeno ešeloniranje popravljivih sklopova. Na prvom nivou snabdevanja popravljivi sklopovi su smešteni u perifernim skladištima, dok su na drugom nivou delovi smešteni u centralnom skladištu. Pored skladišta, kao element sistema, pojavljuje se i radionica za opravku neispravnih popravljivih sklopova. Periferna skladišta su oslonjena na centralno skladište koje se popunjava iz neiscrpnog izvora snabdevanja. Ona nisu međusobno povezana i mogu se popunjavati jedino iz centralnog skladišta. Zahtevi korisnika za popravljivim sklopovima dolaze samo na periferna skladišta, koja ih izdaju na utrošak uz zamenu. Ako neispravan popravljivi sklop ne zadovoljava uslove opravke, rashoduje se. Neispravni popravljivi sklopovi koji zadovoljavaju uslove opravke šalju se u radionicu na opravku. Ako na zalihama u perifernom skladištu ne postoji traženi sklop, evidentira se nezadovoljena potražnja i formira red čekanja. Centralno skladište popunjava periferna skladišta traženim količinama sklopova, uz mogućnost delimične isporuke. Nezadovoljena potražnja u centralnom skladištu evidentira se i formira red čekanja. Centralno skladište se popunjava iz neiscrpnog izvora snabdevanja u potpunosti.

Opravljeni sklopovi se iz radionice vraćaju u sistem, pri čemu, u odnosu na mesto i način njihovog vraćanja u sistem ešeloniranja, postoji više mogućih varijanti povratka. Opravljeni sklopovi mogu



se uputiti u periferno skladište, u centralno skladište ili se može izvršiti njihova raspodela između perifernog i centralnog skladišta. Postavlja se pitanje: na koji način se dolazi do valjane odluke o toku opravljenih sklopova? To znači da je potrebno upravnim organima u sistemu omogućiti da donose valjane odluke, odnosno stvoriti im alat za pomoć u odlučivanju. Da bi se došlo do odgovora na postavljeno pitanje neophodno je prvo ispitati karakteristike funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova. Poznavanje tog sistema omogućava definisanje upravljačkih akcija koje je neophodno preduzeti pri nastupanju određene kombinacije vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema. Međusobna uslovljenost određenih kombinacija vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema i upravljačkih akcija može se prikazati u formi tabele odlučivanja. S obzirom na to da upravnom organu, pri donošenju odluke o upućivanju opravljenih sklopova iz radionice, stoji na raspolaganju više varijanti toka opravljenih sklopova, neophodno je izvršiti izbor najbolje, pri čemu je potrebno prethodno definisati kriterijume po kojima će varijante biti ocenjivane. Na osnovu toga može se definisati jedan način formiranja upravljačkih odluka koji se sastoji od četiri koraka.

*Korak 1.* Određivanje vrednosti odabranih karakteristika funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova.

*Korak 2.* Definisanje upravljačkih akcija za određene uslove funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha, odnosno formiranje tabele odlučivanja.

*Korak 3.* Priprema za izbor najbolje varijante slanja popravljenih sklopova, tj. formiranje modela višeatributnog odlučivanja.

*Korak 4.* Rangiranje varijanti slanja popravljenih sklopova i izbor najbolje varijante.

### **Određivanje karakteristika funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova**

Poznavanje promena karakteristika funkcionisanja sistema, u zavisnosti od promena uslova funkcionisanja, omogućava upravnim organima da preduzimaju upravljačke akcije pre nego što stvarno dođe do promena karakteristika funkcionisanja sistema. Od svih uslova u kojima sistem funkcioniše najčešće su od presudnog uticaja poremećaji mogućnosti popune i poremećaji potražnje. Pored poremećaja u okruženju sistema, na karakteristike funkcionisanja sistema svakako znatno utiču i vrednosti pojedinih parametara višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova, kao što su nominalni nivoi zaliha u skladištima na različitim stepenima ešeloniranja. Kao relevantne karakteristike funkcionisanja sistema zaliha mogu se izdvojiti: koeficijent popunjenosti skladišta, broj zahteva i vreme čekanja u redu čekanja, troškovi u sistemu i verovatnoća čekanja u redu do određenog vremena. Iz skupa nabrojanih, s obzirom na značaj za upravne organe u sistemu, izdvajaju se sledeće karakteristike:

– *koeficijent popunjenosti perifernih skladišta ( $K_p$ )* predstavlja odnos broja zahteva koji se zadovoljavaju bez čekanja prema ukupnom broju zahteva. Po

svom značenju to je verovatnoća zadovoljenja zahteva bez čekanja;

– *srednje vreme čekanja zahteva u redu čekanja ( $W$ )* predstavlja odnos ukupnog vremena čekanja i broja zahteva koji se nalaze u redu čekanja;

– *ukupni troškovi u sistemu ( $L_g$ )* predstavljaju zbir troškova nabavke sklopova iz neiscrpnog izvora, troškova transporta, troškova skladištenja i troškova popravke. Troškove je pogodno prikazivati na godišnjem nivou, a mogu se računati po strukturi za svaki elemenat sistema.

Određivanje zavisnosti relevantnih karakteristika sistema od promene intenziteta potražnje popravljivog sklopa i promene nivoa zaliha u skladištima veoma je teško analitički opisati i rešiti. Kao jedan od mogućih načina rešavanja ove vrste problema nameće se modelovanje i simulacija, odnosno simulacije u kombinaciji sa drugim metodama, najčešće statističkim, i operacionih istraživanja. Za određivanje karakteristika funkcionisanja višeešelnog sistema zaliha popravljivih sklopova, primenom simulacije, neophodno je razviti model sistema.

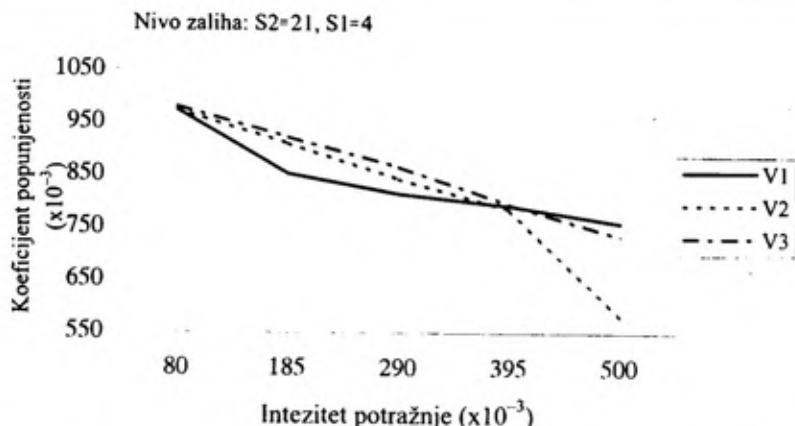
Model se sastoji od jednog centralnog i četiri periferna skladišta u kojima se drže popravljivi sklopovi određenog tipa i radionice u kojoj se vrši opravka neispravnih popravljivih sklopova (slika 1). Periferna skladišta funkcionišu po modelu ( $s, Q$ ) upravljanja zalihama. Vreme ispostavljanja zahteva centralnom skladištu je slučajno promenljiva veličina opisana raspodelom verovatnoća. Tražnja za sklopovima na perifernim skladištima predstavlja prost Poasonov proces. Na osnovu zahteva korisnika periferno skladište izdaje sklopove na utrošak,



Sl. 1 – Model višeešelnog sistema zaliha popravljivih sklopova

ukoliko se oni nalaze na zalihama. Nezadovoljena potražnja stavlja se u red čekanja, koji se prazni po principu FIFO. Istovremeno sa izdavanjem ispravnih sklopova vrši se prijem neispravnih sklopova. Neispravni sklopovi koji, sa određenom verovatnoćom zadovoljavaju uslove opravke, šalju se u radionicu na opravku, a u protivnom se rashoduju. Vreme slanja neispravnog sklopa u radionicu je slučajno promenljiva veličina, opisana raspodelom verovatnoća. Po prijemu sklopova iz centralnog skladišta ili sa opravke, ako postoji red, obavlja se njegovo potpuno ili delimično praznjenje.

Centralno skladište funkcioniše po modelu ( $S, T$ ) upravljanja zalihama. Popuna centralnog skladišta iz neiscrpnog izvora je potpuna, a vreme popune je slučajna veličina opisana raspodelom verovatnoća. Po prijemu sklopova iz neiscrpnog izvora red se prazni u potpunosti ili



Sl. 2 – Dijagram promene  $K_p$  pri visokom nivou zaliha u centralnom skladištu i niskom nivou zaliha u perifernom skladištu

delimično. Centralno skladište, na osnovu zahteva, isporučuje sklopove perifernim skladištima, pri čemu postoji mogućnost delimične isporuke. Nezadovoljena potražnja stavlja se u red čekanja. Red se prazni po principu FIFO. Vreme slanja sklopova perifernim skladištima je slučajno promenljiva veličina opisana raspodelom verovatnoća. Centralno skladište može primiti sklopove i iz radionice, pri čemu je postupak isti kao i pri prijemu delova iz neiscrpnog izvora.

Radionica za opravku sklopova obavlja defektaciju i, sa određenom verovatnoćom, opravku neispravnih sklopova dobijenih od perifernih skladišta. Vreme opravke sklopova je slučajno promenljiva veličina opisana raspodelom verovatnoća. Opravljeni sklopovi vraćaju se u centralno ili periferno skladište, u zavisnosti od definisane varijante slanja opravljenih sklopova. Vreme povratka opravljenog sklopa iz radionice u sistem je slučajno promenljiva veličina opisana raspodelom verovatnoća.

Nakon izvršene opravke sklopovi se vraćaju u sistem po jednoj od sledećih varijanti:<sup>1</sup>

V1 – svi opravljeni sklopovi se vraćaju u periferno skladište iz kojeg su poslani na opravku;

V2 – svi opravljeni sklopovi se usmeravaju u centralno skladište;

V3 – polovina opravljenih sklopova se vraća u periferno skladište iz kojeg je poslata na opravku, a druga polovina se usmerava u centralno skladište.

Pre izvođenja eksperimenata na modelu izvršene su određene pripreme, odnosno izračunate su i određene vrednosti pojedinih parametara modela. Eksperimenti na modelu su vršeni u uslovima promene intenziteta potražnje na perifernim skladištima i promene nivoa zaliha u perifernim i u centralnom skladištu. Za određenu kombinaciju vrednosti nivoa

<sup>1</sup> Varijante date u modelu predstavljaju jednu od mogućih kombinacija varijanti povratka opravljenih sklopova u sistem. Razlika između pojedinih kombinacija varijanti javlja se kod varijante V3, gde procenti sklopova koji se šalju u pojedina skladišta mogu biti različiti.

zaliha u centralnom i perifernom skladištu i za izabranu varijantu slanja opravljenih sklopova vršene su promene intenziteta potražnje na perifernom skladištu. Rezultati eksperimenata grupisani su prema definisanim karakteristikama i dati tabelarno, a zatim je grafički prikazana zavisnost karakteristika funkcionisanja od promene intenziteta potražnje za sve kombinacije nivoa zaliha u perifernom i centralnom skladištu pri svim varijantama tokova opravljenih sklopova. Na slici 2 dat je primer promene koeficijenta popunjenosti perifernog skladišta u zavisnosti od promene intenziteta potražnje pri visokom nivou zaliha u centralnom i niskom nivou zaliha u perifernim skladištima, za sve tri varijante slanja opravljenih sklopova.

### **Formiranje tabele odlučivanja**

Vrednosti karakteristika funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova pružaju mogućnost formiranja tabele odlučivanja kao svojevrsnog alata za pomoć upravnim organima pri donošenju odluka. Tabelom odlučivanja se, za određenu kombinaciju vrednosti nivoa zaliha u perifernom i centralnom skladištu i vrednosti intenziteta potražnje u perifernom skladištu, daje varijanta slanja popravljenih sklopova iz radionice.

Pri formiranju tabele odlučivanja karakteristike funkcionisanja, čije su vrednosti dobijene simulacijom, posmatraju se kao hijerarhijski strukturirani kriterijumi. Koeficijent popunjenosti perifernog skladišta posmatra se kao kriterijum prvog nivoa značajnosti. Drugi nivo značajnosti dodeljuje se srednjem vreme-

nu čekanja u redu, dok se ukupni troškovi u sistemu posmatraju kao kriterijum trećeg nivoa važnosti. Troškovi su na poslednjem nivou po važnosti, u konkretnom slučaju, upravo zbog karakteristika njihovih vrednosti dobijenih simulacijom. Zbog relativno malih razlika između troškova po varijantama toka popravljenih sklopova, troškove je vrlo teško primeniti kao kriterijum za formiranje tabele odlučivanja. Kao osnova za formiranje tabele odlučivanja služi grafički prikaz rezultata simulacije. Prvo se za određenu kombinaciju uslova (vrednosti nivoa zaliha i vrednosti intenziteta potražnje) posmatraju vrednosti kriterijuma koeficijenta popunjenosti za definisane varijante. Ukoliko je po tom kriterijumu, za određenu kombinaciju uslova, dominacija jedne od varijanti nad ostalima u potpunosti izražena, popunjava se odgovarajuće polje u tabeli odlučivanja. Za nejasne situacije po kriterijumu koeficijenta popunjenosti posmatra se vrednost kriterijuma srednjeg vremena čekanja u redu i, na osnovu njega, donosi se odluka o izboru varijante za datu kombinaciju uslova. Kao dodatni kriterijum, ukupni troškovi se koriste samo u situaciji niskog nivoa zaliha u centralnom, visokog u perifernom i malog intenziteta zahteva. Formirana tabela odlučivanja data je u tabeli 1.

### **Formiranje modela za višeatributno odlučivanje**

Pri određivanju karakteristika funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova za izvođenje eksperimenata na modelu, definisane su tri varijante njihovog slanja. Formiranjem



Tabela 1

Tabela odlučivanja za varijante slanja popravljenih sklopova

| Nivo zaliha u centralnom skladištu | Nivo zaliha u perifernom skladištu | Intenzitet potražnje |         |        |
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------|---------|--------|
|                                    |                                    | Mali                 | Srednji | Veliki |
| Nizak                              | Nizak                              | V2                   | V2      | V1     |
|                                    | Srednji                            | V1                   | V1      | V1     |
|                                    | Visok                              | V3                   | V1      | V1     |
| Srednji                            | Nizak                              | V2                   | V3      | V1     |
|                                    | Srednji                            | V1                   | V1      | V1     |
|                                    | Visok                              | V3                   | V3      | V1     |
| Visok                              | Nizak                              | V3                   | V3      | V1     |
|                                    | Srednji                            | V1                   | V1      | V1     |
|                                    | Visok                              | V3                   | V1      | V3     |

tabele odlučivanja stvaraju se uslovi za generisanje još jedne varijante slanja popravljenih sklopova i to:

V4 – varijanta po kojoj se odluka o slanju popravljenih sklopova donosi na osnovu pravila iz tabele odlučivanja.

S obzirom na to da upravnom organu stoje na raspolaganju četiri varijante slanja popravljenih sklopova, potrebno je odabrati varijantu koja, za date uslove funkcionisanja sistema, daje najbolje vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema. To znači da se, kao kriterijumi za ocenu i rangiranje varijanti, mogu iskoristiti već ranije definisane karakteristike višeešelonskog sistema zaliha opravljivih sklopova: koeficijent popunjeności, ukupni godišnji troškovi i srednje vreme čekanja u redu. Kada su definisane varijante i određeni kriterijumi potrebno je, na neki način, dobiti vrednost svakog kriterijuma za svaku varijantu. Problem određivanja kriterijumskih vrednosti može da se reši simulacijom na već definisanom modelu višeešelonskog sistema zaliha popravljenih sklopova.

U eksperimentima određivanja kriterijumskih vrednosti varijanti zahtevi za

sklopovima imaju sezonske promene. U toku godine, u jednakim vremenskim intervalima, naizmenično se smenjuju mali, veliki i srednji intenzitet zahteva za sklopovima. Pri tome se svaka od navedenih vrednosti intenziteta zahteva ponaša po normalnom zakonu raspodele verovatnoća. Za dobijanje kriterijumskih vrednosti definisanih varijanti potrebno je izvršiti četiri eksperimenta, a u svakom od njih, pored vrednosti definisanih kriterijuma, kao izlazi dobijaju se i vrednosti srednjeg nivoa zaliha u centralnom skladištu ( $Y_c$ ) i srednjeg nivoa zaliha u sistemu ( $Y_s$ ). Eksperimenti se ponavljaju dva puta, i to:

– u prvom ponavljanju eksperimenta sva periferna skladišta startuju sa istim nivoom intenziteta potražnje;

– u drugom prolazu periferna skladišta startuju sa međusobno različitim nivoom intenziteta potražnje.

Rezultati simulacije u prvom prolazu prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2

Rezultati simulacije u prvom prolazu

| Kriterijumi         | Varijante slanja popravljenih sklopova |         |         |         |
|---------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------|
|                     | V1                                     | V2      | V3      | V4      |
| $K_p$               | 0,9658                                 | 0,8899  | 0,9262  | 0,9664  |
| $L_s$               | 3783727                                | 3889245 | 3834639 | 3804817 |
| W                   | 2,654                                  | 2,895   | 3,464   | 1,840   |
| $Y_c$               | 19                                     | 19      | 20      | 21      |
| $Y_s$               | 59                                     | 39      | 48      | 56      |
| Periferna skladišta |                                        |         |         |         |
| 1.                  | Y                                      | 10      | 5       | 7       |
|                     | W                                      | 2,654   | 2,895   | 3,464   |
| 2.                  | Y                                      | 9       | 5       | 7       |
|                     | W                                      | 3,111   | 3,396   | 3,026   |
| 3.                  | Y                                      | 11      | 5       | 7       |
|                     | W                                      | 2,828   | 2,942   | 3,377   |
| 4.                  | Y                                      | 10      | 5       | 7       |
|                     | W                                      | 3,219   | 3,633   | 3,336   |

Rezultati simulacije u drugom prolazu

| Kriterijumi         | Varijante slanja popravljenih sklopova |         |         |         |       |
|---------------------|----------------------------------------|---------|---------|---------|-------|
|                     | V1                                     | V2      | V3      | V4      |       |
| $K_p$               | 0,9787                                 | 0,9038  | 0,9408  | 0,9663  |       |
| $L_s$               | 3788012                                | 3876886 | 3843318 | 3812500 |       |
| W                   | 2,5998                                 | 2,535   | 3,027   | 2,493   |       |
| $Y_c$               | 14                                     | 15      | 15      | 18      |       |
| $Y_s$               | 51                                     | 35      | 42      | 51      |       |
| Periferna skladišta |                                        |         |         |         |       |
| 1.                  | Y                                      | 8       | 5       | 7       | 9     |
|                     | W                                      | 2,598   | 2,535   | 3,027   | 2,493 |
| 2.                  | Y                                      | 9       | 5       | 7       | 8     |
|                     | W                                      | 2,769   | 2,653   | 2,548   | 2,855 |
| 3.                  | Y                                      | 10      | 5       | 6       | 8     |
|                     | W                                      | 2,876   | 2,390   | 2,406   | 3,636 |
| 4.                  | Y                                      | 10      | 5       | 7       | 8     |
|                     | W                                      | 2,749   | 2,401   | 1,924   | 2,585 |

Tabela 4

Procentualne razlike između kriterijumskih vrednosti dobijenih u dva ponavljanja eksperimenta

| Kriterijumi | Varijante |          |          |          |
|-------------|-----------|----------|----------|----------|
|             | V1        | V2       | V3       | V4       |
| $K_p$       | 1,318075  | 1,537951 | 1,551871 | 0,010348 |
| $L_k$       | 0,11312   | 0,317774 | 0,225821 | 0,201521 |
| W           | 2,0422    | 12,43523 | 12,61547 | 26,19334 |
| $Y_c$       | 26,31579  | 21,05263 | 25       | 14,28571 |
| $Y_s$       | 13,55932  | 10,25641 | 12,5     | 8,928571 |

U tabeli 2 su, pored vrednosti kriterijuma za definisane varijante i srednjih nivoa zaliha u sistemu i u centralnom skladištu, date i vrednosti srednjeg vremena čekanja u redu (W) i srednjeg nivoa zaliha (Y) za sva četiri periferna skladišta. Navedene vrednosti daju se radi ocene stabilnosti funkcionisanja modela višeešelonskog sistema zaliha opravljivih sklopova, a upoređivaće se sa rezultatima eksperimenta u drugom prolazu, kada periferna skladišta startuju sa međusobno različitim nivoima intenziteta potražnje. Rezultati simulacije, kada periferna skladišta startuju sa različitim nivoima intenziteta potražnje, prikazani su u tabeli 3.

Upoređivanjem rezultata prvog i drugog prolaza i izračunavanjem procentualnih razlika dobijaju se vrednosti u tabeli 4.

Analizirajući podatke iz tabele 4 zaključuje se da su najmanja odstupanja kriterijumskih vrednosti, izuzev za srednje vreme čekanja u redu, kod četvrte varijante slanja popravljivih sklopova. Može se pretpostaviti da četvrta varijanta poseduje najveći stepen stabilnosti pri promeni uslova funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova. Provera stabilnosti sistema bio je osnovni razlog za ponavljanje simulacije sa promenjenim početnim uslovima, pa su zbog toga dalje korišćeni rezultati simulacije dobijeni u prvom prolazu.

Iz analize dobijenih rezultata simulacije vidi se da su za varijantu slanja sklopova u centralno skladište srednji nivoi zaliha u centralnom skladištu i sistemu najmanji, ali su, istovremeno, troškovi najveći. Nizak srednji nivo zaliha u sistemu posledica je niskih srednjih nivoa

zaliha u perifernim skladištima, što je i očekivano pošto se popravljeni sklopovi šalju u centralno skladište. Takođe, za ovu varijantu karakterističan je najmanji koeficijent popunjenosti perifernog skladišta. Kada se popravljeni sklopovi upućuju na osnovu pravila iz tabele odlučivanja, dobija se najveća vrednost koeficijenta popunjenosti i minimalna vrednost srednjeg vremena čekanja u redu, uz relativno niske ukupne godišnje troškove u sistemu. Srednji nivo zaliha u centralnom skladištu najveći je u odnosu na ostale varijante, pa je i srednji nivo zaliha u si-

Početna matrica modela višeatributnog odlučivanja

|           |    | Kriterijumi |         |       |
|-----------|----|-------------|---------|-------|
|           |    | $K_n$       | $L_n$   | W     |
| Varijante | V1 | 0,9658      | 3783727 | 2,654 |
|           | V2 | 0,8899      | 3889245 | 2,895 |
|           | V3 | 0,9262      | 3834639 | 3,464 |
|           | V4 | 0,9664      | 3804817 | 1,840 |
| $W_i$     |    | 3           | 2       | 1,5   |
| maks./min |    | maks.       | min     | min   |

stemu takode visok. Analizirajući vrednosti srednjih nivoa zaliha u centralnom i perifernim skladištima, kao i u celom sistemu, zaključuje se da su dobijene vrednosti približne zadatim početnim vrednostima. Može se zaključiti da procesni model daje rezultate koji se slažu sa očekivanim vrednostima, odnosno da postoji slaganje procesnog modela i modela.

Pored određivanja kriterijumskih vrednosti neophodno je odrediti i vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma. Vrednosti težinskih koeficijenata određene su u skladu sa značajem pojedinih kriterijuma koji im se pridaje u višeešelonskom sistemu zaliha popravljivih sklopova. Određivanjem težinskih koeficijenata kriterijuma kompletiran je model višeatributnog odlučivanja čija je početna matrica prikazana u tabeli 5.

### Rangiranje varijanti slanja popravljenih sklopova

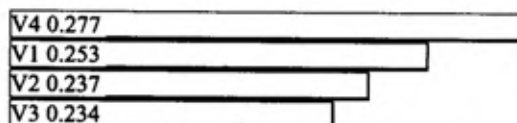
Za rešavanje problema višeatributnog odlučivanja, u kojima se vrši rangiranje i izbor najbolje varijante, razvijeno je više metoda, među kojima su najpoznatije: ELECTRE, PROMETHEE, VI-KOR, MENOR, AHP i dr. Pored osnovnih obeležja, svaka metoda ima svoje

specifičnosti i određene zahteve u pogledu definisanja parametara modela. Za rangiranje varijanti u definisanom modelu višeatributnog odlučivanja iskorišćene su metoda analitičkih hijerarhijskih procesa (AHP) i metode PROMETHEE I do III.

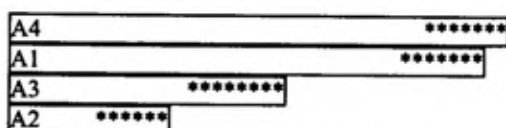
Kao rezultat sprovođenja metode AHP dobija se konačan redosled varijanti slanja opravljenih sklopova (slika 3).

Poredak varijanti po metodi PROMETHEE prikazan je na slici 4.

Može se uočiti da varijanta V4, po kojoj se odluka o slanju popravljenih sklopova donosi na osnovu pravila iz tabele odlučivanja, zauzima prvi rang i po metodi AHP i po metodi PROMETHEE III. Varijanta V1 zauzima drugi rang po obe navedene metode, dok se poredak varijanti V2 i V3 razlikuje u zavisnosti od primenjene metode višekriterijumskog rangiranja. Postavlja se pitanje da li je ovaj poredak varijanti važeći samo za definisane vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma ili sa promenom vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma dolazi i do promene poretka varijanti. Nakon sprovođenja metode AHP sa izmenjenim težinskim koeficijentima kriterijuma može se izvesti sledeći zaključak:



Sl. 3 – Poredak varijanti po metodi AHP



Sl. 4 – Poredak varijanti po metodi PROMETHEE III

– ako težinski koeficijenti kriterijuma imaju iste vrednosti poredak varijanti je nepromenjen;

– pri povećavanju vrednosti težinskog koeficijenta ukupnih troškova u odnosu na ostale kriterijume poredak varijanti V4 i V1 ostaje nepromenjen, ali dolazi do promene redosleda varijanti V2 i V3;

– ako se povećava vrednost težinskog koeficijenta kriterijuma srednjeg vremena čekanja u redu, poredak varijanti se ne menja.

Na osnovu analize osetljivosti poretka varijanti na promenu vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma zaključuje se da dobijeno rešenje nije osetljivo na promene vrednosti težinskih koeficijenata kriterijuma, pa je dobijeni poredak varijanti potpuno upotrebljiv za dalju analizu.

Činjenica da varijanta slanja popravljenih delova po pravilima iz tabele odlučivanja zauzima najviši rang mogla se i očekivati. Varijanta V4 reaguje na promene uslova funkcionisanja sistema, pa je logično da takva varijanta daje i najbolje rezultate. Primenom varijante V4 dobija se najbolji koeficijent popunjenosti, a korisnici provedu minimalno vreme u redu čekanja uz relativno niske troškove.

## Zaključak

Za razliku od prve tri varijante slanja popravljivih sklopova, koje se generi-

šu vrlo jednostavno, generisanje varijante V4 zahteva primenu određenih naučnih metoda, dosta znanja i vremena i može rezultirati znatnim troškovima. U tom smislu postavlja se pitanje opravdanosti sprovođenja procedure generisanja pravila odlučivanja za slanje popravljivih sklopova. Činjenica da ova procedura daje najbolje rezultate ide u prilog opravdanosti ovakvog postupka. U svakom slučaju, ovakve složene analize treba sprovoditi u slučajevima kada se radi o veoma skupim sklopovima, o velikom broju sklopova ili o veoma značajnim sredstvima na koja se ti sklopovi ugrađuju. Pored toga, ovakve analize potrebno je raditi kada je u pitanju neizvesna popuna novim sklopovima.

Prikazani način samo je jedan od mogućih načina formiranja upravljačkih odluka. Dobijeni rezultati moraju se shvatiti uslovno, jer oni važe za definisane uslove funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha opravljivih sklopova.

### Literatura:

- [1] Mišković, V.; Stanojević, P.: Analiza nekih karakteristika funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova, VTG 1/98, 7–14, Beograd, 1998.
- [2] Milićević, M.: Upravljanje snabdevanjem rezervnim delovima u hijerarhijskim organizacijama, magistarski rad, VTA VJ, Beograd, 2000.
- [3] Nikolić, I.; Borović S.: Višekriterijumska optimizacija, CVŠ CVJ, Beograd 1996.
- [4] Stanojević, P.; Mišković, V.: Teoretski pristup projektovanju varijantnih rešenja organizacije sistema održavanja materijalnih sredstava na logističkim osnovama, studija, VTA VJ, Beograd, 1998.

*Rezime:*

*U ovom radu razmatran je problem upravljanja zalihama rezervnih delova u dvonivojskom skladištu u uslovima neizvesnosti. Dvonivojski sistem sastoji se od jednog centralnog skladišta i N regionalnih skladišta. Potražnja za svakom vrstom razmatranih rezervnih delova koja se javlja na skladištu je neizvesna veličina koja je modelirana fazi brojevima. Razvijen je nov postupak klasifikacije pomoću fazi ABC metode. Za rezervne delove od najvećeg značaja određuje se upravljanje. U radu je prikazan fazi model pomoću kojeg se određuju optimalne količine naručivanja za centralno skladište i regionalna skladišta. Vrednosti jedinične cene i jediničnih troškova usled postojanja i nedostatka zaliha su determinističke. Razvijen postupak klasifikacije i algoritam za određivanje optimalnih količina naručivanja ilustrovan je primerom.*

*Ključne reči: hijerarhijski dvonivojski sistem zaliha, ABC metod, neizvesnost, fazi broj.*

## INVENTORY CONTROL OF SPARE PARTS IN UNCERTAIN ENVIRONMENT

*Summary:*

*The problem of inventory control of spare parts in a hierarchical two-level system in uncertain environment is considered. The hierarchical two-level system consists of one central depot and N branch warehouses. A demand of each kind of treated spare parts is uncertain and modelled by fuzzy numbers. A new procedure of classification according to the fuzzy ABC method is developed. The control models are determined for spare parts of great importance. A new fuzzy mathematical model for determining the optimum order quantities of the central depot and branch warehouses is presented. The values of unit procurement price, unit holding costs and unit shortage costs are deterministic. The developed procedure for the classification and the algorithm for determining the optimum order quantities is illustrated by an example.*

*Key words: hierarchical two-level inventory system, ABC method, uncertainty, fuzzy number, optimization.*

## Uvod

U velikom broju radova razmatran je problem organizovanja i upravljanja višenivojskim skladištima [1, 13]. Prema razmatranjima Bergma i Zijma (1996)

problem upravljanja skladištima obuhvata sledeće potprobleme: upravljanje zalihama, raspoređivanje delova u skladištu, određivanje lokacija skladišta i skeduliranje i kontrolu skladišnih operacija. Poslednjih godina raste interesovanje za



upravljanje zalihama rezervnih delova (RD) u gotovo svim organizacionim sistemima, a posebno u Vojsci Jugoslavije koja ima velike količine uskladištenih RD. Za to postoje dva glavna razloga:

- složena situacija u našoj zemlji i okruženju koja zahteva visoku raspoloživost i pouzdanost opreme VJ;
- investicije u RD sistema koji se održavaju su vrlo velike.

Upravljanje zaliham RD obuhvata određivanje asortimana i količine naručivanja i određivanje investicije u RD.

Najvažnija prednost postojanja zaliha RD je ublažavanje i/ili otklanjanje vremenskih i prostornih nepodudarnosti koje nastaju u procesima snabdevanja, održavanja i transporta opreme VJ. Međutim, postojanje zaliha ima izvesne nedostatke. One angažuju kapital, zauzimaju prostor, zastarevaju i opada im kvalitet.

Upravljanje zaliham RD predstavlja gotovo najvažniji problem upravljanja u višenivojskom skladištu. Pre nego što se odredi model upravljanja, neophodno je da se izvrši klasifikacija RD. U ovom radu, ona je obavljena pomoću ABC metode koja je zasnovana na Pareto analizi. Klasifikacija se obavlja u smislu jednog kriterijuma optimalnosti, npr. troškova zaliha. Vrednosti upravljačkih veličina su determinističke, a ukoliko se želi da se načini realnija klasifikacija, vrednosti upravljačkih veličina treba opisati npr. slučajnim promenljivima i funkcijama, fazi skupovima i brojevima, neizvesnim skupovima i grubim skupovima. U ovom radu modeliranje neizvesnih veličina zasnovano je na teoriji fazi skupova [12]. Vrednost neizvesnih veličina ne može da se opiše pomoću teorije verovatnoće već se opisuje lingvističkim is-

kazima, npr. *oko d*, *ne veće od d*, *ne manje od d* i dr., gde je *d* realan broj.

Fazi pristup u razmatranju neizvesnosti ima izvesne prednosti u odnosu na stohastički:

- određivanje raspodele slučajno-promenljive zahteva veliki broj podataka iz evidencije koji u posmatranom periodu ne moraju da budu dovoljno tačni, posebno kada se uslovi stalno menjaju;

- kombinacija neizvesnosti dovodi do složene raspodele verovatnoće, što ima za posledicu vrlo složene matematičke formule.

Fazi pristup treba primeniti u onim slučajevima kada postoje izvori neizvesnosti i nepreciznosti bilo koje vrste.

Rezervni delovi se klasifikuju u različite grupe koje nisu podjednako važne. Samo za one RD koji imaju najveću važnost razvijaju se matematički modeli i ekspertski sistemi. Upravljanje RD koji imaju manju važnost obavlja se pomoću postojećih modela ili jednostavnijih metoda, kao što je npr. rolling metoda. Na ovaj način smanjuju se vreme i troškovi upravljanja zaliham, što predstavlja osnovni cilj klasifikacije.

U literaturi se može naći veliki broj razvijenih nenumeričkih i numeričkih metoda, kao i ekspertskih sistema pomoću kojih se analizira i nalazi optimalna politika upravljanja zaliham. U [4] je data kratka retrospekcija tri klase matematičkih modela zaliha: deterministički, stohastički i fazi. Detaljno su izloženi oni modeli koji su najviše citirani u literaturi, npr. kontinualni dinamički model i diskretan stohastički model. Takođe, izložen je složen stohastički model za upravljanje zalihama popravljivih RD, METRIC



(Multi Echelon Technique for Recoverable Item Control). Petrović i dr. (1990) razvili su fazi ekspertski sistem SPARTA II (Spare Parts Adviser) za upravljanje zalihama popravljivih i nepopravljivih RD u smislu više kriterijuma čije su vrednosti opisane fazi skupovima [8].

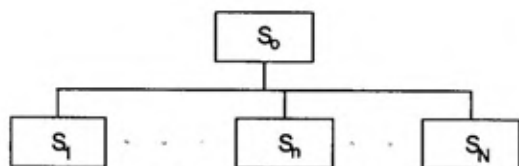
## Postavka problema

Diks i dr. (1996) definišu višenivojsko skladište kao hijerarhijski sistem skladišta [3]. Organizaciona struktura ovog sistema poznata je u literaturi kao „struktura drveta“ [2]. Na slici 1 dat je šematski prikaz dvonivojskog sistema koji se najviše koristi u praksi i sastoji se od jednog centralnog skladišta  $S_0$ , koje se nalazi na prvom hijerarhijskom nivou i  $N$  regionalnih skladišta  $S_n (n = \overline{1, N})$ , na drugom hijerarhijskom nivou. Rezervni delovi koji se skladište u centralnom skladištu nabavljaju se od spoljnih dobavljača. Regionalna skladišta popunjavaju se iz centralnog skladišta. Pretpostavlja se da nema redistribucije među regionalnim skladištima.

Optimalne politike zaliha RD za svako skladište u razmatranom dvonivojskom sistemu određuju se pomoću fazi modela.

Pretpostavke koje se uvode u model su sledeće:

1. Razmatra se  $I$  različitih RD koji se formalno predstavljaju  $a_i (i = \overline{1, I})$ ,



Sl. 1 – Struktura dvonivojskog sistema

2. Obim tražnje za RD  $a_i (i = \overline{1, I})$  koja se javlja na regionalnom skladištu  $S_n (n = \overline{1, N})$ ,  $d_n^i$ , ne zavisi od obima tražnje koja se javlja na ostalim regionalnim skladištima. Ova veličina je neizvesna.

3. Obim tražnje koji se javlja na centralnom skladištu,  $d_0^i$ , zavisi od obima tražnje koji se javlja na svakom regionalnom skladištu. Kako je pretpostavljeno da je  $d_n^i$  neizvesna, sledi da je i  $d_0^i$  takođe neizvesna, na osnovu pravila o sabiranju fazi brojeva [12].

## Modeliranje neizvesne tražnje

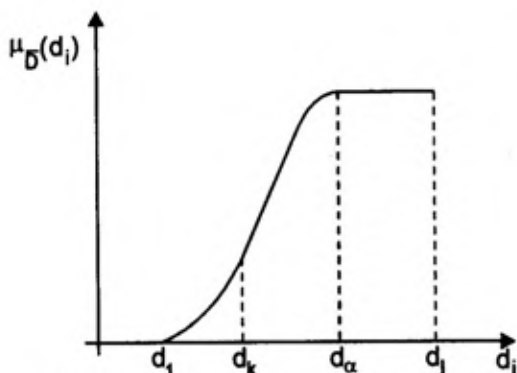
Termin neizvesna tražnja znači da obim tražnje nije deterministički. Ova vrednost realno se opisuje lingvističkim iskazima, čije je modeliranje u ovom radu zasnovano na teoriji fazi skupova. U ovom odeljku prikazan je postupak modeliranja obima tražnje koja se javlja na regionalnim skladištima.

Obim tražnje RD  $a_i (i = \overline{1, I})$  koja se javlja na skladištu  $S_n (n = \overline{1, N})$  opisuje se fazi brojem:

$$\bar{d}_n^i = \{d_{nk}^i, \mu_{\bar{d}_n^i}(d_{nk}^i)\} \quad (1)$$

gde je  $d_{nk}^i$  diskretna vrednost u domenu fazi broja  $\bar{d}_n^i$ . Ukupan broj vrednosti u domenu označen je sa  $K$  i zavisi od koraka diskretizacije domena. Domen je definisan na skupu prirodnih brojeva.

U stohastičkom pristupu, vrednost razmatrane veličine gotovo se uvek opisuje slučajnom promenljivom sa Poasonom raspodelom verovatnoće. Zbog toga se smatra da je realna pretpostavka



Sl. 2 – Funkcija pripadnosti oblika logističke krive

da funkcija pripadnosti fazi broja  $\bar{d}_n^i$  ima oblik logističke krive [5]. Logistička kriva ima sledeća svojstva: za vrednost  $d_{n1}^i$  ima nultu vrednost, zatim postoji deo domena  $(d_{n1}^i, d_{nk}^i)$  u kojem je prvi izvod veći od nule, tj. funkcija pripadnosti raste, u delu domena  $(d_{nk}^i, d_{n\alpha}^i)$  prvi izvod je jednak nuli, tj. funkcija pripadnosti je linearna, a iza njega sledi deo domena  $(d_{n\alpha}^i, d_{nl}^i)$  u kojem se javlja fenomen zasićenja (bez obzira na to koliko se povećava vrednost u domenu, vrednost funkcije pripadnosti ostaje konstantna). Vrednost funkcije pripadnosti izračunava se prema izrazu (2) i prikazana je na slici 2.

$$\mu_{\bar{d}_n^i}(d_{nk}^i) = 1 - \left( 1 - e^{\frac{-f_i}{d_{nk}^i - b_i}} \right)^{d_{nk}^i - b_i} \quad (2)$$

Za izračunavanje vrednosti parametara  $f_i$  i  $b_i$  potrebno je da se definiše mera usaglašavanja, npr. srednje kvadratno odstupanje između analitičkih i empirijskih vrednosti funkcije pripadnosti koje treba minimizirati.

Obim tražnje koja se javlja na centralnom skladištu je:

$$\bar{d}_0^i = \sum_{n=1}^N \bar{d}_n^i \quad (3)$$

i takođe je diskretan fazi broj na osnovu pravila o sabiranju fazi brojeva [12].

### ABC metoda sa neizvesnim podacima

Prema podacima iz literature [9] važnost svakog razmatranog RD zavisi od dve veličine: tražnje i jedinične cene. Obim tražnje u ovom radu opisan je fazi brojem, a vrednost jedinične cene (jedinичni troškovi nabavke) za svaki razmatrani RD je deterministička. Vrednost kriterijuma optimalnosti na osnovu kojeg se vrši klasifikacija računa se prema izrazu:

$$(\overline{GV})_i = \bar{d}_0^i \cdot c_i \quad (4)$$

gde je  $(\overline{GV})_i$  važnost RD  $a_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ) koja je opisana fazi brojem na osnovu pravila fazi algebre [12].

Postupak klasifikacije razmatranih RD pomoću ABC metode sa neizvesnim podacima realizuje se u tri koraka kao i kod klasične ABC metode.

**Korak 1.** Za svaki razmatrani RD  $a_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ) računa se  $(\overline{GV})_i$ . Reprezentativni skalar fazi broja  $(\overline{GV})_i$  određuje se metodom momenta [7] i označen je  $(GV)_i$ . Zatim se određuje relativna važnost,  $g_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ) prema izrazu (5):

$$g_i = \frac{(\overline{GV})_i}{\sum_{i=1}^I (\overline{GV})_i} \quad (5)$$

**Korak 2.** Prema vrednostima  $g_i$  ( $i = \overline{1, I}$ ) rangiraju se razmatrani RD, ta-

ko da se na prvom mestu nalazi RD kome je pridružena vrednost  $G_I = \max_{i=1, I} g_i$ , a

na poslednjem mestu RD kome se pridružuje vrednost  $G_J = \min_{i=1, I} g_i$ . Indeks  $j$

( $j = \overline{1, J}$ ) uvodi se kao brojač za rangiranje razmatranih RD i  $I = J$ .

Korak 3. Izračunava se kumulativna vrednost  $G(r)$  tako da je:

$$G(r) = \sum_{j=1}^R G(r) \quad (6)$$

Vrednost  $G(r)$  nalazi se u intervalu  $[0, 1]$ .

Iz uslova da je  $G(r) = 0,8$  određuju se RD koji imaju najveću važnost i pripadaju grupi A. Pretpostavlja se da  $I' \leq I$ . Narednih 15% korespondira RD koji imaju manju važnost i pripadaju grupi B. Ostalih 5%  $G(r)$  korespondira RD koji imaju tzv. „skladišnu vrednost“ i pripadaju grupi C.

### Fazi model dvonivojskog sistema zaliha

Optimalne količine naručivanja RD, koji pripadaju grupi A, za svako skladište u dvonivojskom sistemu određuju se pomoću fazi matematičkog modela koji je opisan [6].

Pored već prethodno uvedenih pretpostavki, u model se uvode i sledeće:

1. Razmatra se samo jedna vrsta RD grupe A,  $a_m$  ( $m = \overline{1, I}$ ). Brojač  $m$  ( $m = \overline{1, I}$ ) se uvodi za rezervne delove grupe A.

2. Period u kojem se upravlja zalihama je konačan i u ovom radu iznosi jednu godinu.

3. Razmatraju se troškovi nabavke, troškovi držanja zaliha i troškovi usled nedostatka zaliha.

4. Jedinični troškovi držanja zaliha definišu se kao rezidualna vrednost direktnih troškova držanja zaliha [11].

5. Jedinični troškovi držanja zaliha i nedostatka zaliha koji se javljaju na kraju posmatranog perioda u kojem se vrši upravljanje, na svakom skladištu označeni su sa  $h_n^m$ ,  $h_0^m$ ,  $p_n^m$ ,  $p_0^m$ , respektivno. Njihove vrednosti su determinističke. Vrednost jedinične cene nabavke,  $c_0^m$  može, takođe, precizno da se odredi.

6. Početni nivo zaliha na svakom skladištu razmatranog sistema jednak je nuli.

7. Kriterijum optimalnosti definisan je kao ukupni mogući troškovi. Na osnovu ranije uvedenih pretpostavki sledi da je njihova vrednost opisana fazi brojem:

$$\bar{L}^m = \bar{L}_1^m + \bar{L}_2^m, \quad (7)$$

gde je:

a)  $\bar{L}_2^m = \bar{L}_{2h}^m + \bar{L}_{2p}^m$  – vrednost ukupnih troškova koji se javljaju na regionalnim skladištima, a gde je:

$\bar{L}_{2h}^m = \sum_{n=1}^N h_n^m \cdot \max(Q_n^m - d_n^m, 0)$  – vrednost ukupnih troškova koji se javljaju usled postojanja zaliha na regionalnim skladištima na kraju posmatranog perioda;

$$\bar{L}_{2p}^m = \sum_{n=1}^N p_n^m \cdot \max(d_n^m - Q_n^m, 0)$$

– vrednost ukupnih troškova koji se javljaju usled nedostatka zaliha na svim re-

gionalnim skladištima na kraju posmatranog perioda,

$Q_n^m$  – količina naručivanja za  $n$ -to ( $n = \overline{1, N}$ ) regionalno skladište. Pretpostavlja se da je ova vrednost poznata na početku perioda u kojem se određuje upravljanje.

$$b) \bar{L}_1^m = c_0^m \cdot Q_0^m + h_0^m \max(Q_0^m - d_0^m, 0) + p_0^m \max(d_0^m - Q_0^m, 0)$$

– vrednost ukupnih troškova koji se javljaju na centralnom skladištu, gde je:

$c_0^m \cdot Q_0^m$  – vrednost ukupnih troškova nabavke;

$h_0^m \max(Q_0^m - d_0^m, 0)$  – vrednost ukupnih troškova koji se javljaju usled postojanja zaliha na centralnom skladištu;

$p_0^m \max(d_0^m - Q_0^m, 0)$  – vrednost ukupnih troškova koji se javljaju usled nedostatka zaliha na centralnom skladištu;

$Q_0^m$  – količina naručivanja za centralno skladište.

Razmatrani problem rešava se parcijalno, u dva koraka.

*Korak 1.* Vrednost ukupnih troškova koji se javljaju na skladištu  $S_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ) opisana je fazi brojem  $\bar{L}_{2n}^m$ , tako da:

$$\bar{L}_{2n}^m = \{L_{2s}, \mu_{\bar{L}_{2s}}(L_{2s})\}, \quad (8)$$

gde je:

$L_{2s}$  – vrednost u domenu fazi broja  $\bar{L}_{2n}^m$  (ukupan broj vrednosti u domenu je  $S$ );  
 $\mu_{\bar{L}_{2s}}(L_{2s})$  – vrednost funkcije raspodele mogućnosti fazi broja  $\bar{L}_{2n}^m$  koja se računa na osnovu principa proširenja [12].

Optimalna količina naručivanja za regionalno skladište  $S_n$  ( $n = \overline{1, N}$ ),  $(Q_n^m)^*$  određuje se iz uslova minimuma ukupnih troškova za razmatrano regionalno skladište  $\bar{L}_{2n}^m$ . Defazifikacija fazi broja  $\bar{L}_{2n}^m$  u ovom radu se obavlja metodom momenta [7]:

$$\text{defuzz } \bar{L}_{2n}^m = \frac{\sum_{s=1}^S L_{2p} \cdot \mu_{\bar{L}_{2n}^m}(L_{2p})}{\sum_{s=1}^S \mu_{\bar{L}_{2n}^m}(L_{2p})} \quad (9)$$

*Korak 2.* U drugom koraku izračunava se optimalna količina naručivanja razmatrane vrste rezervnih delova za centralno skladište. Vrednost ukupnih mogućih troškova koji se javljaju na centralnom skladištu izračunava se po izrazu:

$$\bar{L}_1^m = c_0^m \cdot Q_0^m + \text{defuzz}(\bar{L}_{1hp}^m) \quad (10)$$

gde je:

$\text{defuzz } \bar{L}_{1hp}^m$  reprezentativni skalar fazi broja  $\bar{L}_{1hp}^m$  koji se izračunava metodom momenta [7].

Optimalna količina naručivanja,  $(Q_0^m)^*$ , dobija se iz uslova minimuma ukupnih mogućih troškova (10). Određivanje minimuma funkcije (10) obavlja se jednodimenzionalnim pretraživanjem.

## Ilustrativni primer

Razmatraju se tri različite vrste RD koji se skladište u opisanom dvonivovskom sistemu skladišta. Obim tražnje za svakom razmatranom vrstom RD,  $a_i$ , ( $i = \overline{1, 3}$ ) koja se javlja na skladištu

( $n=1,2$ ) opisan je diskretnim fazi brojem, tako da:

$$\bar{d}_1^1 = \{(4,0.2), (6,0.4), (8,0.6), (10,0.8), (12,1)\}$$

$$\bar{d}_2^1 = \{(5,0.25), (7,0.5), (9,0.75), (11,1)\}$$

$$\bar{d}_1^2 = \{(8,0.2), (10,0.4), (12,0.6), (14,0.8), (16,1)\}$$

$$\bar{d}_2^2 = \{(6,0.25), (8,0.5), (10,0.75), (12,1)\}$$

$$\bar{d}_1^3 = \{(1,0.2), (2,0.4), (3,0.6), (4,0.8), (5,1)\}$$

$$\bar{d}_2^3 = \{(3,0.25), (5,0.5), (7,0.75), (9,1)\}$$

Vrednost jedinične cene nabavke svake vrste RD je  $c_1 = 2$ ,  $c_2 = 1$  i  $c_3 = 3$ .

$$d_0^1 + d_1^1 + d_2^1 = \{(9,0.2), (11,0.25), (13,0.4), (15,0.5), (17,0.6), (19,0.75), (21,0.8), (23,1)\}$$

$$d_0^2 + d_1^2 + d_2^2 = \{(14,0.2), (16,0.25), (18,0.4), (20,0.5), (22,0.6), (24,0.75), (26,0.8), (28,1)\}$$

$$d_0^3 + d_1^3 + d_2^3 = \{(4,0.2), (5,0.25), (6,0.25), (7,0.4), (8,0.5), (9,0.5), (10,0.6), (11,0.75), (12,0.75), (13,0.8), (14,1)\}$$

Vrednost kriterijuma optimalnosti za svaki RD  $a_i$  ( $i=1,3$ ) na osnovu kojeg se vrši klasifikacija je:

$$(\overline{GV})_1 = c_1 \cdot d_0^1 = 2 \cdot d_0^1 = \{(18,0.2), (22,0.25), (26,0.4), (30,0.5), (34,0.6), (38,0.75), (42,0.8), (46,1)\}$$

$$(\overline{GV})_2 = c_2 \cdot d_0^2 = 1 \cdot d_0^2 = \{(14,0.2), (16,0.25), (18,0.4), (20,0.5), (22,0.6), (24,0.75), (26,0.8), (28,1)\}$$

$$(\overline{GV})_3 = c_3 \cdot d_0^3 = 3 \cdot d_0^3 = \{(12,0.2), (15,0.25), (18,0.25), (21,0.4), (24,0.5),$$

$$(27,0.5), (30,0.6), (33,0.75), (36,0.75), (39,0.8), (42,1)\}$$

### Postupak klasifikacije razmatranih RD pomoću fazi ABC metode

**Korak 1.** Reprezentativni skalar fazi broja  $(\overline{GV})_i$ ,  $(GV)_i$   $i=1,3$  određuje se metodom momenta. Vrednosti ove veličine u razmatranom primeru su:  $(GV)_1=36,22$ ;  $(GV)_2=23,11$ ;  $(GV)_3=31,25$ . Relativna važnost svakog RD  $a_i$  ( $i=1,3$ ) izračunava se na sledeći način:

$$g_1 = \frac{(GV)_1}{\sum_{i=1}^3 (GV)_i} = \frac{36,22}{90,58} = 0,4;$$

$$g_2 = \frac{(GV)_2}{\sum_{i=1}^3 (GV)_i} = \frac{23,11}{90,58} = 0,25;$$

$$g_3 = \frac{(GV)_3}{\sum_{i=1}^3 (GV)_i} = \frac{31,25}{90,58} = 0,35$$

**Korak 2.** Rang razmatranih RD – prikazan je u tabeli 1.

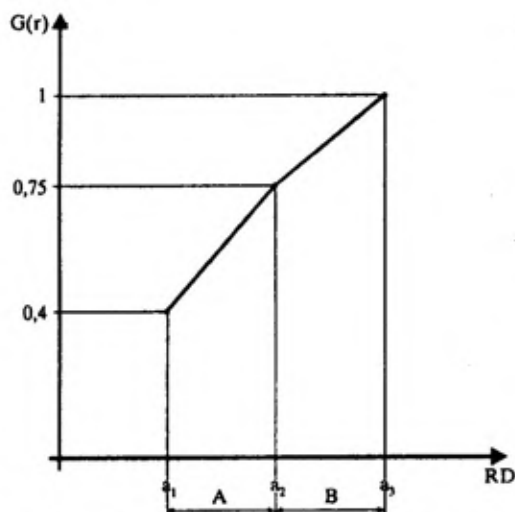
**Korak 3.** Kumulativ  $G(r)$  prikazan je na slici 3.

Na osnovu rezultata fazi ABC klasifikacije sledi da RD koji imaju najveću važnost su  $a_1$  i  $a_3$ . Ovi RD pripadaju grupi A, i za njih se razvijaju modeli upravljanja zalihama. RD tipa  $a_2$  ima-

Tabela 1

Rang razmatranih RD

| $a_i$ | $g_i$ |
|-------|-------|
| $a_1$ | 0,4   |
| $a_2$ | 0,35  |
| $a_3$ | 0,25  |



Sl. 3 – Fazi ABC klasifikacija rezervnih delova

ju manju važnost i nisu interesantni sa aspekta upravljanja zalihama.

U ovom primeru prikazan je postupak određivanja optimalnih količina naručivanja za RD- $a_1$  pomoću razvijenog fazi matematičkog modela.

#### *Određivanje optimalnih količina naručivanja za $a_1$*

Pretpostavka je da su vrednosti jediničnih troškova na prvom, odnosno drugom regionalnom skladištu  $h_1^1 = 1$ ,  $p_1^1 = 3$ , odnosno  $h_2^1 = 2$ ,  $p_2^1 = 4$ , respektivno. Količina naručivanja za svako regionalno skladište raspoloživa je na početku posmatranog perioda. Količina naručivanja iznosi 6, odnosno 9 za prvo, odnosno drugo regionalno skladište.

Procedura određivanja vrednosti ukupnih mogućih troškova pri unapred određenoj količini naručivanja prikazana je u tabeli 2.

Defazifikacijom fazi broja  $L_{hp}^1$  ( $L_p^1$ ) dobija se reprezentativni skalar kojim je opisana vrednost ukupnih troškova na prvom regionalnom skladištu. U ovom slučaju defuzz  $L_{hp}^1 = 10,53$ . Na isti način određuje se vrednost ukupnih troškova na drugom regionalnom skladištu. Ako je  $Q_2 = 9$ , tada je defuzz  $L_{hp}^2 = 4,44$ .

Vrednosti ukupnih mogućih troškova, koji se javljaju na oba regionalna skladišta za svaku količinu naručivanja, prikazani su u tabeli 3.

Tabela 2

*Vrednost ukupnih mogućih troškova na prvom regionalnom skladištu ako je  $Q_1 = 6$*

| $d_{ik}^1$              | 4   | 6   | 8   | 10  | 12 |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|----|
| $\mu_{d_i^1}(d_{ik}^1)$ | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1  |
| $L_{2h}^1$              | 2   | 0   | 0   | 0   | 0  |
| $L_{2p}^1$              | 0   | 0   | 6   | 12  | 18 |
| $L_p^1$                 | 2   | 0   | 6   | 12  | 18 |
| $\mu_{L_p^1}(L_p^1)$    | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 0,8 | 1  |

Tabela 3

*Vrednost ukupnih troškova oba regionalna skladišta*

| Regionalno skladište $S_1$ |                 | Regionalno skladište $S_2$ |                 |
|----------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------|
| Količina naručivanja       | Mogući troškovi | Količina naručivanja       | Mogući troškovi |
| 4                          | 16              | 5                          | 16              |
| 6                          | 10,53           | 7                          | 9,2             |
| 8                          | 6,13            | 9                          | 4,44            |
| 10                         | 3,14            | 11                         | 4               |
| 12                         | 7,47            |                            |                 |



Vrednost ukupnih troškova na centralnom skladištu

| $d_0^1$ | Ukupni troškovi na $S_0$ |
|---------|--------------------------|
| 9       | 36                       |
| 11      | 45                       |
| 13      | 54,67                    |
| 15      | 64,86                    |
| 17      | 75,28                    |
| 19      | 85,76                    |
| 21      | 96,16                    |
| 23      | 106,67                   |

Minimalna vrednost ukupnih mogućih troškova koji se javljaju na prvom, odnosno drugom skladištu iznosi 3, 14 i 4 respektivno. Na osnovu ovih rezultata sledi da je optimalna količina naručivanja za prvo, odnosno drugo skladište  $(Q_1^1)^* = 10$  i  $(Q_2^1)^* = 11$ .

Ukupni troškovi koji se javljaju na centralnom skladištu jednaki su zbiru troškova nabavke i troškova zbog postojanja zaliha, a javljaju se na kraju posmatranog perioda. Vrednost ukupnih troškova zbog postojanja zaliha opisana je fazi brojem na osnovu uvedenih pretpostavki. Za količinu naručivanja koja je poznata na početku perioda upravljanja, vrednost ukupnih troškova računa se kao  $c_0^1 \cdot Q_0^1 + defuzz(h_0^1 \max(Q_0^1 - d_0^1, 0))$ . Pretpostavlja se da je vrednost jedinične cene nabavke i vrednost jediničnih troškova postojanja zaliha  $c_0^1 = 4$ , odnosno  $h_0^1 = 3$ , respektivno. Vrednost ukupnih mogućih troškova na centralnom skladištu za svaki obim naručivanja prikazana je u tabeli 4.

Prema rezultatima iz tabele 4 sledi da je optimalna količina naručivanja za centralno skladište  $(Q_0^1) = 9$ .

## Zaključak

U ovom radu obrađen je problem upravljanja zalihama rezervnih delova u uslovima neizvesnosti. Klasifikacija rezervnih delova urađena je pomoću fazi ABC metode. Takođe, izložen je fazi matematički model za određivanje poručivanja optimalnih količina u dvonivojskom skladištu.

Pri tome, treba imati u vidu:

- klasifikacija rezervnih delova prema njihovoj važnosti znatno smanjuje vreme i troškove upravljanja zalihama;

- kriterijum u vezi s kojim se određuje važnost razmatranih rezervnih delova realno može da se opiše funkcijom dve promenljive;

- obim tražnje realno se opisuje fazi brojem čija je funkcija raspodele mogućnosti oblika logističke krive;

- fazi klasifikacija pruža mogućnost da se simulacijom dođe do odgovora na pitanje – kako se menja rang rezervnih delova u zavisnosti od promene vrednosti promenljivih;

- razvijeni postupak klasifikacije i fazi modela za upravljanje zalihama u dvonivojskom skladištu praktično je primenljiv;

Buduća istraživanja u ovoj oblasti treba da obuhvate: uvođenje fazi pristupa u razmatranju vrednosti jediničnih troškova, uključivanje novih parametara od kojih zavise ukupni troškovi zaliha i analizu osetljivosti dobijenog optimalnog rešenja.

## Literatura:

- [1] Bergm, J. P., Zijm, W. H. M.: Models for warehouse management: classification and examples, publication at 10-th Int Symposium of Inventories, Budapest, 1996.

- [2] Clark, J. A., „Multi-echelon inventory theory- A retrospective“, *Int. J. of Production Economics* 35, pp. 271–275, 1994.
- [3] Diks, E. B., and et all. (1996), „Multi-echelon systems: A service measure perspective, *EJOR* 95, pp. 241–263, 1996.
- [4] Galović, D.: *Upravljanje proizvodno distributivnim sistemima*, DOPIS, Beograd, 2001.
- [5] Galović, D.: „Fazi pristup u ABC analizi zaliha u proizvodnom sistemu“, *SYMOPIS'01*, pp. 656–651, 2001.
- [6] Galović, D., Petrović, R.: „Fuzzy Model of a Hierarchical Two-Level Inventory Control System“, 9-th *Int. Symposium of Inventories*, p. 35., Budapest, 1996.
- [7] Graham, I.: *Uncertainty and Expert System*, University Bristoll Press, Bristoll, 1991.
- [8] Petrović, D., Petrović, R.: „SPARTA II Futher development in an expert system for advising on stocks of spare parts“, *Operational research*, Pergamon Press, pp. 617–628, Athens, 1990.
- [9] Puente, J., et all.: „ABC classification with uncertain data. A fuzzy models vs. a probabilistic model“, accepted for publication in *EJOR*, 2001.
- [10] Silver, E., et all.: *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*, Jhon Wiley & Sons, 1998.
- [11] Vujošević, M.: *Operaciona istraživanja – izabrana poglavlja*, Fakultet organizacionih nauka Univerziteta u Beogradu, 1999.
- [12] Zimmermann, H. J.: *Fuzzy Set Theory and its applications*, Kluwer Nijhoff Publishing, Boston, 1992.
- [13] Zrnić, Đ. i Petrović, D.: *Stohastički procesi u transportu*, Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 1994.

**Dr Radun Jeremić,**  
pukovnik, dipl. inž.  
Vojna akademija VJ,  
Odsek logistike,  
Beograd

## NUMERIČKO MODELIRANJE DETONACIJE

UDC: 662.215.1 : 519.876.5

### Rezime:

*Radi izračunavanja teorijskih vrednosti detonacionih parametara različitih eksplozivnih sastava izvršeno je numeričko modeliranje detonacije i sačinjen računarski program u programskom paketu PASCAL. Za opisivanje ponašanja produkata detonacije primenjena je BKW jednačina stanja, a sistem jednačina hemijske ravnoteže rešavan je metodom minimizacije slobodne energije. Testiranje programskog rešenja izvršeno je za nekoliko eksplozivnih sastava različitih gustina, pri čemu je ostvarena dobra konvergencija rešenja i velika brzina rada. Dobijeno je dobro slaganje eksperimentalnih i teorijskih vrednosti pritiska i brzina detonacije, čime je potvrđena ispravnost modela.*

*Ključne reči: detonacija, numerički model, jednačina stanja, brzina detonacije, pritisak detonacije.*

## NUMERICAL MODELLING OF DETONATION

### Summary:

*Numerical modelling of detonation of different explosive compositions has been carried out in order to calculate theoretical values of detonation parameters. A computer program in the PASCAL program package has been created. The BKW state equation has been applied to describe the behaviour of detonation products and the equation system of chemical equilibrium has been solved by the method of free energy minimization. The program has been tested for several explosive compositions of various densities, operation speed being high and solution convergence good. The experimental and theoretical values of pressures and detonation velocities show good accordance, which confirms the model validity.*

*Key words: detonation, numerical model, state equation, detonation velocity, detonation pressure.*

### Uvod

U praksi, pri osvajanju proizvodnje različitih eksplozivnih sastava, postavlja se zahtevi za postizanjem određenih vrednosti detonacionih parametara. Ovaj proces može se skratiti i izbeći skupo

eksperimentisanje, numeričkim modeliranjem procesa detonacije i izradom računarskih programa za proračun teorijskih vrednosti detonacionih parametara.

Laboratorije razvijenih zemalja, posebno SAD, sačinile su prve kompjuterske programe za numeričko modeliranje

detonacije još pre 40 godina. Poslednjih godina radi se na istraživanju i razvoju modela za numeričko modeliranje nestacionarne detonacije.

Mader i saradnici (istraživačka laboratorija Los Alamos) 1961. godine izradili su program pod nazivom STRETCH BKW [1]. Za ono vreme taj program se odlikovao velikom brzinom rada i pružanjem zadovoljavajućih rezultata, uz korišćenje samo jednog niza konstanti u BKW jednačini stanja za sve eksplozivne materije.

Razrađene su i druge varijante programa koji koriste BKW jednačinu stanja. Tako su Cheret i saradnici izradili programe pod nazivom ARPAGE i LA MINEUR [1], Cowperthwaite i saradnici izradili su program TIGAR [2] koji se zasniva na JCZ jednačini stanja.

Mader je izradio program pod nazivom FORTRAN BKW 1967. godine, koji je veoma korišćen u istraživačkim institucijama mnogih zemalja, a koji je do danas više puta usavršavan i prilagođavan savremenim softverskim paketima.

Kod nas nije mnogo rađeno na ovom problematici. Jedan od retkih modela bio je program EXPLO5 [3], koji je imao i nedostataka, jer je prilagođen za proračun detonacionih parametara livenih kompozitnih eksploziva sa polimernim vezivom. Osnovni nedostatak ovog programa je problem konvergencije rešenja za mnoge sastave i što nije primenljiv za gustine eksploziva ispod  $1 \text{ g/cm}^3$ .

Cilj ovog rada bio je izrada programa koji nema navedena ograničenja, koji je primenljiv za bilo koji sastav kako brijantnih eksploziva, tako i baruta i raketnih goriva.

## Numerički model procesa detonacije

Po svojoj prirodi detonacija je hemijski i hidrodinamički proces. Za razliku od gasovitih eksplozivnih materija, kod kojih je hemijska kinetika procesa detonacije prilično istražena, kod kondenzovanih eksplozivnih materija mnogo manje se zna o mehanizmu i kinetici hemijskih reakcija u detonacionom talasu. Osnovni razlog za to su veliki pritisak (do 40 GPa) i temperatura (do 4 000 K) koji vladaju u zoni hemijskih reakcija, zbog čega je primena različitih mernih metoda izuzetno otežana.

S druge strane, postoji stalna potreba za pouzdanim predviđanjem vrednosti detonacionih parametara različitih eksplozivnih sastava. Ovaj problem je najpre rešavan primenom hidrodinamičke teorije detonacije, koju su postavili Chapman i Jouget, prema kojoj se ravnoteža u produktima detonacije uspostavlja trenutno. U tom smislu produkti detonacije se razmatraju kao fluid velike gustine, nepromenljivog sastava, bez primesa čvrstih čestica ili drugih nehomogenosti.

Savremene teorije detonacije uzimaju u obzir širinu zone hemijske reakcije i brzinu hemijskih reakcija u njoj. Realni produkti detonacije predstavljaju smešu nekoliko gasova čiji se ravnotežni sastav menja sa promenom stanja, brzinom koju diktiraju zakoni hemijske kinetike, pri čemu, sa kretanjem gasova, varira i količina čvrstih čestica uključena u produkte detonacije.

Parametri snažnog detonacionog talasa ( $p_{CJ} \gg p_0$ ) u *CJ* tački povezani su sa parametrima polazne eksplozivne materije zakonima o očuvanju mase, impulsa i

energije, Čepmen-Žugeovim uslovima i jednačinom stanja produkata detonacije, koji se mogu napisati u sledećem obliku:

- brzina detonacije

$$D = V_0 \sqrt{\frac{p_{CJ} - p_0}{V_0 - V_{CJ}}} \quad (1)$$

- brzina produkata detonacije

$$w_{CJ} = (V_0 - V_{CJ}) \sqrt{\frac{p_{CJ} - p_0}{V_0 - V_{CJ}}} \quad (2)$$

- udarna adijabata

$$U_{CJ} - U_0 = \frac{1}{2} p_{CJ} (V_0 - V_{CJ}) + Q_v \quad (3)$$

- uslov tangiranja udarne adijabate i Mihelisonove prave

$$-\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{CJ} = \frac{p_{CJ} - p_0}{V_0 - V_{CJ}} = \gamma \frac{p_{CJ}}{V_{CJ}} \quad (4)$$

- jednačina stanja produkata detonacije

$$p_{CJ} = f(\rho_{CJ}, T_{CJ}) \quad (5)$$

Produkti detonacije u detonacionom talasu, sabijeni pod ogromnim pritiskom, imaju gustinu koja je za oko 4/3 puta veća od gustine polazne eksplozivne materije. U tako ekstremnim uslovima pritisak ima dvojaku fizičku prirodu.

Deo pritiska je posledica toplotnog kretanja molekula, a drugi deo potiče od uzajamnog dejstva tesno sabijenih molekula, i vezan je za potencijalnu energiju njihovog sabijanja. U skladu sa tim, može se reći da se pritisak sastoji od elastič-

ne i toplotne komponente, pa se, analogno tome, i unutrašnja energija sabijenog gasa sastoji od elastične (potencijalne) i toplotne (kinetičke) energije.

Veoma je teško da se odrede jednačine stanja produkata detonacije u celom dijapazonu pritisaka, od vrednosti u Čepmen-Žugeovoj tački do nule (širenje u vakuumu). Tačan teorijski proračun jednačine stanja kondenzovanih eksplozivnih materija, čak i u slučaju poznatih potencijala međumolekularnih dejstava, u opštem slučaju nije moguć zbog teškoća u proračunu statističkih suma i neaditivnosti potencijala međumolekularnih dejstava. Radi toga je, pri određivanju jednačine stanja produkata detonacije kondenzovanih eksplozivnih materija, neophodno povezivanje teorijskih postavki o ponašanju produkata detonacije pri visokim gustinama, temperaturama i pritiscima sa odgovarajućim eksperimentalnim rezultatima. Na taj način dobijeno je nekoliko različitih poluempirijskih jednačina stanja kojima se opisuje ponašanje gasovitih produkata detonacije.

Za proračun teorijskih vrednosti parametara detonacije eksploziva i različitih eksplozivnih sastava danas se široko primenjuje poznata jednačina Becker-Kristiakowsky-Wilsona, ili tzv. BKW jednačina stanja [1]:

$$\frac{pV_g}{RT} = 1 + X e^{\beta x} \quad (1)$$

gde je:

$$X = \frac{K}{V_g (T + \theta)^\alpha}$$

Vrednosti empirijskih konstanti u BKW jednačini stanja i kovolumena gasovitih produkata detonacije

| Tip<br>parametra | $\beta$ | b     | $\alpha$ | $\theta$ | Kovolumeni       |                |                |                 |     |                 |                 |     |                |
|------------------|---------|-------|----------|----------|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----|-----------------|-----------------|-----|----------------|
|                  |         |       |          |          | H <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | CO <sub>2</sub> | CO  | NH <sub>3</sub> | CH <sub>4</sub> | NO  | N <sub>2</sub> |
| RDX              | 0,160   | 10,91 | 0,50     | 400      | 250              | 180            | 350            | 600             | 390 | 476             | 528             | 386 | 380            |
| TNT              | 0,096   | 12,68 | 0,50     | 400      | 250              | 180            | 350            | 600             | 390 | 476             | 528             | 386 | 380            |

$$K = b \sum_{i=1}^n x_i k_i$$

$K$  – molarni kovolumen smeše gasovitih produkata,

$k_i$  – molarni kovolumen i-tog gasovitog produkta,

$x_i$  – molarni udeo i-tog gasovitog produkta ( $n_i/n_g$ ),

$V_g$  – molarna zapremina smeše gasovitih produkata (tj. razlika između molarne zapremine svih produkata detonacije i molarne zapremine čvrstih produkata) –  $V = 1/\rho n_g$  (cm<sup>3</sup>/mol),

$\alpha, \beta, \theta$  i  $b$  – empirijske konstante.

Vrednosti empirijskih konstanti u BKW jednačini stanja (tabela 1), koje je na osnovu eksperimentalnih podataka odredio Mader, pri proračunu detonacionih parametara daju najpribližnije rezultate za većinu eksplozivnih materija.

U tabeli 1 prikazane su i vrednosti kovolumena za gasovite produkte detonacije. Vrednosti kovolumena i konstanti date su tako da se prema izrazu (1) dobije vrednost pritiska u barima. U skladu sa tim, vrednost univerzalne konstante iznosi  $R = 83,14 \text{ bar cm}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ .

Kod velikog broja eksplozivnih materija, u produktima detonacije pojavljuje se i čvrsti ugljenik. S obzirom na vrednosti pritisaka pri detonaciji mora se uzeti u obzir i kompresibilnost čvrstog ugljenika. Prema Cowanu i Fickettu [1] stanje ugljenika pri visokim pritiscima i temperaturama opisuje se sledećim izrazom:

$$p = p_1(\lambda) + a(\lambda)T + (\lambda)T^2 \quad (2)$$

pri čemu je:

$$p_1(\lambda) = -2,4673 + 6,7692\lambda - 6,9555\lambda^2 + 3,0405\lambda^3 - 0,3869\lambda^4$$

$$a(\lambda) = -0,2267 + 0,2712\lambda$$

$$b(\lambda) = 0,08316 - 0,07804\lambda^{-1} + 0,03068\lambda^{-2}$$

$\lambda = \rho/\rho_0$  – stepen sabijanja čvrstog ugljenika, u odnosu na njegovu normalnu gustinu, pri standardnim uslovima, a koja iznosi  $\rho_0 = 2,25 \text{ g/cm}^3$ .

Primenom jednačine (2) dobijaju se vrednosti pritiska u megabarima ukoliko se temperatura izrazi u elektronvoltima (odnosno ako se za jedinicu temperature uzme 11605 K). Jednačina je primenljiva u području  $0,95 < \lambda < 2,5$  i  $0 < T < 5800 \text{ K}$ .

### Proračun sastava produkata detonacije kondenzovanih eksplozivnih materija

Određivanje ravnotežnog sastava produkata detonacije za date uslove  $p, V, T$  jeste prvi korak u izračunavanju detonacionih parametara.

Konačni produkti detonacije formiraju se preko različitih međureakcija, a sastav smeše i koncentracija pojedinih produkata određeni su stanjem ravnoteže u konkretnim uslovima odvijanja procesa. Radi određivanja ravnotežnog sastava



neophodno je da se, na osnovu zakona hemijske ravnoteže, postavi sistem algebarskih jednačina u kojem nepoznate čine brojevi molova pojedinih produkata detonacije.

Broj faza u produktima detonacije uzima se na osnovu Gibbsovog pravila faza, a broj i vrsta komponenata u pojedinim fazama može se pretpostaviti na osnovu bilansa kiseonika, eksperimentalnih analiza, podataka iz literature kao i na osnovu analize konstanti ravnoteže.

Za opisivanje ravnoteže kod eksplozivnih procesa, kao i kod drugih visokotemperaturnih procesa u području hemije, danas se primenjuju dve metode: metoda konstanti, koja je zasnovana na primeni zakona o dejstvu masa i zakona o očuvanju mase i metoda minimizacije slobodne energije.

Metoda konstanti daje zadovoljavajuće rezultate pri opisivanju ravnoteže pri sagorevanju eksplozivnih materija, kao i pri detonaciji gasovitih eksplozivnih materija, dok je za rešavanje složenijih eksplozivnih slučajeva termodinamičke ravnoteže, kao što je to slučaj detonacije kondenzovanih eksplozivnih materija, pogodnija metoda minimizacije slobodne energije. Ovu metodu razvili su White, Johnson i Dantzing [4], a kasnije je Mader prilagodio za kompjutersko rešavanje sistema jednačina.

Jedino svojstvo komponente u produktima, koje treba poznavati radi određivanja ravnotežnog sastava, jeste Gibsova ili Helmholtzova slobodna energija, odnosno hemijski potencijal. Podaci o standardnoj molarnoj Gibsovoj energiji za različite idealne gasove mogu se naći u termohemijskim tabelama, a u slučaju

realnih gasova treba uzeti u obzir i neidealnost primenom neke od jednačina stanja.

Gibsova slobodna energija smeše, koja se sastoji od  $n$  hemijskih komponenata i koja sadrži  $n_i$  brojeva molova  $i$ -te komponente, može se izraziti kao suma proizvoda hemijskih potencijala i broja molova pojedinih komponenata:

$$G = \sum_{i=1}^n n_i \mu_i \quad (6)$$

Ukoliko se izraz (6) podeli sa  $RT$  i član  $G/RT$  označi sa  $F$ , onda se izraz za izračunavanje slobodne energije smeše idealnih gasova može napisati u sledećem obliku:

$$F(X) = \sum_{i=1}^n f_i \quad (7)$$

gde je:

$X = (n_1, n_2, \dots, n_n)$  broj molova pojedinih produkata,

$$f_i = n_i \left[ C_i + \ln \left( \frac{n_i}{N} \right) \right] \quad (8)$$

$$C_i = \frac{\mu_i}{RT} = \left( \frac{G_i^0 - G_0^0}{RT} \right)_i + \ln \left( \frac{P}{P_0} \right) \quad (9)$$

$$\bar{N} = \sum_{i=1}^n n_i \quad (10)$$

Izračunavanje ravnotežnog sastava svodi se na određivanje pozitivnog niza vrednosti  $n_i$  uz istovremeno zadovoljavanje uslova minimizacije slobodne energije i uslova o bilansu mase, koji se može napisati u sledećem obliku:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} n_i = b_j \quad (j = 1, 2, \dots, m) \quad (11)$$

gde je:

$m$  – broj različitih vrsta atoma u molekulu eksplozivne materije,

$a_{ij}$  – broj atoma  $j$ -tog elementa u molekulu  $i$ -tog produkta (matrica elementarnog sastava produkata detonacije),

$b_j$  – broj atoma  $j$ -tog elementa u molekulu eksplozivne materije (vektor elementarnog sastava eksplozivne materije).

Ako se pođe od nekog pozitivnog niza vrednosti broja molova pojedinih produkata  $Y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ , koji zadovoljava uslov bilansa mase, i paralelno rešava uslov o minimizaciji slobodne energije, može se formirati  $n$  algebarskih jednačina tipa:

$$\frac{n_i}{y_i} - \frac{\bar{N}}{Y} + \sum_{j=1}^m \pi_j a_{ij} = -f_i(Y) \quad (12)$$

pri čemu je:

$f_i(Y) = C_i + \ln\left(\frac{y_i}{Y}\right)$  – za gasovite produkte,

$f_i(Y) = C_i$  – za čvrste produkte,

$\pi$  – Lagrangeov multiplikator;

zatim  $m$  jednačina oblika:

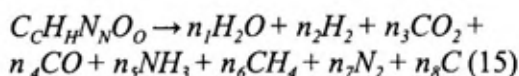
$$\sum_{j=1}^m \pi_j a_{ij} = b_j \quad (13)$$

Na temelju ukupnog broja molova, kao nepoznate veličine, može se formirati sledeća jednačina:

$$\sum_{i=1}^n n_i - \bar{N} = 0 \quad (14)$$

Sistem jednačina formiran na ovaj način rešava se, obično, iteracijskim metodama, kao što je, na primer, Njutnova metoda.

Jednačina dekompozicije kondenzovanih eksplozivnih materija pri procesu detonacije može se napisati u sledećem obliku:



Kao što se vidi, ovde se uzima u obzir i nastajanje slobodnog ugljenika, jer većina kondenzovanih eksplozivnih materija ima negativni bilans kiseonika.

Na osnovu ovakve šeme dekompozicije, matrica sastava produkata detonacije –  $a_{ij}$  može se prikazati tabelom 2. Pri tome je vektor elementarnog sastava eksplozivnih materija  $b_j = x, y, z, u$ .

Tabela 2

Matrica sastava produkata detonacije

| Produkti         | C | H | N | O |
|------------------|---|---|---|---|
| H <sub>2</sub> O | 0 | 2 | 0 | 1 |
| H <sub>2</sub>   | 0 | 2 | 0 | 0 |
| CO <sub>2</sub>  | 1 | 0 | 0 | 2 |
| CO               | 1 | 0 | 0 | 1 |
| NH <sub>3</sub>  | 0 | 3 | 1 | 0 |
| CH <sub>4</sub>  | 1 | 4 | 0 | 0 |
| N <sub>2</sub>   | 0 | 0 | 2 | 0 |
| C                | 1 | 0 | 0 | 0 |

Na osnovu jednačine (12) može se formirati sledeći sistem jednačina koji opisuje stanje hemijske ravnoteže u produktima detonacije:

$$\left(\frac{n_i}{y_i}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + 2\pi_2 + \pi_4 = -f_i(Y) \quad (16)$$

$$\left(\frac{n_2}{y_2}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + 2\pi_2 = -f_2(Y) \quad (17)$$

$$\left(\frac{n_3}{y_3}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + \pi_1 + 2\pi_4 = -f_3(Y) \quad (18)$$

$$\left(\frac{n_4}{y_4}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + \pi_1 + \pi_4 = -f_4(Y) \quad (19)$$

$$\left(\frac{n_5}{y_5}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + 3\pi_2 + \pi_3 = -f_5(Y) \quad (20)$$

$$\left(\frac{n_6}{y_6}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + \pi_1 + 4\pi_2 = -f_6(Y) \quad (21)$$

$$\left(\frac{n_7}{y_7}\right) - \left(\frac{\bar{N}}{Y}\right) + 2\pi_3 = -f_7(Y) \quad (22)$$

$$\pi_1 = -f_8(Y) \quad (23)$$

Prema jednačini (13), koja predstavlja zakon o bilansu mase, može se formirati sledeći sistem jednačina:

$$x = n_3 + n_4 + n_6 + n_8 \quad (24)$$

$$y = 2n_1 + 2n_2 + 3n_5 + 4n_6 \quad (25)$$

$$z = n_5 + 2n_7 \quad (26)$$

$$u = n_1 + 2n_3 + n_4 \quad (27)$$

Na osnovu ukupnog broja molova gasovitih produkata detonacije, kao nepoznate veličine, u skladu sa jednačinom (14) može se napisati sledeća jednačina:

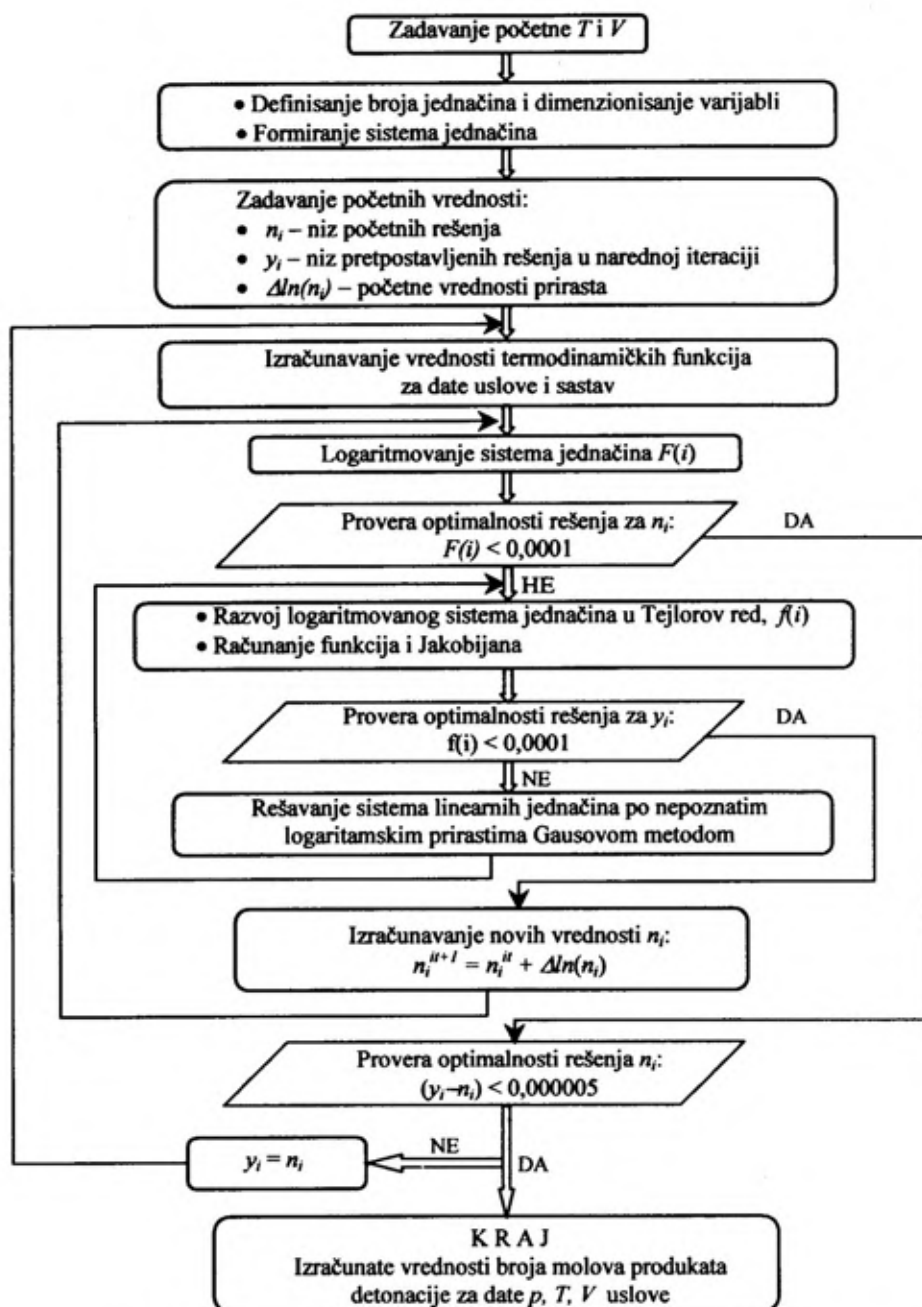
$$(n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5 + n_6 + n_7 + n_8) - \bar{N} = 0 \quad (28)$$

Rešavanjem ovako formiranog sistema od 13 linearnih algebarskih jednačina sa 13 nepoznatih dobija se broj molova pojedinih produkata detonacije za određeni pritisak, temperaturu i gustinu. Rešavanje ovog sistema jednačina vrlo je složeno bez primene računara. Metode rešavanja sistema jednačina primenom računara su, u osnovi, iteracijske – najčešće je to Njutnova metoda. Međutim, u mnogim slučajevima Njutnovom metodom se ne postiže dobra konvergencija rešenja, pa se primenjuje modifikovana metoda. Ona se razlikuje od originalne metode samo po tome što se osnovni sistem jednačina najpre logaritmuje, pa se na novodobijeni sistem primeni originalna Njutnova metoda. Na taj način, razvojem u Tejlorov red, dobija se sistem linearnih algebarskih jednačina sa nepoznatim logaritamskim prirastima početnom nizu rešenja:

$$\Delta \ln(n_i) = \Delta \ln(n_i)^{i+1} - \Delta \ln(n_i)^i \quad (29)$$

Rešavanjem sistema jednačina termodinamičke ravnoteže na ovaj način postiže se dobra konvergencija rešenja, čak i u slučaju da početna pretpostavljena rešenja znatno odstupaju od stvarnih. Time je izbegnut problem dovoljno tačnog zadavanja početnih rešenja za širok dijapazon gustina, a donekle i vrsta eksplozivnih materija.

Na slici 1 prikazan je blok-dijagram toka rešavanja sistema jednačina termodinamičke ravnoteže u produktima detonacije po modifikovanoj Njutnovoju metodi.



Sl. 1 – Dijagram toka rešavanja sistema jednačina termodinamičke ravnoteže

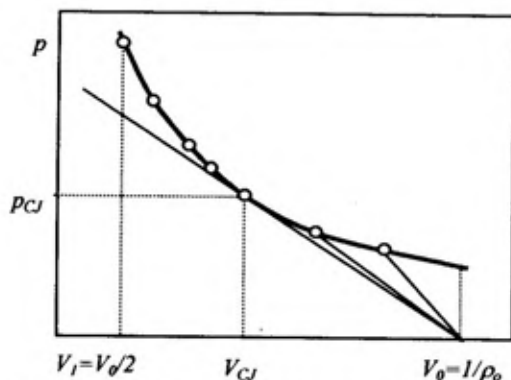
## Proračun teorijskih vrednosti detonacionih parametara

Postupak proračuna parametara detonacije na osnovu sistema jednačina (1 do 5), uz korišćenje BKW jednačine stanja, veoma je složen i praktično nije moguć bez upotrebe računara. U osnovi, postupak je iteracijski i sastoji se od nekoliko faza.

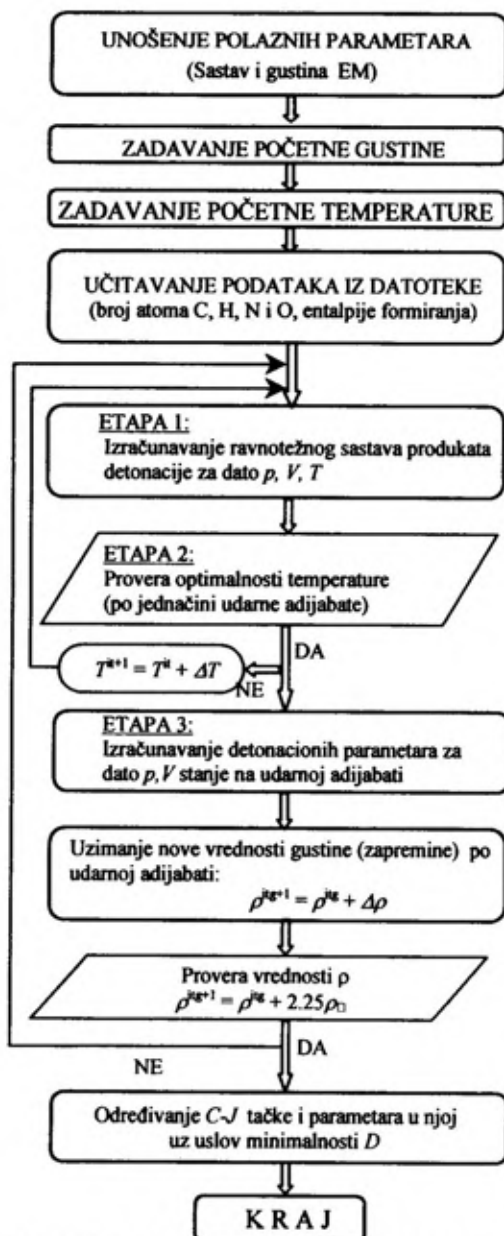
U prvoj fazi se za datu specifičnu zapreminu (odnosno gustinu) i neku pretpostavljenu temperaturu izračunava ravnotežni sastav produkata detonacije, kako je prethodno već objašnjeno. Zatim se na osnovu specifične zapremine, temperature i sastava produkata detonacije, primenom BKW jednačine stanja računa vrednost pritiska.

U drugoj fazi se proverava optimalnost temperature i izračunava stvarna temperatura procesa za zadate početne uslove. Temperatura se izračunava iteracijski, na osnovu jednačine udarne adijabate (3) sve dok, uz željenu tačnost, jednakost ne bude zadovoljena.

U sledećoj fazi obavlja se proračun detonacionih parametara po udarnoj adi-



Sl. 2 – Prikaz koncepcije utvrđivanja C-J tačke i određivanja brzine detonacije



Sl. 3 – Blok-dijagram postupka za proračun detonacionih parametara kondenzovanih eksplozivnih materija

jabati, uz povećavanje gustine za odabrani korak. Pritisak detonacije računa se na osnovu BKW jednačine, brzina detonacije i masena brzina – na osnovu jednačina

(1) i (2), a temperatura – iteracijski dok se ne ispuni jednakost (3).

U poslednjoj fazi, na osnovu uslova minimalnosti brzine detonacije, određuje se C-J tačka i parametri detonacije u njoj.

Koncepcija utvrđivanja C-J tačke i brzine detonacije grafički je prikazana na slici 2.

Na slici 3 prikazan je uprošćen blok-dijagram postupka za proračun detonacionih parametara kondenzovanih eksplozivnih materija. Međutim, treba naglasiti da je praktična realizacija ovog postupka izuzetno složena zbog nepouzdatih termodinamičkih i drugih podataka koji se u literaturi razlikuju, kao i

zbog problema sa konvergencijom rešenja iterativnog postupka računanja, relativno dugog vremena računanja, čak i na boljim računarima, itd.

## Rezultati proračuna

Prema prikazanom numeričkom modelu procesa detonacije sačinjeno je programsko rešenje u PASCALU. Testiranje i provera modela izvršeni su za više vrsta eksploziva i malodimnih baruta različitih gustina, upoređivanjem vrednosti pritisaka i brzina detonacije dobijenih proračunom sa eksperimentalnim vrednostima (tabela 3).

Tabela 3

Rezultati testiranja modela i eksperimentalne vrednosti za eksplozive

| Eksplozivna materija    | $\rho_0$ (g/cm <sup>3</sup> ) | Eksperiment* |         | Proračun |         | $\Delta_D$ (%) | $\Delta_p$ (%) |
|-------------------------|-------------------------------|--------------|---------|----------|---------|----------------|----------------|
|                         |                               | D (m/s)      | p (Mpa) | D (m/s)  | p (Mpa) |                |                |
| RDX                     | 1,8                           | 8754         | 34,7    | 8796     | 34,1    | 0,48           | 1,73           |
| RDX                     | 1                             | 5981         | -       | 6043     | 10,4    | 1,04           | -              |
| TNT                     | 1,64                          | 6950         | 19      | 7040     | 20,5    | 1,29           | 7,89           |
| TNT                     | 1,061                         | 5254         | 11      | 5450     | 9,04    | 3,73           | 17,8           |
| TNT                     | 0,732                         | 4370         | 5,1     | 4490     | 4,8     | 2,75           | 5,88           |
| HMX                     | 1,9                           | 9100         | 39,3    | 9248     | 39,1    | 1,63           | 0,51           |
| PETN                    | 1,67                          | 7980         | 30      | 8040     | 28,1    | 0,75           | 6,33           |
| PETN                    | 1                             | 5780         | 8,7     | 5980     | 10      | 3,46           | 14,9           |
| TETRIL                  | 1,7                           | 7560         | 24,9    | 7650     | 25      | 1,19           | 0,40           |
| TATB                    | 1,895                         | 7860         | 31,5    | 8005     | 30,1    | 1,84           | 4,44           |
| DATB                    | 1,788                         | 7520         | 25,9    | 7702     | 27,1    | 2,42           | 4,63           |
| NGL                     | 1,59                          | 7580         | -       | 7645     | 24,4    | 0,86           | -              |
| NM                      | 1,128                         | 6290         | 14,1    | 6323     | 14,1    | 0,52           | 0              |
| HMX/TNT<br>76,3/23,7    | 1,809                         | 8476         | 34,3    | 8660     | 34      | 2,17           | 0,87           |
| HMX/TNT<br>78/22        | 1,82                          | 8480         | 342     | 8749     | 337     | 3,17           | 1,46           |
| RDX/TNT<br>77/23        | 1,743                         | 8250         | 31,3    | 8391     | 30,7    | 1,71           | 1,92           |
| RDX/TNT<br>64/36        | 1,713                         | 8030         | 29,4    | 8175     | 28,3    | 1,81           | 3,74           |
| PETN/TNT<br>50/50       | 1,70                          | 7530         | 255     | 7592     | 256     | 0,82           | 0,39           |
| NGB-031                 | 0,877                         | 5455         | -       | 5473     | 79,4    | 0,33           | -              |
| NGB-061                 | 0,898                         | 5485         | -       | 5511     | 85,3    | 0,47           | -              |
| NGB-081                 | 0,957                         | 5333         | -       | 5656     | 93,2    | 6,06           | -              |
| NC-01                   | 0,557                         | 3929         | -       | 4096     | 31,2    | 4,25           | -              |
| NC-011                  | 0,621                         | 4446         | -       | 4564     | 40,2    | 2,65           | -              |
| Prosečno odstupanje [%] |                               |              |         |          |         | 1,97           | 4,55           |

\* Eksperimentalne vrednosti prema referencama [1, 5 i 6].



Rezultati proračuna pokazuju da se za testirane eksplozive dobijaju relativno dobra slaganja izračunatih i eksperimentalnih vrednosti brzine i pritiska detonacije. Slaganja su izuzetno dobra za veće vrednosti gustina eksplozivnih materija, dok su za niže vrednosti gustina odstupanja nešto veća. Istovremeno, postignuto je vrlo dobro slaganje brzina detonacije za nekoliko vrsta malodimnih baruta sa relativno malim gustinama punjenja, što pokazuje da su primenjeni pristup u numeričkom modeliranju detonacije i realizovano softversko rešenje ispravni.

Veća odstupanja vrednosti pritiska detonacije, u odnosu na vrednosti brzina detonacije, mogu se objasniti nepouzdanim eksperimentalnim vrednostima pritiska čije je pouzdano merenje prilično teško. Jedan od razloga odstupanja proračunatih i eksperimentalnih vrednosti je i prilična raznolikost literaturnih vrednosti termodinamičkih veličina eksplozivnih komponenti.

Za povećanje pouzdanosti rezultata, naročito pri manjim gustinama, bilo bi korisno ispitati primenljivost nekih drugih jednačina stanja produkata detonacije koje se sreću u literaturi ili izvršiti posebnu parametarizaciju BKW jednačine stanja za područje nižih gustina.

Razvijeni program potrebno je dalje usavršavati, tako da bude primenljiv i za

eksplozivne sastave koji sadrže i aluminijum.

## Zaključak

Prikazani model detonacije i razvijeno softversko rešenje omogućuju teorijski proračun parametara detonacije sa relativno velikom tačnošću, kako brizantnih eksploziva i njihovih smeša, tako i baruta u širokom intervalu gustina.

Najbolji rezultati dobijaju se za eksplozivne sastave većih gustina (preko  $1 \text{ g/cm}^3$ ), dok je pri nižim gustinama odstupanje nešto veće.

Realizovano programsko rešenje može korisno da posluži za predviđanje detonacionih parametara različitih eksplozivnih sastava i da bitno ubrza i pojednostini postupak osvajanja proizvodnje eksplozivnih punjenja unapred zadatih karakteristika.

## Literatura:

- [1] Mader, C. L.: Numerical modeling of detonations, University of California Press. Los Angeles, 1979.
- [2] Hobbs, M. L. i dr.: Extension of the JCZ Product Species Data Base, 11. internacionalni simpozijum o detonaciji, Snowmass, Colorado, 1998.
- [3] Sućeska, M.: Reološka i detonaciona svojstva livenih kompozitnih eksploziva sa polimernim vezivom, doktorska disertacija, VVTŠ, Zagreb, 1991.
- [4] White, B. W. i dr.: Chemical Equilibrium in Complex Mixtures, J. of Chem. Phys., 28. 5. 1958.
- [5] Baker, E. L.: Optimized JCZ3 procedures for the Detonation Properties of Explosives, 11. internacionalni simpozijum o detonaciji, Snowmass, Colorado, 1998.
- [6] Dimitrijević, R.: Ponašanje malodimnih baruta u uslovima detonacije, magistarski rad, VTA VJ, Beograd, 1996.

**Branko Medan,**  
poručnik, dipl. inž.  
**Sc Momčilo Đorđević,**  
kapetan, dipl. inž.  
**Sc Dejan Veselinović,**  
major, dipl. inž.  
VP 2130 Beograd

## PROGRAMSKI PAKET PRADOK ZA VOĐENJE RADIONIČKE DOKUMENTACIJE

UDC: 62-7 : 355.742 : 651.5] : 681.3.06

### *Rezime:*

*Tehnička služba u vojsci ima veliki značaj u okviru pozadinskog obezbeđenja. Upotrebom informacione tehnologije u planiranju rada tehničke službe i upravljanju realizacijom plana obezbeđuje se racionalnije korišćenje postojećih resursa, ravnomernija opterećenost upravnih i izvršnih organa u okviru organa pozadine i efikasnija realizacija plana. Ovaj program nastao je na osnovu ukazane potrebe radi operacionalizacije i automatizacije praćenja toka održavanja rada u tehničkoj radionici, a deo je informacionog sistema organa pozadine.*

*Ključne reči: tehničko održavanje, radionička dokumentacija, Access, baza podataka.*

---

## PRADOC PROGRAM PACKAGE FOR MAINTENANCE DATA MANAGEMENT

### *Summary:*

*The technical support service in the Army has a great importance within the frames of combat service support. By the application of information technology in the planning of work of the Technical support service and by controlling the plan realization, the following is ensured: the most rational utilization of available resources, the balanced employment of staff elements and personel within the frames of combat service and the most efficient realization of plans. This program is applied for observing the realization of the maintenance process in a technical company and it is a part of the logistic information system*

*Key words: technical maintenance, maintenance data, Access, database.*

---

### **Uvod**

Sistem praćenja rada i realizacije poslovanja u tehničkoj radionici realizovan je kao podsistem u vođenju informatičke podrške organa pozadine. Sistem je realan i primenjen i nalazi se u funkciji komandovanja organa pozadine i komandovanja u okviru tehničke službe (TSI) jedinice.

Složenost zadataka i dinamika poslovanja u jedinici, kao izvršnom organu tehničke službe, izazvali su potrebu za formiranjem baze podataka radi uspešnijeg toka informacija između jedinice i pretpostavljene komande. Pomoću nje može se obezbediti bolji učinak tehničke radionice, što se direktno odražava na borbenu gotovost jedinice.

Program se zasniva na propisanoj tehnologiji za vođenje radioničke doku-

mentacije u jedinicama tehničke službe VJ, uz dodatak određenih specifičnosti koje su karakteristične za rad u konkretnoj jedinici. Bez obzira na to, program se, uz manje modifikacije, može primeniti u svakoj tehničkoj radionici, u bilo kojoj jedinici Vojske Jugoslavije. Jednom rečju, program omogućava automatsku obradu podataka na nivou radionice, koji je ranije bio predviđen a do danas nije zaživeo u praksi.

### **Značaj praćenja rada izvršnih organa**

Tehnička radionica, kao izvršni organ tehničke službe, obavlja konkretne zadatke u oblastima tehničkog održavanja i tehničkog snabdevanja svih jedinica oslonjenih po šemi pozadinskog obezbeđenja.

S obzirom na obim poslovanja i veliku dinamiku potrebno je stalno praćenje rada jedinice i procenta realizacije zadataka, radi boljeg funkcionisanja same radionice, zatim pravovremenog intervenisanja na otklanjanju zastoja i nedostataka pri radu, kao i povećanja iskorišćenosti kapaciteta i produktivnosti.

Praćenje rada obavlja se kontrolom svakodnevnog rada jedinice, nedeljnim i mesečnim analizama. Pri svim tim analizama sačinjavaju se izveštaji i preseki stanja, koji uvek zahtevaju istu vrstu podataka, poput broja otvorenih naloga, procenta neplanskih aktivnosti, ostvarenih satnica i troškova rada, spiskova nedostajućih delova i dr. Sve to podrazumevalo je ručnu obradu dokumentacije, prepisivanje podataka, njihovu obradu i

prezentaciju, što je oduzimalo prilično vremena.

Potrebu za neprekidnom obradom podataka olakšala je upravo ovakva vrsta automatske obrade podataka i izveštaja, a omogućen je i stalan uvid u trenutno stanje rada jedinice u svakom trenutku.

### **Primena računara u praćenju rada i poslovanja tehničke radionice**

Primena informacione tehnologije u upravljanju, odnosno komandovanju, veoma je aktuelna i značajna. Obrada podataka i analiziranje jeste oblast u kojoj informaciona tehnologija vrlo brzo nalazi primenu, iz više razloga, od kojih su najvažniji:

- skraćanje vremena rada,
- automatizacija analize i obračuna,
- mogućnost lakog i brzog pretraživanja i pronalaženja potrebnih podataka,
- čuvanje velikog broja podataka na malom prostoru (medijumu),
- mogućnost brze razmene i slanja podataka,
- brže dobijanje kvalitetnijih informacija za odlučivanje.

Upotrebom informacione tehnologije u planiranju rada i upravljanju realizacijom plana obezbeđuje se racionalnije korišćenje postojećih resursa, ravnomernija opterećenost ljudstva u okviru jedinice i skraćanje vremena za izradu analiza, kontrole radova i odlučivanje.

Od komercijalnih programskih paketa koji se nalaze na tržištu, najprimere-niji za korišćenje je Access koji je vrlo efikasno poslužio za izradu programa za planiranje i praćenje realizacije planova na lokalnom nivou.

Access je sistem za upravljanje relacionim bazama podataka koji obezbeđuje pristup svim vrstama podataka i omogućava istovremeno korišćenje i uvezivanje raznovrsnih podataka. Upotrebom Accessa na efikasan način vrši se obrada podataka i sastavljanje potrebnih izveštaja, odnosno analiziraju se neophodni podaci potrebni za odlučivanje.

Relaciona obrada u Accessu zadovoljava većinu potreba svojom prilagodljivom arhitekturom. Access može da se koristi kao samostalan sistem za upravljanje bazama podataka, u konfiguraciji sa serverom za datoteke ili kao čeon deo u kombinaciji sa proizvodima kao što su SQL Server. Osim toga, Access podržava i ODBC standard koji omogućava povezivanje sa brojnim spoljnim formatima, kao što su SQL Server, Oracle, Sybase ili centralni računar IBM DB/2.

Bezbednosni mehanizmi na nivou korisnika obezbeđuju kontrolu kada se korisnicima i grupama dodeljuju prava učitavanja i menjanje objekata baze podataka.

### **Programski paket PRADOK za informatičko vođenje radioničke dokumentacije**

Baza PRADOK zasnovana je na unosu i obradi podataka vezanih za praćenje rada u tehničkoj radionici za održavanje tehničkih materijalnih sredstava (TMS). Ona je projektovana tako da se zadovolje potrebe svih organa TSI.

Proces rada u tehničkoj radionici obuhvata prijem TMS, izvršenje radova na TMS, raspodelu radioničkih kapacite-

ta, trebovanje potrebnih delova i materijala, analizu izvršenih radova i izradu radioničke dokumentacije.

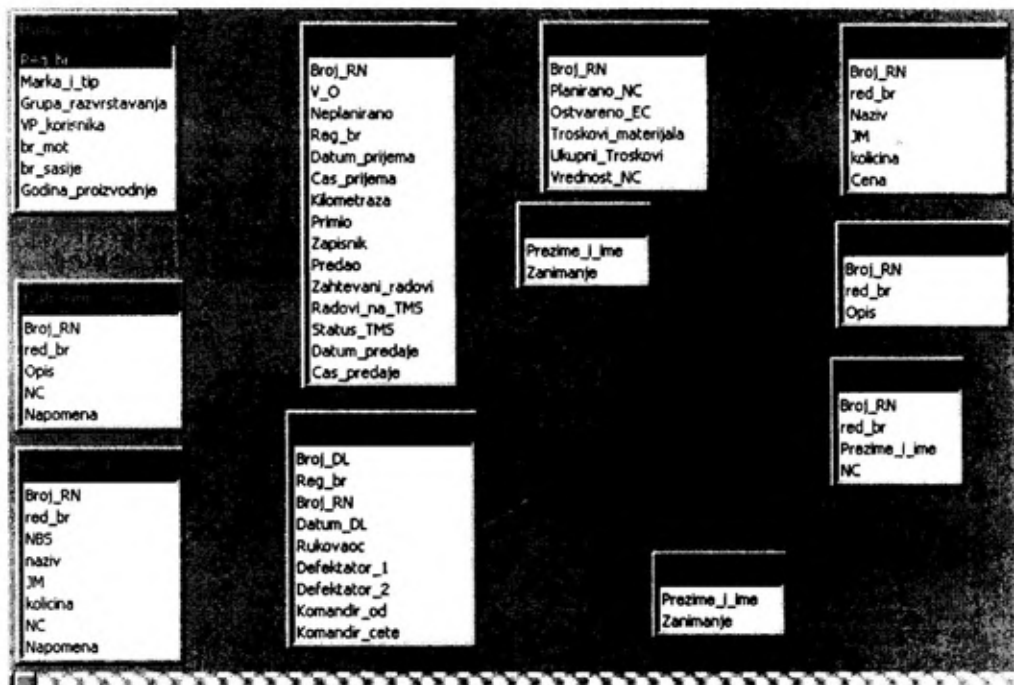
Zbog svega toga za tehničku službu bilo je potrebno automatizovati sledeće poslove:

- stvaranje baze podataka za sva radionička dokumenta koja su propisana Pravilom TSI i Uputstvom za vođenje radioničke dokumentacije, odnosno vođenje kompletne dokumentacije na računaru;
- izradu mogućnosti uvida u stanje TMS tokom eksploatacije i praćenje toka održavanja za sva sredstva koja prolaze kroz radionicu;
- izradu analize izvršenih radova, troškova radne snage i utrošenog materijala za određeni period i za određeno sredstvo;
- prenos informacija i trebovanja organu stručne službe i snabdevaču;
- praćenje utroška delova i iskorišćenosti radioničkih kapaciteta;
- ispunjenje plana rada.

Krajnji cilj jeste mogućnost praćenja rada u svakom trenutku, radi poboljšanja efikasnosti pravovremenih intervencija radionice, procesa tehničkog obezbeđenja, kao i povećanja gotovosti jedinice.

Posle izvršenog projektovanja strukture podataka, formiran je tabelarni prikaz podataka. Na slici 1 prikazana je konačna struktura jedanaest tabela i veze koje postoje između njih. To je dijagram baze podataka onako kako ga prikazuje Access.

Tabele se međusobno povezuju da bi podaci iz jedne tabele bili dostupni u drugoj. Veze ili relacije između tabela



Sl. 1 – Relacione veze između tabela definisanih u bazi PRADOK

ustpostavljene su tako da više tabela deli istu vrednost.

Pošto su definisani podaci i uspostavljene veze između tabela, projektovani su obrasci. Pri njihovom definisanju vođeno je računa da izgledaju što sličnije obrascima koji su se koristili u ručnom sistemu, kako bi ih korisnici lakše prihvatili, s tim što su izostavljene neke rubrike, koje su bile predviđene za nekadašnji CAOP, a koje nisu upotrebljive u praksi.

Program PRADOK počinje otvaranjem početnog (glavnog) menija u kojem se nalaze opcije za izbor unosa podataka ili pregledanje analiza i izveštaja. Glavni meni prikazan je na slici 2.

Ulaskom u opciju za unos podataka počinje aktivan rad. Pojavljuje se obra-

zac za unos podataka u bazu, koji se sastoji od tri lista (radionička lista – radni nalog, radna lista i defektacioni list – opcione).

Prvi list je radni nalog, koji se otvara pri prijemu sredstva u radionicu. Ključna polja su broj radnog naloga, preko kojeg je nalog povezan sa svim ostalim dokumentima, i registarski broj TMS (u ovom primeru m/v), preko kojeg se iz baze podataka o sredstvima prepisuju svi potrebni podaci o sredstvu u sve dokumente baze (u primeru za m/v to su marka i tip, godina proizvodnje, broj motora i šasije, VP korisnika, broj razvrstavanja i dr.).

Pri evidentiranju sredstva (u ovom slučaju m/v) upisuje se samo registarski broj, a iz baze se očitavaju ostali njegovi



## IZRAĐILI:

Branko Medan, dipl. inž.

Momčilo Djordjević, dipl. inž.

Dejan Veselinović, dipl. inž.

VP 2130

tel: 33-457 8 011/3604-457

29-463 8 011/3603-463

## PRADOK

Program za vođenje radioničke dokumentacije

- ☒ UNOS PODATAKA
- ☐ PREGLED IZVEŠTAJA
- ☐ IZLAZ

Sl. 2 – Izgled početnog (glavnog) menija

RADNI NALOG | RADNA LISTA | DEFKTAČONA LISTA

## RADNI NALOG

Broj RN 1

- ☒ NEPLANSKA AKTIVNOST
- ☐ VANREDNO OŠTEĆENJE

## OSNOVNI PODACI O TMS

Reg Broj: P-1111

Marka i tip: ZASTAVA 101

Početna grupa NBS: 2312

VP korisnik: 2130/8-1

## PODACI O PRIJEMU

Datum prijema: 30.09.2001.

Vreme prijema: 13:54

Resurs/kolicina: 13452 km

Primio: Vuk Ristić Nebojša

Zapisnik o prijemu:

Predao: des Subotic

## Zahtevani radovi od strane korisnika

| Zahtevani radovi |  |
|------------------|--|
| 1. TP            |  |
| Zamena motrice   |  |
| Zamena guma      |  |
| *                |  |

## Status TMS

- ☐ U radu
- ☐ Ceka na rad
- ☐ Ceka na r/d
- ☐ Ceka predaju
- ☒ Predato ISPRAVNO
- ☐ Predato - ceka na r/d

## RADOM NA TMS

## Oblik održavanja

Preventivno

Korektivno

- ☐ 1. TP
- ☐ 2. TP
- ☒ Kontrolni pregled
- ☐ Redovan servis

Datum predaje:

Vreme predaje:

NAPOМЕНА:

- ☒ ima defektačona lista

Sl. 3 – Obrazac RADNI NALOG



podaci (marka i tip, broj motora i šasijske, VP korisnika, broj razvrstavanja, godina proizvodnje, i dr.). Ukoliko sredstva nema u bazi (unos se po prvi put), automatski se otvara pomoćni prozor za unos potrebnih podataka, koje je potrebno prepisati iz tehničke knjižice – kartona. Svi podaci ostaju sačuvani, a program se na njih poziva pri svakom sledećem ponovnom unosu istog sredstva.

Na obrascu za radni nalog unose se svi podaci o prijemu TMS, sa osnovnim podacima za sredstvo, podacima o zahtevanim radovima, klasifikacijom izvršenih radova, kao i o trenutnom statusu sredstva u radionici. Rubrike odgovaraju obrascu TSI-40 (radionička lista). Poseban zahtev upućen je za evidentiranje vanrednog oštećenja-manjka i neplanske aktivnosti.

Na slici 3 prikazana je maska za unos podataka u radni nalog. Programom je predviđeno da se pri otvaranju novog radnog naloga automatski, u poljima za vreme prijema, upisuju trenutne vrednosti datuma i časa.

Sledeći dokument je radna lista, koja je jedinstveno vezana preko broja radnog naloga. U radnu listu se upisuju podaci o izvršiocima radova sa ostvarenim efektivnim satnicama, planirana satnica, podaci o utrošenim delovima i materijalu i izvršeni radovi. Rubrike odgovaraju istom imenom obrascu TSI/41.

U delu obrasca za izvršene radove, postoji već ponuđen opis pojedinih radova iz domena TOd, poput tehničkih pregleda, zamene delova i maziva, opravke pojedinih sklopova i sistema i sl., kako bi se ubrzao, pojednostavio i donekle unifikovao proces unosa podataka.

U delu obrasca za unos zamenjenih delova i utrošenog potrošnog materijala i maziva, za sada je predviđen ručni unos za svaku stavku, mada se program može doraditi tako da se unose delovi sa spiska, koji bi se proširivao pri unosu nove stavke po prvi put. Takođe se, po potrebi, može izvesti da se očitavaju delovi iz baze podataka sistema POMAK, što nije predmet ovog rada.

Nakon zaključenja radne liste i radnog naloga (prebacivanje u status „predato korisniku“), automatski se obračunavaju ukupni troškovi rada i materijala. Tada se radni nalog zaključuje i postaje „nevidljiv“ pri listanju, tako da se uvek barata sa aktuelnim radnim nalogima, što olakšava rad. Svi zaključeni („nevidljivi“) nalozi mogu se, po potrebi, učiniti vidljivim radi pretrage za određenim podacima.

Na slici 4 prikazan je obrazac za unos podataka u radnu listu.

Treći značajan dokument je defekciona lista (zahtev za nabavku delova ili slanje sredstva u civilna preduzeća), preko koje se organu stručne službe odmah dostavlja specifikacija potrebnih delova koje je potrebno nabaviti, odnosno radova koje na TMS radionica ne može izvršiti. U defekcionu listu automatski se unose podaci o sredstvu iz baze (model, godište i drugo), što olakšava nabavku delova za neformacijska TMS i podaci o izvršiocima radova (sa radne liste) kao komisija koja je izvršila defektažu.

U defekcionoj listi podaci su raspoređeni u dve grupe – prva sa spiskom potrebnih delova za nabavku ili odobrenje ugradnje, a druga sa potrebnim radovima na sredstvu koje je potrebno izvršiti na višem nivou remonta ili u RO.

ZASTAVA 101

P-1111

**RADNA LISTA**

Na osnovu RN broj: 1

Podaci o radnicima:

| RBR | Prezime i ime          | Zanimanje   | EC |
|-----|------------------------|-------------|----|
| ▶   | 1 Dronjak Dane         | automeh.    | 3  |
|     | 2 Radovanović Radojica | autoelektr. | 1  |
|     | 3 Vičenskić Radica     | autobravar  | 2  |
|     | 4 Burač Momčilo        | autoelektr. | 1  |
| *   |                        |             |    |

Planirano NC: 8

Ostvareno EC: 7

Troškovi materijala: 920.00

Ukupni troškovi: 2.726.00

Cena NC: 258.00.

Ugrađeni delovi - maziva:

| RBR | Naziv dela | JM  | Kol. | Cena   |
|-----|------------|-----|------|--------|
| ▶   | 1 Ulje     | kg  | 4    | 624.00 |
|     | 2 Mast     | kg  | 0.5  | 154.00 |
|     | 3 Metlice  | kom | 2    | 142.00 |
| *   |            |     |      | 0.00   |

Izvršeni radovi:

| RBR | Opis rada               | VO_NC |
|-----|-------------------------|-------|
| ▶   | 1 1. TP                 |       |
|     | 2 Zamena ulja           |       |
|     | 3 Podmazivanje zglobova |       |
|     | 4 Zamena metlica        |       |
| *   |                         |       |

Record: 14 &lt; 1 &gt; |||\* of 3

Record: 14 &lt; 1 &gt; |||\* of 4

Sl. 4 – Obrazac RADNA LISTA

**DEFEKTACIONI LIST**

Na osnovu RN broj: 1

PODACI O TMS

Marka i tip: ZASTAVA 101

Reg Broj: P-1111

Broj sasje: 25634

Početna grupa NBS: 2312

Broj motora: 0015689

Godina proizvodnje: 1991

VP korisnik: 2130/8-1

Kilometraža: 13452 km

Izvršio radova:

| Prezime i ime        |
|----------------------|
| ▶ Dronjak Dane       |
| Radovanović Radojica |
| Vičenskić Radica     |
| Burač Momčilo        |
| *                    |

POTREBNA JE ZAMENA SLEDECIH DELOVA:

| RBR | Feb. Br. - NBS | Naziv                 | JM  | Kol. | NC | Stanje u mag. | NAPOMENA |
|-----|----------------|-----------------------|-----|------|----|---------------|----------|
| ▶   |                | Gume spoljne 145 R 13 | kom | 2    |    | ima 8 kom     |          |
|     | 2              | Amortizer petih vrata | kom | 1    |    | nema          |          |
| *   |                |                       |     |      |    |               |          |

POTREBNO JE IZVRŠITI SLEDECE RADOVE:

| RBR | Opis                          | NC | NAPOMENA |
|-----|-------------------------------|----|----------|
| ▶   | 1 Montaža i balansiranje gume |    |          |
| *   |                               |    |          |

K-či odeljenja: Mirk Ristić Nebojša

Sl. 5 – Obrazac DEFEKTACIONA LISTA

VP 2130/8-1 BEOGRAD

Zahtev za dovođenje TMS u ispravno stanje – DEFEKTACIONI LIST

Prema RN broj: 1

Datum: 10. 11. 2001.

Marka i tip m/v: ZASTAVA 101

Broj šasijske: 25634

Broj motora: 0015689

Pređeno km: 13.452

Godina proizvodnje: 1991.

VP korisnika: 2130/8-1

Datum prijema: 30. 09. 2001.

13:56

Za dovođenje navedenog m/v u ispravno stanje potrebno je obezbediti sledeće:

| Red. br. | Nomenkl. broj ili fabr. broj | Naziv                 | Jed. mere | Količina | Stanje u magacinu | Napomena | NČ |
|----------|------------------------------|-----------------------|-----------|----------|-------------------|----------|----|
| 1.       | 2540-                        | Amortizer petih vrata | kom.      | 1        | nema              |          |    |
| 2.       | 6605-                        | Guma spoljna 145R13   | kom.      | 2        | ima 8 kom.        |          |    |

Zaključno sa red. br. 2.

Za dovođenje navedenog m/v u ispravno stanje potrebno je izvršiti sledeće radove:

| Red. br. | Opis potrebnih radova               | Napomena | NČ |
|----------|-------------------------------------|----------|----|
| 1.       | Montaža guma i balansiranje točkova |          |    |

Zaključno sa red. br. 1.

Potpis rukovaoca magacina r/d: \_\_\_\_\_

Defektažu izvršio:

1. Dronjak Dane

2. Radovanović Radojica

3. Vićentijević Radiša

4. Bursać Momčilo

automehaničar

autoelektričar

autobrarar

autoelektričar

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Komandir odeljenja:

vkl. Ristić Nebojša

Komandir tehničke čete:

ppor. Medan Branko

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Mišljenje organa stručne službe:

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Sl. 6 – Defektaciona lista ZA SLANJE

Nakon zaključenja defektacione liste, ona se dostavlja organu stručne službe da je obradi i prosledi snabdevaču, odnosno izvršiocu radova.

Obrazac za unos podataka u defektacionu listu prikazan je na slici 5.

Poseban zahtev bio je ubacivanje datuma u defektacionu listu, kako bi se kasnije, na osnovu vremena čekanja dela, mogao povećati prioritet nabavke.

Primer defektacione liste u štampanom obliku, koja se prosleđuje na obradu upravnom organu, prikazan je na slici 6. Lista se može prosleđivati elektronskom poštom (preko mreže), faksom (preko modema) ili u klasičnom (štampanom) obliku.

Procenjeno vreme potrebno za ispunjavanje svih obrazaca, slanje, zaključivanje i štampanje iznosi oko 10 minuta za jedan radni nalog, što bi dnevno oduzimalo oko tri časa licima koja unose podatke. Presek stanja, analiza, pretraživanje i izrada izveštaja su trenutni i mogući u svakom momentu.

Ulaskom u opciju PREGLED IZVEŠTAJA na glavnom meniju prelazi se na pasivan rad, odnosno pregledaju se uneti podaci po određenim kriterijumima ili vrednostima.

Prva opcija je „Pregled TMS u radionici“. Izborom ove opcije prikazuje se izveštaj sa spiskom svih TMS koja se još uvek nalaze u radionici, sa podacima o statusu sredstva, datumu prijema, izvršenim radovima, potrebnim radovima i drugo. Ova opcija, u stvari, izlistava sve radne naloge na kojima opcija „status TMS“ nema vrednost PREDATO KORISNIKU. Ovaj izveštaj prikazan je na slici 7.

Druga opcija je „Pregled knjige radnih naloga“, gde se izlistavaju svi radni nalozi za određeni period, sa svim podacima koji se inače upisuju u knjigu radnih naloga jedinice, što je pogodno za štampanje svakog meseca, tromesečno ili godišnje, radi arhiviranja.

Treća opcija je „Analiza troškova i satnica“, koja pruža sumirane izveštaje o troškovima materijala, broju remontovanih sredstava po vrstama, troškovima

*Pregled vozila koja su trenutno u radionici*

| Br. RN | Reg. br. | Marka i tip      | Dat. prij./pred.    | VP koris. | Uzeo u rad                          | Izvršeni radovi                    | Zamenjeno                               | Napomena       |
|--------|----------|------------------|---------------------|-----------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------------|----------------|
| 2      | P-1080   | Opel Asko-na 1.3 | 30. 09. 2001. 14:01 | 2130/9-2  | Radovanović Radojica                | Zamena delova                      | Stop automat                            | neplan. radovi |
| 4      | K-0360   | TAM 150 T11 (PP) | 02. 10. 2001. 13:09 | 2130/8-3  | Radovanović Radojica Rogić Bogoljub | Kontrola transm. Opravka el. inst. | Ulje HIP-90 Osigurač BAP sklopka        | neplan. radovi |
| 6      | K-2335   | TAM 150T10       | 02. 10. 2001. 13:24 | 2130/4-3  | Lazić Miroslav                      | Opravka el. inst.                  | Klema akum.+ Namotaji statora           |                |
| 8      | P-4990   | Opel Kadet       | 02. 10. 2001. 21:29 | 2130/9-2  | Ostojić Dušan Radovanović Radojica  | I TP                               | Filter ulja Filter vazduha Ulje motorno |                |
| 9      | P-3413   | Opel Asko-na 1.6 | 05. 11. 2001. 12:42 | 2130/9-2  | Dronjak Dane                        | GR motora                          |                                         |                |
| 11     | P-1055   | Opel Asko-na 1.6 | 08. 11. 2001. 11:36 | 2130/9-2  | Vujčić Milan                        | LR motora – paljenje               |                                         |                |
| 15     | P-1052   | Opel Asko-na 1.6 | 08. 11. 2001. 11:45 | 2130/9-2  | Zorić Božidar                       | LR kočionog sistema                | Pločice prednje                         | neplan. radovi |

*Sl. 7 – Izveštaj – Pregled TMS u radionici*

| Br. RN | Datum prij./pred. | VP kor.  | Uzeo u rad                                             | Izvršeni radovi                                         | Zamenjeno                                       | Napomena            |
|--------|-------------------|----------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|---------------------|
| 1      | 30. 09. 2001.     | 2130/8-1 | Bursać Momčilo<br>Dronjak Dane<br>Radovanović Radojica | I TP<br>podmazivanje zglobova<br>zamena metlica brisača | Ulje motorno<br>Mast grafitna<br>Metlice 2 kom. | neplanski<br>radovi |
| 7      | 02. 10. 2001.     | 2130/8-1 | Radovanović Radojica                                   | opravka svetala<br>podešavanje farova                   | Automat mig. 12V<br>Sijalica H-4                |                     |

Sl. 8 – Izveštaj – Pregled T0d za pojedinačno TMS

radne snage, kao i utrošenoj satnici za određeni period. Tu se, takođe, mogu dobiti podaci o izvršiocima (radnicima) u formi radnih kartona, sa svim satnicama po datumima i radnim naložima. Jednom rečju, ova opcija pruža mogućnost stalnog uvida u situaciju i analizu radnog učinka. Svi izveštaji mogu se odštampati u propisanoj formi.

Četvrta opcija je „Pregled T0d za pojedinačno TMS“, koja omogućava pregled svih izvršenih radova na određenom TMS u traženom periodu. Na taj način može se pratiti eksploatacioni ciklus sredstva, sa svim podacima o otkazima, redovnom tehničkom održavanju i dr. U suštini, ovde se prikazuju svi izvršeni radovi koji se inače upisuju u tehničku knjižicu – karton sredstva. Na slici 8 prikazan je primer ovog izveštaja.

## Zaključak

Navedeni obrasci obezbeđuju povoljniji način unosa podataka u bazu, s obzirom na to da je pojednostavljen u odnosu na prethodna rešenja. Ovo rešenje obezbeđuje obradu podataka i analiziranje procesa rada po svim elementima, pošto se podacima u bazi može pristupiti u svakom trenutku („on line“). Moguć-

nost dobijanja izveštaja po svim elementima, unakrsno, predstavlja bitno unapređenje u radu.

Glavni preduslov je ažurno vođenje dokumenata i redovan unos i dopuna podataka. Svi podaci se čuvaju na elektronskom medijumu, odnosno arhiviraju se na klasičan način nakon štampanja. Veličina arhiviranih podataka na godišnjem nivou iznosila bi oko 500 kilobajta, što znači da se može bez problema arhivirati na običnu disketu.

Programski paket je prethodno opitovan, a zvanično je uveden u operativnu upotrebu u radionici od 01. 01. 2002. godine.

Valja napomenuti da je ovaj paket raden namenski za jednu jedinicu i da je ovo prva verzija, ali i da je ovaj paket samo deo šireg informacionog sistema koji se, takođe, namenski razvija. Dalji razvoj ovog paketa ima moguća dva smera: njegovo dalje poboljšanje za potrebe jedinice u kojoj je razvijan i njegovo poopštavanje, tako da mu se područje primene proširi i na druge jedinice.

## Literatura:

- [1] Carry N. Prague, Michael R. Imjin: Microsoft Access 2000 Biblija.
- [2] Tehnička uprava GŠ VJ: Pravilo tehničke službe.
- [3] Tehnička uprava GŠ VJ: Uputstvo za vođenje radioničke dokumentacije.

Sc Miroslav Stojanović,  
pukovnik, dipl. inž.  
Damir Kopčanski,  
dipl. inž.  
Igor Jozić,  
dipl. inž.  
VP 2130 Beograd

## PROGRAM ZA VOĐENJE PERSONALNE EVIDENCIJE

UDC: 355.11 : 651.5 : 681.3.06

### Rezime:

*U radu je opisan Program za multikorisnički rad u mrežnom okruženju, koji je namenjen za vođenje personalne evidencije u okviru jedinice. Program je razvijen tako da u mrežnom okruženju radi sa bazom podataka, Microsoft SQL Server, a kada je mreža nefunkcionalna da radi lokalno sa MS Access, i da omogućiti automatsko ažuriranje podataka iz lokalne u glavnu bazu podataka. Prva verzija programa razvijena je i nalazi se u fazi probnog rada.*

*Ključne reči: personalna evidencija, MS SQL Server, MS Access, MS Visual C++, ADO, OLE DB, Automation.*

## APPLICATION PROGRAM FOR PERSONNEL FILES

### Summary:

*The paper presents an application program for personnel files of a unit. The application works in multi-user and network environment. It is developed to work with the Microsoft SQL Server database in network environment and to work with the MS Access database when network is not functional and to allow data synchronization between the local and the main database. The alpha version of the application program is finished and it is on a test drive now.*

*Key words: personnel files, MS SQL Server, MS Access, MS Visual C++, ADO, OLE DB, automation.*

### Uvod

Program za vođenje personalne evidencije razvijen je radi rešavanja konkretnih problema u jedinici, kao i da bi se predložila neka rešenja i tehnologije za rešavanje ovih problema kod velikih informacionih sistema, kao što je KAIS.

Specifičnosti navedenog informacionog sistema u matičnoj jedinici i vođenja personalne evidencije u njoj postavljaju sledeće zahteve:

– unos, čuvanje i ažuriranje perso-

nalnih podataka (radna karta), kao i pregled, pretraživanje i formiranje izveštaja,

- rad u računarskoj mreži,
- multikorisnički rad,
- zaštita podataka,
- logička organizacija u skladu sa hijerarhijskom strukturom komandovanja,
- lokalna funkcionalnost aplikacije i u uslovima prekida veze sa serverom,
- korišćenje alata koji bi, po potrebi, mogao omogućiti nadogradnju programa, tako da se pristupa podacima iz različitih tipova baza podataka koje se koriste u VJ.



Za razvoj programa korišćen je Microsoft Visual C++ 6.0 [1], koji nudi potrebnu fleksibilnost za ispunjavanje svih postavljenih zahteva.

Zbog zahteva za multikorisničkim radom u računarskoj mreži, uz primenu zaštite podataka i zahteva za mogućnost organizovanja mreže, u skladu sa višim i nižim nivoima komandovanja, upotrebljena je baza podataka MS SQL Server 2000 [2]. U slučaju da je mreža prekinuta, korisnik može raditi lokalno, sa MS Access bazom podataka [3]. Po uspostavljanju mreže i veze sa serverom, program omogućava ažuriranje podataka na serveru u zavisnosti od lokalne baze. Za pristup bazama podataka koriste se OLE DB i ADO tehnologija (ActiveX Data Objects), koje obezbeđuju unificiran način pristupa različitim bazama podataka.

Pri kreiranju izveštaja koristi se tehnologija Automation, koja omogućava da se Microsoft Word koristi kao Automation server za kreiranje i formiranje izveštaja u formatu Microsoft Word (doc), i za štampanje postojećih dokumenata u datom formatu.

### Faze razvoja programa

S obzirom na kompleksnost problema neophodno je bilo da se razvoj programa podeli u faze, tako da se omogućći parcijalno rešavanje glavnih problema. Unificiran način pristupa različitim bazama podataka, koji obezbeđuje Microsoftova ADO tehnologija, omogućio je da se u prvoj fazi razvoja programa koristi baza podataka MS Access 2000 kako bi se rešili elementarni problemi oko:

- načina organizacije baze u skladu sa novim zahtevima koji su se pojavljivali,

- načina organizacije prikaza i grupisanja podataka,

- normalizacije baze,

- realizacije različitih vrsta pretraga,

- dizajniranja izveštaja i njegove realizacije.

Pošto su ovi problemi rešeni izvršenno je importovanje baze podataka MS Access u SQL server, tj. prevođenje već formirane baze MS Access u odgovarajuću SQL server 2000 bazu, a zatim se pristupilo rešavanju preostalih problema u vezi sa:

- multikorisničkim radom sa podacima u mrežnom okruženju,

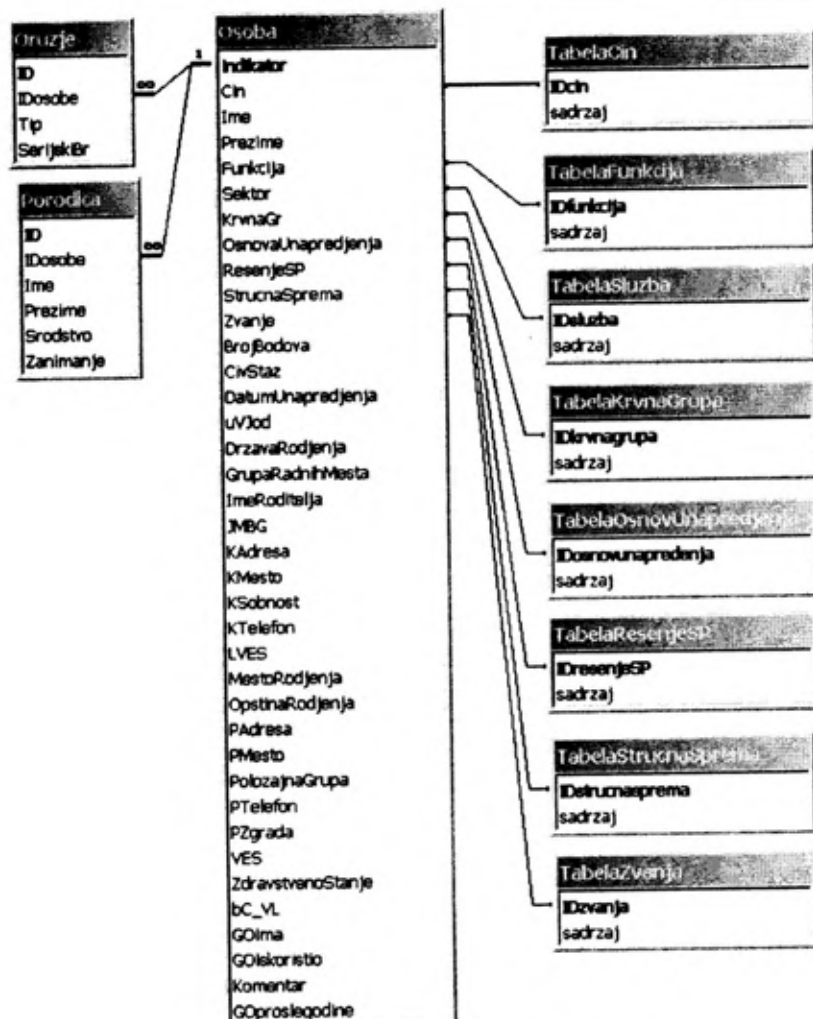
- bezbednošću podataka,

- omogućavanjem unosa podataka u privremenu bazu i kada nije moguće ostvariti kontakt sa SQL server 2000 bazom, uz ažuriranje baze SQL Server iz lokalne baze MS Access, kada se uspostavi veza sa serverom.

Po završetku prve verzije programa prešlo se na probni rad programa. Program je dat korisnicima da tokom rada uoče u kojoj meri on zadovoljava njihove potrebe u vezi sa personalnom evidencijom, i da daju svoje sugestije. Iako je program pažljivo testiran tokom razvoja, najbolji test je rad u praksi. U ovoj fazi predviđena je ispravka uočenih grešaka i unapređenje korisničkog interfejsa na osnovu sugestija korisnika.

### Struktura baze podataka

Podaci u bazi organizovani su u tri tabele sa podacima i 8 tabela za kodira-



Sl. 1 – Struktura baze podataka

nje podataka. U tabeli *Osoba* nalaze se podaci o osobama, a u tabelama *Oružje* i *Porodice* nalaze se podaci o članovima porodice i oružju koje osobe poseduju. Na taj način izvršena je organizacija relacije baze podataka, koja je uslovljena činjenicom da jednoj osobi može odgovarati više podataka istog tipa. Dakle, između članova tabele *Osoba* i članova tabele *Porodice* (odnosno *Oružje*) uspostava

vlja se veza tipa jedan prema više. Veza između tabele ostvarena je dodavanjem samo jednog dodatnog polja tabeli *Porodice* (odnosno *Oružje*) koje predstavlja ključ osobe kojoj je taj podatak pridružen. Važno je da se ova veza ostvari tako da se ne dozvoli narušavanje referencijalnog integriteta, što je i obezbeđeno. Ostale tabele služe za normalizaciju baze podataka, tj. sprečavanja pojave istih po-

dataka (dugačkih nizova karaktera) više puta u bazi (sprečavanje redundantnosti). Ovakvom organizacijom omogućilo se da isti podaci zauzimaju manje prostora na disku, ali i brže učitavanje podataka sa diska, što je bitna stavka imajući u vidu da se podaci prenose relativno sporim vezama do dislociranih članova mreže.

### **Pristup bazi podataka**

U mrežnom okruženju program koristi bazu podataka MS SQL Server 2000 [2, 4]. Glavni razlog za upotrebu ove baze podataka su njene odlične performanse pri istovremenom radu više korisnika, mogućnost čuvanja terabajta podataka i bezbednosni sistem integrisan sa bezbednosnim sistemom Windows-a 2000.

Za pristup bazi podataka koristi se tehnologija OLE DB, koja osim jednostavnog ubacivanja podataka u baze i dobijanja podataka iz njih, omogućuje pristup elektronskim porukama, listama (spreadsheets), fajlovima, itd., a sa druge strane omogućuje unificiran pristup različitim bazama podataka, kao što su ORACLE, MS SQL Server, MS Access... To je jedna od prvih tehnologija koja je proizišla iz istraživanja i razvoja objektno orijentisanog fajl-sistema. Naravno, zbog širokog opsega funkcionalnosti koje OLE DB mora da poseduje da bi se pristupilo podacima iz svih ovih različitih izvora, rad sa ovom tehnologijom veoma je složen.

Da bi se upotreba ove tehnologije pojednostavila Microsoft je razvio tehnologiju ADO (ActiveX Data Object) za pristup bazama podataka, kao još jedan sloj preko OLE DB, namenjen obezbe-

nju pristupa bazama podataka. Objekti ADO mogu se koristiti na više načina, odnosno moguće je iz izvornog koda programa kreirati navedene objekte ili pri podizanju grafičkog interfejsa dodati ih pomoću miša u dijaloge programa, kao objekte ActiveX. U dijalogu je moguće povezati kontrolu Microsoft Data Grid i kontrolu ADO Data, tako da ADO Data bude izvor podataka iz baze, a Data Grid bude izvršna za tabelarni prikaz datih podataka, što je znatna olakšica pri razvoju softvera. Različitim izvorima podataka može se pristupiti, kako preko drajvera OLE DB, tako i preko drajvera ODBC tako da su podržani i oni izvori podataka koji nemaju OLE DB. Kada se objekti ADO koriste iz koda, izvor podataka se specificira preko Connection stringa, a ako se koriste kao objekti ActiveX u dijalogu izvor podataka se specificira podešavanjem atributa (Property).

Pri otvaranju veze sa bazom podataka, koristeći komponente ADO, potrebno je, osim specificiranja same baze i načina povezivanja, navesti i korisničko ime i lozinku. To omogućuje zaštitu podataka, odnosno sprečava neautorizovan pristup bazi. Potrebno je naglasiti da je za rad MS SQL Server-a potreban server Windows NT, ili server operativni sistem Windows 2000, koji dozvoljava pristup samo sa autorizovanih radnih stanica.

U realizaciji programa, kada ne uspe otvaranje veze sa bazom podataka MS SQL Server zbog prekida mreže ili bilo kog drugog razloga, ako to korisnik želi, otvara se prazna baza MS Access, na lokalnoj mašini, u koju korisnik može dodavati nove podatke. Komponente ADO omogućuju da se bazi MS Access pristupa na isti način kao i bazi MS SQL Ser-

**Podaci o jednoj osobi**

Prezime:  Ime jednog od roditelja:  Ime:

Funkcija:  Odsek:

Cin:  Datum unapredjenja:  Osnov unapredjenja:  

**Adresa na poslu:**

Ulica i broj:  Mesto:

Zgrada sprat kancelarija:  Telefon:

**Kućna adresa:**

Ulica i broj:  Mesto:  Telefon:

Nacin rešenja stambenog pitanja:  Struktura stana:

**Raznovrsni podaci i komentari:**

Sl. 2 – Dijalog – radna karta za prikaz podataka o jednoj osobi

ver, samo je potrebno izvršiti odgovarajuća podešavanja atributa komponente ADO. Kada se ponovo uspostavi veza sa bazom MS SQL Server programski je omogućeno da se, na zahtev korisnika, podaci iz lokalne baze MS Access prebace u centralnu bazu MS SQL Server, a lokalna baza se uklanja.

### Funkcionalnost i implementacija programa

Inicijalno program omogućava samo prijavu korisnika, a sve druge opcije programa su nedostupne. Svaki korisnik

ima svoje korisničko ime i lozinku, a kada se prijavi omogućuje mu se pregled, pretraživanje, dodavanje i ažuriranje samo onih podataka na koje ima pravo. Na primer, administrator baze ima pravo da pristupa i menja sve podatke, a korisnik iz tehničke službe da ažurira samo podatke iz njegove službe. Pri prijavi korisnika uspostavlja se veza sa MS SQL Serverom. U slučaju da se veza ne uspostavi, korisniku se nudi mogućnost da radi lokalno na svojoj mašini sa bazom podataka MS Access. U toku rada na lokalnoj mašini uvek postoji mogućnost ponovnog pokušaja uspostavljanja veze sa MS

SQL Serverom, i ažuriranja podataka u centralnoj bazi podataka.

Glavni prozor omogućuje jasan pregled osnovnih podataka za više osoba i pretraživanje po svim relevantnim stavkama (slika 3). Podaci se prikazuju u tabeli sa osnovnim podacima (čin, ime, prezime, funkcija i sektor). Tabela prikaz podataka za više osoba u glavnom programu realizovan je uz korišćenje kontrole MS Flex Grid. Podaci se dobijaju iz baze podataka korišćenjem kontrole ADO Data, a implementirana je procedura za punjenje kontrole MS Flex Grid [5].

Jednostavnim izborom jedne od osoba iz tabele (pritisak na dugme miša kada je pointer iznad imena određene osobe) dobija se detaljna radna karta sa svim podacima vezanim za tu osobu, kao i mogućnost ažuriranja podataka.

Osnovni podaci (slika osobe, prezime, ime jednog od roditelja, ime, funkcija, sektor, čin, datum unapređenja i osnov unapređenja) prikazuju se u vrhu radne karte. Ostali podaci su, radi bolje preglednosti, grupisani u 7 grupa podataka, a svaka grupa je, koristeći tab kontrolu, prikazana kao posebna kartica.

Na kartici označenoj rečju *Porodica* nalaze se podaci vezani za članove porodice osobe koja se posmatra na radnoj karti. Ovi podaci se nalaze u tabeli koja je realizovana primenom Microsoft Data Grid Control 6.0. Da bi se koristila ova kontrola potrebno je uključiti i ADO Data Control 6.0 u kojoj je potrebno naznačiti vezu sa podacima u okviru za dijalog sa svojstvima kontrole. U Data Grid Control 6.0 je zatim potrebno naznačiti

| RBR | ČIN                    | IME   | PREZIME  | FUNKCIJA           | SEKTOR              |
|-----|------------------------|-------|----------|--------------------|---------------------|
| 1   | general potporučnik    | Peter | Petrovic | komandir           | Organ porodice      |
| 2   | general major          | Dejo  | Dejic    | pomoćnik komandira | Financijska služba  |
| 3   | pukovnik               | Marko | Markovic | pomoćnik komandira | Tehnička služba     |
| 4   | kapetan                | Pera  | Penc     | komandir           | Saobraćajna služba  |
| 5   | pukovnik               | Boja  | Bojic    | nacelnik           | Santetska služba    |
| 6   | potporučnik            | Pana  | Panic    | referent           | Građevinska služba  |
| 7   | major                  | Nine  | Ninic    | komandir           | Porodinski bekojari |
| 8   | kapetan i klase        |       |          |                    |                     |
| 9   | potporučnik            |       |          |                    |                     |
| 10  | potporučnik            |       |          |                    |                     |
| 11  | potporučnik            |       |          |                    |                     |
| 12  | pukovnik               |       |          |                    |                     |
| 13  | vodnik                 |       |          |                    |                     |
| 14  | poručnik               |       |          |                    |                     |
| 15  | stariji vodnik i klase |       |          |                    |                     |
| 16  | zastavnik i klase      |       |          |                    |                     |
| 17  | zastavnik              |       |          |                    |                     |
| 18  | stariji vodnik i klase |       |          |                    |                     |
| 19  | zastavnik i klase      |       |          |                    |                     |
| 20  | civilno lice           |       |          |                    |                     |
| 21  | deseter                |       |          |                    |                     |
| 22  | stariji vodnik         |       |          |                    |                     |
| 23  | deseter                |       |          |                    |                     |
| 24  | vodnik                 |       |          |                    |                     |
| 25  | mlađji vodnik          |       |          |                    |                     |
| 26  | vodnik                 |       |          |                    |                     |
| 27  | potporučnik            |       |          |                    |                     |
| 28  | mlađji vodnik          |       |          |                    |                     |

Sl. 3 – Izgled programa kada administrator iz glavnog prozora poziva dijalog za pretragu po dostupnim podacima



izvor zapisa (record source) koje će kontrola vraćati i ADO kontrolu kao izvor podataka. Isti pristup je iskorišćen i za podatke o oružju koje poseduje ista osoba.

Da bi se obezbedio uniformni način za unos datuma u polja za podatke, koristi se kalendar kontrola koja obezbeđuje da se datumi zapisuju u određenom formatu. Veći broj podataka ima ograničeni broj vrednosti (nizova karaktera – stringova) koje može da poprimi, pa je za takve grupe podataka obezbeđena lista Combo Box, koja nameće izbor jedne od ponuđenih vrednosti. Dodavanje novih opcija u ove liste dozvoljeno je samo korisniku koji je prijavljen kao administrator, što je obezbeđeno u posebnoj stavci menija.

Pretraga podataka obezbeđena je po svim kriterijumima koje zahteva vođenje personalne evidencije. U dijalogu za pretragu po podacima dostupnim za prijavljenog korisnika odabira se kriterijum za pretragu, kao na slici 3. Uspešnost pretrage obezbeđena je i pomenutim listama, odnosno uniformnim predstavljanjem vrednosti polja. Korisniku se ne omogućava unošenje „sličnih podataka“, tj. pretraga bi bila neuspešna ako bi se tražilo određeno polje sa podacima, npr. „*stan iz stambenog fonda VJ*“, a u bazi se nalazi polje sa podacima „*stan stambenog fonda Vojske Jug.*“ Korišćenjem uniformnog načina zapisa datuma u bazu omogućava se uspešna pretraga i po ovom parametru, mada u ovoj verziji programa ova opcija nije zahtevana (podaci vezani za datum nisu od interesa za pretragu). Realizacija pretrage ostvarena je postavljanjem SQL upita bazi. Korišćenjem ove metode ostvareno je relativno lako dodavanje novih stavki za pretra-

gu baze, tj. za novi upit potrebno je samo da se formira dodatni string koji se kao upit prosleđuje bazi.

Program obezbeđuje kreiranje i štampanje različitih izveštaja (svi podaci, lista ljudi dobijena kao rezultat pretrage, pojedinaac koji se posmatra direktno iz liste,...) i proizvoljnih podataka vezanih za njih, uključujući u te podatke i opcionalno štampanje slika izabranih osoba.

Takođe, obezbeđeno je i opcionalno štampanje podataka u tabeli. Navedeni izveštaji se, po želji korisnika, mogu formirati u Microsoft Word (doc) formatu, a program daje tri mogućnosti: da se formira samo izveštaj na disku u obliku \*.doc fajla, da se izveštaj formira i otvori u Microsoft Word-u radi dalje obrade i da se izveštaj formira i štampa. Ova opcija je omogućena tako što program Pers-Evid kao Automation klijent koristi makroe Microsoft Word-a kao Automation servera za ubacivanje tabela, teksta i drugih objekata u dokument. Automation se, takođe, koristi za kreiranje novog dokumenta i njegovo snimanje pod željenim imenom.

## **Zaključak**

U VJ postoji jedinstveni informacioni sistem za vođenje evidencije o kadru (KAIS). Razvoj programa za vođenje personalne evidencije nije imao za cilj izradu paralelnog informacionog sistema, već je namenjen da reši konkretne probleme u matičnoj jedinici, i da posluži kao pilot-projekat za primenu novih tehnologija. Iskustva stečena na ovom projektu mogla bi poslužiti pri migraciji KAIS-a na MS SQL Server.



Pri razvoju ovog programa korišćene su nove tehnologije, kao što su OLE DB i ADO za pristup bazama podataka i Automation koji omogućuje jednoj aplikaciji da manipuliše objektima iz druge aplikacije. Softver je razvijen u razvojnom alatu MS Developer Studio 6.0, odnosno Visual C++-u. Program se oslanja na bazu podataka MS SQL Server 2000, zbog prednosti koje ovaj paket nudi pri radu u mreži, i u uslovima kada više korisnika istovremeno pristupa bazi podataka.

Poseban kvalitet programu pruža činjenica da je obezbeđen lokalni rad sa bazom podataka MS Access, ako se iz bilo kog razloga izgubi veza sa MS SQL Serverom i ažuriranje podataka u SQL Serveru kada se veza ponovo uspostavi. Razvoj ove funkcije znatno je olakšan korišćenjem ADO tehnologije, gde je očigledna njena moć, jer se omogućuje unificiran pristup različitim bazama podataka. Sa druge strane, navedena tehnologija je omogućila da se razvojni ciklus

softvera podeli u faze, odnosno, problemi koji su se mogli rešiti i testirati u radu sa MS Accessom najpre su rešavani, a tek posle toga se pristupilo radu sa MS SQL Serverom.

Takode, značajno je što se izveštaji mogu formirati u Microsoft Word (doc) formatu, a zatim se mogu dalje koristiti, modifikovati i slati u elektronskom formatu.

Prva verzija programa je razvijena i nalazi se u fazi probnog rada, gde korisnici ispituju da li program zadovoljava njihove potrebe u poslovima vezanim za personalnu evidenciju i daju sugestije.

#### *Literatura:*

- [1] MSDN Library, Microsoft Corporation, 1998.
- [2] SQL Server Books Online, Microsoft Corporation, 2000.
- [3] Microsoft Access 2000 Biblija, zlatno izdanje, IDG Books Worldwide, 1999.
- [4] Lyn Robison, Teach Yourself Database Programming with Visual C++ in 21 Days, Sams Publishing, 1999.
- [5] Roger Jennings & Peter Hipson, Special Edition Using Visual C++6, QUE Corporation.

### Rezime:

*Ekološki pokreti u svetu su sve aktivniji, zbog stvarne ugroženosti Zemlje. Mnogobrojni su oblici i izvori zagađenja, a jedan od najvećih su motori sa unutrašnjim sagorevanjem, za koje se pretpostavlja da će još dugo dominirati kao pogonski agregati u mnogim oblastima primene. U vezi s tim moguće je delovati u dva smera: zamenom konvencionalnih goriva alternativnim i konstrukcionim izmenama na motorima radi smanjenja emisije i potrošnje goriva. Jedna od mogućnosti konstrukcionog poboljšanja motora je i smanjenje mehaničkih gubitaka, koji kod današnjih konstrukcija još uvek imaju znatan udeo u gubicima, pogotovo na parcijalnim režimima. Treba naglasiti da kompleksni problemi smanjenja potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova motora (vozila) mogu da se reše samo spregom razvoja automobilske i naftne industrije.*

*Ključne reči: motor SUS, ekologija, alternativna goriva, trendovi u konstrukciji motora, mehanički gubici.*

## IC ENGINE AND ENVIRONMENT

### Summary:

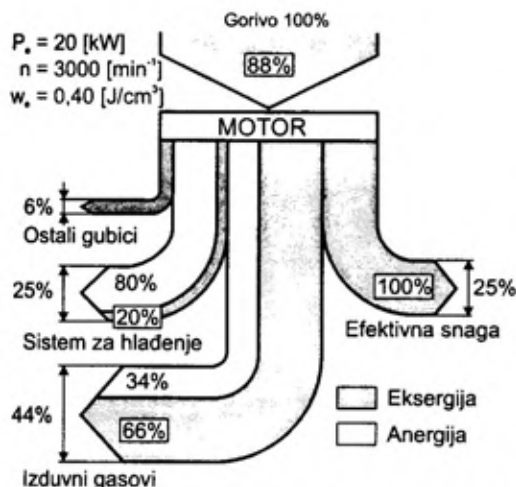
*Ecological trends and movements in the modern world grow stronger and more active, due to a real danger of Earth pollution. One of the main sources of pollution are IC engines and their influence on environment is significant. However, conventional combustion engines still are and will be dominant powering systems for numerous future applications. Two solutions are possible answers to this problem: first, the replacement of conventional fuels by alternative ones and second, modifications on the IC engine design in order to decrease fuel emission and consumption. One of the solutions for the improvement of IC engine design is the modification of engine parts or their design, with great influence on the decrease of mechanical losses, especially on partial rating. Therefore, it is important to say that complex problems of engine (automotive) decrease of fuel consumption and exhaust gas emission can be solved only by simultaneous development of oil and engine (automotive) industry.*

*Key words: IC engine, ecology, alternative fuels, engine design trends, mechanical losses.*

### Uvod

Poznato je da motor sa unutrašnjim sagorevanjem služi za transformaciju potencijalne energije goriva u mehanički rad. Nažalost, cena te transformacije sa

ekološkog aspekta je veoma visoka, jer dolazi do izbacivanja mnogih štetnih jedinjenja (ugljen-monoksida, ugljovodonika, azotnih oksida, čestica, ugljen-dioksida, benzola, sumpora, poliaromatskih ugljovodonika, itd.) u okolinu. Po-



Sl. 1 – Bilans energije (anergije i eksergije) jednog oto-motora pri delimičnom opterećenju

red toga, dolazi do isparavanja i curenja pogonskih materija, pri čemu problem predstavlja i buka motora i recikling istrošenog motora.

Međutim, ono što takođe trajno opterećuje životnu sredinu jeste otpadna energija koja se stvara pri transformaciji hemijske energije goriva u mehanički rad. Naime, poznato je da se energija sastoji od anergije (dela koji se teoretski ne može transformisati u mehanički rad) i eksergije (dela koji se teoretski može transformisati u mehanički rad). Pri toj transformaciji celokupna anergija se predaje okolini. Problem je još više izražen ako se uzme u obzir da se ni celokupna eksergija ne transformiše u mehanički rad, već samo jedan njen deo (slika 1) [1].

Nove tehnologije našle su se do sada pred najvećim izazovom – da razviju relativno jeftine alternative, koje će biti prihvatljive za kupce i ići u susret navedenom cilju. Pri tome se nepotencijalne oblasti tehnološkog razvoja uopšte ne istražuju, a zahteva se šire razmatranje har-

dvera vozila, softvera i metoda održavanja u proizvodnim i inženjerskim procesima, sve u fokusu imperativa očuvanja životne sredine.

Fundamentalne promene zahtevaju se u hardveru pogonskih agregata, u upravljanju senzorima i aktuatorima, pomoćnim uređajima, električnoj arhitekturi i snažnoj elektronici. Posebno se potencira smanjenje potrošnje goriva i emisije, uz istovremeno očuvanje korisnosti, pogodnosti za održavanje i efektivne cene [2].

### Ekološki aspekt upotrebe motora sa unutrašnjim sagorevanjem

Poslednjih godina sve se više ispituje uticaj izduvnih gasova na ljude i okolinu, o čemu se vodi računa i pri razvoju motora.

Ranije je povećanje snage i momenta motora bio osnovni cilj, a danas se, pre svega, razmatra potrošnja goriva i izduvna emisija.

Prvi propisi iz oblasti emisije pojavili su se u Sjedinjenim Američkim Državama sredinom šezdesetih godina, dok se u državama Evropske zajednice pojavljuju sedamdesetih godina. Treba istaći da savremeni oto i dizel motori samo u tragovima emituju komponente koje su dominirale pre 25 do 30 godina.

Potrošnja primarne energije kontinuirano se povećava u drumskom saobraćaju. Mada je u poslednjih 10 godina specifična potrošnja goriva smanjena kod novokonstruisanih vozila, zbog porasta snage motora nije došlo do srazmernog smanjenja potrošnje goriva u saobraćaju.

Putevima zemalja Evropske zajednice kreće se oko 100 miliona vozila, od

čega već 10 000 vozila na električni pogon sa nikel-kadmijumovim baterijama kao izvorom energije. Međutim, već postoji predlog da se od 2003. godine zabrani upotreba kadmijuma, olova, žive i heksavalentnog hroma u automobilskoj industriji [3].

U 1991. godini ugovorena proizvodnja pomoćnih dizel-generatorskih stanica brodskog tipa u svetu, čija snaga prelazi 1000 kW, iznosila je 4 441 368 kW. Motori SUS se proizvode u širokom dijazonu snaga: od najmanjeg, firme Enyu sa oznakom 25 HTV, koji ima  $d=17,55$  mm,  $s=16$  mm, i snagu 0,44 kW (za leteće modele u sportskom modelarstvu), do najmoćnijih dizel motora koji se primenjuju kao glavni brodski motori i u stacionarnim kopnenim elektrostanicama, kao što je, na primer, motor firme Mitsubishi Heavy Industries Ltd sa oznakom UEC 85 LS 11 (proizveden 1987) sa  $d=850$  mm,  $s=3150$  mm i snage 46 340 kW [4].

Posle tzv. konvencionalnih komponentata, koje su kontrolisane u početku, sve više se obraća pažnja i na sastojke u izduvnim gasovima koji nisu bili obuhvaćeni zakonskim normama, što se, pre svega, odnosi na ugljen-dioksid. Naime, ispuštanje ugljen-dioksida, a s tim u vezi i štednja goriva, sve više se ističu kao javni interes. Osnov toga je efekat staklene bašte, koji, verovatno, prouzrokuje šest gasova, među kojima sa 50% učestvuje ugljen-dioksid, sa svojim dalekosežnim posledicama. Ovaj efekat dovodi do porasta prosečne temperature na Zemlji (od 1930. godine prosečna temperatura je porasla za više od  $2^{\circ}\text{C}$ , pri čemu je polovina zagrevanja izazvana u po-

slednjih 20 godina), što je dovelo do odvajanja ledenih bregova u području Antarktika. U periodu od 1998. godine do danas leta su najtoplija, a predviđa se da bi u narednom veku prosečna temperatura mogla da poraste za  $1^{\circ}$  do  $3,5^{\circ}\text{C}$ , što bi moglo dovesti do topljenja celokupnog leda na Antarktiku. Pošto on sadrži 70% slatke vode na Zemlji, to bi moglo da dovede do porasta nivoa mora za 36 do 90 m. Godišnja globalna prirodna i antropogena emisija  $\text{CO}_2$  prikazana je na slici 2 [3].

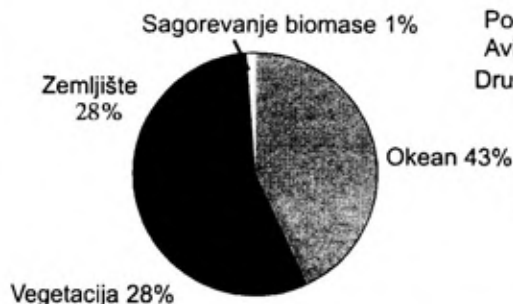
Emisija  $\text{CO}_2$  na prostoru SR Jugoslavije je u 1989. godini iznosila  $47,1 \cdot 10^6$  t, a u 1992. godini  $41,2 \cdot 10^6$  t.

U Nemačkoj je, na primer, predviđeno smanjenje  $\text{CO}_2$  za 25% u periodu 1990–2005. godine [5], što potpomaže i Udruženje automobilske industrije, koje teži da podrži nemačku državnu regulativu u njihovom nastojanju da smanje emisiju  $\text{CO}_2$ . Radi ograničenja  $\text{CO}_2$  u Nemačkoj je razmatran propis o ograničenju potrošnje goriva na 5 l/100 km u 2005. godini. U svakom slučaju, neophodno je preduzeti mere kako bi se smanjilo emitovanje gasova koji prouzrokuju efekat „staklene bašte“, pre svega ugljen-dioksida. Ipak, do smanjenja potrošnje goriva trebalo bi doći merama tehničkog unapređenja vozila [3].

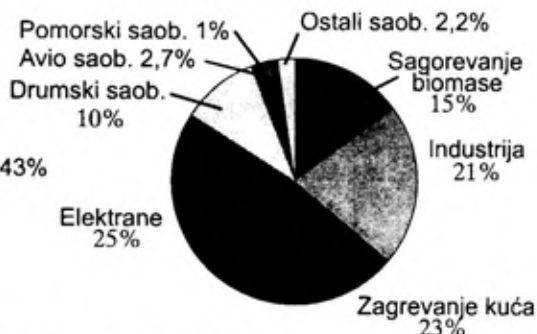
Emisija  $\text{CO}_2$  bila je razlog za razmatranje upotrebe alternativnih goriva, na osnovu čega se donosi i ocena o njihovom kvalitetu. Emisija  $\text{CO}_2$  sa raznim gorivima prikazana je na slici 3 [6].

Međutim, za budućnost alternativnih goriva presudni su proizvodni troškovi i gustina energije [6]. Na osnovu prethodnih i mnogih drugih karakteristika sa-

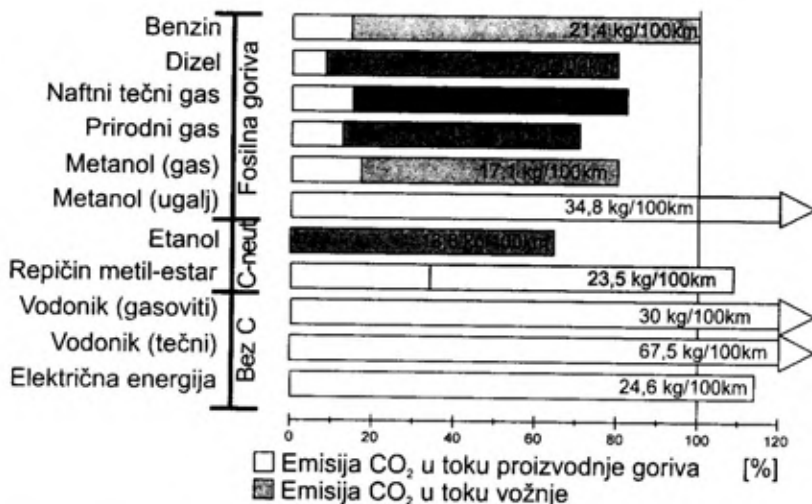
Prirodna emisija  
 $770 \times 10^9 \text{ t}$



Antropogena emisija  
 $26 \times 10^9 \text{ t}$



Sl. 2 – Globalna godišnja emisija CO<sub>2</sub>

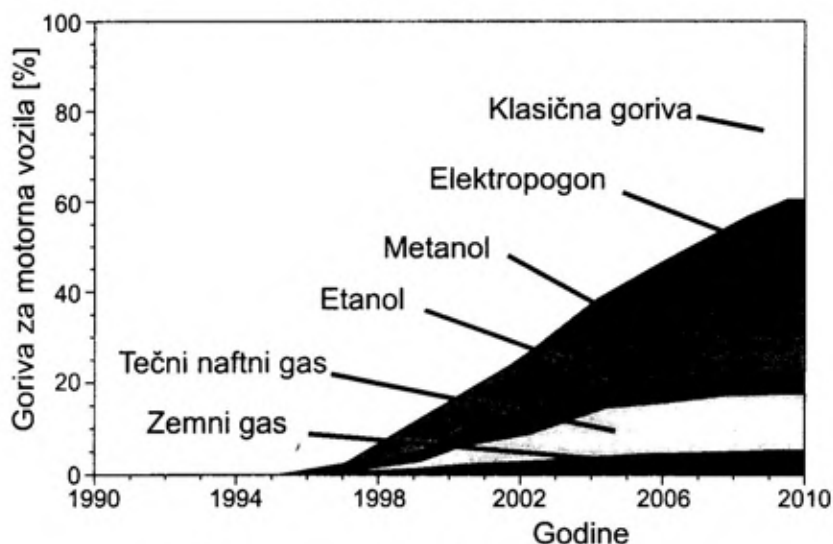


Sl. 3 – Emisija CO<sub>2</sub> sa raznim gorivima

činjena je prognoza upotrebe alternativnih goriva (slika 4) [6].

Mada su današnjim zakonskim propisima regulisane dozvoljene količine štetnih materija u izduvnoj emisiji, ostaju nerešeni još mnogi problemi. Tako, na primer, prirodni gas stvara malu količinu ugljovodonika. Poznato je da emitovani ugljovodonici fotohemijskim reakcijama

(pod dejstvom Sunčevih zraka) od kiseonika stvaraju ozon. Problem je što se taj proces odvija u donjem delu troposfere, a pospešuju ga i azotni oksidi. Proces se može usporiti samo smanjenjem količine ugljovodonika i azotnih oksida u izduvnoj emisiji. Osim ova dva uticaja gasova koji učestvuju u emisiji, potrebno je posmatrati i sadržaj kancerogenih kompo-



Sl. 4 – Prognoza upotrebe alternativnih goriva

menti, količinu čestica koje ulaze u pluća, stepen iskorišćenja energije, kao i sklonost ka stvaranju kiselina. Da bi sve to funkcionisalo, neophodna je i analiza gasova u toku rada motora (OBD) [7].

Uspesi koji su poslednjih godina postignuti u smanjenju potrošnje goriva i poboljšanju stepena korisnosti automobila veoma su značajni. Međutim, neophodni su i novi koraci u sprečavanju dugoročnog ugrožavanja života usled promene naše okoline [8].

### Globalne mere za smanjenje potrošnje goriva u motorima SUS

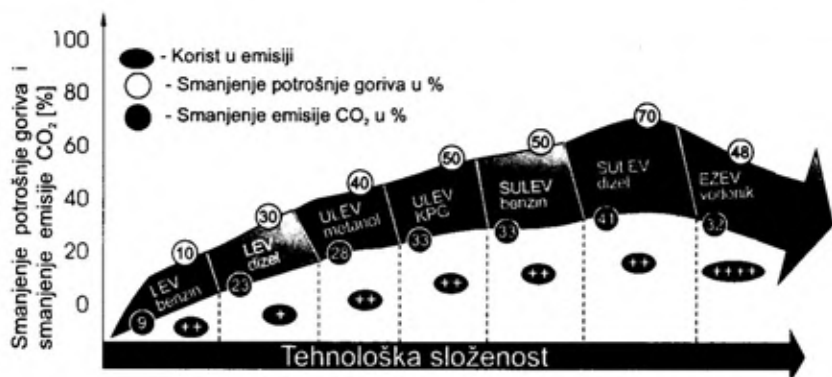
Mada se danas za motore SUS troši više energije nego što je do sada ukupno potrošeno, upotrebom novih tehnoloških rešenja postiže se sve veći stepen iskorišćenja energije. Goriva naftnog porekla poseduju najveći stepen korisnosti u pokretanju vozila, u poređenju sa drugim

izvorima energije. Bez obzira na predviđanja mnogih prednosti novih tehnologija, postoji još značajan prostor za smanjenje potrošnje goriva u motorima SUS. Na slikama 5 i 6 prikazan je spektar različitih tehnologija, uzimajući u obzir i potrošnju alternativnih goriva [2].

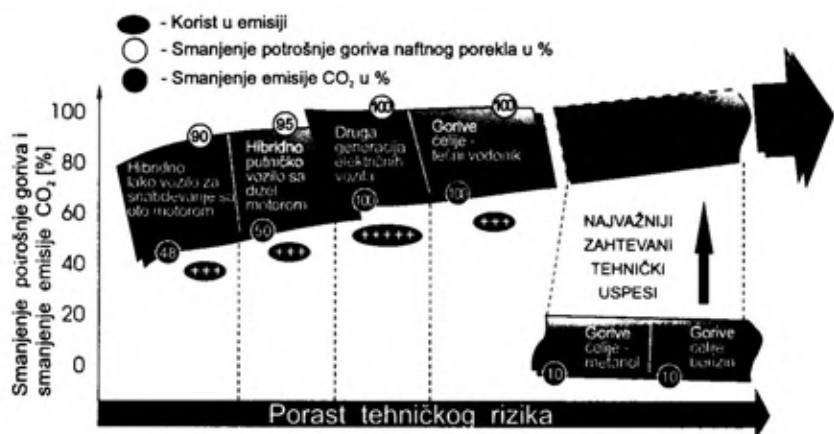
U daljoj budućnosti hibridna vozila i gorive ćelije nude suštinsko smanjenje potrošnje goriva i smanjenje emisije. Vozila na električni pogon imaće određeno vreme teškoća u odnosu na alternativna goriva, pre svega zbog njihove cene i ograničenog radijusa kretanja [2].

Kada su u pitanju oto-motori, najveće smanjenje štetne emisije može da se ostvari povećanom primenom katalizatora, od čijeg rada zavisi i kvalitet smeše, tako da smanjenje potrošnje može da se postigne zahvaljujući samo sekundarnim merama, kao što je smanjenje trenja. Za snagu motora koja se troši na trenje veoma su važne mase, pa su za brzo rešenje





Sl. 5 – Trend razvoja novih izvora snage u bliskoj budućnosti  
(LEV – vozilo sa niskom emisijom, ULEV – vozilo sa ultraniskom emisijom, KPG – komprimovani prirodni gas, SULEV – vozilo sa superultraniskom emisijom, EZEV – vozilo sa emisijom ekvivalentnoj nultoj emisiji)



Sl. 6 – Neizbežna ekološka vozila

ovog problema na raspolaganju sredstva poput proračunskog postupka za smanjenje masa, što opet može da utiče na sigurnost, a time i na otkaze konstrukcije, tako da ovakav prilaz ima ograničenja. Takođe, optimizacijom pomoćnih uređaja i opreme motora može da se postigne napredak u smanjenju potrošnje goriva.

Za vreme vožnje u uslovima gradskog saobraćaja, motor funkcioniše na

praznom hodu oko trećine vremena. Zbog toga potrošnja motora na praznom hodu ima značajan uticaj na potrošnju u gradskoj vožnji. Potrošnja goriva na praznom hodu menja se skoro linearno sa promenom broja obrtaja na praznom hodu.

Smanjenje potrošnje goriva na praznom hodu postiže se, naročito kod malih motora, smanjenjem inercionih masa i

visokim nazivnim brojem obrtaja, što su visoki zahtevi prema sistemu za ubrizgavanje goriva. To se postiže novim sistemima za ubrizgavanje sa brzom reakcijom, pri čemu se postiže minimalan stabilan broj obrtaja koji je blizak teoretskom.

Nažalost, u opštem slučaju, motor ne može na praznom hodu da postiže ovako nizak broj obrtaja, jer pomoćni agregati, kao što su generator i pogon klima-uređaja, zahtevaju više brojeva obrtaja.

Najviše iztraživača uključeno je u istraživanje poboljšanja stepena korisnosti motora putem poboljšanja radnog ciklusa, gde se nude razna rešenja. Jedno vreme propagirana je upotreba visokih stepena kompresije kod oto-motora, što je zahtevalo goriva sa visokim oktanskim brojem. Zatim je predlagana veća upotreba dizel motora u putničkim automobilima, sa različitim formama direktnog ubrizgavanja. Izučavani su „egzotični“ prilazi radnom ciklusu motora, kao što je stirlingov, radi poboljšavanja stepena korisnosti, pre svega u automobilskim motorima. Za primenu na kamionima izvesno vreme su nudeni takozvani adijabatski motori kao pravo rešenje. Njima je predskazivana velika budućnost zbog veće tolerancije u odnosu na kvalitet goriva, smanjenja izduvne emisije, kao i smanjenja potrošnje goriva od čak 17%. Međutim, posle prvog zanosa, pojavili su se radovi kao što je [1], koji su opovrgli ova predviđanja.

Dakle, radi smanjenja potrošnje goriva kod oto-motora predviđaju se sledeće intervencije [9]:

- optimizacija motor-menadžmenta;
- smanjenje snage potrošača;

- smanjenje snage koja se gubi zbog trenja;
- primena start-stop automatike;
- smanjenje broja obrtaja praznog hoda;
- povećanje stepena kompresije;
- primena promenljivog stepena kompresije;
- smanjenje toplotnih gubitaka;
- formiranje homogene siromašne smeše;
- direktno ubrizgavanje;
- primena varijabilnog sistema razvoda;
- primena natpunjenja;
- isključivanje pojedinih cilindara;
- optimizacija menadžmenta vozila.

Savremeni dizel motori sa direktnim ubrizgavanjem nastoje se poboljšati tako da postanu slični dizel motorima sa indirektnim ubrizgavanjem. Međutim, pri tome se prilično komplikuje konstrukcija (kasno prethodno ubrizgavanje, visok pritisak ubrizgavanja, brizgaljka sa više mlaznica malih prečnika, recirkulacija izduvnih gasova – EGR, itd.). Rehabilitacija novih dizel motora sa indirektnim ubrizgavanjem nije moguća u daljem razvoju. Mogućnosti unapređenja nalaze se jedino u savremenim znanjima o termokinetici i u obezbeđenju ranijih hemijskih reakcija.

Budući dizel motori će povećati ili prevazići neke parametre oto-motora, a zahtevi će obuhvatiti i nizak sadržaj  $\text{CO}_2$ , HC,  $\text{NO}_x$ , CO i PM (približno 50% od vrednosti EURO III), kao i teških metala u emisiji.

Povećanje maksimalne temperature ciklusa, pri konstantnim  $p_{\max}$ ,  $T_0$  i  $p_1$ , poboljšava dinamičke parametre, ali pogoršava parametre ekonomičnosti. Maksi-

malne temperature određene su sadržajem  $\text{NO}_x$ , odnosno intenzitetom njegovog formiranja. Kontrolni parametri mogu da budu EGR i kasnije prethodno ubrizgavanje.

Parametri ekonomičnosti se poboljšavaju sa smanjenjem opterećenja pri kvalitativnoj regulaciji snage, na parcijalnom opterećenju motora i pri konstantnim  $p_{\max}$ ,  $T_{\max}$  i  $T_0$ .

Motori SUS još uvek pripadaju grupi prosperitetnih. Njihov kapacitet, pouzdanost i ekonomičnost do sada nisu ugroženi drugim alternativnim izvorima, često čak ni u pogledu odnosa prema životnoj sredini. Dizel i oto-motori imali su najznačajniji napredak u poslednjih 25 godina, bez obzira na njihovo postojanje više od 100 godina. Napredak se ogleda u smanjenju potrošnje goriva i emisije (gasoviti i čvrsti zagađivači, buka, vibracije), kao i u poboljšanju ostalih glavnih parametara (snaga, trajnost, pouzdanost, tehnološki konstrukcije, itd.).

U tabeli su prikazane tendencije u razvoju motora i saglasno njima novi zahtevi prema kvalitetu ulja [10].

Motori SUS imaju mogućnosti daljeg razvoja koje se nalaze u njihovom termodinamičkom i tehničkom potencijalu (TDI i GDI tipovi motora, primena mikroelektronike za: optimizaciju radnog ciklusa, kontrolu promenljive geometrije turbine, pogona ventila, formiranje smeše i katalitičkih uređaja, za pritisak natpunjenja, u međuhlađenju i sistemu hlađenja i u ostalim sistemima).

Već je počela serijska proizvodnja automobila za četiri osobe, sa srednjom potrošnjom goriva na nivou 3 l/100 km, sa potpunom primenom standarda EURO III i EURO IV u regulaciji emisije.

#### *Tendencije u razvoju motora i novi zahtevi prema kvalitetu ulja*

| Tendencije u razvoju motora      |                             | Zahtevi prema kvalitetu ulja |   |
|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|---|
| Specifična snaga                 | ↑                           | Oksidaciona stabilnost       | ↑ |
| Broj obrtaja motora              | ↑                           | Termička stabilnost          | ↑ |
| Uvođenje turbopunjenja           | ↑                           | Isparljivost                 | ↓ |
| Viševentilski motori             | ↑                           | Sintetička baza              | ↑ |
| Hidraulični podizači             | ↑                           | Disperzivnost                | ↑ |
| Promenljiva šema razvoda         | ↑                           | Smicajna stabilnost          | ↑ |
| Protok vazduha oko motora        | ↑                           | Tendencija penušanja         | ↓ |
| Zapremina ulja u koritu          | ↓                           | Sulfatni pepeo               | ↓ |
| Potrošnja ulja                   | ↓                           | Sadržaj fosfora              | ↓ |
| Interval zamene ulja             | ↑                           | Protivhabajuće osobine       | ↑ |
| Trajanje katalizatora            | ↑                           |                              |   |
| Povećanje ekonomičnosti          | ↑                           |                              |   |
| Pozicija prvog klipnog prstena   | ↑                           |                              |   |
| Klip iz dva dela za dizel motore | ↑                           |                              |   |
| Sumpor u gorivu                  | ↓                           |                              |   |
| Smanjenje emisije                | Recirkulacija izd. gasova   | ↑                            |   |
|                                  | Optimiz. ugla predubrizgav. | ↑                            |   |
|                                  | Visokoprit. ubrizgavanje    | ↑                            |   |

Motori SUS imaju takav termodinamički potencijal koji im garantuje uspešan razvoj i u XXI veku [11].

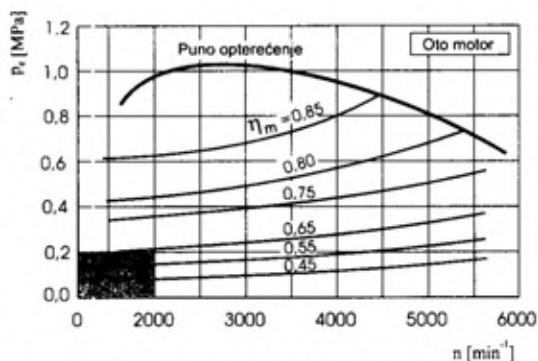
#### **Uloga mehaničkih gubitaka motora SUS u smanjenju potrošnje goriva**

Ključne tačke u razvoju motora SUS su: povećanje snage, smanjenje potrošnje

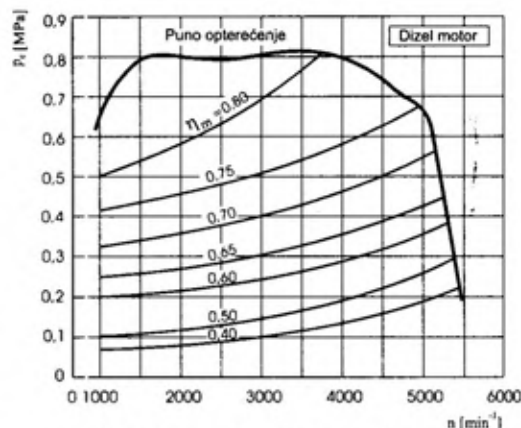
goriva i smanjenje štetne emisije. U tom kontekstu, stepen korisnosti motora ima odlučujuću ulogu, a osim indikatorskog stepena korisnosti ( $\eta_i$ ), koji zavisi od procesa sagorevanja, sve veći značaj ima i mehanički stepen korisnosti ( $\eta_m$ ).

Tendencija smanjenja potrošnje goriva kod motora za vozila neposredno je povezana sa zakonskom regulativom po pitanju emisije izduvnih gasova. Smanjenje mehaničkih gubitaka, u duhu ove tendencije, nema praktično nikakav negativan uticaj na emisiju, što je veoma povoljno [12].

Mehanički stepen korisnosti ( $\eta_m$ ) postaje interesantan, posebno zbog porasta intenziteta gradskog saobraćaja. Po navodima iz literature ovaj stepen korisnosti kod klipnih motora iznosi 70 do 90%, što znači da mehanički gubici iznose 10 do 30%, što se u određenoj meri manifestuje na povećanje potrošnje goriva. Redak je slučaj da se postiže nazivna vrednost mehaničkog stepena korisnosti, jer ona može da se realizuje samo u usko ograničenom području rada motora. Na slici 7 prikazano je radno polje jednog oto-motora sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti [13]. Naročito je nepovoljan rad motora pri manjim snagama i nižim brojevima obrtaja. U praksi se pokazalo da se kod vozila srednje klase 60% goriva troši u uslovima parcijalne snage, sa srednjim efektivnim pritiskom  $p_e=0,2$  MPa. Mehanički stepen korisnosti motora u tim uslovima iznosi 50%, i manje. Ova činjenica uvažava se i kod dizel motora, i to od automobilskih do brodskih varijanti, jer ovi motori već dostižu najveći stepen korisnosti od svih toplotnih mašina (1987. godine firma Mitsubishi Heavy Industries Ltd je kon-



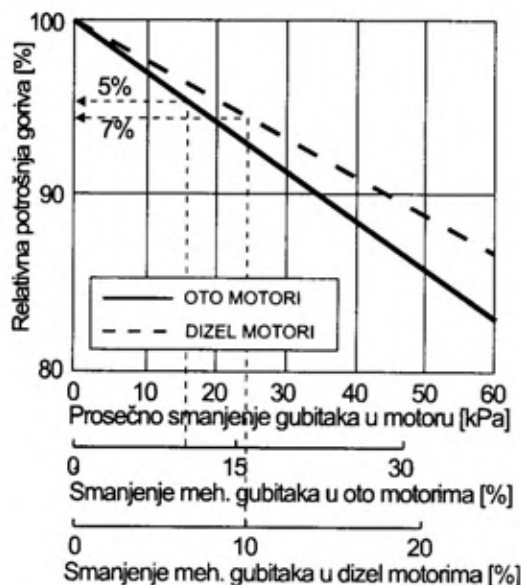
Sli. 7 – Radno polje jednog oto-motora ( $V_h = 1,3$  l) sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti



Sli. 8 – Radno polje jednog dizel motora ( $V_h = 1,5$  l) sa linijama konstantnog mehaničkog stepena korisnosti

struisala brodski motor UEC 85 LS 11, sa specifičnom potrošnjom goriva od 156 g/kWh.). Na slici 8 prikazano je radno polje jednog brzohodnog automobilskeg dizel motora, koje je slično kao kod oto-motora [14].

Smanjenjem trenja postiže se ušteda u gorivu, jer se povećava mehanički stepen korisnosti. U literaturi [13] prikazana je moguća ušteda u potrošnji goriva smanjenjem trenja. U najpovoljnijoj tački radnog polja postiže se smanjenje trenja



Sl. 9 – Efekat smanjenja mehaničkih gubitaka u motoru na potrošnju goriva motora za putnička vozila

od 10%, a time i smanjenje potrošnje goriva za ukupno 2%. Pri  $\eta_m = 0,5$  (što odgovara gradskoj vožnji), trenje se smanjuje od 10% a time i ušteda u gorivu od 10%. To pokazuje značaj mehaničkog stepena korisnosti, naročito pri radu motora u uslovima gradskog saobraćaja, sa pretežnim učešćem parcijalnog opterećenja.

Ako je težište u poboljšanju mehaničkog stepena korisnosti, to se postiže analizom gubitaka u motoru. Iz raspodele gubitaka može da se utvrdi koji konstrukcioni sklopovi imaju najveći uticaj na mehaničke gubitke (detaljnija analiza je data u [15]).

Pod uslovom da trenje u klipno-cilindarskom sklopu učestvuje u ukupnim mehaničkim gubicima motora sa 40%, smanjenjem ovih gubitaka u ovom sklopu za 25% može se smanjiti potrošnja goriva pri  $\eta_m = 0,5$  za oko 9%, a pri  $\eta_m = 0,75$  još oko 3%. Međutim, i na radnoj tački sa

velikim brojem obrtaja i/ili velikim opterećenjem, može da se postigne smanjenje trenja, naročito konstruktivnim merama na klipnu i klipnim prstenovima [16].

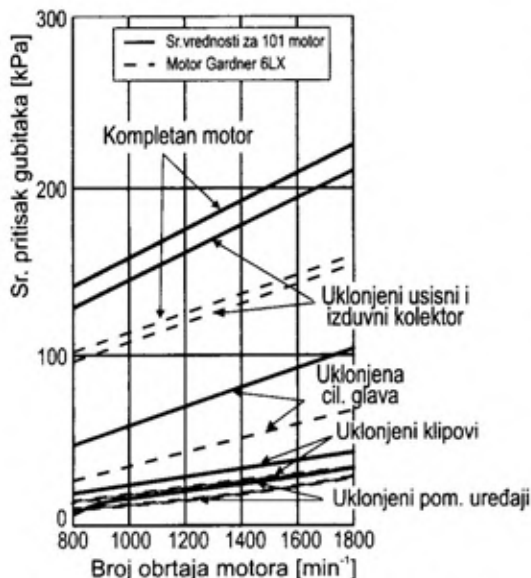
Najveći uticaj mehaničkih gubitaka na potrošnju goriva izražen je pri delimičnom opterećenju automobila. Veličina uštede ilustrovana je i proračunima koje su sprovedli Ojler, Zbrozek i Blumberg, a prikazana je na slici 9 [17].

Iz ovih radova može da se uoči da smanjenje mehaničkih gubitaka u oto-motorima za 10% donosi uštedu u potrošnji goriva za oko 5%, dok kod dizel motora donosi uštedu od oko 7%.

Da je smanjenje mehaničkih gubitaka za 10% relativno teško postići pokazano je u literaturi [17]. Navodi se da rasipanje mehaničkih gubitaka kod nekih tipova oto-motora iznosi oko 10%. Kada se upoređuju mehanički gubici u funkciji broja obrtaja dva nominalno identična dizel motora zapremine 1,6 l, vidi se da razlika iznosi oko 10%. To znači da ako mogu da se proizvedu svi motori tako da njihovi mehanički gubici budu u granicama rasipanja najboljih motora, već na taj način može da se ostvari 5% smanjenja potrošnje goriva, bez ikakvih promena u konstrukciji motora.

Kamionski motori 70% od potrošenog goriva sagore na režimu punog opterećenja, tako da bi se moglo zaključiti da su mehanički gubici relativno nevažni za ove motore. Međutim, nije baš tako. Poređenje gubitaka u motoru Gardner 6LX sa motorima sličnog prečnika cilindra i hoda klipa pokazuje mogućnost postojanja velike razlike između karakteristika gubitaka kamionskih motora (slika 10), što ima znatne posledice na efektivne pokazatelje motora [17].





Sl. 10 – Gubici u motoru Gardner 6LX i tipični gubici za 10 l kamionski motor

U ovom slučaju motor Gardner je imao niži stepen kompresije, niži specifični pritisak klipnih prstenova i manje gubitke na ležajevima i pomoćnim uređajima u poređenju sa njegovim konkurentima. To je rezultiralo 50% manjim mehaničkim gubicima, odnosno 10% manjom potrošnjom goriva pri punom opterećenju. Poboljšanjem konstrukcije automobilskih motora mogu da se smanje mehanički gubici i realno smanji potrošnja goriva. Međutim, ne treba očekivati smanjenje potrošnje goriva kao što se to može ostvariti optimizacijom sagorevanja [17].

## Zaključak

Pri projektovanju i razvoju motora neophodno je uvažavati zakone prirode.

Motori za novi vek treba da predstavljaju rezultat svih dostignuća nauke i

tehnologije, pri čemu je težište na: performansama, ekonomičnosti, ekologiji u užem i širem smislu, reciklingu, sirovinama i novim materijalima, obnovljivim izvorima energije.

Kompleksni problemi smanjenja potrošnje goriva i emisije izduvnih gasova motora mogu da se reše samo spregom razvoja automobilske i naftne industrije [10].

## Literatura:

- [1] Gruden, D.; Kuper, P. F.: *Energiebilanzen modernen Otto-motoren* Automobil Industrie 4, 07/1989., st. 391–397.
- [2] Botti, J., Miller, C.: *Removing the automobile from the environmental equation*, Engine Technology International, 1999., st. 14–16.
- [3] VW – *Forschung für die Zukunft Kraftstoffersparung durch Fahrzeugtechnik*.
- [4] Ведерников, Д. Н.; Шляхтов, В. А.: *Решение трибологических проблем движителей внутреннего сгорания: современная практика изданных и перспективных (по материалам зарубежной печати)*, Трение и износ, том 15 № 1, январь – февраль, 1994., st. 138–147.
- [5] Speckens, F. W.; Hermens, F. G.; Bück, J.: *Konstruktive Wege zum reibungsarmen Ventiltrieb*, MTZ 03/1998., st. 176–181.
- [6] Gruden, D.: *Goriva i ekologija vozila*, Monografija: Istraživanja u oblasti motora SUS, MF Kragujevac, 2000.
- [7] Boch, C.: *Wirkungsorientierte Bewertung von Automobilgasen*, MTZ 11/1998., st. 716–721.
- [8] Esch, T.: *Verbrauchersparung durch bedarfsgerechten Antrieb der Nebenaggregate*, MTZ 7–8/1994., st. 416–431.
- [9] Kollmann, K.; Niefer, H.; Panten, D.: *Wohin führt die Weiterentwicklung der Ottomotoren*, MTZ 10/1998., st. 630–642.
- [10] Pešić, R. i drugi: *Trendovi u razvoju savremenih motora i pogonskih materijala za vozila*, Stručno savetovanje GALAX '98, Kopaonik 1998., Zbornik radova, st. 127–137.
- [11] Urban, J.; Rusnak, R.: *The Thermodynamic Potential of the Internal Combustion Engines Before XXI Century*, 1998.
- [12] Samerski, L.: *Low – friction piston*, Karl Schmidt (publikacija).
- [13] Thiele, E.: *Ermittlung der Reibungsverluste in Verbrennungsmotoren*, MTZ 06/1982., st. 253–258.
- [14] Thiele, E.: *Mechanische Reibungsverluste in Hubkolbentriebswerken*, Institut für Kolbenmaschinen, Universität Hannover, 1985.
- [15] Gradin, B. Z.: *Analiza mehaničkih gubitaka dizel motora sa direktnim ubrizgavanjem*, magistarski rad, MF Beograd, 2000.
- [16] Halsband, M.: *Messung und Optimierung der Reibungsverluste der Kolbengruppe – Teil 1*, MTZ 11/1994., st. 664–671.
- [17] Monaghan, M. L.: *Engine Friction – a Change In Emphasis*, The Institution of Mechanical Engineering, BP Tribology Lecture, 1987., p. 14.



Živomir Radojković,  
dr sc. med. rada  
Dejan Živković,  
dipl. inž.  
Gradimir Basarić,  
dipl. inž.  
Institut za medicinu rada,  
ZPM VMA, Beograd

## ŠTETNI FAKTORI U RADNIM I KONTROLNIM PROSTORIJAMA POGONA NA RATNIM BRODOVIMA

UDC: 614.87 : 623.836.5

### Rezime:

*Na devet ratnih brodova (sedam borbenih i dva pomoćna) RM VJ ispitivani su štetni faktori u motorskim i turbinskim prostorima kao i kontrolnim kabinama motorskog prostora. Utvrđeno je da zaposleni u navedenim prostorima rade u uslovima nedovoljne osvetljenosti, da su izloženi visokoj temperaturi, buci, vibracijama, a potencijalno i izduvnim gasovima. Izmereni nivoi buke u motorskim i turbinskim prostorima iznosili su 104–124 dB(A), i bili su znatno iznad dopuštenog nivoa od 85 dB(A), dok je u kontrolnim kabinama većine brodova buka bila ispod nivoa od 80 dB(A). U kontrolnim kabinama dva ratna broda buka je bila iznad dozvoljenog nivoa i iznosila je 83 dB(A) i 95 dB(A). Buka kojoj su izloženi zaposleni u motorskim i turbinskim prostorima može da dovede do oštećenja čula sluha, ukoliko se ne koriste predviđena zaštitna sredstva.*

*Ključne reči: ratni brodovi, štetni faktori, buka.*

## HARMFUL FACTORS IN ENGINE-ROOMS AND MACHINERY CONTROL-ROOMS ON WARSHIPS

### Summary:

*Harmful factors in engine and machinery control rooms on 9 warships (7 combat and 2 auxiliary ships) were examined. The results show that crews on these ships work in conditions of insufficient luminance, elevated air temperature, noise, vibration, and possibly are exposed to exhaust gases. The entire noise levels in engine and turbine rooms were between 104 dB(A) and 124 dB(A), and they were significantly above the permissible levels of 85 dB(A) and 80 dB(A). On two ships, in machinery control-rooms, the entire noise was above the permissible level (83 dB(A) and 95 dB(A)). These mentioned noise levels could lead to hearing damage if the self protecting devices for hearing protection are not used.*

*Key words: warships, harmful factors, noise.*

### Uvod

Savremeni ratni brodovi mogu biti nezavisni od baza na kopnu (uz eventualno snabdevanje na moru) u periodu od nekoliko dana do nekoliko meseci. Njihovim razvojem i modernizacijom me-

njali su se i uslovi rada i života na njima, pa se može reći da su vrlo specifični. Naime, posade su stalno prisutne na brodu i izložene su uticaju štetnih faktora ne samo kada su na svom radnom mestu već i u vreme van radnih aktivnosti, tj. u fazi odmora. Osim toga, rad i život na ratnim

brodovima odvijaju se na vrlo ograničenom prostoru, što još više potencira štetno dejstvo noksi [2].

Najveći broj štetnih faktora, koji postoje na brodovima, nastaje u pogonskom delu broda, koji čine motorski i turbinski prostor u kojima se nalaze pogonski motori, pomoćni motori, turbine i drugi uređaji velike snage, pri čijem se radu stvaraju buka, vibracije i izduvni gasovi. Prenosjenju ovih noksi sa mesta nastanka na ostale delove broda pogoduje kompaktna metalna konstrukcija broda (za buku i vibracije), dok se izduvni gasovi preko izduvnih cevi izbacuju u spoljašnju sredinu, pa u slučaju njihove loše zaptivenosti mogu da dospeju u unutrašnjost broda. Ovaj problem je posebno izražen na manjim ratnim brodovima kod kojih su, zbog skućenog prostora, ostale prostorije (za rad i odmor) smeštene vrlo blizu pogonskog dela broda.

Zbog toga je važno da se sagledaju štetni faktori na ratnim brodovima na mestu njihovog nastanka, i predlože odgovarajuće mere zaštite radi sprečavanja njihovog prenošenja na ostale delove broda.

U ovom radu opisano je ispitivanje uslova radne sredine u pogonskom delu i kontrolnim kabinama pogonskog dela na ratnim brodovima i utvrđeno koji su štetni faktori najčešći. Na osnovu toga predložene su odgovarajuće mere čijim bi se sprovođenjem smanjio intenzitet štetnih faktora i sprečilo njihovo nepovoljno dejstvo na zdravlje članova posade.

## Materijal i metode merenja i rezultati

Ispitivanje uslova radne sredine obuhvatalo je merenje sledećih parametara:

mikroklimе, osvetljenosti, buke, vibracija, hemijskih štetnih materija i ventilacije, kao i sticanje uvida u primenu mera zaštite na radu. Ispitivanja su sprovedena u pogonskom delu i kontrolnim kabinama pogonskog dela, na ukupno devet ratnih brodova (sedam borbenih – BB i dva pomoćna – PB), u toku periodičnog ispitivanja uslova radne sredine.

Za ocenu rezultata ispitivanja parametara radne sredine korišćeni su domaći i strani normativi.

Mikroklimate merenja obavljena su u letnjem periodu na devet ratnih brodova. Spoljašnja temperatura vazduha kretala se u rasponu od 17,1 do 28,5°C, a relativna vlažnost vazduha od 51 do 86%. U tabeli 1 prikazani su rezultati merenja mikroklimе u motorskom i turbinskom prostoru i u kontrolnim kabinama pogonskog dela ratnih brodova.

Tabela 1

Rezultati merenja parametara mikroklimе na ratnim brodovima

| Red br. | Vrsta broda | Motorski prostor |         | Turbinski prostor |         | Kontrolna kabina |         |
|---------|-------------|------------------|---------|-------------------|---------|------------------|---------|
|         |             | t °C             | Teff °C | t °C              | Teff °C | t °C             | Teff °C |
| 1.      | BB-1        | 29,8             | 24,9    | 29,5              | 24,7    | 23,9             | 21,1    |
| 2.      | BB-2        | 30,1             | 25,0    | -                 | -       | 20,7             | 18,8    |
| 3.      | BB-3        | 32,6             | 25,4    | 31,3              | 25,3    | 26,2             | 22,8    |
| 4.      | BB-4        | 38,0             | 28,8    | -                 | -       | 30,7             | 25,8    |
| 5.      | BB-5        | 34,5             | 26,1    | -                 | -       | 30,5             | 25,6    |
| 6.      | BB-6        | 34,5             | 26,2    | -                 | -       | 28,6             | 24,5    |
| 7.      | BB-7        | 31,9             | 25,8    | -                 | -       | 31,5             | 25,9    |
| 8.      | PB-1        | 29,2             | 24,9    | -                 | -       | -                | -       |
| 9.      | PB-2        | 29,6             | 23,7    | -                 | -       | 24,8             | 21,7    |

Može se zapaziti da je najviša temperatura vazduha (t °C) izmerena u motorskom prostoru na BB-4, a najniža u motorskom prostoru PB-1. U motorskom prostoru ostalih brodova takođe su izmerene visoke temperature vazduha, jer su efektivne temperature (Teff °C) u svim motorskim prostorima bile znatno iznad

gornje granice zone komfora (17,2 – 21,2 °C), a iznosile su od 23,7 do 28,8 °C.

U turbinskom prostoru dva ratna broda takođe su izmerene visoke temperature vazduha koje su bile uzrok visokih efektivnih temperatura u ovim prostorima.

U kontrolnim kabinama motorskog i turbinskog prostora bile su nešto niže temperature vazduha u odnosu na prethodno navedene (20,7 – 30,7 °C), ali su efektivne temperature bile, takođe, povišene na svim brodovima, a jedino su na BB-1 i BB-2 efektivne temperature bile u granicama zone komfora.

Relativna vlažnost vazduha u motorskim i turbinskim prostorima iznosila je 31 do 49%, a u kontrolnim kabinama 43 do 66%, odnosno u granicama optimalnih vrednosti.

Opšta i lokalna osvetljenost motorskog i turbinskog prostora nije zadovoljila normativne zahteve od 50, 80 i 150 lx (normirano prema vrsti posla koji se obavlja), po JUS-u, na oko 50% mernih mesta [3], a osvetljenost kontrolnih kabina motorskih i turbinskih prostora nije zadovoljila normativne zahteve od 80 i 150 lx na 41,2% mernih mesta. Nedovoljna osvetljenost uglavnom je posledica neispravnosti postojećih svetlosnih izvora, a u manjoj meri se javlja zbog nedovoljnog broja svetlosnih izvora.

Ukupni nivoi buke mereni su u pogonskim prostorima (motorskom i turbinskom) i kontrolnim kabinama motorskog prostora na devet ratnih brodova, a dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 2.

Upoređivanjem rezultata merenja nivoa buke prikazanih u tabeli 2, i dopuštenih nivoa buke s obzirom na vrstu delatnosti, može se konstatovati sledeće:

Tabela 2  
Nivoi buke u dB(A) u pogonskim prostorijama i kontrolnim kabinama

| Red. br. | Vrsta broda | Motorski prostor |           | Turbinski prostor |           | Kontrolna kabina |           |
|----------|-------------|------------------|-----------|-------------------|-----------|------------------|-----------|
|          |             | izmereni         | dopušteni | izmereni          | dopušteni | izmereni         | dopušteni |
| 1.       | BB-1        | 113              | 80        | 114               | 80        | 79               | 70        |
| 2.       | BB-2        | 105              | 80        | -                 | -         | 75               | 70        |
| 3.       | BB-3        | 114              | 80        | 115               | 80        | 73               | 70        |
| 4.       | BB-4        | 115              | 80        | -                 | -         | 83               | 75        |
| 5.       | BB-5        | 124              | 80        | -                 | -         | 95               | 75        |
| 6.       | BB-6        | 106              | 80        | -                 | -         | 79               | 75        |
| 7.       | BB-7        | 107              | 80        | -                 | -         | -                | -         |
| 8.       | PB-1        | 104              | 80        | -                 | -         | -                | -         |
| 9.       | PB-2        | 107              | 80        | -                 | -         | 75               | 70        |

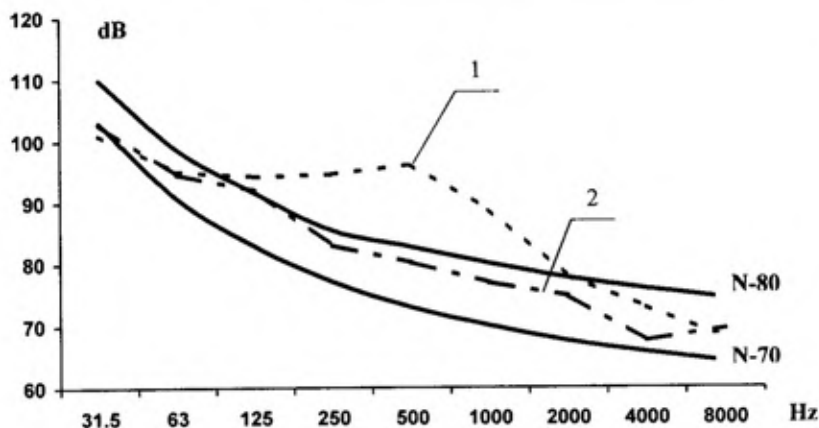
– u motorskim prostorima brodova izmereni ukupni nivoi buke bili su 104 do 124 dB(A) i znatno prelaze dopušteni nivo buke od 80 dB(A), koji se odnosi na ometanje delatnosti koja se obavlja u tom prostoru, pri čemu buku stvara uređaj koji opslužuje radnik;

– u turbinskim prostorima izmereni ukupni nivoi buke, od 114 do 115 dB(A), na brodovima BB-1 i BB-3, znatno prelaze dopušteni nivo buke od 75 dB(A), koji se odnosi na ometanje delatnosti (rutinski rad pretežno mentalnog karaktera) koja se obavlja u tom prostoru, a buku stvara uređaj koji opslužuje radnik;

– u motorskim i turbinskim prostorima izmereni nivoi buke, takođe, prelaze i dopušteni nivo od 85 dB(A), koji se odnosi na mogućnost oštećenja čula sluha;

– u kontrolnim kabinama nivo buke je daleko niži od nivoa buke u motorskim i turbinskim prostorima [4].

U kontrolnim kabinama motorskih prostora izmereni ukupni nivoi buke na BB-1, BB-2, BB-3 i PB-2 prelaze dopušteni nivo od 70 dB(A), koji se odnosi na ometajuće dejstvo buke, kako na neposredno sporazumevanje govorom i po-



Oktavna analiza buke u kontrolnim kabinama motorskih prostora borbenih brodova: 1 – tip 5, 2 – tip 4

sredno sporazumevanje sredstvima komunikacije, tako i na obavljanje delatnosti u kabinama. Izmereni ukupni nivoi buke na brodovima BB-4, BB-5 i BB-6 prelaze dopušteni nivo od 75 dB(A), s obzirom na vrstu delatnosti. Nivo buke na brodu BB-5 prelazi i dopušteni nivo od 85 dB(A), koji se odnosi na mogućnost oštećenja čula sluha.

Zbog toga je izvršena oktavna analiza nivoa zvučnog pritiska na ovim radnim mestima, a rezultati analiza za dva broda, BB-4 i BB-5, kod kojih su i najizraženiji nivoi buke od 83 dB(A) i 95 dB(A), sukcesivno, prikazani su grafički na slici.

Sa grafikona se vidi da nivoi zvučnog pritiska kod ovih brodova prelaze dopuštene nivoe zvučnog pritiska određene normativnom krivom N-70 (koja se odnosi na dopušteni nivo s obzirom na ometajuće dejstvo buke) u oktavama sa centralnim frekvencijama od 63 Hz do 8 000 Hz.

Kod broda BB-5 izmereni nivoi u oktavama sa centralnim frekvencijama

od 125 do 2 000 Hz prelaze nivoe zvučnog pritiska određene normativnom krivom N-80 (koja se odnosi na dopušteni nivo s obzirom na mogućnost oštećenja sluha).

Izvršena je frekventna analiza ubrzanja opštih vibracija u toku plovidbe svih brodova, pri radu motora sa pola snage i punom snagom, u sledećim prostorijama: kontrolnoj kabini (na sedištu), glavnom motorskom prostoru (na podu) i pomoćnom motorskom prostoru (na podu).

Na osnovu upoređenja izmerenih ubrzanja sa graničnim (dopuštenim) veličinama koje su određene za zaštitu radnih sposobnosti, utvrđeno je da su ubrzanja u kontrolnoj kabini i glavnom motorskom prostoru za oba režima rada motora, a u pomoćnom motorskom prostoru u toku rada motora sa pola snage na svim brodovima, manja od graničnih veličina određenih za neprekidno izlaganje u trajanju od 24 h, pa se njihov uticaj na radnu sposobnost članova posade može zanemariti [5].

Za vreme rada motora punom snagom, u pomoćnom motorskom prostoru, na BB-5 izmereno je kritično ubrzanje od  $2,26 \text{ m/s}^2$  u terci sa centralnom frekvencijom od 40 Hz, za koje maksimalno dozvoljeno vreme izlaganja traje 5 h 28 min.

U prvom motorskom prostoru BB-6, za vreme rada motora povećanom snagom, izmereno je kritično ubrzanje od  $0,68 \text{ m/s}^2$  u terci sa centralnom frekvencijom od 1,6 Hz za koje maksimalno dozvoljeno vreme neprekidnog izlaganja iznosi 5 h 56 min.

U motorskom prostoru BB-7, za vreme rada motora punom snagom, izmereno je kritično ubrzanje od  $4,62 \text{ m/s}^2$  u terci sa centralnom frekvencijom od 63 Hz, za koje je maksimalno dozvoljeno vreme neprekidnog izlaganja 3 h 35 min (tabela 3).

Ispitivanja koncentracije izduvnih gasova motora sa unutrašnjim sagorevanjem ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ) i naftnih isparenja vršena su u prostoru glavnih motora i prostoru pomoćnih mašina svih brodova. U motorskim prostorima većine brodova izmerene koncentracije  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$  i isparenja nafte bile su ispod maksimalno dozvoljenih koncentracija (MDK) po JUS-u [6].

Tabela 3

Rezultati merenja vibracija

| Red. br. | Vrsta broda | Deo brodskog prostora | Ubrzanje vibracija ( $\text{m/s}^2$ ) | Centralna frekvencija (Hz) | Dopušteno vreme neprekidnog izlaganja (min) |
|----------|-------------|-----------------------|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|
| 1.       | BB-5        | pom. mot. prostor     | 2,26                                  | 40                         | 5 h 28                                      |
| 2.       | BB-6        | prvi mot. prostor     | 0,68                                  | 1,6                        | 5 h 56                                      |
| 3.       | BB-7        | motorski prostor      | 4,62                                  | 63                         | 3 h 35                                      |

U motorskim prostorima BB-2, BB-4, BB-5 i BB-6 registrovane su vrednosti pojedinih komponenti izduvnih gasova koje su prelazile maksimalno dozvoljene koncentracije (tabela 4), mada u tim prostorima nije neophodno stalno prisustvo članova posade već povremeni obilazak.

Tabela 4

Rezultati merenja štetnih hemijskih materija u motorskim prostorima

| Red. br. | Vrsta broda | $\text{NO}_x$ izmerena | MDK | $\text{CO}$ izmerena | MDK | Jedinica mere |
|----------|-------------|------------------------|-----|----------------------|-----|---------------|
| 1.       | BB-2        | 4,5                    | 3,0 | -                    | 50  | ppm           |
| 2.       | BB-4        | 4,0                    | 3,0 | 1                    | 50  | ppm           |
| 3.       | BB-5        | 1,0                    | 3,0 | 65                   | 50  | ppm           |
| 4.       | BB-6        | 8,0                    | 3,0 | 45                   | 50  | ppm           |

U kontrolnim kabinama svih brodova izmerene vrednosti navedenih štetnih hemijskih materija bile su znatno ispod MDK.

Na ratnim brodovima ventilacija može biti prirodna i veštačka. Prema zahtevima međunarodnih standarda, u prostorijama u kojima borave ljudi, zapremina vazduha po osobi iznosi  $0,008 \text{ m}^3/\text{s}$  i 15 izmena vazduha na čas u sanitarnim prostorijama [7].

Ventilacija nije bila zadovoljavajuća u 34,2% ispitivanih prostorija na brodovima, pri čemu je na BB-5 i BB-7 u prostorijama pogona veoma slabo funkcionisala.

## Analiza rezultata

Na osnovu iznetih rezultata merenja parametara radne sredine u radnim i kontrolnim prostorijama pogona na devet ratnih brodova može se uočiti da je ljudstvo na njima izloženo nepovoljnim mikroklimatskim uslovima.



Radi zaštite zdravlja članova posade potrebno je preduzeti određene mere, koje treba da doprinesu, u prvom redu, poboljšanju uslova radne sredine (tehničke mere), a ako nisu dovoljne moraju se primeniti mere korišćenja sredstava lične zaštite. Treću kariku u ovom lancu čine medicinske mere zaštite, prethodni i periodični zdravstveni pregledi, koji imaju za cilj rano otkrivanje oboljenja i oštećenja ljudi koji rade na ovim poslovima.

Za zaštitu od nepovoljnih mikroklimatskih uslova, pre svega visoke temperature vazduha, potrebno je omogućiti rashlađivanje prostorija sistemom za ventilaciju ili klimatizaciju.

Nedovoljna opšta i lokalna osvetljenost može da doprinese nastanku povreda na radu, pa je potrebno redovno održavanje postojećih svetlosnih izvora i postavljanje novih tamo gde je potrebno.

Za zaštitu od ometajućeg i štetnog dejstva buke, pri radu u motorskom i turbinskom prostoru, jedina primenljiva mera je korišćenje ušnih štitnika protiv buke. Druge, pre svega tehničke mere, koje bi dovele do znatnijeg smanjenja nivoa buke na mestu njenog nastanka, ne mogu se primeniti pojedinačno, već mogu biti posledica drugačijeg pristupa u projektovanju i izgradnji brodova.

Za zaštitu od vibracija preporučuje se skraćivanje vremena boravka u prostorijama u kojima su one prisutne iznad propisanih vrednosti.

Mere zaštite od štetnih izduvnih gasova treba sprovoditi u više pravaca: redovna kontrola ispravnosti sistema za odvod izduvnih gasova, obezbeđenje funkcionisanja sistema za ventilaciju i korišćenje ličnih sredstava za zaštitu organa za disanje.

Kao najštetniji faktor na ratnim brodovima buka je najizraženija u motorskim i turbinskim prostorima, kada motor ili turbina rade punom snagom. Sem štetnog dejstva na izvršioce poslova u tim prostorima zbog loše zvučne izolacije, izloženi su i ostali članovi posade u drugim radnim prostorijama, ali i u prostorijama za odmor i spavanje.

U dostupnoj literaturi ima vrlo malo radova koji se bave problemom buke na ratnim brodovima i njenim štetnim uticajem na zdravstveno stanje ljudstva [8, 9, 10]. U nekim radovima navedena su ispitivanja uslova rada na brodovima Rečne ratne flotile, gde je buka takode bila dominantan štetni faktor [11, 12, 13].

## **Zaključak**

Istraživanja su pokazala da je u prostorijama pogonskog dela i kontrolnim kabinama motorskog i turbinskog prostora povišena temperatura vazduha, nedovoljna osvetljenost, povišen nivo buke i vibracija, a dolazi i do pojave izduvnih gasova.

Izmereni nivoi buke mogu da dovedu do oštećenja sluha kod zaposlenih u kabinama ako ne koriste zaštitna sredstva za zaštitu čula sluha. Pored oštećenja sluha, buka može da dovede i do drugih poremećaja u organizmu.

Koncentracije izduvnih gasova su ispod maksimalno dozvoljenih, ali u uslovima dužeg rada motora ili kada sistemi za odvod nisu dobro zaptiveni, može doći do njihovog štetnog dejstva.

Neophodno je preduzeti propisane mere zaštite, pre svega od buke, koja je dominantan štetni faktor na ratnim brodovima.



#### Literatura:

- [1] Antić, B.: Savremeni ratni brodovi, Vojna knjiga, Beograd, 1996.
- [2] Tonja, F.: Zaštita na ratnim brodovima Ratne mornarice U: Pomorska medicina, sveska 26, Beograd, Mornarički glasnik, 1975. pp. 273–7.
- [3] Pravilnik o dnevnoj i električnoj osvetljenosti u prostorijama, JUS U C9.100 od IX/1962.
- [4] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama. Sl. list SRJ br. 21/92.
- [5] ISO 2631/1 Guide for the evaluation of human exposure to whole body vibration, Geneva, International Organization for Standardization, 1985.
- [6] Maksimalno dozvoljene koncentracije škodljivih gasova, para i aerosola u atmosferi radnih prostorija i radilišta, JUS Z. B0.001 iz 1991.
- [7] ISO 7547, Air-conditioning and ventilation of accommodation spaces on board ships – Design conditions and basis of calculations, Geneva, International Organization for standardization, 1985.
- [8] Hrnjez, Z.: Buka na brodovima, Beograd, Vojnotehnički glasnik, 1998, 46(6), 691–700.
- [9] Radovanović, B.; Juras, K.; Mirković G.: O složenosti ocenjivanja i zaštiti od buke na brodovima U: Pomorska medicina IV, Beograd, Mornarički glasnik, 1987, pp. 55–63.
- [10] Hrnjak, M.; Giser, A.; Dželalija, S.; Basarić, G.: Buka u radnim i smeštajnim prostorijama ratnih brodova, Beograd, Naučno-tehnički pregled, 1998, 48(1), 36–9.
- [11] Petrović, D.; Giser, A.; Hrnjak, M.; Radojković, Ž.; Kitanić, N.: Buka u radnim prostorijama rečnih plovniha objekata, Beograd, Tehnika – Organizacija rada, 1986, 36 (10): 12–6.
- [12] Petrović, D.; Marjanac, A.; Hrnjak, M.; Gavrić, S.; Basarić, G.: Štetni faktori fizičke i hemijske prirode na plovniha objektima Rečne ratne flotile, Beograd, Vojnosanitetski pregled 1987; 44 (2) : 116.
- [13] Petrović, D.; Hrnjak, M.; Giser, A.; Hadžibegović, E.; Kitanić, N.: Buka, infrazvuk i ultrazvuk u motornim prostorima rečnih plovniha objekata, Beograd, Ergonomija, 1986; 13 (3): 49–56.

Dr Mirjana Anđelković-  
Lukić,  
dipl. inž.  
Tehnički opitni centar KoV,  
Beograd

## PREČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA U POSTUPCIMA PRERADE I FLEGMATIZACIJE EKSPLOZIVA

UDC: 66.022.3 : 504.4.054

### Rezime:

*U radu su prikazani tehnološki postupci prerade (flegmatizacije) eksploziva pri kojima dolazi do zagađenja okoline otpadnim vodama. Prikazani su neki od načina prerade otpadnih voda pre nego što se ispuste u javne vodotokove.*

*Ključne reči: tehnološki postupak, flegmatizovani eksplozivi, otpadne vode, prečišćavanje, flegmatizatori.*

---

## REFINING OF WASTE WATERS IN PROCESSES OF MANUFACTURING AND COATING OF HIGH EXPLOSIVES

### Summary:

*The paper deals with production processes of manufacturing and coating high explosives which pollute environment with waste waters. Some methods of refining waste waters before letting them into open water current are presented.*

*Key words: coating process, plastic bonded explosives, detonation velocity, pollution, waste waters, refining.*

---

### Uvod

Proizvodnja vezana za hemijsku industriju, kojoj pripada i proizvodnja eksploziva, spada u tzv. prljave tehnologije, jer se u otpadnim vodama nalaze štetne i otrovne hemikalije, poput fenola, benzola, teških metala, raznih kiselina, alkalijskih i drugih štetnih jedinjenja. U toku proizvodnje eksploziva u otpadnim vodama se mogu naći, pored navedenih zagađivača, rastvoreni i suspendovani eksplozivi, što je veoma štetno i opasno po živi svet.

S obzirom na sve strože zahteve za kvalitet otpadnih voda koje se ispuštaju u

slobodne vodotokove, ukazuje se potreba za delotvornim i ekonomičnim odstranjivanjem rastvorenih ili emulgovanih hemikalija. Suspendovane i emulgovane organske materije mogu se iz otpadnih voda ukloniti taloženjem, flokulacijom ili filtracijom, za šta postoje različite tehnike bazirane na aktivnom uglju, oksidaciji ozonom, vodonikperoksidom, ekstrakciji tečnim rastvaračima ili biološkom tretmanu.

Otpadne vode, tokom prerade brižantnih eksploziva prekrystalizacijom ili flegmatizacijom, sadrže suspendovane i

rastvorene eksplozive, heksogen (RDX), oktogen (HMX), trotil (TNT) i flegmatizatore – voskove, u vidu rastopa ili emulzija, i trotil u vidu rastvora i suspenzija. Takođe, sadrže i rastvarače flegmatizatora polimera.

U ovom radu prikazane su mogućnosti prečišćavanja otpadnih tečnosti (rastvarača i vode) nakon tehnološkog postupka flegmatizacije eksploziva, pri čemu se pored vode, koriste i razni štetni rastvarači, poput trihloretilena, benzena ili ugljentetrahlorida, ali i trotila, koji se upotrebljavaju za spravljanje granuliranih (flegmatizovanih) i livenih sastava na bazi visokobrizantnih eksploziva heksogena i oktogena.

### Flegmatizacija visokobrizantnih eksploziva

Flegmatizacija eksploziva [1] je tehnološka operacija kojom se granule visokobrizantnih eksploziva, heksogena i oktogena, prekrivaju filmom određenih materijala (flegmatizatora). Flegmatizatori smanjuju osetljivost eksploziva na mehanička dejstva, tako što zbog nastalog sloja filma onemogućavaju međusobni kontakt kristalnih granulata i smanjuju trenje među njima.

Flegmatizatori mogu da budu inertni materijali, voskovi i termoplastični polimeri i aktivni eksplozivi, od kojih se u našim uslovima uglavnom koristi TNT [2].

Proizvod flegmatizacije brizantnih eksploziva jesu granulirani sastavi koji se u eksplozivnim punjenjima primenjuju u presovanom stanju.

U tabeli 1 prikazan je sastav nekih granuliranih eksploziva na bazi heksoge-

na i oktogena, flegmatizovanih različitim flegmatizatorima, polimerima, voskovi- ma i trotilom [1].

Tabela 1

Sastav nekih granuliranih flegmatizovanih eksploziva

| Oznaka sastava | Eksploziv (%) | Flegmatizator (%) |
|----------------|---------------|-------------------|
| FH-5PS         | heksogen 95   | polistiren 5      |
| FH-5PC         | heksogen 95   | polikarbonat 5    |
| FO-5PS         | oktogen 95    | polistiren 5      |
| FO-5PC         | oktogen 95    | polikarbonat 5    |
| FH-5           | heksogen 95   | montan vosak 5    |
| FO-5           | oktogen 95    | montan vosak 5    |
| Heksotol 90/10 | heksogen 90   | trotil 10         |

Izbor tehnološkog postupka flegmatizacije zavisi od vrste flegmatizatora. Ukoliko se primenjuje polimer, film se nanosi na granule eksploziva destilacijom rastvarača iz rastvora polimera koji se nalaze sa eksplozivom u sudu za flegmatizaciju ili iz rastopa flegmatizatora voska ili trotila.

Kada se kao flegmatizatori koriste voskovi, čiji je temperaturni interval topljenja do 90°C, onda se flegmatizacija odvija iz rastopa voskova, koji su dodati vodenoj suspenziji eksploziva u posudi za flegmatizaciju. Na taj način granule eksploziva (heksogena i oktogena) prekrivaju se trotilom, čija je temperatura topljenja 80,82°C.

### Rastvorljivost eksploziva

Za postupak flegmatizacije eksploziva koristi se, uglavnom, vodena sredina u masenom odnosu eksploziva i vode 1:3. Vodena sredina obezbeđuje najsigurniji rad sa eksplozivnim materijama. Potrošnja vode tokom svake flegmatizacije je velika: za šaržni postupak u industrijskom obimu u sud za flegmatizaciju se

dodaje najmanje 300 l vode, zatim se dobijeni granulirani eksploziv cedi na industrijskom cedilu – nuću uz obilno ispiranje vodom. Svi eksplozivi se rastvaraju u vrlo malim količinama u vodi. Rastvorljivost raste sa povećanjem temperature, a temperatura u sudu za flegmatizaciju je oko 90°C za sve vreme dok postupak flegmatizacije traje. Zbog toga je važno da se zna rastvorljivost eksploziva heksogena, oktogena i trotila u vodi, ali i u nekim drugim rastvaračima koji se primenjuju u toku hemijskih analiza eksploziva i flegmatizacije kao rastvarači eksploziva ili rastvarači flegmatizatora. U svim ovim fluidima ostaje izvesna količina rastvorenih ili suspendovanih eksploziva, koja se pre ispuštanja u vodotokove mora ukloniti.

U tabelama 2, 3 i 4 prikazana je rastvorljivost eksploziva [3, 4] koji se u našim uslovima prerade najčešće koriste – heksogena, oktogena i trotila u vodi i drugim rastvaračima.

Primećuje se da se heksogen u vodi veoma slabo rastvara, a najbolje u acetonu, što je iskorišćeno za prekrizaciju sirovog eksploziva nakon sinteze.

Oktogen se slabije rastvara u acetonu od heksogena, ali u nekim drugim organskim rastvaračima rastvara se izuzetno dobro.

Tabela 2

Rastvorljivost heksogena g/100 g rastvarača

| Rastvarač     | 20°C  | 40°C | 60°C |
|---------------|-------|------|------|
| Voda          | 0,005 | 0,25 | -    |
| Aceton        | 7,30  | 11,5 | 18,0 |
| Etar          | 0,056 | -    | -    |
| Etanol        | 0,105 | 0,24 | 579  |
| Cikloheksanon | 12,7  | -    | -    |
| Metilacetat   | 2,9   | 4,1  | -    |
| Benzen        | 0,05  | 0,09 | 0,20 |

Tabela 3

Rastvorljivost oktogena g/100 g rastvarača

| Rastvarač        | 20°C  | 40°C | 60°C  |
|------------------|-------|------|-------|
| Voda             | 0,002 | -    | 0,015 |
| Aceton           | 2,4   | 3,4  | -     |
| Acetanhidrid     | -     | 1,29 | 1,94  |
| Acetonitril      | -     | 3,07 | 4,34  |
| Cikloheksanon    | -     | 5,91 | 7,17  |
| Dimetilformamid  | -     | 6,1  | 11,1  |
| Dimetilsulfoksid | -     | 45,5 | 47,2  |

Tabela 4

Rastvorljivost trotila g/100 g rastvarača

| Rastvarač         | 20°C  | 40°C  | 60°C  |
|-------------------|-------|-------|-------|
| Voda              | 0,013 | 0,028 | 0,067 |
| Aceton            | 109   | 228   | 600   |
| Ugljentetrahlorid | 0,65  | 1,75  | 6,90  |
| Etanol            | 1,25  | 2,85  | 8,4   |
| Hloroform         | 19    | 66    | 302   |
| Toluen            | 55    | 130   | 367   |
| Benzen            | 67    | 180   | 468   |

Dimetilsulfoksid (DMSO) veoma je dobar rastvarač oktogena, kao što se vidi u tabeli 3. Koristi se u smeši sa vodom za prekrizaciju sirovog oktogena posle sinteze. Pored dobijanja određenog granulometrijskog sastava uklanjaju se veoma osetljive i nestabilne alfa-kristalne modifikacije i prevode u stabilnu beta-modifikaciju oktogena [5].

Ovaj postupak je veoma skup zbog cene DMSO, pa se češće koristi aceton, koji obezbeđuje iste uslove pri prekrizaciji: uklanjanje veoma osetljive i nestabilne alfa-kristalne modifikacije i dobijanje stabilnog beta-oktogena.

U odnosu na rastvorljivost heksogena i oktogena, trotil se veoma dobro rastvara u acetonu, toluenu i benzenu. Ono što je značajno jeste da se određena mala količina rastvara i u vodi, a sa povećanjem temperature rastvorljivost se povećava.

## Otpadne tečnosti u toku flegmatizacije

Ukoliko je odabrani flegmatizator termoplastični polimer, polistiren ili polikarbonat (tabela 1), flegmatizacija se vrši tako što se polimeri rastvaraju u nepolar-nim rastvaračima kao što su ugljentetra-hlorid ili hloroform [6]. Rastvor polimera dodaje se vodenoj suspenziji eksploziva (heksogenu ili oktogenu) u sud oprem-ljen za destilaciju rastvarača pod sman-jenim pritiskom. Destilat se sastoji od rastvarača polimera, koji se regeneriše i ponovo vraća u postupak. Nakon destila-cije u sistemu ostaje voda sa primesama rastvarača, koji se, takođe, može vratiti u postupak i granulisani proizvod – fleg-matizovani eksploziv.

Ovakav načina flegmatizacije eks-ploziva je bezbedan ukoliko se vodi računa o tome da se rastvarač ne ispušta u okolinu već da se prikuplja i regeneriše, što je ekonomski opravdano s obzirom na cenu rastvarača. Hlorovani rastvarači su otrovni i mogu da zagađuju javne vo-dotokove ukoliko se ispuštaju u većim količinama. Postupak regeneracije sastoji se u destilaciji, odvajanju rastvarača od vode, odnosno njegovom sušenju. Prime-na ovog postupka flegmatizacije za sada je ograničena na male šarže, tako da je i mogućnost zagađenja okoline mala.

Drugi način flegmatizacije, postu-pak iz rastopa voskova, bezbedan je po okolinu. U sistemu za flegmatizaciju na-lazi se rastop voska u vrućoj vodenoj su-spenziji eksploziva (heksogena ili okto-gena) zagrejanog do 98°C, koji se posle hlađenja nanosi na granule eksploziva. Otpadna voda je posle postupka flegma-tizacije eksploziva voskovima neutralna,

ali sadrži čestice suspendovanog eksplo-ziva koje se nisu flegmatizovale kao i male količine emulgovanog voska.

Vode sa otpadnim eksplozivom treba da se uvode u taložnike u kojima se sku-plja i taloži zaostali eksploziv. Povremeno se talog vadi i uništava spaljivanjem. Ko-rišćeni vosak je na bazi prirodnog montan voska, nije otrovan, pa ne predstavlja opa-snost za ekološko zagađenje okoline.

Treći postupak je postupak flegma-tizacije u kojem se koristi trotil kao fleg-matizator za granulisanje smeše na bazi heksogena i oktogena različitih sastava. Otpadne vode iz ovakvog postupka mogu da izazovu ekološko ugrožavanje okoline zbog sadržaja nitroaromata u vodi.

## Sadržaj otpadnih voda posle flegmatizacije trotilom

Nakon postupka flegmatizacije eks-ploziva heksogena i oktogena trotilom, u otpadnim vodama posle izdvajanja gra-nulisane smeše, ostaje trotil u rastvore-nom i suspendovanom stanju. Trotil se vrlo slabo rastvara u vodi – na 20°C izno-si 130 mg/l (tabela 4). Ove količine su, ipak, znatno veće od dozvoljenih koje se prema važećim propisima u našoj zemlji mogu ispustiti u vodotokove. Maksimal-na dozvoljena količina (MDK) za TNT je 0,2 mg/l, što ukazuje na potrebu da se mora primeniti odgovarajući postupak za uklanjanje rastvorenog TNT iz otpadnih voda tokom proizvodnje i prerade – fleg-matizacije eksploziva trotilom. Kako se radi o eksplozivnoj materiji, mora se vo-diti računa o bezbednosti pri radu, a ta-kođe i o tome da se pri određenom tret-manu otpadnih voda ne dobiju toksične materije.

## Postupci uklanjanja TNT iz otpadnih voda

Svi postupci za uklanjanje rastvorenog trotila iz otpadnih voda mogu da se podele na one pri kojima se obavlja koncentrisanje TNT-a i postupke pri kojima dolazi do razgradnje TNT-a [7].

Najčešće metode za koncentrisanje TNT-a koje se koriste su: adsorpcija na aktivnom uglju, ekstrakcija rastvaračem, destilacija i adsorpcija na polimeru. Metode razgradnje zasnovane su na korišćenju UV svetlosti, ozona ili drugih oksidansa. U ove metode spadaju i spaljivanje, hemijska razgradnja i eksplozija trotila.

Za uklanjanje TNT-a najpogodnije su sledeće metode: adsorpcija na aktivnom uglju, ekstrakcija rastvaračem, dejstvo UV svetlosti i spaljivanje. Ostale metode imaju različite nedostatke, počev od cene pa do opasnosti pri radu ili zbog pojave sekundarnih zagađivača.

Adsorpcija na aktivnom uglju već duže vreme se koristi za uklanjanje TNT-a iz otpadnih voda. Ova metoda ima prednosti u odnosu na druge: efikasna je, bezbedna, a zasićeni aktivni ugalj se uklanja spaljivanjem. Nedostatak joj je niska efikasnost pri regeneraciji adsorbenta – aktivnog uglja, koji se regeneriše ekstrakcijom u toplom acetonu. Broj postupaka regeneracije aktivnog uglja je ograničen, jer se tokom procesa stvaraju nerastvorljivi derivati nitroaromata, koji blokiraju aktivne površine adsorbenta.

Ekstrakcija TNT-a se obavlja toluenom. Pokazalo se da se ekstrahovani TNT može upotrebiti u postupku sinteze TNT-a. Nedostatak ovog postupka je velika potrošnja toluena i njegova pojava kao sekundarnog zagađivača vode. Ras-

tvorljivost toluena je 0,0585 g/100 g vode na 20°C.

U razblaženim rastvorima TNT se može brzo razoriti, tj. prevesti u CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O, izlaganjem UV svetlosti. Ova metoda se obično primenjuje sa nekim oksidacionim sredstvom, npr. ozonom, aktivnim ugljem ili vodonikperoksidom. Značajna je metoda adsorpcije na aktivnom uglju uz izlaganje UV svetlosti i upotrebi ozona. Na taj način vrši se koncentrisanje organskih zagađivača na aktivnom uglju, i razaraju se uz korišćenje oksidacionih agensa, ozona i vodonikperoksida [2].

Spaljivanje je glavni metod za uklanjanje TNT-a i ostalih otpadaka eksploziva, uključujući i aktivni ugalj na kojem je adsorbovani TNT i ostale organske materije. Spaljivanje se obavlja na temperaturi od 870° do 1000°C u posebno konstruisanoj koloni sa fluidizovanim slojem [7]. Pri ovom načinu spaljivanja TNT-a, kao i ostalih eksploziva, mora da se vodi računa o bezbednosti postupka. Otpad mora da bude takav da sadrži maksimalno 40% eksploziva. Sve količine iznad ove dovode do potencijalne opasnosti od eksplozije.

Hemijska razgradnja trotila nije pogodna jer izaziva sekundarno zagađenje voda novonastalim otrovnim jedinjenjima.

Čišćenje otpadnih voda od TNT-a nije ni jednostavan ni jeftin postupak, ali se mora primenjivati radi zaštite životne sredine i zdravlja ljudi.

## Zaključak

Prečišćavanje otpadnih voda sve više postaje imperativ koji nalaže potreba za očuvanjem prirode i životne sredine.



Sve otpadne vode moraju da se prečiste pre nego se ispuste u vodotokove. Prečišćavanje otpadnih tečnosti, posle flegmatizacije iz rastvora polimera, vrši se regeneracijom rastvarača destilacijom iz otpadne tečnosti i njegovim vraćanjem u proces. Ovi rastvarači, trihloretilen i ugljentehtlorid, skupi su i njihova regeneracija je ekonomski opravdana. Preporučljivo je da se čišćenje otpadnih voda posle flegmatizacije eksploziva voskovima obavi u taložnicima, i da se talog spali.

Pored zahteva za uklanjanje suspendovanog i emulgovanog trotila iz otpadnih voda, potrebno je iz voda ukloniti i rastvoreni trotil, s obzirom na stroge ekološke propise. Prečišćavanje otpadnih voda koje sadrže rastvoreni trotil vrši se primenom adsorpcije na aktivnom uglju, ekstrakcije rastvarača, razgradnje, spaljivanja i delovanja UV svetlosti uz primenu oksidacionih sredstava – ozona.

Trotil se može razgraditi i primenom hemijskih metoda, ali pri tome može doći do nastanka novih otrovnih produkata koji dodatno zagađuju otpadne vode.

#### *Literatura:*

- [1] Andelković-Lukić, M.: Granulisani brizantni eksplozivi, Kumulativna naučnotehnička informacija, Vojnotehnički institut, Beograd, 2000.
- [2] Andelković-Lukić, M.: Eksplozivi na bazi oktogena i polimernih materijala (flegmatizatora), Vojnotehnički glasnik, vol. XLIX, br. 4-5, 2001, str. 478–483.
- [3] Calzia, J.: Les substances explosives et leurs nuisances, Dunod, Paris 1963.
- [4] Andelković-Lukić, M.: Upporedne karakteristike cikličnih i policikličnih nitraminskih eksploziva, 21. simpozijum o eksplozivnim materijalima, Zbornik JKEM, 21–23. novembra 2001. godine, Tara, 395–404.
- [5] Carlton C. H.: Inert carrier process application to hmax nitrolysis and recrystallization, Volume II: HMX recrystallization, U. S. Army Materiel Command, Picatinny Arsenal, Dover, New Jersey, 1976.
- [6] Andelković-Lukić, M.: Flegmatizacija heksogena i oktogena polistirenom i polikarbonatom, magistarski rad, TMF, Beograd, 1983.
- [7] Marinović, V.: Ispitivanje mogućnosti uklanjanja nitroaromata iz otpadnih voda dinamičkom adsorpcijom, magistarski rad, TMF, Beograd 1989.

## PRIMENA TESTA SLUČAJNOSTI ZA PROVERU HIPOTEZE O SLUČAJNOM IZBORU UZORKA

UDC: 519.246 : 312

### Rezime:

*U radu je izložen statistički test sa primerima primene, za proveru pretpostavke da je uzorak koji se ispituje izdvojen iz populacije na slučajan način. Radi ilustracije primene, primeri su urađeni primenom posebno razvijenog računarskog programa za rešavanje ovakvih problema.*

*Ključne reči: statistika, test slučajnosti, uzorak, populacija, Studentov ili t-test, Fišerov ili F-test.*

---

## APPLICATION OF THE RANDOMIZED TEST FOR VERIFYING THE RANDOM SAMPLING HYPOTHESIS

### Summary:

*The paper gives a statistical test for verifying the hypothesis that an examined sample is randomly taken out from the population. The test is illustrated by two examples with a specially developed computer program for solving this type of problems.*

*Key words: statistics, randomized test, sample population, Student or t-test, Fisher or F-test.*

---

### Uvod

Pri obradi rezultata ispitivanja, po red odbacivanja malo verovatnih vrednosti koje je u toku ispitivanja ili praćenja poprimila posmatrana slučajna promenljiva  $t$ , potrebno je da se proverí da li skup vrednosti predstavlja uzorak koji je iz populacije izdvojen na slučajan način, ili su neke od njih korigovane radi prikazivanja stanja u populaciji boljim nego što je ono u stvarnosti. Ova korekcija može se izvršiti tako što se izvestan broj vrednosti uveća za određeni iznos, ili da

se u nekom slučaju umanje zavisno od toga da li proseka slučajne promenljive treba da bude manje ili veće vrednosti. To važi za situacije kada je obrađivaču rezultata podatke dostavio neko drugi, pa se sumnja u verodostojnost rezultata.

Promena izvesnog broja vrednosti može da bude prouzrokovana i povremenim sistematskim promenama faktora koji utiču na vrednosti posmatrane slučajne promenljive. To se može desiti ako je uzorak veliki ili ako se prikuplja u toku dužeg vremena. Otkrivanje tih nepravilnosti veoma je bitno za korektnu obra-

du rezultata ispitivanja. Provera hipoteze o tome da li je uzorak iz populacije izdvojen na slučajan način kratko se naziva test slučajnosti. Kao i svi drugi statistički testovi i ovaj test je povezan sa rizicima odluke, tj. postavljena hipoteza se niti prihvata, niti odbacuje sa potpunom sigurnošću, već nosi i određenu neizvesnost koja je srazmerna usvojenim rizicima.

U radu je prikazan test slučajnosti koji je zasnovan na podeli broja vrednosti uzorka na tri približno jednaka dela, i izračunavanju srednjih vrednosti i standardnih devijacija za svaki od ovih poduzoraka i međusobnom upoređivanju tih vrednosti uz primenu Studentovog ili  $t$ -testa i Fišerovog ili  $F$ -testa. Ako se primenom ta dva testa pokaže da se može usvojiti da su i srednje vrednosti i standardne devijacije međusobno iste u sva tri poduzorka, tada se pretpostavka o slučajnosti uzorka može prihvatiti, a u protivnom se odbacuje sa unapred usvojenim rizicima.

### Teorijske postavke problema

Neka su  $t_1, t_2, \dots, t_n$  vrednosti koje je slučajna promenljiva  $t$  poprimila u toku eksperimenta (ispitivanja ili praćenja). Ove vrednosti ne bi trebalo da budu uređene ni u rastućem ni u opadajućem poretku. U stvari, njihov redosled bi trebalo da bude onakav kakav se dobija u toku eksperimenta. Ako su ove vrednosti uređene u nekom od tih poredaka, a nema polaznog neuređenog niza podataka, onda treba „izmešati“ ove vrednosti primenom celobrojnih pseudoslučajnih brojeva koji imaju ravnomernu raspodelu u inter-

valu  $[1, n]$ . Neuređeni niz:  $t_1, t_2, \dots, t_n$  podeli se na približno tri jednaka dela (poduzorka). Neka su brojevi vrednosti slučajne promenljive  $t$  u ovim poduzorcima  $n_1, n_2, \dots, n_3$ ;  $n_1 = [n/3]$ ,  $n_2 = [n/3]$  i  $n_3 = n - (n_1 + n_2)$ , gde je  $[Q]$  celobrojna vrednost broja  $Q = n/3$ . Naravno, mora biti  $n_1 + n_2 + n_3 = n$ , gde je  $n$  ukupan broj vrednosti slučajne promenljive  $t$  u posmatranom uzorku koji je izdvojen iz populacije.

Tačkaste ocene srednjih vrednosti i standardnih devijacija za ova tri poduzorka, date su sledećim izrazima:

$$\hat{m}_1 = \bar{t}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{j=1}^{n_1} t_j \quad (1)$$

$$\hat{m}_2 = \bar{t}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} t_j \quad (2)$$

$$\hat{m}_3 = \bar{t}_3 = \frac{1}{n_3} \sum_{j=1}^{n_3} t_j \quad (3)$$

$$\hat{\sigma}_1 = s_1 = \sqrt{\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{j=1}^{n_1} (t_j - \hat{m}_1)^2} \quad (4)$$

$$\hat{\sigma}_2 = s_2 = \sqrt{\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (t_j - \hat{m}_2)^2} \quad (5)$$

$$\hat{\sigma}_3 = s_3 = \sqrt{\frac{1}{n_3 - 1} \sum_{j=1}^{n_3} (t_j - \hat{m}_3)^2} \quad (6)$$

Na osnovu tri srednje vrednosti za poduzorke, prikazane izrazima (1), (2) i (3), mogu se formirati tri tačkaste ocene

Studentove ili  $t$ -statistike, koje se mogu izraziti sledećom formulom:

$$\hat{t}_{ij} = \frac{\hat{m}_i - \hat{m}_j}{\sqrt{\frac{(n_i - 1)s_i^2 + (n_j - 1)s_j^2}{n_i + n_j - 2}} \sqrt{\frac{1}{n_i} + \frac{1}{n_j}}} \quad (7)$$

gde je  $i, j = 1, 2, 3; i \neq j$ .

Statistike  $t_{ij}$  odnose se na prvi i drugi poduzorak ( $t_{12}$ ), prvi i treći poduzorak ( $t_{13}$ ) i drugi i treći poduzorak ( $t_{23}$ ).

Slučajna promenljiva  $\hat{t}_{ij}$ , data izrazom (7) ima Studentovu ili  $t$ -raspodelu sa  $n_i + n_j - 2$  stepeni slobode. Kada se usvoji vrednost donjeg kvanta (rizika),  $p$ , za ovaj broj stepeni slobode  $n_i + n_j - 2$ , može se odrediti kvantil Studentove ili  $t$ -raspodele:  $t_p(n_i + n_j - 2)$ .

Takođe, na osnovu tri standardne devijacije za poduzorke date izrazima (4), (5) i (6), mogu se formirati tri tačaste ocene Fišerove ili  $F$ -statistike koje se mogu izraziti sledećom formulom:

$$\hat{F}_{ij} = \frac{s_i^2}{s_j^2} \quad (8)$$

gde je  $i, j = 1, 2, 3; i \neq j$ .

Statistike  $F_{ij}$  odnose se na prvi i drugi poduzorak ( $F_{12}$ ), prvi i treći poduzorak ( $F_{13}$ ) i drugi i treći poduzorak ( $F_{23}$ ).

Slučajna promenljiva  $\hat{F}_{ij}$ , data izrazom (8), ima Fišerovu ili  $F$ -raspodelu sa  $n_i - 1$  i  $n_j - 1$  stepeni slobode.

Za usvojene vrednosti donjeg i gornjeg kvanta (rizika),  $p$  i  $q$ , respektivno, a za ove brojeve stepeni slobode  $n_i - 1$  i  $n_j - 1$ , mogu se odrediti donji i gornji

kvantili  $F$ -raspodele:  $F_d(p; n_i - 1; n_j - 1)$  i  $F_g(q; n_i - 1; n_j - 1)$ .

## Određivanje kriterijuma za test slučajnosti

Kvantil Studentove ili  $t$ -raspodele  $t_p(n_i + n_j - 2)$ , za poznatu vrednost broja stepeni slobode  $v = n_i + n_j - 2$  i usvojenu vrednost donjeg rizika  $p$ , može se odrediti pomoću, za tu svrhu specijalno urađenog, računarskog programa ili naći u odgovarajućoj statističkoj tablici. Treba napomenuti da se u nekim statističkim tablicama kvantila Studentove raspodele daju kvantili za ukupan rizik koji je jednak zbiru donjeg,  $p$ , i gornjeg,  $q$ , rizika ( $p + q$ ). Obično su rizici  $p$  i  $q$  međusobno jednaki, a njihove vrednosti su standardizovane. U tom slučaju iz tablice treba uzeti vrednost kvantila čiji je rizik duplo veći od  $p$ . Za ovako određenu vrednost kvantila  $t$ -raspodele, ako je ispunjen sledeći uslov:

$$-t_p(n_i + n_j - 2) < \hat{t}_{ij} < t_p(n_i + n_j - 2) \quad (9)$$

sa ukupnim rizikom  $p + q$  može se tvrditi da su srednje vrednosti slučajne promenljive  $t$  u prvom, drugom i trećem uzorku međusobno jednake u statističkom smislu, tj.  $m_i = m_j; i, j = 1, 2, 3; i \neq j$ .

Kvantili Fišerove ili  $F$ -raspodele:  $F_d(p; n_i - 1; n_j - 1)$  i  $F_g(q; n_i - 1; n_j - 1)$ , za poznate vrednosti brojeva stepeni slobode  $v_1 = n_i - 1$  i  $v_2 = n_j - 1$  i usvojene vrednosti donjeg i gornjeg rizika  $p$  i  $q$ , respektivno, mogu se odrediti pomoću specijalno urađenog računarskog programa ili naći u odgovarajućoj statističkoj tablici. Treba napomenuti da se u statističkim tablicama obično daju vrednosti samo za gornji kvantil  $F_g$ , a da se vred-

nost donjeg kvantila  $F_d$  izračunava pomoću relacije između ova dva kvantila:

$$F_{\alpha;v_1,v_2} = \frac{1}{F_{1-\alpha;v_2,v_1}} \quad (10)$$

gde je  $\alpha = q$  – gornji rizik i  $F_{\alpha;v_1,v_2}$  – gornji, a  $F_{(1-\alpha);v_2,v_1}$  – donji rizik Fišerove ili  $F$ -raspodele.

Za ovako određene vrednosti kvantila  $F$ -raspodele, ako je ispunjen sledeći uslov:

$$F_d(p, n_i - 1; n_j - 1) < \hat{F}_{ij} < F_g(q, n_i - 1; n_j - 1) \quad (11)$$

sa ukupnim rizikom  $p + q$  može se tvrditi da su standardne devijacije slučajne promenljive  $t$  u prvom, drugom i trećem uzorku međusobno jednake u statističkom smislu te reči, tj.  $\sigma_i = \sigma_j$ ;  $i, j = 1, 2, 3$ ;  $i \neq j$ .

Ako su istovremeno ispunjena oba uslova definisana izrazima (9) i (11), onda se može prihvatiti pretpostavka da su sva tri poduzorka u statističkom smislu međusobno jednaka, jer su im jednaki osnovni parametri: međusobno su jednake sve tri srednje vrednosti, kao i standardne devijacije. Treba napomenuti da je ovde reč o jednakosti teorijskih ili stvarnih srednjih vrednosti i standardnih devijacija, respektivno, a tačkaste ocene ovih parametara, i u slučaju kada su odgovarajući teorijski parametri jednaki, međusobno se razlikuju. Međutim, ta razlika nije toliko velika da bi opovrgla tvrdnju o jednakosti teorijskih parametara.

Ako se može prihvatiti pretpostavka o jednakosti poduzoraka, onda bi se mogla prihvatiti i pretpostavka da su vred-

nosti slučajne promenljive  $t$  u tim poduzorcima slučajno raspoređene, odnosno da je ceo osnovni uzorak izdvojen iz populacije na slučajan način. Međutim, ako bi se vrednosti koje su namerno menjane raspoređivale ravnomerno po celom skupu neuređenih vrednosti, ovim testom se ta nepravilnost ne bi mogla otkriti. U tom slučaju morale bi se analizirati i ranije serije podataka, ako ih ima, i upoređivati sa posmatranom serijom podataka, pod pretpostavkom da u svim ranijim serijama nisu namerno vršene korekcije vrednosti slučajne promenljive  $t$ .

Dakle, ovim testom slučajnosti može se otkriti povremena namerna ili sistematska promena izvesnog broja vrednosti slučajne promenljive  $t$  u dovoljno dugom nizu podataka čije vrednosti ne bi trebalo da budu uređene u rastućem ili opadajućem poretku.

## Numerički primeri

### Primer 1

Pri usvojenim vrednostima parametara Vejbulove raspodele: parametar razmere  $b = 100$  i parametar oblika  $c = 2,5$  generisano je  $n = 30$  pseudoslučajnih brojeva. Ovi brojevi se pridružuju slučajnoj promenljivoj  $t$  koja ima dvoparametarsku raspodelu sa datim vrednostima parametara  $b$  i  $c$ . Vrednosti  $t$  i njihov redosled prikazani su po vrstama u sledećoj tabeli:

|        |       |        |        |        |
|--------|-------|--------|--------|--------|
| 62,39  | 71,87 | 84,10  | 64,46  | 105,15 |
| 107,47 | 81,45 | 124,23 | 104,00 | 140,88 |
| 84,32  | 82,60 | 13,83  | 88,71  | 83,66  |
| 72,29  | 60,12 | 10,60  | 156,53 | 57,47  |
| 50,46  | 52,76 | 77,66  | 117,81 | 88,47  |
| 44,15  | 79,02 | 29,58  | 124,30 | 63,43  |

Primenom testa slučajnosti treba proveriti da li su ove vrednosti pseudo-slučajnih brojeva „izabrane“ na slučajan način i usvojiti da su vrednosti donjeg i gornjeg rizika  $p = q = 0,05$ .

### Rešenje

Prema izloženom postupku, brojevi vrednosti u prvom, drugom i trećem poduzorku su  $n_1 = 10$ ,  $n_2 = 10$  i  $n_3 = 10$ . Vrednosti u prve dve vrste u tabeli pripadaju prvom poduzorku, u trećoj i četvrtoj drugom poduzorku, a u petoj i šestoj trećem poduzorku. Na osnovu izloženog teorijskog postupka i primenom računarskog programa dobijene su sledeće vrednosti tačkastih ocena za srednje vrednosti i standardne devijacije poduzoraka:

$$\begin{aligned}\hat{m}_1 &= 94,6 \quad \hat{m}_2 = 71,013 \quad \hat{m}_3 = 72,817 \\ \hat{\sigma}_1 &= s_1 = 26,1 \quad \hat{\sigma}_2 = s_2 = 41,26 \quad \text{i} \\ \hat{\sigma}_3 &= s_3 = 31,126.\end{aligned}$$

Tačkaste ocene srednje vrednosti i standardne devijacije kompletnog uzorka su:

$$\hat{m} = \bar{t} = 79,477 \quad \text{i} \quad \hat{\sigma} = s = 34,048.$$

Tačkaste ocene Studentove ili  $t$ -statistike za prvi i drugi, za prvi i treći i za drugi i treći poduzorak imaju sledeće vrednosti:  $\hat{t}_{12} = 1,5277$   $\hat{t}_{13} = 1,6958$  i  $\hat{t}_{23} = -0,1103$ .

Kritična vrednost  $t$ -testa za broj stepeni slobode  $\nu = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$  i usvojeni donji rizik  $p = 0,05$  jednaka je  $t_p(\nu) = t_{0,05}(18) = -1,7341$ .

Tačkaste ocene Fišerove ili  $F$ -statistike za prvi i drugi, za prvi i treći i za drugi i treći poduzorak imaju sledeće

vrednosti:  $\hat{F}_{12} = 0,4002$   $\hat{F}_{13} = 0,7031$  i  $\hat{F}_{23} = 1,7572$ .

Kritične vrednosti  $F$ -testa, donji i gornji kvantili, za brojeve stepeni slobode  $\nu_1 = n_1 - 1 = 10 - 1 = 9$  i  $\nu_2 = n_2 - 1 = 10 - 1 = 9$  i usvojeni donji i gornji rizik  $p = q = 0,05$  su:  $F_d(p; n_i - 1; n_j - 1) = F_d(0,05; 9; 9) = 0,3146$  i  $F_g(q; n_i - 1; n_j - 1) = F_g(0,05; 9; 9) = 3,1789$ . Ove kritične vrednosti iste su za sva tri slučaja, jer su brojevi vrednosti u poduzorcima jednaki, a otuda su jednaki i brojevi stepeni slobode.

Dobijeni rezultati izračunavanja statistika  $\hat{t}_{ij}$  i  $\hat{F}_{ij}$ ;  $i, j = 1, 2, 3$ ;  $i \neq j$ , pripadaju domenu kojeg ograničavaju kritične vrednosti ovih statistika, pri primeni oba testa i Studentovog i Fišerovog, što potvrđuje pretpostavku da je uzorak „izdvojen“ iz populacije na slučajan način. Ova tvrdnja iskazuje se sa rizicima  $p = q = 0,05$ .

### Primer 2

Ako se u prvom poduzorku, u vrednostima navedenim u primeru 1, prve tri vrednosti uvećaju tako da umesto vrednosti: 62,39; 71,87 i 84,10 budu vrednosti: 124,78; 143,74 i 168,20; sprovodeći isti postupak testa slučajnosti kao u primeru 1, treba pokazati da li se sa ovako izmenjenim vrednostima može tvrditi da je uzorak „izdvojen“ iz populacije na slučajan način, usvajajući iste vrednosti rizika  $p = q = 0,05$ .

### Rešenje

Prema izloženom postupku, brojevi vrednosti u prvom, drugom i trećem poduzorku su  $n_1 = 10$ ,  $n_2 = 10$  i  $n_3 = 10$ .



Vrednosti u prve dve vrste u tabeli pripadaju prvom poduzorku, u trećoj i četvrtoj drugom poduzorku i u petoj i šestoj trećem poduzorku. Na osnovu izloženog teorijskog postupka i primenom računarskog programa, dobijene su sledeće vrednosti tačkastih ocena za srednje vrednosti i standardne devijacije poduzoraka:

$$\begin{aligned} \hat{m}_1 &= 116,436 \quad \hat{m}_2 = 71,013 \quad \text{ i } \quad \hat{m}_3 = 72,817 \\ \hat{\sigma}_1 &= s_1 = 30,624 \quad \hat{\sigma}_2 = s_2 = 41,26 \quad \text{ i } \\ \hat{\sigma}_3 &= s_3 = 31,126. \end{aligned}$$

Tačkaste ocene srednje vrednosti i standardne devijacije kompletnog uzorka su:  $\hat{m} = \bar{t} = 86,755$  i  $\hat{\sigma} = s = 39,702$ .

Tačkaste ocene Studentove ili  $t$ -statistike za prvi i drugi, za prvi i treći i za drugi i treći poduzorak imaju sledeće vrednosti:

$$\hat{t}_{12} = 2,7954 \quad \hat{t}_{13} = 3,1589 \quad \text{ i } \quad \hat{t}_{23} = -0,1103.$$

Kritična vrednost  $t$ -testa za broj stepeni slobode  $v = n_1 + n_2 - 2 = 10 + 10 - 2 = 18$  i usvojeni donji rizik  $p = 0,05$  jednaka je  $t_p(v) = t_{0,05}(18) = -1,7341$ .

Tačkaste ocene Fišerove ili  $F$ -statistike za prvi i drugi, za prvi i treći i za drugi i treći poduzorak imaju sledeće vrednosti:  $\hat{F}_{12} = 0,5509$   $\hat{F}_{13} = 0,9680$  i  $\hat{F}_{23} = 1,7572$ .

Kritične vrednosti  $F$ -testa, donji i gornji kvantili, za brojeve stepeni slobode  $v_1 = n_1 - 1 = 10 - 1 = 9$  i  $v_2 = n_2 - 1 = 10 - 1 = 9$  i usvojeni donji i gornji rizik  $p = q = 0,05$  su:  $F_d(p; n_1 - 1; n_2 - 1) = F_d(0,05; 9; 9) = 0,3146$  i  $F_g(q; n_1 - 1; n_2 - 1) = F_g(0,05; 9; 9) = 3,1789$ . Ove kritične vrednosti iste su za sva tri slučaja, jer su brojevi vrednosti u poduzorci-

ma jednaki, a otuda su jednaki i brojevi stepeni slobode.

Dobijeni rezultati izračunavanja statistika  $\hat{t}_{ij}$  i  $\hat{F}_{ij}$ ;  $i, j = 1, 2, 3$ ;  $i \neq j$ , u svim slučajevima ne pripadaju domenu kojeg ograničavaju kritične vrednosti ovih statistika, pri primeni oba testa i Studentovog i Fišerovog, što ukazuje na to da pretpostavku da je uzorak „izdvojen“ iz populacije na slučajan način treba odbaciti. Ova tvrdnja iskazuje se sa rizicima  $p = q = 0,05$ .

## Zaključak

Provera pretpostavki o tome da li je uzorak koji se ispituje izdvojen iz populacije na slučajan način ili su neke jedinice uzorka probrane radi prikazivanja populacije drugačijom nego što je ona u stvarnosti u teoriji statistike je poznata kao klasični statistički test. Test slučajnosti koji je izložen u članku, modifikovan je radi povećanja njegove osetljivosti na otkrivanju jedinica u uzorku koje nisu „tipične“ za populaciju iz koje je taj uzorak izdvojen. Kriterijum za ovaj test je proširen. Tako, na primer, uveden je kompromisni kriterijum istovremenog ispunjenja zahteva Studentovog ili  $t$ -testa i Fišerovog ili  $F$ -testa, da bi se postavljena hipoteza o slučajnom izboru uzorka mogla prihvatiti ili odbaciti. Drugim rečima, istovremeno se proverava značajnost promene srednje vrednosti (mere istinitosti) i standardne devijacije (mere preciznosti) u tri približno jednaka poduzorka na koja je podeljen osnovni uzorak. Ako u svim mogućim parovima od ovih poduzoraka (tri kombinacije bez ponavljanja) ne postoji znatna razlika između njihovih srednjih vrednosti i standardnih devijacija, može se prihvatiti hipoteza o slučaj-

nom izdvajanju uzorka iz populacije; u protivnom ta hipoteza može da se odbaci. Ovaj test slučajnosti je sličan testu jednorodnosti ili homogenosti. Predložena su tri poduzorka. Međutim, ako je broj jedinica u osnovnom uzorku veliki može se povećati i broj poduzoraka, ali bi u tom slučaju trebalo istraživati do kojeg broja je prihvatljivo to povećanje. Navedeni primeri, koji su urađeni korišćenjem posebno razvijenog računarskog programa pokazuju valjanost i osetljivost opisanog testa slučajnosti.

#### *Literatura:*

- [1] Fisz, M.: Wahrscheinlichkeitsrechnung und Mathematische Statistik, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, 1962.
- [2] Chapouille, P., Pazzis, R.: Fiabilité des Systèmes, Masson et C<sup>e</sup>, Paris, 1968.
- [3] Gnedenko, B., Béliaev, Y., Soloviev, A.: Méthodes mathématiques en théorie de la fiabilité, Éditions, „Mir“, Moscou, 1972.
- [4] Waerden, B. L.: Mathematische Statistik, Springer-Verlag, Berlin, 1965.
- [5] Brunk, H. D.: An Introduction to Mathematical Statistics, Blaisdell Publishing Company, New York, 1965.
- [6] Stojanović, S.: Matematička statistika, Naučna knjiga, Beograd, 1980.
- [7] Ivanović, Z.: Matematička statistika, Naučna knjiga, Beograd, 1976.

**Dr Vlado N. Radić,**

pukovnik, dipl. inž.

Uprava za istraživanje, razvoj i  
proizvodnju NVO SMO,  
Beograd

## 28. KONFERENCIJA JUPITER

– prikaz naučno-stručnog skupa –

Na Mašinskom fakultetu u Beogradu, u organizaciji Instituta za proizvodno mašinstvo i kompjuterski integrisane tehnologije, od 12. do 14. februara 2002. godine održana je 28. konferencija JUPITER.

Rad konferencije odvijao se kroz tradicionalne simpozijume, plenarne sednice i forume. Pet simpozijuma: 21. simpozijum CIM u strategiji tehnološkog razvoja, 15. simpozijum CAD/CAM, 24. simpozijum NU-Roboti – FTS, 30. simpozijum Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala i 8. simpozijum Kvalitet, svojim temama obuhvatili su najznačajnije pravce razvoja savremenih i novih proizvodnih tehnologija, čiji je razvoj i uvođenje imperativ za održavanje konkurentne sposobnosti domaće industrije prerade metala.

Na konferenciji je izloženo preko 80 radova, što je bila prilika za široku razmenu ideja, znanja i iskustava domaćih stručnjaka, istraživača i naučnika. Ova i naredna godina su godine promena i tranzicije domaće industrije, obrazovanja, nauke, ekonomije i društva u celini, pa je konferencija JUPITER dala osvrt na postojeće stanje i definisala platformu za tranziciju domaće industrije u novo proizvodno i poslovno okruženje industrije 21. veka, industrije za bržu integra-

ciju u evropsku i svetsku ekonomiju i globalne procese koji su u toku.

Na plenarnoj sednici izložena su tri rada profesora sa Mašinskog fakulteta u Beogradu: Istorijske i akademske vrednosti za evropsku integraciju, dr Žarka Spasića, Manganizam i naturizam, dr Milisava Kalajdžića, i Elementi za strategiju razvoja industrije prerade metala – ekspertska razmatranja dr Miroslava Pilipovića.

U okviru simpozijuma *CIM u strategiji tehnološkog razvoja industrije prerade metala* prikazano je 13 radova, od kojih su najinteresantniji bili: CIM sistem je sastavni deo proizvodno-operativnog menadžmenta dr Zorana Radojevića, Integracija podataka i procesa u preduzeću, dr Zore Arsovske i dr Slavka Arsovskog, O nekim aspektima informacione integracije u logistici, dr Dragana Vasiljevića i Logistički zasnovan koncept informacione integracije preduzeća, dr Miroljuba Bankovića i dr Vladete Gajića.

Na simpozijumu *CAD/CAM tehnologija* prikazana su najnovija dostignuća u domenu projektovanja i proizvodnje pomoću računara, što u proizvodnim tehnologijama ima veliki značaj za ostvarenje većeg kvaliteta, smanjenja škarta, gubitaka vremena, itd. Radovi na ovom

simpozijumu (ukupno 17) uvek izazivaju najviše pažnje, a ove godine to su bili radovi: Behavioral modeling – nova CAD/CAM tehnologija, dr Sime Jokanovića; Regenerisanje mreže konačnih elemenata u toku simulacije plastičnog tečenja, mr Ivana Vasića i dr Milisava Kalajdžića; Stress distribution in vertebral plate for basic movement in lumbar extension i Simulation of intervertebral disc cross-section stress distribution, čiji su autori Dan Stanciu i Dan Moga; Projektovanje i analiza stajnog trapa bespilotne letelice, Andrije Ekmedžića, Fizičko modeliranje i numerička simulacija kao novi koncept u projektovanju alata, mr Vesne Mandić i dr Milentija Stefanovića.

Najveći broj radova, ukupno 31, prikazan je u okviru simpozijuma *NU – Roboti – FTS*, a posebno interesovanje pobudili su radovi: Collision-free path generation using potential field method by modelling robots and workpiece using spheres, dr Mirele Toth-Tascau i dr Doine Dragulescu, Dynamic modelling of human lower limb, dr Doine Dragulescu, dr Mirele Toth-Tascau i dr Horatiu Moldovana; Rezultati primene tehnologije zavarivanja eksplozijom u procesu izrade hidrauličnih cilindara, dr Vida Joviševića, dr Ostoje Miletića, mr Radenka Zrilića i mr Mila Todića. Optimizacija parametara numeričke obrade primenom genetskih algoritama mr Valentine Gečevske i dr Vladimira Pavlovskog; Pregled mogućnosti izrade mikrokomponeenti laserskim zračenjem i Holografija u nanotehnologijama dr Ilije Belića, Bratimira Panića, Aleksandra Kovačevića i Dejana Pantelića; Analiza savremenih rešenja univerzalnih zupčastih motornih reduktora

sa stanovišta montaže dr Siniše Kuzmanovića, dr Ilije Čosića, mr Zorana Anišića; Specifičnosti alata za obradu prevlaka postojanih na habanje, dr Ljubodraga Tanovića i dr Sergeja Klimenka; Prilog projektovanju tehnologije dubokog izvlačenja tankih belih, hromiranih i aluminijumskih limova i traka, mr Milovana Mitrića; Slobodno sabijanje – eksperiment i simulacija, mr Milete Janjića, dr Vuka Domazetovića i dr Milana Vukčevića; Neki aspekti i mogućnosti povećanja energetske efikasnosti u IMK „14. Oktobar“, dr Ljubodraga Đorđevića.

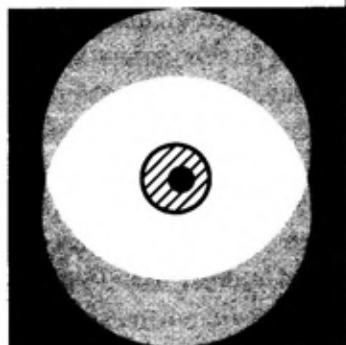
Na simpozijumu *Upravljanje proizvodnjom u industriji prerade metala* prikazano je 16 radova, od kojih se izdvaja: Preduzeće u novom globalnom poslovnom okruženju, dr Lidije Romić; Baza podataka za projektovanje i automatski izbor tehnologije obrade rezanjem metala, mr Mihajla Popovića; Simulacija kontinualnog modela za upravljanje zalihama, Nenada Stefanovića, dr Slavka Arsovskog i dr Dušana Stefanovića, Evoluciono programiranje neuronske mreže, dr Zorana Petrovića i dr Miomira Vukićevića.

Na simpozijumu *Kvalitet* prikazano je 13 radova, od kojih su najzapaženiji bili: Određivanje težine kriterijuma za višekriterijumsku ocenu sistema kvaliteta i Višekriterijumska optimizacija sistema kvaliteta, dr Mališe Žižovića, mr Radojice Petrovića i mr Ružice Stanković; Glavne odrednice procesa obrazovanja za kvalitet i QMS, Marije Karajović-Zogović i Dragana Rajkovića; FMEA procesa – iskustva iz prakse Dragana Stamenovića; Vrste i kvalitet optičkih slojeva, Nataše Vesić, dr Bogdana Nedića i Dragana Čučuzovića.

Kao i na prethodnim konferencijama, pripadnici Vojske Jugoslavije imali su zapaženo učešće na svim simpozijumima. Ove godine učestvovali su: pukovnik mr Boro Prodanić i mr Radoslav Tomović sa radom pod naslovom: Sistem održavanja u ratnoj mornarici i savremeni informacioni trendovi; dr Nebojša Radulović i dr Mirko Đapić sa radom Svrishodnost integrisanja CIM u SMI koncept; pukovnik dr Vlado Radić čiji rad nosi naziv Zavarivanje eksplozijom – osnovne karakteristike komercijalnih procesa; mr Srđan Živković i Zoran Tumbas koji su prezentovali rad Merenje uglovnog rasporeda krilnih sekcija modela raketa.

Skoro tri decenije traju okupljanja stručnjaka u oblasti proizvodnje i proizvodnih tehnologija. Stalni cilj konferencija JUPITER je razmena znanja, ideja i posebno iskustava iz mnogobrojnih oblasti proizvodnje. Taj cilj se gotovo uvek i ostvari, jer su učesnici konferencije (stručnjaci i naučni radnici sa fakulteta, instituta, preduzeća) spremni na pitanja, komentare i objašnjenja, što je i smisao konferencije.

U Zborniku radova, koji redovno prati svaku konferenciju JUPITER, objavljeni su svi radovi koji su dobili pozitivnu recenziju, pa je i njegovo štampanje doprinos edukaciji i saznavanju novih sadržaja.



## prikazi iz inostranih časopisa

### MUNICIJA ZA POBOLJŠANJE EFIKASNOSTI SISTEMA NAORUŽANJA\*

U današnjim uslovima modernizacija naoružanja i vojne opreme najbrži je put za rešavanje problema prisutnih u oblasti efikasnosti sistema naoružanja.

Bivši SSSR posvećivao je značajnu pažnju razvoju sistema oružja, koji su uglavnom bili jednaki ili superiorniji u odnosu na analogne inostrane sisteme. Mnogi od tih sistema još uvek imaju značajne mogućnosti za modernizaciju.

Postojeći sistemi naoružanja mogu se revitalizovati usavršavanjem sistema održavanja ili proizvodnjom i kupovinom modernizovanih sistema.

Nabavka novih sistema sigurno je značajna za povećanje količine, operativnog veka, tehničkog nivoa i maksimalnog veka upotrebe. Prema dostupnim podacima vidi se da ta opcija obezbeđuje efikasno naoružanje sa najdužim vekom upotrebe, ali najmanjih količina. Na primer, troškovi nabavke savremenog lovca – bombardera Su-27IB prevazilaze troškove modernizacije postojećih funkcio-

nalno sličnih aviona Su-24M za 5 do 7 puta. Međutim, novi avion je za 40 do 50% efikasniji od Su-24, a njegov operativni vek dva puta prevazilazi preostali vek upotrebe modernizovanog aviona.

Nabavka modernizovanih sistema povećava broj sistema naoružanja sa sličnim vekom upotrebe (u odnosu na nove), ali manje efikasnih. Usavršavanje sistema koji su na upotrebi povećava brojnost, ali će njihova efikasnost i maksimalni vek upotrebe biti sigurno manji u odnosu na prethodne dve opcije.

Približne procene strukture i efikasnosti sistema naoružanja u Rusiji, koje odražavaju opšte tendencije, govore o tome da jedan od tri sistema naoružanja ima rezervu operativnog veka upotrebe manje od 10 godina. Smatra se, takođe, da će posle 2005. godine postojeća sredstva naoružanja i vojne opreme imati znatno manji operativni vek upotrebe i da modernizacija tih sistema može pomoći da se borbeni potencijal održi na određenom nivou.

Serijski proizvedeni modernizovani i novi sistemi naoružanja (prvenstveno onih čija modernizacija nije moguća) kompenziraju smanjenje brojnosti naoružanja. Treba naglasiti da je modernizaci-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2002.



ja, pre svega ofanzivnog oružja, kroz promenu njihove namene i konfiguracije, povećanje snage, performansi i taktičko-tehničkih karakteristika (domet, brzina, itd.) veoma skupa i zahteva mnogo vremena.

Efikasan put u modernizaciji upotrebe sistema naoružanja je njihovo opremanje novim tipovima municije. Pri otežanom finansiranju taj pristup pomaže da se pravovremeno odgovori na narastajuće zahteve oružanih snaga. Zavisno od borbenih zadataka, pojedine formacije u okviru jedne grupacije mogu da se naoružaju različitim tipovima municije, radi povećanja efikasnosti u određenim uslovima. Dobar primer za to je povećanje preciznosti i verovatnoće pogodaka primenom vodene municije, i povećanjem dometa i razorne moći standardne municije.

Potencijalni objekti modernizacije ovakvog tipa mogu biti avioni lovačke avijacije, raketni i topovski sistemi raketnih i artiljerijskih jedinica KoV, sistemi PVO, oklopna vozila i borbeni brodovi.

Modernizacija putem suplementarnog opremanja sistema oružja novim tipovima municije može se klasifikovati po nivoima kompleksnosti.

U najjednostavnijem slučaju postojeći sistemi naoružanja snabdevaju se novorazvijenom municijom, tako da se ne zahteva dodatno opremanje jedinica odn. modifikacija sistema, što je tipično za streljačko naoružanje i artiljerijske sisteme, a ne iziskuje velike troškove.

Savremena i poboljšana individualna zaštitna sredstva (oklopni prsluci i zaštitni šlemovi) inicirali su poboljšanje probojnosti streljačkog naoružanja i razvoj odgovarajućih novih tipova municije.

Sledeći nivo modernizacije podrazumeva naoružavanje novim tipovima municije, pre svega vodenim. Radi efikasnije upotrebe nove municije sistemi oružja se opremaju novim uređajima za osmatranje, nišanje, vodenje, itd. Ma da ovaj tip modernizacije zahteva veća ulaganja, on nudi i znatno povećanje efikasnosti. Na primer, modernizacijom nekih zemaljskih i brodskih raketnih sistema (S-300PM, S-300F, Kortik, Kinžal) povećava se njihova efikasnost za dva puta. Dodatno naoružavanje jurišnog aviona Su-25 raketama vazduh-vazduh protivradarskim raketama i vodenim oružjem vazduh-zemlja, može mu povećati efikasnost za 50%.

U mnogim slučajevima mogućnost korišćenja efikasnije municije zahteva da se ceo sistem naoružanja modifikuje. Prelaz streljačkog naoružanja sa kalibra 7,62 mm na 5,45 mm, modernizacija haubice 152 mm Msta i razvoj lovca-bombardera na bazi lovca Su-27 prikladni su primeri.

Uprkos svojoj atraktivnosti, modernizacija postojećih sistema oružja ipak nudi ograničene prednosti. Sasvim je moguće povećavati operativni vek upotrebe i poboljšavati efikasnost osnovnih sistema oružja razvijenih i pre mnogo godina, ali se mogućnosti i efikasnost oružja rešavaju modernizacijom samo srednjeročno (za 10 do 15 godina), dok se permanentni napredak obezbeđuje nabavkom novih sistema.

M. Krbavac

«<<<»>>>»

## PANCIR-S1 – OPTRONIČKI UPRAVLJANI SISTEM PVO\*

Pancir-S1 je optronički upravljani topovsko-raketni sistem PVO kratkog dometa. Glavna karakteristika ovog visokoefikasnog sistema jeste njegova sposobnost da uspešno štiti veći broj manjih pojedinačnih objekata. Pogodan je i za široki krug korisnika.

Razvojni koncept ovog sistema sadrži:

- jedinstveno borbeno vozilo koje nosi kombinovano raketno-topovsko naoružanje sa sistemom za upravljanje vatrom, obezbeđujući ubojnu zonu za guste ciljeve, uništavanjem sukcesivno raketa ma i topovima, od maksimalnog rastojanja (za rakete) i minimalnog od 200 m (za topove), pri čemu je moguće nezavisno dejstvo;

- višerežimski radarsko-optički sistem za upravljanje vatrom, koji sadrži integrisane informacione sisteme koji rade na decimetarskim, centimetarskim, milimetarskim i IC talasnim područjima, što garantuje visoku pouzdanost, otpornost na ometanje i mogućnost simultanog rada za vreme opaljenja na pojedinačni cilj, kao i paralelan (nezavisan) rad za vreme opaljenja na dva cilja istovremeno (u sektoru od  $\pm 90^\circ$ ), jedan praćen radarskim kanalom u centimetarskom i milimetarskom talasnom području, i drugi zahvaćen i praćen optičkim kanalom u IC talasnom području (8–14 m);

- upotrebu najjednostavnijeg („line-of-sight“) sistema za vođenje, koji zahteva samo informaciju o uglovnim koordinatama cilja;

- modularnu konstrukciju borbenog vozila koja omogućava razvoj različitih verzija sa različitim kompozicijama naoružanja i informacionih sistema za upravljanje vatrom, npr. samo raketna verzija sa optroničkim praćenjem cilja i sistemom za upravljanje vatrom (optronički upravljani raketni sistem PVO Pancir-S1). Značajna karakteristika sistema je njegova jedinstvena kupolica koja se može montirati na različite platforme (točkaši, guseničari, brodovi i stacionarni objekti).

Komponente borbenog kompleta sistema PVO Pancir-S1 su:

- borbeno vozila (do 6 vozila na samostalnu bateriju PVO);

- baterijsko komandno mesto (prema izboru);

- rakete 57E6-Ye (8 raketa na jedno borbeno vozilo);

- transportno vozilo za popunu (jedno na tri borbeno vozila).

Sredstva za održavanje čine:

- vozilo za remont i održavanje mehaničkih sklopova;

- vozilo za remont i održavanje elektronskih delova i sklopova;

- vozilo za transport grupnog kompleta SPTA;

- ispitna oprema za proveru raketa.

Trenažna sredstva obuhvataju:

- sobni simulator za simultano uvežbavanje i trenaž šest borbenih posada;

- pokretni simulator za uvežbavanje i trenaž jedne posade u terenskim uslovima.

Sistem za upravljanje vatrom sadrži:

- radar za otkrivanje ciljeva sa IFF mogućnostima;

- optronički sistem za praćenje ciljeva, koji čine termovizor sa automatskim praćenjem cilja i IC tragač;

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar 2001.

- digitalni kompjuter;
- automatski operativni sistem sa upravljačkim panelima;
- komande za postavljanje i stabilizaciju lansera;
- upravljački paneli komandira i operatora.

Fazno postavljeni 3D radar namenjen za otkrivanje ciljeva, koji je razvijen od radara osnovne verzije, omogućava:

- izviđanje i detekciju ciljeva u vazдушnom prostoru;
- identifikaciju ciljeva (svoj – neprijateljski);
- pozicioniranje do 10 ciljeva (azimut, udaljenost, radijalna brzina);
- režim automatskog rada.

Termovizor je preuzet sa osnovnog borbenog vozila i služi za pretraživanje, automatsko lociranje i praćenje ciljeva u vazдушnom prostoru i na zemlji, u širokom dijapazonu svetlosnih i vremenskih uslova.

Optronički upravljani raketni sistem PVO Pancir-S1, kao i njegova osnovna verzija, naoružan je raketama 576-Ye koje karakteriše:

- kratko vreme leta za vreme uzlazne faze (1,5 s, maks. brzina 1300 m/s);
- visoka sposobnost manevra posle odvajanja dodatnog stepena;
- malo balističko usporenje posle odvajanja dodatnog stepena (40 m/s na 1 km leta);
- proširena zaštitna zona (domet do 20 km, visina do 10 km);
- velika masa bojne glave (20 kg) i mala lansirna masa rakete;
- fragmentaciona bojna glava sposobna da uništi razne vrste ciljeva;
- mikroelektronička ugrađena oprema.

Optronički upravljani raketni sistem Pancir-S1 je višenamenski, sposoban da uništava sve tipove savremenih ciljeva, kao što su:

- antiradarske rakete tipa HARM, sa brzinom leta u završnoj fazi do 700 m/s i minimalnim radarskim presekom od 0,03–0,06 m<sup>2</sup> na maksimalnom dometu od 6 km;
- avioni i helikopteri koji lete brzinama do 500 m/s;
- lažni ciljevi na udaljenostima od 16 do 18 km;
- lakooklopljeni ciljevi na zemlji i vodi i ljudstvo protivnika.

Sistem ostvaruje istu efikasnost kao i oni sa optičkim vođenjem kod osnovne verzije. Može da dejstvuje danonoćno zbog: IC digitalnih veza sa ciljem, mogućnosti preciznog uglovnog praćenja ciljeva i leta raketa na svim visinama, uključujući i ekstremno niske; pasivnog načina rada i vrlo precizno vođenje rakete pomoću dugotalasnog snopa IC linka sa logičnom obradom podataka i automatskim praćenjem cilja; pasivnog načina rada optroničkog linka za praćenje cilja, što smanjuje osetljivost borbenog vozila od antiradarskih raketa tipa HARM. Sistem ima kratko vreme reakcije (5 do 7 s). Može da dejstvuje iz pokreta i sa kratkih zastanaka, frontalno i pri gonjenju. Sposoban je za potpuni borbeni operativni ciklus, od pretraživanja do uništenja cilja, u automatskom i poluautomatskom režimu. Oklop vozila štiti posadu od dejstva zrna i parčadi granata.

Vojna i ekonomska opravdanost primene optronički upravljaniog sistema Pancir-S1 u budućim grupnim PVO odredena je njegovim karakteristikama:

– sposoban je da uništi sve tipove postojećih ciljeva, uključujući i oružja velike preciznosti, u vazdušnom prostoru, na zemlji i vodi;

– ubojna zona oko cilja i efikasnost slični su onima kod osnovne verzije;

– sposoban je da se integriše u grupnu PVO;

– rad linka za vođenje je neopažen;

– troškovi borbenih vozila smanjeni su za dva do dva i po puta;

– masa i dimenzije borbenog vozila smanjeni su za jedan i po do dva puta;

– moguća je samostalna upotreba radi pojačanja grupne PVO u borbi sa niskoletećim avionima, zbog smanjenja troškova za jedan i po do dva puta;

– sposoban je da zaštiti armijske jedinice u svim oblicima borbe, a troškovi su smanjeni za dva do tri puta;

– može da se integriše u kombinovane baterije (koje koriste osnovne verzije) radi efikasne odbrane malih i pojedinačnih ciljeva.

Kao i osnovna verzija, i ovaj sistem ima široke mogućnosti modernizacije.

M. Kravac



## **SIMULATORSKI SISTEMI ZA ORUŽJE VELIKE PRECIZNOSTI\***

Efikasnost uništenja ciljeva protivoklopnim vođenim raketama (PTVR), koja spadaju u oružja velike preciznosti, kako u odbrani tako i u napadu, zavisi od osposobljenosti posluge, spremnosti da odgovori na brze promene borbene situacije, mogućnosti da se prilagodi različiti

tim klimatskim i terenskim uslovima, danju i noću, kao i na protivničku raznovrsnu i nekonvencionalnu tehniku.

Brze promene savremenih borbenih i aktivnih protivdejstava neprijatelja postavilo je pred posluge stroge zahteve gotovosti za brzo odlučivanje, visoku profesionalnost, izvanredno poznavanje vlastite opreme i njenih mogućnosti, kao i uvežbanost za realizaciju njihove borbeno upotrebe. Svi ti faktori zahtevaju korišćenje savremenih metoda i sredstava za obučavanje. Dugogodišnje iskustvo u obučavanju posluga PTVR pokazalo je da se maksimalna efikasnost može postići kombinovanjem dvaju metoda: tradicionalnim terenskim uvežbavanjem i kompjuterskom simulacijom, čiji je značaj poslednjih godina uveliko porastao.

Postoji nekoliko razloga za široku upotrebu simulatora: prvo, borbenu uvežbavanje uz upotrebu standardne opreme jedinica na terenu zahteva znatna sredstva i troškove (značajna potrošnja goriva i municije, aktivnosti u vezi s postavljanjem situacije za uništenje ciljeva, visoki rizici po lokalne uslove, itd.); drugo, terensko uvežbavanje ne može obezbediti reprodukciju različitih borbenih zadataka, njihovo višekratno ponavljanje, posebno u smislu kompleksnosti scenarija; treće, čak i najefikasnija upotreba raspoložive opreme za uvežbavanje ne može obezbediti objektivnu procenu izvođenja obuke i, konačno, kompleksnost savremene vojne opreme učinila je postupke operatora još složenijim, naglašavajući njihovo nezavisno sticanje i obradu informacija.

Idući u susret zahtevima za poboljšanje efikasnosti sredstava za obuku, u Rusiji su u projektnim biroima KBP i

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar 2001.

CKBA, koji su i dugogodišnji proizvođači PTVR, izrađeni brojni unikatni trenažni sistemi namenjeni za povećanje uvežbanosti posloga u rukovanju PTVR sistema Kornet-E, Metis-M, Konkurs-M i Fagot.

Simulatori Kornet-E i Metis-M uključuju terenske trenažere 9P163-1GVM i 9F640, kao i sobne trenažere 9F660-1 i 9F660-4.

Terenski trenažeri namenjeni su za obuku posada u savlađivanju osnovnih operacija na vatrenom položaju, kao što su:

- prelaz sistema PTVR iz marševskog na vatreni položaj i obratno; punjenje raketa; lansiranje i praćenje cilja u realnim terenskim uslovima.

Terenski trenažeri su, po veličini i masi kopije originalnih PTVR, a optički i mehanički uređaji su im identični. Trenažeri se mogu opremiti standardnim termovizorom kojim se obezbeđuje noćno uvežbavanje. Slično stvarnoj PTVR, trenažer ima instruktorski osmatrački nišan sa istim optičkim osama kao operator, što omogućava instruktoru da kontroliše postupke operatora.

Operativni uslovi trenažera 9P163-1GVM 9F640 su slični onima kod sistema Kornet-E i Metis-M.

Sobni simulatori za trenaž posloga PTVR su unikatni modeli 9F660-1 i 9F660-4.

Ovi trenažeri sadrže najnovije kompjuterske sisteme visokih performansi. Njihov namenski softver omogućava:

- vizuelne 3D kolor simulacije selektivnog taktičkog scenarija preko pretpostavljenog bojišta;
- reprodukovanje dinamičkih karakteristika pravih PTVR na bazi dobro proce-

njenih matematičkih modela njihovih upravljačkih sistema, uzimajući pri tome u obzir faktore kao što su ubrzanje, vetar i dr.;

- oponašanje taktičkih i tehničkih karakteristika simuliranih ciljeva (njihov izgled, veličinu, dinamičke karakteristike, naoružanje);

- generisanje zvuka i vizuelnih efekata lansiranja raketa, opaljenja i borbene situacije, kao što su dim, blesak, eksplozije, prizori bombardovanja, itd.;

- objektivnu procenu postupka operatora i njihovo unošenje u bazu podataka;

- kreiranje adaptivnih trenažnih programa namenjenih da minimiziraju uticaj instruktora;

- rad trenažera u realnom vremenu.

Trenažeri 9F660-1 i 9F660-4 sadrže sledeće celine:

- digitalni kompjuter Ramek osnove;
- simulator za lansere 9P163 i 9P151;
- slušalice,
- komplet kablova.

Standardna konfiguracija trenažera sadrži dve radne stranice (jedna za operatora i jedna za instruktora) i hardverski i softverski sistem. Trenažer se može opremiti dodatnim radnim stanicama operatora, a mogu se koristiti dva načina trenaža: pripremljeni i fleksibilni. Pripremljeni scenario se koristi u adaptivnom trenažu, u kojem se narastanje kompleksnosti zadataka nudi operatoru u zavisnosti od njegovog napretka u rešavanju prethodnih zadataka. Taj način pomaže da se trenažni program prilagodi najefikasnijem modelu. Fleksibilan scenario je prilagođen instruktoru koji bira trenažne ciljeve po svom nahodanju.

U toku uvežbavanja trenažeri omogućavaju:



– procenu aktivnosti obučavajućih, kojima se uzima u obzir broj lansiranja za izvršenje zadatka, koeficijent upravljanja, koeficijent stabilnosti i koeficijent upravljanja za poslednja dva minuta leta rakete;

– snimanje, plejbek i prikaz na monitoru izvršenja poslednjeg zadatka radi detaljne analize postupka operatora;

– pohranjivanje svakog individualnog postupka operatora u bazu podataka;

– zapis pregleda stanja posle dejstva.

Uz to, trenažeri obavljaju samokontrolu, otkrivaju pogrešno funkcionisanje i zapisuju vreme izvršenja.

Trenažni kurs zahteva do 15 časova obuke operatora.

M. Krbavac

<<<◇>>>

## VOJNI SATELITI\*

U proteklih pola veka čovek ne samo da je prodrio duboko u kosmička prostranstva, već je izgradio čitavu gamu satelita različite namene koji imaju sve značajniju ulogu u vojnoj i civilnoj sferi.

Sateliti se danas mogu klasifikovati prema različitim merilima: prema vrsti orbite – niska, na visinama od 100 do 1000 km, srednja, od 1000 do 35 800 km i geostacionarna od 35 800 km. Evropska svemirska agencija (ESA) deli satelite, s obzirom na masu, na: velike (masa preko 1000 kg), male (500 do 1000 kg), mini-satelite (100 do 500 kg), mikrosatelite (10 do 100 kg) i nano i pikosatelite, mase ispod 10 kg.

Vojni sateliti mogu biti za rano upozoravanje, navigacioni, izviđački, obaveštajni, komunikacioni, geodetsko-topografski i meteorološki. U novije vreme sve su aktuelniji borbeni sateliti SBL (Space Based Laser – u kosmosu baziran laser).\*\*

### Sateliti za rano upozoravanje

Interkontinentalna balistička raketa stiže do cilja za samo 30 minuta (raketa lansirana sa podmornice za 10 minuta) radi čega je neophodno da se pravovremeno otkrije trenutak njenog lansiranja. Od šezdesetih godina 20. veka sateliti za rano upozoravanje, zajedno sa radarskim sistemom za rano upozoravanje, čine jedinu aktivnu komponentu sistema antibalističke zaštite, koja predstavlja najznačajniji izvor neophodnih informacija o lansiranju i trajektoriji leta raketa.

Razvoj i upotreba satelita za rano upozoravanje počeo je sa lansiranjem prvog američkog satelita sa infracrvenim senzorima MIDAS (Missile InfraRed Defens Alarm System – raketni infracrveni odbrambeni alarmni sistem) 1960. godine. Osnovna slabost tog satelita bila je njegova nedovoljna pouzdanost. Infracrveni senzori su, naime, davali veliki broj lažnih upozorenja, pa su u SAD od 1970. godine počeli da koriste satelite iz programa odbrambene podrške DSP (Defense Support Program). Po tom programu u geostacionarnu orbitu lansirano je pet satelita, od kojih je svaki kontrolisao određeno područje, šaljući kontrolnoj zemalji-

\* Prema podacima iz prospektnog materijala Defensor d. o. o.; TRW; Lockheed Martin, Aerospatiale Matra.

\*\* Sporazumom o istraživanju i korišćenju kosmosa iz 1967. godine zabranjeno je izmeštanje nuklearnog oružja i drugih oružja za masovno uništavanje u kosmosu.



skoj stanici informacije. Ti sateliti su neprekidno kontrolisali lansiranje raketa ili registrovali nuklearne eksplozije na bilo kojoj tački Zemlje. Tri novija satelita DSP danas kontrolišu područje visokog prioriteta, dok stariji sateliti DSP kontrolišu manje značajna područja.

U okviru programa DSP do sada je lansiran 21 satelit sa različitim podsistemima. Sateliti DSP lansiraju se pomoću raketa-nosača Titan III i IV, a satelit DSP-16 u orbitu je izneo Spejs šatl. Razvoj satelita DSP odvijao se u pet faza. Prvi satelit DSP Block 1/Phase 1 lansiran je u geostacionarnu orbitu između 1970. i 1975. godine. Njegova masa iznosila je 900 kg, a životni vek 1,25 godina. Senzori su bili od olovnog sulfida sa 2000 ćelija, od kojih je svaka kontrolisala područje od 6 km<sup>2</sup>. Sledile su faze: Block 2/Phase 2 sa tri satelita (1975–1977), Block 3/MOS-PIM (Multi Orbit Satellite, Performance Improvement Modification) sa četiri satelita (1979–1984), Block 4/Phase 2 upgrade sa 2 satelita (1984–1987) i Block 5/DSP-1, sa 8 satelita (od 1989). Sateliti iz programa Block 5/DSP-1 su mase 2400 kg, dužine 10 m, i životnog veka oko pet godina. Upotrebljavaju infracrveni teleskop dužine 3,7 m i mase 2,36 t, sa ogledalom prečnika 92 cm od živasrebrnog kadmijuma (telurida), sa 6000 ćelija, od kojih svaka kontroliše područje od 3 km<sup>2</sup>. Infracrveni senzor raspoznaje lansiranje većine raketa, čak i letelice sa uključenim dodatnim sagoravanjem. Senzori satelita funkcionišu na dve talasne dužine infracrvenog spektra, što omogućuje bolje raspoznavanje različitih izvora toplotnog zračenja. Ti sateliti imaju sposobnost onemogućavanja pot-

punog zaslepljenja u slučaju napada laserom (1980. godine jedan satelit DSP bio je zaslepljen eksplozijom na jednom ruskom gasovodu). Poslednji model satelita DSP koristi dobro zaštićen dodatni infracrveni senzor Heritage.

Sjedinjene Države nameravaju da do 2003. godine lansiraju još dva satelita DSP. Satelitu DSP-1 dovoljna su samo dva minuta za potvrdu lansiranja rakete i određivanje njene trajektorije leta. Ti podaci se odmah šalju u različite zemaljske stanice: na ostrvu Guam, u dve stanice u Australiji (OGS) i Evropi (EGS), američku stanicu (CGS) i u mobilne kopnene terminale (MGT). Iz tih stanica podaci dolaze u američku komandu NORAD i kosmičku komandu u državi Kolorado. Svaki satelit ima sposobnost kontrole Zemljine polulopte u svom vidnom polju (trećina ukupne površine Zemlje), a otkriva i lansiranje rakete iz bilo koje tačke unutar svog područja osmatranja.

Od 1997. godine, uz pomoć sistema JTACS (Joint Tactical Ground Station), Amerikanci i njihovi saveznici mogu neposredno da dobijaju podatke od satelita DSP. Sistem JTACS namenjen je za zajedničko dejstvo sa taktičkim antibalističkim sistemom, što mu omogućuje brzo i precizno određivanje pravca napada protivničkih raketa.

Da bi poboljšali tačnost i opis aktivnosti, bržu obradu „sirovih“ podataka i njihovu efikasniju distribuciju do krajnjih korisnika, Amerikanci su 1995. godine uspostavili sistem Talon Shield/ALERT.

U okviru programa SDI (Strategic Defense Initiative) sistem DSP treba da se zameni sistemom satelita BSTS (Boost Surveillance and Tracking System) i

sistemom SSTS (Space Surveillance and Tracking System). Prvi sistem treba da otkriva lansiranje raketa i da ustanovi njihovu trajektoriju leta u početnoj fazi, dok drugi treba da kontroliše i prati njen let i aktivira antibalistički sistem. Po toj zamisli raketu bi na određenoj tački putanje presretali u kosmosu stacionirani presretači SBI (Space Base Interceptors).

Potreba za novim vrstama satelita, koji bi bili osposobljeni za aktivno učestvovanje u antibalističkoj odbrani, dovela je 1994. godine do izgradnje satelita SBIRS (Space Based InfraRed System).

Sateliti SBIRS će umesto dosadašnje tehnologije infracrvenog skeniranja područja koristiti dvodimenzionalnu planarnu tehnologiju slikovnog infracrvenog rasporeda, pomoću koje će neprestano osmatrati i kontrolisati celokupnu hemisferu. Sateliti nove generacije SBIRS namenjeni su za upozoravanje na opasnost od lansiranih raketa, njihovo praćenje i usmeravanje oružja antibalističke zaštite, prikupljanje obaveštajnih tehničkih podataka i praćenje situacije na bojištu. Ovaj sistem čine sateliti: SBIRS high i SBIRS low. Prvi sistem čine četiri satelita, dva u geostacionarnoj orbiti (GEO) i dva koja će kružiti u visokoelipsoidnoj orbiti (HEO), što će omogućiti potpunu kontrolu područja iznad oba zemljišna polja koja su slabo vidljiva iz geostacionarne orbite, dok će se peti satelit nalaziti u rezervi. Prijemne zemaljske stanice sačinjavace postojeće kontrolne stanice sistema DSP, ali će biti podignute i nove.

Sateliti SBIRS high imaće skenirajući infracrveni senzor za brzu kontrolu celokupnog područja, kao i fiksni senzor za tačno otkrivanje i praćenje cilja. Oni će zameniti dosadašnje satelite DSP, a

njihovo uvođenje u operativnu upotrebu očekuje se 2004. godine. Izgradnja satelita SBIRS high koštaće 1,8 milijardi dolara, a predviđeni troškovi njihove upotrebe do 2020. godine dostići će sumu od 10 milijardi dolara.

Tehnički znatno složeniji i revolucionarniji projekat predstavljaju sateliti SBIRS low, namenjeni za praćenje raketa od momenta njihovog lansiranja do ponovnog ulaska u atmosferu. Sve prikupljene informacije predavaće sistemima za presretanje raketa. Puna operativnost sistema satelita SBIRS low pretpostavlja korišćenje 20 do 25 satelita stacioniranih u niskoj orbiti. Zajedno sa satelitima SBIRS high oni će kontrolisati celokupnu površinu Zemlje. Primarni zadatak satelita SBIRS low jeste osiguranje preciznog praćenja leta rakete u njenoj središnjoj fazi, i ustanovljavanje razlike između pravih i lažnih raketa. Svaki satelit SBIRS low imaće dva infracrvena senzora – tragač i senzor za praćenje. Kada senzor-tragač otkrije gasove raketnog motora pri startovanju rakete (ima široko vidno polje), informaciju prenosi senzoru za praćenje, koji ima užu i vrlo precizno vidno polje. Taj senzor nastavlja sa praćenjem leta rakete u središnjoj fazi, sve do njenog povratka u atmosferu. U međuvremenu procesor na satelitu obavlja proračun položaja krajnjeg cilja leta rakete (objekta napada) i dobijene podatke distribuirati baterijama presretača koje treba da unište raketu. Svaki satelit biće osposobljen da istovremeno prati više ciljeva. Celokupni sistem SBIRS međusobno će biti uvezan u mrežu, čime će se omogućiti međusatelitska komunikacija kako bi lansirana raketa stalno bila pod kontrolom. Takođe, biće otklonjen tako-

zvani prazan prostor – vreme koje protekne od momenta lansiranja rakete i njenog praćenja do zahvata sa radarskim zemaljskim sistemima za presretanje.

Sovjetski Savez je počeo da koristi satelite za rano upozoravanje od sredine šezdesetih godina, kada je lansirao dva satelita tipa Elektron (1964). Sledeće godine lansirao je komunikacioni satelit Molnija-1, za koji se sumnjalo da je satelit za rano upozoravanje. Prvi pravi sovjetski satelit za rano upozoravanje iz programa US-KS lansirao je 1972. godine pod oznakom Kosmos 520. Masa satelita iznosila je oko 1250 kg, visina 1,3 m, a teleskop je bio dugačak 2 m. Između 1976. i 1983. godine prva serija sovjetskih satelita za rano upozoravanje pokazala je niz konstrukcionih grešaka, pa je došlo do njihovih raspadanja u kosmosu.

Devedesetih godina (1991–1994) Rusi su, posle niza izvršenih poboljšanja, lansirali drugu generaciju satelita za rano upozoravanje US-KOM. Četiri satelita iz te generacije takođe su imale određene slabosti, a u operativnoj upotrebi zadržao se samo jedan. Do 1999. godine lansirana su još dva satelita, ograničenog trajanja (nekoliko meseci), a avgusta 2001. godine lansirao je novi satelit Prognoz, koji pripada modernizovanoj varijanti druge generacije satelita za rano upozoravanje.

### **Geodetsko-topografski i meteorološki sateliti**

Tačni podaci o zemljištu i precizne geografske karte područja vojnih operacija od suštinskog su značaja za efikasnu upotrebu oružja dugog dometa i raspored

kopnenih snaga. Te podatke, brzo, efikasno i bez mogućnosti da ih protivnik ometa, komandama obezbeđuju topografsko-geografski sateliti koji distribuiraju precizne podatke o gravitacionom i magnetnom polju Zemlje, koji su kritični parametri za tačno planiranje vođenja balističkih projektila dugog dometa. U tu svrhu Zapad koristi civilne satelite za daljinsko raspoznavanje i osmatranje površine Zemlje, kakvi su sateliti serije SPOT (francusko-evropski) ili američki LANDSAT. Ti sateliti obezbeđuju multispektralne fotografije zadovoljavajuće rezolucije za izradu odgovarajućih geografskih mapa. Koriste se i snimci sa izviđačkih satelita (KH-12, Lacross, Helios-1 i dr.). U kombinaciji sa savremenim prostorno-geografskim informacionim sistemima za manipulaciju podataka omogućuje se izrada preciznih geografskih karata, trodimenzionalna animacija terena, eksponiranje specifičnih karakteristika zemljišta značajnih za izvršenje određenih zadataka i izrada simulacije terena za različite zadatke – obuku vojnika i obaveštajaca, itd.

Za preciznu topografsku kontrolu terena u Rusiji se koriste specijalizovani sateliti Jantar 1KFT kometa/silueta. Oni se lansiraju jednom u godini ili dve, i za vreme 45-dnevne aktivnosti registruju sve promene na zemljištu koje su u međuvremenu nastale. Celokupna fotografska oprema satelita smeštena je u modifikovani modul vostok/zenit, koji služi i kao povratna kapsula. Gornji deo satelita sa sistemom za kontrolu i sunčevim celijama je tipa Jantar. Satelit je opremljen sa dve foto-kamere: kamerom za kontrolu širokih područja koja ima rezoluciju od 10 m i jednim snimkom pokriva povr-

šinu 200 x 300 km i visokorezolucijskom kamerom (rezolucija 2 m) koja jednim snimkom pokriva površinu od 20 x 40 km. Poslednje lansiranje tog satelita obavljeno je septembra 2001. godine.

Tačna prognoza vremena i atmosferskih pojava imaju ključni značaj za brojne vojne aktivnosti, posebno u vazduhoplovnim i pomorskim operacijama.

Prvi meteorološki satelit, američki Tiros, lansiran je 1960. godine. Američka nacionalna administracija za okeane i atmosferu (NOAA) danas rukovodi sa šest meteoroloških satelita – četiri civilna (dva u geostacionarnoj orbiti – GOES i dva u polarnoj orbiti – POES) i dva vojna satelita DMSP (Defense Meteorological Satellite Program).

Program DMSP odvija se od sredine šezdesetih godina, a sateliti osmatraju Zemljinu atmosferu, okeane i solarno-geofizičku okolinu. Oko Zemlje ti sateliti kruže na polarnoj orbiti (sunčevoj sinhronoj) sa inklinacijom od 98°, na nominalnoj visini od 830 km, sa periodom od 101 minuta. Oba satelita svakih šest sati šalju podatke o vremenskim prilikama nad određenim prostorima. Njihov centralni deo je senzor za linearno osmatranje koji obezbeđuje stalno osmatranje kretanja oblaka u pojasu širine od 3000 km, u vizuelnom i infracrvenom opsegu sa rezolucijom od 0,5 km. Drugi senzori omogućuju merenje atmosferskih vertikalnih profila magle i temperature, vodotokove, stanje leda i snega i vrednosti elektromagnetnih polja koje su značajne za prognozu uticaja jonosfere na sistem komunikacija dugog dometa, na rad radara za rano upozoravanje od napada balističkih raketa i na uticaj kosmičke sredine na rad vojnih satelita. Sledeće

lansiranje satelita iz programa DMSP predviđeno je za 1. februar 2003. godine.

Program ruskih meteoroloških satelita nosi oznaku Meteor, a prva generacija postala je operativna 1967. godine. Do danas su lansirani sateliti Meteor-2 i Meteor-3, kao i poboljšana verzija Meteor-3M.

Satelit Meteor-3M lansiran je decembra 2001. godine u sunčevu sinhronu, gotovo polarnu orbitu, na visinu od 1000 km, sa inklinacijom od 99,6°. Satelit ima senzore za osmatranje površine Zemlje i kretanje oblaka u vidnom i infracrvenom spektru, senzore za visinsko merenje pojasa oblačnosti, merenje površinske temperature i ustanovljavanje temperaturnih profila i profila vlažnosti. Predviđeno je da vek satelita bude tri godine.

S. Arsić



## **ZAŠTITNA ODEĆA ZA POSADE BORBENIH VOZILA\***

U poslednje vreme naglašen je razvoj individualne opreme za pojedine vojne specijalnosti. Projektovani tipovi vojne odeće mogu se podeliti na četiri grupe: opšte namene; za posade oklopnih vozila; za posade aviona i helikoptera; za mornarički personal.

Odnedavno su posebno naglašeni zahtevi za zaštitu posada oklopnih vozila, aviona i helikoptera. U razvoju zaštitne odeće za posade borbenih vozila i aviona dizajneri su uvažili dva glavna faktora: dejstvo parčadi i toplotno dejstvo.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2002.



Probijanje oklopa borbenog vozila dovodi do stvaranja snopa od 100 do 210 parčadi ukupne mase oko 400 g. Uobičajeno smrtonosno rasparčavanje sastoji se od dva nejednaka dela. Jedan deo, koji iznosi oko 70%, sastavljen je od parčadi mase do 3 g koji lete brzinom od 500 do 600 m/s. Drugi deo čine veći komadi delova oklopa. Međutim, njihovo uništavajuće dejstvo je beznačajno, pošto se odražava na svega 3 do 5% zapremine ili površine uništenja.

Opekotine članova posade posledica su detonacija municije i paljenja goriva unutar oklopnog vozila, kao i upotrebe raznih zapaljivih smeša.

Zbog značaja individualne zaštite posade, glavna raketna i artiljerijska uprava ruskog ministarstva odbrane, zajedno sa Centralnim istraživačkim institutom za specijalne mašine razvila je prvi zaštitni komplet za posade oklopnih vozila. Komplet se sastoji od tri dela:

- kombinezona otpornog na vatru, koji štiti 80% površine tela od otvorenog plamena na temperaturi do 1100°C za vreme od oko 15 s;

- šlemofona otpornog na dejstvo parčadi;

- zaštitnog prsluka, koji štiti člana posade od parčadi mase 1 do 2 g, koji lete brzinom od 550 m/s.

Masa kompleta iznosi oko 6 kg. Za razvoj kompleta inženjeri su koristili najnovije ruske balističke i termički otporne materijale, kao što su materijali zasnovani na vlaknima ARMOS i RUSAR, koji su za 20 do 25% jači od vlakana tipa SVM i kevlar, i otpornih na vatru oxalon-aramid hibrid materijala. Značajno je da svi materijali prolaze specijalne pro-

cese radi otpornosti i na vodu, ulje i gas, a otporni su i na dekontaminacione i druge hemijske reagense.

Zaštitna odeća prošla je operativna ispitivanja na oklopnim vozilima svih tipova, uključujući i ergometrijske testove na temperaturama od -40°C do +40°C, i neke druge testove. Trupna ispitivanja su, takođe, uspešno izvršena.

Smatra se da upotreba ove zaštitne opreme doprinosi smanjenju borbenih gubitaka ljudstva za 2,3 do 3,5 puta.

Sada se radi na razvoju zaštitnih kompleta za osoblje raketnih jedinica i artiljerije, koji bi trebalo da štite od sličnih uništavajućih efekata dejstva municije, a bili bi otporni i na dejstvo vatre.

Drugi važan i doskora nerešiv problem je zaštita pilota, a posebno i posada borbenih helikoptera. Savremena zaštitna odeća izrađena za vazduhoplovne snage treba da poseduje četiri osnovne funkcije: antibalističku, antitermičku, antimehaničku i maskirnu. Funkcionalno, specijalni individualni zaštitni komplet za letačko osoblje frontovske avijacije sličan je onom za posade oklopnih vozila. On treba da zaštiti osoblje od sledećih dejstava:

- letećih parčadi brzine od 450 do 500 m/s i zrna koja lete brzinom od 300 do 400 m/s;

- toplotnog dejstva otvorenog plamena sa temperaturom od 1100 do 1200°C u trajanju do 15 s.

Ovakav zaštitni komplet trebalo bi da ima sledeće delove:

- antibalistički skidajući metalni oklop za standardne letačke šlemofone ili, alternativno, šlemofon izrađen od kompozitnih materijala, koji nije teži od 0,4 kg;

- elastični pancirni prsluk za zaštitu tela, vrata, ramena i podlaktica, sa ukupnom

zaštitnom površinom od najmanje 60 do 80 dm<sup>2</sup> i masom ne većom od 3 do 3,5 kg;

– vatrostalno odelo, koje štiti 160 do 180 dm<sup>2</sup> površine tela i ima masu od 2 do 2,5 kg;

– vatrostalne rukavice i vatrostalne antibalističke cipele mase manje od 2 kg.

Kada je to potrebno, zaštitni prsluk se može opremiti i dodatnim keramičkim pancirnim slojem mase 2,5 kg, koji štiti od zrna pojačane probojnosti kalibra 7,62 mm.

M. Krbavac



## PODvodNA TRANSPORTNA SREDSTVA\*

Ranih šezdesetih godina Lenjin-gradski brodograđevinski institut i Zavod za motore pokrenuli su razvoj samohodnih autonomnih sredstava – ronilica za prevoz lakih pomorskih diverzanata. Taj projekat postao je prototip familije podvodnih transportnih sredstava pod nazivom Sirena.

Razvoj nauke i tehnologije veoma je kompleksan i neizvestan proces. Paralelno sa glavnim programima ponekad se pojavljuju netipična pionirska istraživanja koja mogu dati rezultate koji menjaju skeptični stav prema tzv. niskoprofilnim projektima razvoja. Pojedinačna dostignuća pronalazača često su u fokusu pažnje istraživačko-razvojnih centara, i znače početak novih istraživanja u oblasti nauke i tehnologije. To se može u potpunosti pripisati i razvoju podvodnih sredstava koja se koriste za podvodne

vojne diverzante, kao i za istraživačke i komercijalne potrebe.

Sovjetski Savez je formirao svoje prve pomorske specijalne jedinice 1950. godine, kojima je bila potrebna i odgovarajuća oprema, uključujući podvodna transportna sredstva. Septembra 1959. godine dva podvodna propulzora, Protei-1 i Protei-2, bila su testirana i uvedena u proizvodnju. Ti propulzori su se pričvršćivali za roniočeve grudi (Protei-1) ili leđa (Protei-2). Protei-1 se pokazao mnogo efikasnijim, i još se upotrebljava u ruskoj mornarici.

Dvosedi transporter, zvani Sirena, razvijen iz torpeda 533 mm, bio je, takođe, uspešno projektovan, testiran i proizveden. Kasnije je on modernizovan u Zavodu za motore, uz saradnju sa brojnim drugim brodograđevinskim, avio i elektroindustrijskim preduzećima. Modernizacija je rezultirala razvojem visokopouzdanje i efikasne verzije Sirena-UME. Ovo sredstvo može da se lansira sa bilo kojeg površinskog broda opremljenog dizalicom nosivosti 2 t, i sa malih podmornica klase Pirana. Kasnije je razvijen odgovarajući mehanički potiskivač za lansiranje sa podmornica Projekt 877EK i 877EKM. Vozila Sirena-UME se ukrcajavu na podmornicu slično torpedima.

Po strukturi, Sirena-UME se sastoji od prednje, srednje i krmene sekcije. Prednja sekcija nosi kontejner pričvršćen pomoću brzokidajućeg mehanizma. U toj sekciji su smeštene i nikl-kadmijumove baterije. U srednjoj sekciji nalaze se kabine ronilaca, upravljački panel, sistem za obezbeđenje životnih uslova i sistem za vertikalno manevrisanje.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar 2001.



Kabine su opremljene prednjim štitnicima za zaštitu ronilaca od struje vode. Krmena sekcija nosi navigacioni sistem, kontrolne instrumente, uključivač prenoša, sklopove za kontrolu brzine elektropogona i upravljačkih motora. Svi sklopovi, instrumenti i pogonski uređaji imaju veoma nizak nivo šuma.

Navigacioni sistem i kontrolni instrumenti obezbeđuju autonomnu upotrebu ronilice na dubinama do 40 metara sa kursom od 0 do 360°. Ronilica se može opremiti i sonarima za otkrivanje podvodnih prepreka, dubinomerom i brzinomerom.

Sistem za vertikalno manevrisanje namenjen je za automatsko održavanje položaja ronilice na određenoj dubini i za vertikalne manevre kojima upravlja ronilac – operator. Kurs ronilice i dubina mogu se manuelno određivati kada se manevrisanje izvodi pri morskom dnu blizu zaronjenog objekta i u tesnacima.

Priprema Sirene-UME za zadatke i njeno održavanje obavlja se u lukama i brodskim depoima opremljenim uređajima za punjenje baterija i odgovarajućim kompletem pribora i alata.

Sa zaliham punih baterija, priprema ronilice za dvočlanu posadu traje 1,5 sat, a vreme za punjenje baterija iznosi 15 sati.

Projekat Sirena poslužio je za razvoj i proizvodnju trosednog podvodnog sredstva Marina, i mobilnog sistema za njegovo tehničko servisiranje radi podrške ronilačkim zadacima na dubinama do 40 m, u uslovima nepripremljenih obalskih objekata.

Ronilica Marina namenjena je za:

- izviđanje, inspekciju i podizanje potonulih objekata;

- snimanje i istraživanje mineralnih resursa na morskim grebenima;

- podršku ribarima;

- podvodne tehničke zadatke vezane za konstrukciju potonulih objekata, polaganje i snimanje podvodnih kablova i cevovoda;

- okeanografska istraživanja.

Uz to, Marina je idealno podvodno transportno sredstvo za turiste i ribolovce, sposobno za:

- automatsko izviđanje i lebdenje na određenim dubinama;

- automatsku stabilizaciju na određenoj dubini i kursu;

- manevrisanje i veliku podvodnu brzinu.

Ronilačka sekcija štiti ljude od struje vode i obezbeđuje im panoramski pogled i pogodne uslove vožnje.

Ronilica je opremljena i žiroskopskim i magnetnim kompasom koji obezbeđuje pouzdanu podvodnu orijentaciju. Bezbednost je osigurana i sistemom koji izbacuje vodu iz kabine u slučaju havarije. Sistem ima ručne i automatske komande koje se aktiviraju na određenoj dubini.

Takođe, kooperativnim aktivnostima razvijen je i ronilački transporter SOM-1 namenjen za prevoz jednog ili dva ronioca za potrebe radova pod vodom, kao i za sportske aktivnosti i rekreaciju. Može se puniti sa dve vrste baterija i pogoniti odvojenim motorom. Salinitet okoline može da bude od 0 do 30%, a temperatura od 0 do 30°C.

M. Krbavac



## 3D GRAFIČKE TEHNOLOGIJE ZA OBUKU U MORNARICI\*

Pomorske borbene operacije karakterišu se masovnom upotrebom snaga i oružanih sistema i dinamikom taktičkih situacija, što zahteva stalne procene i brzo donošenje odluka. To pojačava informacioni pritisak na brodske komande i operatore informacionih i upravljačkih sistema.

Tradicionalne tehnike prikazivanja situacija sa pokrivanjem višestrukih oznaka, brzina cilja, distancionih krugova, lokacija i drugih prikaza na situacionom pregledu ne mogu obezbediti dobru percepciju informacija za korisnike, kao i za njihovu koncentraciju na kritični događaj, u uslovima ograničenog vremena pri analizi i proceni taktičke situacije. Nove indikacione tehnike moraju da obezbede veliki obim informacija, jednostavnost i jasnoću.

Poslednjih godinu i po dana, tražeći rešenja navedenih i drugih problema vezanih za operacije sa savremenim brodskim oružnim sistemima, Saljut i Kurs inicirali su istraživanje u novim 3D kompjuterskim simulacijama i grafičkim tehnologijama za razvoj novih sistema oružja i modernizaciju postojećih. Jedan od pravaca koji najviše obećava u razvoju 3D grafičke tehnologije jeste njegova upotreba u vazдушnim i pomorskim taktičkim situacijama zajedno sa zemaljskim i mornaričkim komandnim mestima, kao i raznim simulacionim sistemima taktičke situacije. Ti sistemi namenjeni su za prijem opštih podataka o ciljevima sa sistema za izviđanje cilja, sa izvora ELINT, navigacionih sistema

(obezbeđuju koordinate i parametre kretanja svojih brodova) i njihovu analizu i indikaciju. Uz to, operator sistema (npr. komandant brodske PVO) mora imati softver za automatsku procenu taktičke situacije i brzo donošenje odluke.

3D grafičke tehnologije daju sistemima za prikazivanje informacija veće mogućnosti zbog toga što eksplicitno predstavljaju taktičku situaciju, i obezbeđuju alat za njihovu bolju procenu. Prva karakteristika ostvarena je vizuelnim izdvajanjem ciljeva koji lete na različitim visinama, menjanjem skale slike, njene orijentacije i drugih parametara, predstavljajući taktičku situaciju na 3D mapi zone borbene operacije. Izvršenje raznih zadataka koji proizilaze iz procene tekuće situacije omogućeno je prikazivanjem 3D zone borbenih operacija savezničkih brodova i aviona, kao i zone potencijalnih protivničkih udara. Osim toga, operator ima brojne funkcionalne mogućnosti.

Analize informacija primljenih sa izvora ELINT omogućavaju operatorima da identifikuju, sa velikom verovatnoćom, vrste cilja i njihovo standardno naružanje i obezbeđuju selekciju najopasnijih ciljeva.

Algoritmi grupisanja ciljeva poboljšavaju percepciju operatora o informaciji za masovne udare protivnika. Grupa za praćenje ciljeva se posmatra kao pojedinačni element tekuće situacije, obezbeđujući izvršenje pojedinačnih borbenih zadataka u okviru ograničene zone. Na primer, eskort, ECM, izviđanje i grupe za demonstraciju prikazani su kao uvećani ciljevi korespondentskih tipova.

U toku procene situacije i donošenja odluke operator mora procenjivati i koristiti taktička obeležja borbene zone, posebno

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar 2001.

na malim udaljenostima od obala. Na primer, sa informacijom o mogućnosti vlastitih (savezničkih) vazduhoplovnih i mornaričkih izviđačkih sistema moguća je potpuna procena podataka primljenih sa tih sistema, uz uvažavanje specifičnosti određenog prostora. Ti zahtevi su prisutni u taktičkoj situaciji prikazanoj na 3D mapi.

Istraživanje u 3D indikaciji taktičke situacije dovelo je do razvoja prototipa indikacionog sistema za brodski 3D radar, koji se dalje usavršava. Sistem ima dve verzije. Na snimku sistema može da se predstavi npr. reprezentativna udaljena taktička situacija sa oznakama vlastitih brodova, nekoliko ciljeva, njihove putanje i kopneni putevi. Predstavljanje ciljeva korespondira njihovim tipovima, što znatno olakšava njihovo uočavanje. Grupni cilj, na primer, od pet lovaca, označava se kursorom u gornjem desnom uglu ekrana. Na donjem delu ekrana daje se informacija o sastavu grupe, kao i drugi servisni podaci. Na desnoj strani ekrana prikazuju se kontrolne tabele za identifikaciju putanja cilja, grupisanje ciljeva, itd.

Na ekranu radne stanice komandanta brodske PVO može da se pokaže i vlastita zona PVO i najkritičniji ciljevi koji nose protivbrodske i protivavionske rakete. Potencijalne zone opasnosti nacrtane su za svaki cilj.

Korišćenje 3D kompjuterske grafičke tehnologije nije ograničeno samo na indikacione sisteme. Dodatna zajednička istraživanja uključuju razvoj interaktivnog ambijenta za obučavanje sa serijskim radarima.

Kao što je poznato, priručnici bilo kog kompleksnog tehnološkog sistema sadrže hiljade stranica. Istovremeno, ef-

kasan operativni sistem zahteva obuku operatora, detaljno poznavanje osnovnih principa njihovog funkcionisanja, njihove arhitekture, namene i strukture njihovih komponenata.

Pri proučavanju uputstava, posebno u prvoj fazi obučavanja, vrlo je značajno obuhvatiti opštu funkciju modela, jer će to pomoći upoznavanju individualnih instrumenata, uređaja i modula. Ako takav model nije moguć, u obučavanju postaje teško objediniti fragmentarne informacije o individualnim komponentama. Prema tome, za razvoj interaktivne dokumentacione tehnike odabrani su sledeći principi: korisnici bi trebalo da znaju koji deo sistema koriste u svakom momentu i gledajući uputstvo trebalo bi da bude jednako jednostavno pri prelazu od opšteg ka pojedinačnom (vertikalno premeštanje) i pri kretanju po jednako važnim elementima (horizontalno premeštanje).

Glavna sekcija uputstva približava korisnike sistemu. Sa desne strane ekrana pokazuju se tabele za otvaranje stranica sa informacijama o principima rada radara i njegovim osnovnim instrumentima. Veći deo ekrana zauzet je prostornim modelom sistema, uključujući sve njegove instrumente. Korisnik može istaći određeni instrument pomoću miša i korespondirajući deo uputstva pokazaće na dnu ekrana. Izdvajanje teksta i grafičkog prikaza pojedinih delova takođe je moguće.

Pojedinačni opis instrumenata omogućava korisniku raščlanjivanje instrumenata i prikazivanje modula koji ga interesuju.

Rezultati postignuti za vreme razvoja sistema za interaktivnu prezentaciju uput-

stva omogućavaju upotrebu sličnih tehnika za rad sa operativnim uputstvima.

M. Krbavac



## SAVREMENI TERMoeLEKTRIČNI SISTEMI\*

Zavod za mikroelektroniku iz Rusije nalazi se u sastavu RIF korporacije – istraživačke i proizvodne asocijacije, koja se bavi proizvodnjom raznovrsnih hi-tech uređaja. Iako je zadržao svoj osnovni proizvodni profil, RIF neprestano širi asortiman svojih proizvoda.

Barmitsa-RS je nova radio-stanica namenjena za nivo odeljenje-vod-četa, radi obezbeđenja otvorene i zaštićene komunikacije sa sličnim sredstvima, kao što su taktičke radio-stanice R-159, R-163 i R-168. Njena čvrsta konstrukcija idealna je za rad u terenskim uslovima.

Razvoj i proizvodnja termoelektričnih sistema je nova orijentacija RIF korporacije. Danas termoelektrična tehnologija uspešno konkuriše tradicionalnim sistemima za hlađenje na bazi freona, i sve se više koristi u raznim oblastima, kao što je medicina, železnički transport, automobilska industrija, kosmička oprema, elektronika, telekomunikacije, laserska i kompjuterska tehnika i aparati za domaćinstvo. Ova korporacija je vodeća ruska firma uključena u oblast termoelektrične tehnologije, počev od razvoja poluprovodničkih materijala i razvoja modula, koji su primarni elementi termoelektričnog sklopa, pa do kompletnih termoelektričnih sistema za razne aplikacije.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar 2001.

Korišćenje peltier efekta (topli i hladni transfer od različitih površina modula prouzrokovan istosmernom strujom) omogućava hlađenje ili grejanje objekata. To je ekološki čista tehnologija, jer ne zahteva korišćenje freona ili drugih sredstava koja se koriste za hlađenje. Za razliku od isparljivih hladnjaka, termoelektrični sistemi za hlađenje nemaju pokretne delove i rade bez šumova i vibracija.

Termoelektrični sistemi mogu brzo ohladiti objekte i precizno održavati njihovu temperaturu. Komponente sistema su visoko pouzdane i ne zahtevaju tehničko održavanje. Promena smera električne struje menja režim sa hlađenja na grejanje.

Termoelektrični vazdušni hladnjaci namenjeni su za kondicioniranje unutar raznih tipova opreme za automatsko upravljanje, kao i telekomunikacione opreme. Ti sistemi omogućavaju sniženje temperature za 12 do 14°C u odnosu na okolinu, i održavanje normalnih funkcija elektronskih sistema u povoljnim uslovima kondicioniranja vazduha.

Ovakav termoelektrični rashladni sistem koristi se u elektronskim sistemima koji se koriste u podmornicama i raketnim sistemima S-300AD.

RIF završava ispitivanja uređaja za termoelektrično kondicioniranje vazduha za stacionarne i pokretne sisteme kapaciteta hlađenja od 4,5 kW.

Serijski proizvedeni kućni termoelektrični frižider, izrađen u firmi RIF, ima kapacitet 88 litara, a temperatura hlađenja mu je u granicama od 0 do +4°C pri temperaturi okoline od +45°C.

Korporacija proizvodi i sistem za prečišćavanje vode koji ima tri faze: mehaničko filtriranje, hlađenje na temperaturu 16±3°C i dekontaminaciju sa bakteriocidnim ultraljubičastim zračenjem.

Takođe, korporacija proizvodi vojne i civilne sisteme za održavanje života ljudi, koji sadrže termoelektrične uređaje za hlade-

nje i prsluke za održavanje povoljne temperature pri radu u ekstremnim uslovima.

M. Krbavac





## tehničke novosti i zanimljivosti

### ZAVRŠNA ISPITIVANJA SAMOHODNE HAUBICE CRUSADER\*

Program Crusader završio je svoja preliminarne sistemska istraživanja čime je zaključen programski prelaz sa njegovog prvobitnog 60-tonskog projekta samohodne haubice na mnogo pokretljiviji, a jednako ubojiti 40-tonski sistem. Istraživanjem su obuhvaćena ispitivanja brojnih programskih podsistema, usmerena na ključne aspekte projekta, kao što su upotreba, troškovi i rizici. Ističe se da su ostvareni rezultati veoma zadovoljavajući. Cilj je bio da se haubica izradi na vreme, uklopi u budžet i armijske zahteve.

Koristeći postojeću ispitnu opremu za prototipe, uključujući i potpuno automatizovanu opremu za samohodnu haubicu (SPH1) i integralnu ispitnu stanicu, istraživanje je obezbedilo visok nivo pouzdanosti i kvaliteta projekta oružnih sistema.

Zajedno sa prvim nivoom integracije taktičkog softvera sa mehaničkim podsistemima u oktobru 2001. godine, ovo istraživanje je potvrdilo da su performanse sistema usklađene sa troškovima i rizicima.

Preliminarno istraživanje je pokazalo da se može preći na sledeće detaljnije projekte, koji vode do prototipa B u 2003. godini, i do isporuke prvih operativnih uzoraka u 2004. godini. Sledeća ključna faza programa predviđena je za februar 2003. godine.

Crusader je samohodna haubica 155 mm na guseničnom vozilu sa pratećim kamionom za popunu. Namenjena je za strateški razvoj snaga transportom avionima C-17, sa ciljem izvršavanja različitih armijskih zadataka. Prve jedinice opremljene ovom samohodnom haubicom planiraju se za operativnu upotrebu u 2008. godini.

M. K.



### LAKA SAMOHODNA HAUBICA ZA BRZO RAZVIJANJE\*

Rešavajući probleme obezbeđenja adekvatne vatrene podrške snaga ubačenih duboko na ratištu, singapurska firma Singapore Technologies Kinetics razvija samohodne haubice 155 mm koje mogu

\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 24. decembar 2001.

\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 5. mart 2002.



da se prebacuju uz pomoć taktičkog avio-transporta. Nova laka samohodna haubica 155 mm LWSPH (Light Weight Self Propelled Howitzer) montirana je na laku pogonsku šasiju i može da se transportuje avionima C130, CH47D i CH53.

Za pogon koristi dizel motor sa turbo punjačem, a šasija na koju je montirana omogućava brzo razvijanje iz aviona do fronta.

Haubica LWSPH ima maksimalnu brzinu od 80 km/h, radijus kretanja 600 km i mogućnost savlađivanja uspona do 60%. Njene projektne mogućnosti omogućavaju joj borbenu održivost po principu „udari i nestani“. Promena položaja haubice za 500 m ostvaruje se za manje od jednog minuta. Razvijanje i premeštanje, koje obavljaju samo tri vojnika, takođe zahteva manje od jednog minuta, a vatreni domet haubice je do 30 km.

Planira se izrada standardnih podvoza i za druge slične klase haubice.

Vodeći italijanski proizvođač oružja Oto Melera je partner firmi ST Kinetics u razvoju haubice LWSPH, koja je sada u fazi izrade prototipa. Za serijsku proizvodnju biće spremna 2003. godine.

M. K.



## **PROGRAM BUDUĆIH BORBENIH SISTEMA ARMIJE SAD\***

Vodeća istraživačko-projektna agencija Ministarstva odbrane SAD DARPA i Armija SAD izdvojile su iz kompanija Boeing i Science Applications International Corp. (SAIC) tim koji će biti vodeći

sistemske integrator LSI (Lead Systems Integrator) za koncept i tehnološki razvoj programa budućih borbenih sistema.

Program budućih borbenih sistema treba da definiše perspektivne sisteme i tehnologije za ostvarenje vizije upotrebe „objektivnih snaga“, počev od ove deкаде. Tu spadaju uvezani sistemi, uključujući platforme sa i bez posade, koji će biti sposobni za izvođenje napadnih zadataka, indirektnu vatru, PVO, izvidanje, osmatranje i akviziciju ciljeva, komandovanje i ostvarenje komunikacija u borbi.

Budući borbeni sistemi su glavni korak u transformaciji armije.

Objektivne snage su buduće armijske snage potpunog spektra, koje bi trebalo da se organizuju, obuče, opreme i uvežbaju za više stratejske zadatke. One treba da budu ubojite, svestrane, sposobne za opstanak i podršku celini vojnih operacija, od glavnih ratnih poprišta, operacija protiv terorista, do osiguranja bezbednosti u sopstvenoj državi.

Tim Boeing-SAIC LSI podržaće razvoj armijskog koncepta organizacije i operativne strukture, kao i izradu specifikacija za program budućih borbenih sistema. On će razviti arhitekturu sistema, identifikovati i procenjivati potencijalne koncepte i tehnologije, sprovesti demonstracije i selektirati najpovoljnije za naredna odlučivanja.

Rad ovog tima treba da obezbedi prelazak programa iz faze koncepta i tehnološkog razvoja u sistemski razvoj i fazu opitovanja u trećem kvartalu fiskalne 2003. godine. U protekloj fazi ugovorni timovi iz Boeinga, SAIC-a, General Dynamicsa i Lockheed Martina razvili su različite koncepte za buduće borbene sisteme.

\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 8. mart 2002.

Očekivana vrednost sadašnjeg ugovora iznosi 154 miliona dolara, što predstavlja deo programa koji je procenjen sa četiri milijarde dolara sa realizacijom u narednih pet godina.

M. K.



## **TAKTIČKI RAKETNI SISTEM PENETRATOR\***

Firme Lockheed Martin Missiles i Fire Control sklopile su ugovor vredan 16,1 milion USD za proizvodnju devet armijskih taktičkih raketnih sistema (TACMS – Tactical Missile System) Penetrator.

Armijски taktički raketni sistemi Penetrator pokazaće integraciju armijskih TACMS, sa prototipom mornaričkih bojnih glava koje prodiru u zemlju, što će rezultirati pojačanim mogućnostima uništenja čvrstih i duboko ukopanih ciljeva. Armijske rakete Penetrator biće kompatibilne sa potpuno modernizovanim višecevnim raketnim sistemom familije Launchers.

Lockheed Martin timski radi sa Sandia National Laboratories na razvoju penetrator bojne glave, koja će se ugraditi u armijски taktički raketni sistem.

Očekuje se da će ugovor biti realizovan do septembra 2004. godine. Proizvodnja će biti realizovana na više lokacija, a testiranje sistema na raketnom poligonu White Sands u Novom Meksiku.

M. K.



\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 18. oktobar 2001.

## **MULTISPEKTRALNI NIŠANSKI SISTEM ZA PREDATOR\***

Firme Raytheon's Air Combat & Strike Systems Predator Rapid Reaction Team isporučile su tri potpuno integrisana multispektralna nišanska sistema za bespilotnu letelicu Predator koju koriste specijalne vazduhoplovne snage SAD. Isporuка je izvršena za samo 90 dana nakon potpisivanja ugovora. Do sada je za razvoj i isporuku takvih sistema bilo potrebno 12 do 16 meseci.

Predator je upotrebljen u Avganistanu, a uređaje kao što su multispektralni nišanski sistem koristi radi daljinskog prikupljanja izviđačkih podataka. Koristeći savremenu elektroniku, ovaj sistem obezbeđuje Predatoru velike mogućnosti u selektivnom prikazivanju IC i dnevnih TV slika u realnom vremenu, kao i mogućnost laserskog određivanja položaja neprijatelja radi napada.

Ugovori za isporuku multispektralnih nišanskih sistema procenjeni su na više od 80 miliona dolara.

M. K.



## **KOMPLET BOMBI ZA BETONSKE PISTE\*\***

Mornarica SAD sklopila je ugovor s firmom Lockheed Martin vredan 80 miliona dolara za proizvodnju laserski vođenih avio-bombi. Prema dostupnim podacima firma Lockheed Martin potpuno je ovladala izradom protivbetonskih kom-

\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 8. mart 2002.

\*\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 4. januar 2002.

pleta avio-bombi GBU-16. Novi zahtev je, uz ugovor od 9 miliona dolara sa početka 2001. godine, predvideo ubrzanje proizvodnje i povećanje kompleta.

Vodeni komplet bombi sastoji se od upravljačkog kompjutera, koji se nalazi na prednjem delu sistema za vođenje, i grupe za savlađivanje vazdušnog strujanja, koja uključuje stabilizatore leta i nalazi se na zadnjem delu kompleta. Navedena oprema znatno poboljšava tačnost gravitacionog oružja, koje se često označava kao „dumb bombs“, smanjuje kolateralne štete i rizik po sopstvene i savezničke kopnene snage.

Do 1990. godine Lockheed Martin je isporučio Mornarici SAD i kupcima u sedam zemalja preko 16 000 laserski vođenih vežbovnih bombi, koje su korišćene za obuku posada aviona umesto mnogo skupljih laserski vođenih borbenih kompleta. Protivbetonski vođeni kompleti sadrže ključne tehnologije i komponente vežbovnih bombi, ali uvažavaju strože uslove naoružanja i unutrašnje opreme aviona.

M. K.

<<<◇>>>

## USPEŠNA PROBA RAKETE AARGM\*

Druga uspešna proba raketa iz programa savremenih protiv zračenja vođenih raketa AARGM (Advanced Anti-Radiation Guided Missile) mornarice SAD, završena je 19. decembra prošle godine na mornaričkom poligonu Chine Lake u Kaliforniji.

Raketa je uspešno identifikovala, pratila i sama se navodila na simulirani radarski cilj PVO, prolazeći kroz ubojni radijus bojne glave i dejstvujući unutar definisane udarne zone rakete.

AARGM je savremena višerežimska tragajuća raketa, kombinovana sa pasivnim protiv zračenja samonavođenjem i aktivnim senzorima milimetarskog talasnog područja, kompletirana sa GPS inercijalnim navigacionim sistemom. Tragač je integrisan u konstrukciju rakete AGM-88 velike brzine. Raketa AARGM je predviđena da poveća mogućnosti mornarice SAD u otkrivanju, lociranju i uništenju protivničke PVO. Ispitivanje rakete AARGM izvršila je eskadrila F/A-18 mornaričko-vazdušne komande.

Specifični ciljevi pri ispitivanju bili su:

- interoperativne mogućnosti borbenog leta aviona i kompjutera komande za lansiranje;
- otkrivanje, identifikacija i praćenje cilja pomoću raketnog podsistema za samonavođenje protiv zračenja;
- navođenje rakete na cilj pomoću ugrađenog softvera za vođenje rakete;
- pretraživanje, otkrivanje, praćenje i kolekcioniranje podataka pomoću raketnog tragača milimetarskog talasnog područja.

Podaci su uspešno kompletirani za četiri lansiranja u okviru tehnološke faze demonstracije. Raketi su poboljšane mogućnosti dodavanjem senzora za poboljšanje uvida u situaciju i gađanja, i ugradnjom predajnika za procenu udara u procesu procene borbenog učinka.

U planu je i razvoj novog tragača za rakete AARGM za potrebe narednih demonstracija.

M. K.

\* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 2. januar 2002.

<<<◇>>>

## PROGRAM PROBNIH LETOVA ZA EUROFAJTER DA4\*

Borbeni lovac Eurofajter DA4, jedan od dva razvojna aviona kompanije BAE Systems iz Warton, nedavno je, nakon dužeg perioda mirovanja, ponovo započeo program probnih letova. U tom periodu na avionu su izvršene znatne modifikacije avionike i pogonskih sistema, i kompletirana je prva faza zemaljskih ispitivanja pomoćnih odbrambenih sistema DASS (Defensive Aids Sub Systems).

Prvi probni letovi usmereni su na testiranje svih glavnih sistema aviona, a naročito na motore, radar, rakete srednjeg dometa vazduh-vazduh AMRAAM (Advanced Medium-Range Air-to-Air Missile) i sistem upozorenja GPWS (Ground Proximity Warning System).

U narednom periodu avion će imati prioritetne probne letove radi usaglašavanja troškova upotrebe. Pažnja će posebno biti usmerena na procenu sistema oružja u celini, uključujući integrisanje sistema AMRAAM i ASRAAM (Advanced Short-Range Air-to-Air Missile) sa radarom i GPWS.

Deo ispitivanja sistema DASS, izvešće se na RAF-ovom ispitnom poligonu za elektronska dejstva Spadeadam u Northumberlandu.

Probni letovi sa raketnim sistemima AMRAAM izvršiće se s potpuno vodenim gađanjem raketama AMRAAM protiv ciljeva u vazдушnom prostoru, na pomorskom poligonu severozapadno od Škotske u narednoj godini.

M. K.



\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 16. novembar 2001.

## AVIONI CASA C-295 ZA ŠPANSKO VAZDUHOPLOVSTVO\*

Prvih devet vojnih transportnih aviona CASA C-295 isporučeno je vazduhoplovnim snagama Španije, koje su i prvi naručilac. Ovi avioni će izvršavati, uglavnom, humanitarne i mirotvorne zadatke, koje su dosad obavljali avioni C-130 Hercules, ali uz mnogo manje troškova.

To je srednji transportni turboelisni avion, pogonjen sa dva kanadska motora snage po 1455 kW Pratt & Whitney PW127G. Raspon krila mu je 25,81 m, maksimalna masa pri uzletanju 21 t, a nosivost korisnog tereta 9 t. Njegova maksimalna krstareća brzina iznosi 480 km/h.

Avion CASA C-295 može da transportuje 50% više tereta nego CN-235 sličnog doleta, a tovarni prostor mu je širi za tri metra. Avionom se mogu transportovati do 73 vojnika, pet standardnih platformi dimenzija 2,235 x 2,743 m ili 27 nosila za evakuaciju ranjenika.

Pored španskih vazduhoplovnih snaga, koje su ovaj avion uvele u svoju vojnu transportnu flotu, postoje zahtevi Poljske za 8 aviona i Ujedinjenih Arapskih Emirata u verziji za pomorsku patrolu.

M. K.



## MODERNIZACIJA HELIKOPTERA BLACK HAWK\*\*

Procenu stanja na prva tri helikoptera američke vojske Black Hawk, na kojima je predviđena modifikacija u novu konfiguraciju UH-60M, započela je kompanija Sikorsky Support Services Inc (SSSI).

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 16. novembar 2001.

\*\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 16. novembar 2001.

Dva helikoptera UH-60A i jedan UH-60L prve su letelice oficijelno uvedene u opšti program rekapitalizacije armijskih helikoptera Black Hawk, po kojem se planira generalno remontovanje 1200 letelica za 25 godina.

Rekonstruisane letelice imaće povećanu korisnu nosivost, nove digitalne displeje u pilotskoj kabini, ojačan trup, nove elise od kompozitnog materijala i znatno snažnije motore.

Rekapitalizacijom će se helikopteru UH-60 obezbediti eksploatacija u narednih 20 godina, uz smanjene troškove održavanja u odnosu na sadašnju flotu. Osim toga, helikopter UH-60M zameniće UH-60L kao standardna konfiguracija za novu armijsku proizvodnju helikoptera Black Hawk, počevši od 2007. godine.

Program UH-60M predstavlja dugoročni sporazum od velikog značaja i za Armiju SAD i za aviokorporaciju Sikorsky, i njime će se znatno poboljšati performanse flote, dok će se istovremeno smanjiti operativni troškovi i troškovi podrške.

U maju 2001. godine Sikorsky je potpisao ugovor na 219,7 miliona USD za istraživanje, razvoj, ispitivanje i izradu četiri probna helikoptera UH-60M: tri konverzije iz postojeće flote i jedne novoprodukovane letelice.

Kompanija SSSI će rastaviti helikoptere, proveriti delove, preurediti kokpit i repni deo.

Sikorsky će ugraditi novo staklo kokpita sa četiri multifunkcionalna displeja, dve jedinice upravljačkih displeja, savremeni kompjuter za upravljanje letom, novi komplet avionike i užu instrument-tablu radi obezbeđenja pogodnije vidljivosti. Uz to, helikopter će biti opremljen novom kabinom i prolaznom sek-

cijom, i koristiće nove motore velike brzine radi smanjenja ukupnih troškova.

Kompozitne elise na helikopteru UH-60M omogućiće podizanje 227 kg više nego kod sadašnjeg UH-60L. Novi motor General Electric 1700-Ge-701D, koji je sada u razvoju, davaće 3% veću efektivnu snagu, što će omogućiti 181 do 227 kg dodatne korisne nosivosti.

Probni let prvih helikoptera UH-60M planiran je za 2003. godinu. Nakon završetka prva četiri helikoptera, u 2004. godini započeće radovi na početnoj proizvodnji UH-60M, koja bi do 2012. godine trebalo da se ustali na 90 letelica godišnje.

M. K.



## RAZVOJ NOVOG RADARA E-2C HAWKEYE\*

Mornarica SAD sklopila je ugovor vredan 49 miliona dolara sa kompanijom Northrop Grumman za razvoj i demonstraciju radara E-2C Hawkeye radi njegove modernizacije.

Ovaj ugovor je prvi deo od ukupno jedne milijarde dolara, koliko je predviđeno za razvoj i isporuku poboljšanih rano upozoravajućih radara do kraja ove dekade, a očekuje se da će to dovesti do programa vrednog više milijardi dolara za proizvodnju naredne generacije modernih radara Hawkeye.

Programom modernizacije unaprediće se dizajn sistema E-2C, koji su nedavno integrisani u sistem, a istraživani su nekoliko poslednjih godina. Firma Integrated Systems treba da u roku od 12 meseci definiše fizičku arhitekturu pret-

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 4. januar 2002.



hodnih sistema oružja i obezbedi planove objedinjenih programa. Program razvoja integrisaće brojne nove mogućnosti u sisteme ranog upozoravanja i upravljanja na avionu. Radarski sistem Hawkeye 2000, koji se sada proizvodi, biće zamenjen novim, integralnim, elektronski usmeravanim UHF radarom. Radar Hawkeye sledeće generacije imaće, takođe, mogućnosti raketne odbrane. Ostala poboljšanja predviđaju: taktički kokpit koji će kopilotu omogućiti da dejstvuje kao četvrti operator sistema pri borbenom letu, novu komunikacijsku opremu, nove generatore, bolju identifikaciju svojih i protivničkih sistema i usavršeni kompjuter i softver borbenog leta.

Nosilac ugovora je Northrop Grumman's Integrated Systems – sektor za rano upozorenje i elektronsko ratovanje. Za glavne podsisteme angažovani su Lockheed Martin Naval Electronics & Surveillance Systems, Northrop Grumman Electronics Systems, Raytheon, BAE Systems i L-3 Communications Randtron Antenna Systems.

Razvojnim programom racionalizovace se proizvodnja, rukovanje i troškovi podrške. Očekuje se da će ugovor za potpuni program istraživanja i razvoja biti potpisan krajem sledeće godine.

M. K.



## ZEMALJSKI IZVIĐAČKI RADAR GSR\*

Korporacija Telephonics iz Criffon Korporacije izvršila je prikazivanje zemaljskih izviđačkih radara GSR (Ground

Surveillance Radar), ističući njihove mogućnosti u borbi protiv terorizma.

Kompanija je demonstrirala mnoge od karakteristika njihovog lakog, perimetarski zaštićenog senzorskog sistema male snage. Ona je, takođe, demonstrirala povoljna korisnička svojstva opreme, i istakla potrebu za niskim nivoom obuke korisnika, što omogućava brzo uvođenje u upotrebu i efikasno korišćenje sistema.

Razvijanje radara GSR, koje traje manje od 5 minuta, čini ga idealnim za uspostavljanje prenosnih, stabilnih ili veoma mobilnih izviđačkih operacija u zonama visoke osetljivosti i oko potencijalnih ciljeva velikog značaja, u surovim vremenskim uslovima, danju i noću. Pri tome se garantuje da će kritični izviđački podaci biti prikupljeni, obrađeni i emitovani brzo, lako i pouzdano.

Pored primarnog zadatka za izviđanje granice, GSR se može koristiti za brojne druge obaveštajne zadatke, uključujući zaštitu rezervoara vode, nuklearnih i klasičnih centrala, aerodromskih objekata, mostova i raketnih opitnih poligona.

M. K.



## PERSONALNI LOKATORSKI SISTEMI ZA AVIONE A-10\*

Firma Cubic Defense Systems sklopila je ugovor na oko 2 miliona USD za snabdevanje personalnim lokatorskim sistemima i instalacionim kompletima Vazduhoplovne nacionalne garde i Vazduhoplovne rezerve SAD.

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 15. novembar 2001.

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 14. novembar 2001.



Sistemi će se ugrađivati na avione A-10, a predviđa se da isporuka bude završena početkom 2002. godine. Ovaj personalni lokatorski sistem omogućuje posadi aviona A-10 da vrlo brzo odredi položaj preživelih i da im pruži aviopodršku.

Kubikov personalni lokatorski sistem (PLS) standardni je sistem avionike ugrađen na avione armije, mornarice i vazduhoplovnih snaga SAD za potrebe pretraživanja i spasilačkih operacija. Sistemom se obezbeđuju radio-komunikacijske veze otporne na ometanje, između spasilaca i oborenih pilota, što omogućava posadi da precizno utvrdi lokaciju preživelih u pojedinim teškim situacijama i složenim operativnim uslovima.

Isporuka je počela u septembru prošiljkom prvog sistema za potrebe verifikacije instalacije sistema i njegove upotrebe na avionu A-10. Dodatna isporuka nastaviće se do marta 2002. godine, a ugradnja u avione obaviće se u Barksdale u Luizijani i Bradley Field u državi Konektikat.

Mada je ugovor obuhvatao 24 elektronička sistema PLS, predviđeno je ukupno 96 instalacionih kompleta za brzo opremanje aviona A-10.

M. K.



## **NOVI SONARNI SISTEM ZA MORNARICU SAD\***

Firma Northrop Grumman Corporation sklopila je ugovor sa Mornaricom SAD za razvoj optičkog fiksno podvodnog izviđačkog sistema koji koristi svetlost umesto električne energije.

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 13. novembar 2001.

Razvojni program, koji treba da traje 24 meseca, završiće se prikazom na moru i vrednovanjem akustičkih optičkih sistema za duboke vode.

Mornarica i korporacija Northrop Grumman započeli su razvoj optičke akustičke senzorske tehnologije još ranih osamdesetih godina, kao potencijalne zamene za stare elektromehaničke sisteme, zasnovane na tehnologiji sa bakarnim provodnicima. Nova optička tehnologija nudi mogućnost smanjenja troškova uz povećanu pouzdanost.

Grupacija Northrop Grumman za proizvodnju navigacionih sistema danas proizvodi lake širokopojasne antenske nizove, kao i velike optičke akustičke sisteme namenjene za nuklearne podmornice klase Virdžinija.

M. K.



## **SATELITSKI INTELIGENTNI BIBLIOTEKARSKI SISTEM\***

Firma Lockheed Martin objavila je uspešan prijem i obradu satelitske informacije u svom inteligentnom bibliotekarskom sistemu ILS (Intelligent Library System). Slikovna informacija, uhvaćena pomoću prvog u svetu komercijalnog satelita jednometerske rezolucije IKONOS, preneti je na zemaljsku stanicu gde je automatski obrađena, katalogizirana i složena u ILS digitalnu arhivu, odakle se mogu, kao zemaljske ilustracije, elektronski isporučiti krajnjim korisnicima ili se ponovo pretražiti.

\* Prema podacima iz časopisa Defence Systems Daily, 18. maj 2001.

Ovaj sistem sposoban je da uhvati hiljade slika gigabajt razmera na dan i pouzdano pohrani milione slika za potrebe lakog i brzog pretraživanja.

Sve do ove žive satelitske veze, sistem ILS uzimao je ilustracije sa CD-a i magnetoskopskih traka, koje će ostati komplementarni izvor podataka. Kao totalni fajlovski upravljački sistem, ILS će sam automatski pratiti integraciju podataka hiljada terabajt satelitskih slika, vodeći računa o tome da ne dođe do degradacije fajlova.

Za takvu instalaciju tim ILS je integrisao informacione i arhivske funkcije sa softverom za analizu slike i desetina umreženih radnih stanica. Krajnji korisnici mogu pozvati različite aplikacije za slikovne analize sa iste radne stanice, koristeći mogućnost pretraživanja i ponovnog pronalaženja. Novi softverski programi za analizu podataka, koji egzistiraju na tržištu, mogu se brzo pridodati ILS kompletu integrisanih aplikacija.

Sistem ILS, kao integralno hardversko-softversko rešenje, primenjuje savremenu hijerarhijsku strukturu čuvanja podataka. Pametni algoritmi anticipiraju zahtev za pohranjene ilustracije i preuzimaju podatke sa polica ili „jukebox“ biblioteke radi onlajn pokrivanja ako se zahteva. Niskorezolucijske verzije listanja slika uvek su onlajn zbog brzog ponovnog pretraživanja.

Kada je potrebno ponovno pretraživanje, ILS korisnici koriste standardne interfejsa za brzo čitanje radi pretraživanja indeksiranih opisnih podataka (metadata) ili zaokruživanja zone pretraživanja na mapi. Pri tome je moguće da se odmah podesi rezolucija slike i potencijalne naredbe smeste na kartu ekrana, gde se

mogu ponovo pretraživati ili ucrtati kao podloga pre nego što aktuelna naredba bude smeštena. Korisnici mogu da biraju i uređenje samo jednog dela ilustracije.

Svestrana zaštita sprečava neautorizovani pristup raznih tipova ili kategorija fajlova.

M. K.



## SAVREMENE LASERSKE TEHNOLOGIJE\*

Istraživačko-proizvodna asocijacija ALMAZ vodeća je u razvoju ruskih sistema laserske tehnologije. Ona ima više od 30 godina uspešnog iskustva u stvaranju sistema za prenos laserske energije i njegovih elemenata namenjenih za generisanje, formiranje i usmeravanje snažnog laserskog snopa na udaljene objekte.

Korišćenje sistema za prenos laserske energije radi obavljanja različitih naučnih, civilnih i vojnih zadataka vrlo je perspektivno. Njihova uloga je znatno porasla minulih godina zbog pogodnosti koje taj sistem pruža, a to je niska cena prenosa energije i njena praktično trenutna isporuka direktno na cilj.

Jedan takav primer predstavlja gasnodinamički tečni CO<sub>2</sub> laser koji je razvila firma ALMAZ. Da bi obezbedili potpune testove sistema za prenos laserske energije, projektovana su pokretna sredstva promenljivih formacija i za precizno upravljanje laserskog snopa u širokom dijapazonu uglova i rastojanja. Formiranje uskog laserskog snopa velike snage i usmeravanje sa velikom uglov-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, novembar 2001.

nom preciznošću, ostvaruje se pomoću teleskopa velikog otvora.

Istraživanje efekata laserskog snopa na pokretne ciljeve zaslužuje poseban osvrt. Serija foto-snimaka urađena je za aerodinamički cilj kojem je krilo bilo izloženo dejstvu laserskog snopa sa sistema za prenos energije. Snimci su urađeni u momentima pre dejstva snopa, u momentu pogađanja, kao i posle emisije. Prvi uspešni testovi dejstva lasera na aerodinamičke ciljeve u Rusiji izvedeni su 1982. godine.

Za merenje parametara aviolaserskog emitovanja na velika rastojanja sačinjeni su, i na velikim visinama u balonima postavljeni, senzori velike efikasnosti. Senzori primaju emitovani laserski snop koji prolazi kroz niži deo površine balona. Radi sprečavanja štete, površina balona je urađena od specijalnog materijala koji propušta lasersko zračenje.

M. K.



## ZAŠTITNI PANCIRNI PRSLUCI\*

KIASS je najpoznatija istraživačka i proizvodna firma u Rusiji koja razvija i proizvodi zaštitne oklope. Ona serijski proizvodi i nudi sledeće proizvode:

- zaštitne prsluke različitih klasa zaštite;
- jurišne čelične štitove za specijalne lake jedinice;
- komponente za oklopnu zaštitu prostorija i parcijalnu zaštitu vozila;
- oklopnu zaštitu otpornih tačaka i opreme za specijalnu namenu;

– višenamenska oklopna vozila na bazi šasija UAZ-3741, GAZ-3102 i dr.

Individualna zaštitna odeća ima značajnu ulogu u opremi vojnika, jer štiti od zrna i ubojnih parčadi. Neophodno je da masa zaštitne opreme ne prelazi 30% ukupne mase opreme vojnika. Upotreba zaštitnog prsluka pokazala je da čelični elementi na oklopljenom telu pružaju optimalno rešenje za zaštitu.

Kompozitni elementi na keramičkoj osnovi ili kompoziti od presovanih polimernih vlakana, mogu da konkurišu ovoj nameni. Međutim, proizvodnja takvih raznovrsnih materijala lišava ih prednosti u tehničkim karakteristikama i performansama, jer njihova cena ostaje i dalje visoka. Izuzetak predstavljaju keramički elementi za prsluk, koji štite od snajperskih pancirnih zrna.

Sve donedavno težišni zahtevi, usmereni na zaštitnu odeću, podrazumevali su upotrebu homogenih čeličnih ploča kao elemenata zaštite. Zahtevani nivo zaštite od neposredne vatre automatskih pušaka AKM i AK-74 sa standardnim zrnom i zrna puške Dragun, postignut je oklopom od čelika debljine 4,3 do 4,8 mm (33,6 do 37,5 kg/m<sup>2</sup>). Upotreba iste municije sa pojačanim zrnom zahteva oklopnu ploču debljine od 5,8 do 6,5 mm (od 45,2 do 50,1 kg/m<sup>2</sup>).

Napredak u razvoju automatskog streličkog naoružanja, koji je ostvaren prvenstveno zbog upotrebe zrna sa termički povećanom tvrdoćom jezgra, koje ima pojačano probojno dejstvo, postao je glavni faktor primene savremenih oklopnih struktura zasnovanih na srednjeugljeničnim niskolegiranim martenzitnim čelicima.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, januar 2002.

Danas je otpornost na zrna serijski proizvedenih čeličnih zaštita očigledno dostigla svoj limit. Svako dalje poboljšanje zaštite čeličnim pločama zahtevaće sigurno povećanje troškova i složene tehnološke postupke. Savremeno automatsko oružje, sa mnogo efikasnijom municijom, zahteva nova projektna rešenja oklopnih elemenata zaštitne odeće za telo.

Firma KIASA danas radi na složenim oklopnim štitnicima od titana, aluminijuma, polimernih vlakana i metalno-keramičkih kompozita, koji obezbeđuju zaustavljanje zrna savremenog vatrenog oružja. Međutim, naponi za dalje poboljšanje zaštitnih osobina oklopnih elemenata ne mogu bitno smanjiti i masu zaštitnog oklopa za telo. Smatra se da smanjenje mase ne sme biti manje od 10%. Za sada, proizvođači zaštitne odeće svoj proizvodni asortiman menjaju svakih 5 do 7 godina, u skladu sa trendom razvoja municije za streljačko naoružanje.

Ruski zaštitni oklopni prsluci su konkurentni zapadnim i po umerenosti cene. Uz ista zaštitna svojstva njihovi če-

lični oklopni elementi imaju značajne prednosti u ceni, površini zaštite vitalnih organa i ergonomiji. Po pravilu, zapadni zaštitni prsluci opremljeni su sa dva tipa pravougaonih ploča sa odsečenim uglovima (na grudima i ledima), dok ruski Kora-Kulon, Korund, Klass-KM i dr. imaju talasaste čelične elemente u dve veličine.

Talasaste ploče, za razliku od pravougaonih, obezbeđuju bolju zaštitu vitalnih organa.

Poslednjih nekoliko godina tendencija je usmerena na povećanje sigurnosti od parčadi granata, pored svojstava otpornosti na proboj zrna. Krajem hladnog rata mnoge oružane operacije zamenjene su mirovnim i antiterorističkim dejstvima, uključujući i upotrebu naoružanja i borbene opreme. U takvim operacijama, odnos ranjenih od parčadi i zrna promeњen je od odnosa 80/20 ka odnosu 50/50. Zbog toga posebno je važno da se elementi otporni na probojnost zrna, posebno oni izrađeni od tankih čeličnih pločica, i dalje usavršavaju.

M. K.



Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem integralnog tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, tehnologiju, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, kao i teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi u pogodnoj računarskoj grafici. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike – crteža i nazive pozicija.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopise slati na adresu: Redakcija „Vojnotehničkog glasnika“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

*Tehničko uređenje*  
Branko Marković

*Lektor*  
Dobрила Miletić, profesor

*Korice*  
Milojko Milinković

*Korektor*  
Bojana Uzelac

Cena: 140,00 dinara  
Tiraž 1100 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)