

NOVINSKO-IZDAVACKA USTANOVA  
„VOJSKA“

NACELNIK

Pukovnik  
STANOJE JOVANOVIĆ

UREĐIVAČKI ODBOR

**General-major**

dr JUGOSLAV KODZOPELJIC, dipl. inž.  
(predsednik Odbora)

**General-major**

dr SINISA BOROVIĆ, dipl. inž.  
(zamenik predsednika)

**General-major**

dr NOVICA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

**General-major**

MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

**General-major**

dr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.

**General-major**

dr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

**Profesor**

dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

**Profesor**

dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

dr DRAGAN LAZAREVIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

dr MIHUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.  
(sekretar Odbora)

**Pukovnik**

MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

**Pukovnik**

mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

**Pukovnik**

MILAN UZELAC, dipl. inž.

**Potpukovnik**

mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

●  
GLAVNI I ODGOVORNI  
UREDNIK

**Pukovnik**

Miroslav Čojbašić, dipl. inž.  
(tel. 846-277, 23-59-133 ili 33-133)

**Urednik**

**Potpukovnik**

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

**Sekretar redakcije**

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

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI  
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,  
Pretpлата 545-020 i 22-584, žiro-račun: NIU  
„VOJSKA“ (za Vojnotehnički glasnik)  
40823-849-0-2393 Beograd. Godišnja pre-  
tплата 60,00 dinara. Rukopisi se ne  
vraćaju. Štampa: Vojna štamparija —  
Beograd, Generala Zdanova 40 b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS  
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI  
G L A S N I K

1



## SADRŽAJ

- Dr Vasilije Mišković,** potpukovnik, dipl. inž.  
**Dr Petar Stanojević,** kapetan I klase, dipl. inž.
- Mr Radenko Dimitrijević,** potpukovnik, dipl. inž.  
**Dr Radun Jeremić,** potpukovnik, dipl. inž.
- Dr Milan Novaković,** dipl. inž.
- Jovo Pilipović,** pukovnik, dipl. inž.  
**Mr Marko Segrt,** potpukovnik, dipl. inž.  
**Slobodan Ivković,** major, dipl. inž.
- Dr Predrag Petrović,** dipl. inž.
- Nenad Dimitrijević,** kapetan I klase, dipl. inž.
- Dr Slavko Pokorni,** pukovnik, dipl. inž.
- Dr Vitomir Miladinović,** profesor, dipl. inž.
- Dr Vlado Radić,** potpukovnik, dipl. inž.
- 7 Analiza nekih karakteristika funkcionisanja višeešelon-  
skog sistema zaliha popravljivih sklopova
- 14 Ispitivanje brzine detonacije malodimnih baruta
- 23 Verovatnoća aktiviranja nagaznih protivoklopnih mina
- 36 Komandno-informacioni sistem Pozadinskog školskog  
centra
- 51 Teorijsko-eksperimentalna analiza koeficijenata zaosta-  
janja i preticanja pogonskih točkova motornih vozila  
4x4
- 63 Buka u vojnim motornim vozilima i njeno dejstvo na  
vozače
- 75 Analiza greške određivanja temperature površi čvrstih  
materijala IC kamerom
- 87 Standardizacija u integralnom transportu
- 95 Oklopna izviđačka vozila

## PRIKAZI IZ INOSTRANIH CASOPISA

- 104 Inteligentni — vođeni artiljerijski projektili — M.S.
- 105 Budućnost oklopnih transporterata — V.R.
- 108 Borbena vozila pešadije — T.A.
- 113 Borbeni sistemi Mi-8AMTŠ i Su-39 — M.K.

- 115 Glavni trendovi razvoja fregata na početku 21. veka — M.K.  
117 Razvoj podmorničkih energetske uređaja — D.B.

#### TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

- 122 Francusko-američka municija sa senzorskim upaljačem — M.S.  
123 Izraelski modul za poboljšanje laserskih merača daljine — M.S.  
123 Topovi velikog kalibra na ruskim tenkovima — V.R.  
124 Višenamenska oklopna vozila — V.R.  
125 Svestranost vozila WARRIOR — V.R.

## GODIŠNJA ANALIZA TEHNIČKOG OBEZBEĐENJA VJ

Na osnovu Plana rada Tehničke uprave sektora Pozadine GŠ VJ, 23. decembra 1997. godine izvršena je godišnja analiza stanja tehničkog obezbeđenja VJ.

Analizom je rukovodio načelnik Tehničke uprave general-major dr Jugoslav Kodžopeljić. Sastanku su prisustvovali načelnici TSl komandi armija, RV i PVO, RM i KSJ, predstavnici PoB GŠ, VTA, TSVŠ, direktori TRZ Kragujevac i TRZ Čačak i članovi kolegijuma načelnika Tehničke uprave.

Skup je pozdravio i pozeleo uspešan rad pomoćnik načelnika GŠ za pozadinu general-major Konstantin Arsenović.

U svom uvodnom izlaganju načelnik TU istakao je da je cilj sastanka sagledavanje stanja TOB u 1997. godini i određivanje težišnih zadataka za 1998. godinu.

Načelnici TSl strategijskih grupacija referisali su o:

- realizaciji zadataka postavljenih na prethodnoj godišnjoj analizi stanja TOB,
- stanju TOB na kraju 1997. godine sa posebnim osvrtom na materijalne rezerve, ispravnost TMS, rashodovanje sredstava i oslobađanje jedinica od viškova, informatičku podršku, stepen popunjenosti i kvalitet kadra TSl, odnos i brigu organa komandovanja za stanje TMS,
- dostignutom stepenu realizacije zadataka po MODELU-21,
- inventarisanju,
- predlogu težišnih zadataka i smernica za rad organa i jedinica TSl u 1998. godini.

Težište referata predstavljali su predlozi za najefikasnija rešenja koja bi poboljšala sistem TOB sa postojećim kadrom i sredstvima u 1998. godini.

Doprinos radu skupa dali su i predstavnici PoB GŠ, VTA, TSVŠ, TRZ Kragujevac, sektora KoV GŠ, sektora VIED GŠ, VMA, direktor TRZ Čačak i članovi kolegijuma načelnika TU, diskusijama o aktuelnim pitanjima iz svojih sredina koja se tiču TOB.

U završnoj reči načelnik TU general-major dr Jugoslav Kodžopeljić govorio je o radu u 1997. godini, o uslovima u kojima će se odvijati rad

TSl u 1998. godini, kao i o težišnim zadacima. Istakao je da je, i pored evidentnih teškoća u mnogim oblastima, TSl realizovala sve bitne zadatke TOB, što je omogućilo da se borbena gotovost VJ održi na traženom nivou, čemu je doprinelo i zalaganje pripadnika TSl. Primer dobre organizacije rada TSl je pokazala i na zadacima redukcije naružanja u postavljenom roku, što su istakli i organi OEBS. Problemi koji se javljaju u radu TSl, a nisu iz objektivnog delokruga njenog rada, jesu finansiranje, resursi, infrastruktura i sl.

*Od pripadnika TSl u narednom periodu se zahteva:*

- *savesno, odgovorno i stručno izvršavanje zadataka TOB,*
- *da se stanje TOB realno procenjuje, a zadaci realizuju raspoloživim sredstvima,*
- *da funkcionalna i tehnička ispravnost sredstava NVO ne sme biti ugrožena niti da utiče na traženi nivo borbene gotovosti,*
- *da se preventivnom održavanju TMS mora posvetiti maksimalna pažnja, kao i pravilnom iskorišćenju raspoloživih kapaciteta,*
- *da se informatičkoj podršci i dalje pridaje potreban značaj, jer ona direktno utiče na efikasniji rad TSl,*
- *održavanje kapaciteta remontnih zavoda na ovogodišnjem nivou,*
- *planski nastavak akcije na održavanju TMS značajnih za dnevne aktivnosti VJ,*
- *što veći obim regeneracije delova i opravke sklopova, kako bi se i na taj način poboljšalo stanje rezervnih delova,*
- *rad na daljoj doradi regulative TSl, kao i na redovnom izlaženju časopisa Vojnotehnički glasnik.*

*Redakcija*

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

## ANALIZA NEKIH KARAKTERISTIKA FUNKCIONISANJA VIŠEEŠELONSKOG SISTEMA ZALIHA POPRAVLJIVIH SKLOPOVA

UDC: 62-7.001.575

### Rezime:

U ovom radu autori se bave nekim problemima upravljanja zalihama popravljivih sklopova-delova. Efektivnost je osnovni kriterijum pri projektovanju sistema snabdevanja rezervnim delovima. Složenost posmatranog sistema i procesa u njemu uslovlili su korišćenje metoda modelovanja i simulacije kao istraživačkih alata u ovom slučaju. Ovaj pristup zasniva se na posmatranju relevantnih karakteristika sistema snabdevanja i njihovih promena, uslovljenih različitim intenzitetima potražnje i pravcima materijalnih tokova. Najvažnija karakteristika — koeficijent zadovoljenja potražnje odabrana je radi prezentacije osnovnih rezultata. U radu isti status imaju novi i popravljeni sklopovi.

Ključne reči: zalihe, model, simulacija, koeficijent popunjenosti skladišta, intenzitet potražnje.

## ANALISE SOME FUNCTIONING CHARACTERISTICS OF A MULTIETCHEON INVENTORY SYSTEM

### Summary:

This article deals with problems in inventory systems of maintainable parts. The way of projecting on inventory system by effectiveness has been provided. The aspects of system complexity led as to use system modelling and consequently the simulation method. This approach provides the recognition of inventory system characteristics, the changes in the system influenced by the different requirement intensity and material flows. The most important characteristic — the predicted number of assembly replacements per real requirements number without delay, has been chosen for a detailed results presentation. Material flow conveys between echelon levels show tendency to keep the same values of the system characteristics in some determined limits without the replenishment quantity growth. In the study new and maintainable parts have the same status.

Key words: inventory, model, simulation, predicted number of assembly replacements, real requirements number without delay.

### Uvod

Karakteristike funkcionisanja višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova (u daljem tekstu sistema) predstavljaju pokazatelje uspešnosti funkcionisanja sistema. Poznavanje ovih karakteristika ima značaj i za potrošača i za upravne organe u sistemu.

Za potrošača koji se pojavljuje u sistemu, radi zadovoljenja svojih potreba, značajno je da unapred zna šta ga očekuje, koja je verovatnoća da će rezervni deo dobiti odmah, a ako mora da čeka — koliko je vreme čekanja, kolika je verovatnoća da neće čekati duže od nekog relevantnog vremena, itd. Za upravne organe u sistemu po-

znavanje karakteristika funkcionisanja je značajno da bi mogli oceniti da li sistem funkcioniše na zadovoljavajući način i u kojoj meri. Na osnovu promena karakteristika funkcionisanja sistema upravni organi mogu donositi odluke, da li u sistemu treba vršiti korekcije ili, u krajnjem, da li je neophodno projektovati i uspostaviti novi sistem snabdevanja. 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 funkcioniše sistem, najčešće su od presudnog uticaja poremećaji mogućnosti popune (nabavke rezervnih delova) i poremećaji potražnje.

U uslovima promene intenziteta potražnje nekog artikla, upravljanje zalihama u višešelonskim sistemima predstavlja veoma složen problem, bilo da se radi o operativnom upravljanju u sistemu, o projektovanju sistema ili korekcijama i racionalizaciji u sistemu. Kako je veoma teško analitički obuhvatiti sve uticajne faktore koji deluju u sistemu i izvan njega, za rešavanje ove vrste problema može se koristiti simulacija, odnosno simulacija u kombinaciji sa drugim metodama, najčešće statističkim metodama i metodama operacionih istraživanja. Metoda modelovanja i simulacije primenjuje se za analizu uticaja pojedinih parametara u sistemu, otkrivanje uzroka ponašanja sistema različitog u odnosu na očekivano, eliminaciju rešenja koja ne zadovoljavaju ograničenja još u fazi projektovanja, određivanje vrednosti kriterijumskih funkcija za ocenu funkcionisanja sistema i postoptimalnu analizu.

Prognoziranje upravljačkih akcija, u zavisnosti od promene uslova funkcionisanja sistema, svakako zavisi od promene svih karakteristika sistema. U ovom radu razmatraju se popravljivi sklopovi čija je regeneracija (u naj-

većem broju slučajeva) rentabilna. Razmatranje ugradnje regenerisanih sklopova je interesantno iz više razloga, a pre svega zbog cene regeneracije sklopa koja je u većini slučajeva niža od cene novog sklopa. Pored toga, ovakvom organizacijom omogućava se da u nižim nivoima sistema održavanja kvalifikaciona struktura izvršilaca bude niža jer se obavlja samo prosta zamenjena sklopova. Na taj način postiže se da se vreme u otkazu sredstava smanjuje. Izvršiocima sa višom kvalifikacijom koncentrišu se na mestu regeneracije sklopova, čime se njihov broj smanjuje. Smanjuje se i količina rezervnih delova za opravku sklopova koji se moraju držati u sistemu, a i zavisnost sistema snabdevanja rezervnim delovima od sistema održavanja i tržišta.

U ovom radu biće prikazana, ilustracije radi, mogućnost analize uticaja intenziteta potražnje i nivoa zaliha u centralnom skladištu na koeficijent popunjenosti skladišta. Iz ovakve analize moguće je definisati upravljačke akcije, prema promenama ove karakteristike sistema u zavisnosti od visine zaliha u centralnom skladištu i u zavisnosti od intenziteta potražnje posmatranog sklopa.

### **Neke karakteristike i uslovi funkcionisanja sistema**

Ako se kao cilj postojanja i funkcionisanja sistema koji ima svoju strukturu i procese i funkcioniše po nekom modelu postavi zadovoljenje potražnje koja se javlja, onda se kao osnovne karakteristike funkcionisanja sistema mogu javiti: koeficijent popunjenosti skladišta, broj zahteva i vreme čekanja u redu čekanja, troškovi u sistemu i reagovanje sistema na poremećaje.

*Koeficijent popunjenosti skladišta* predstavlja odnos broja tražnji koji se zadovoljava bez čekanja prema ukupnom broju tražnji. Ova karakteris-



tika je po svom značenju verovatnoća zadovoljenja zahteva bez čekanja.

*Broj zahteva u redu čekanja* može se opisati srednjim brojem zahteva u redu čekanja i verovatnoćom da broj zahteva u redu ne bude veći od nekog, za sistem ili potrošača, relevantnog broja. Srednji broj zahteva u redu čekanja jeste odnos ukupnog broja tražnji koji je u redu čekanja određeno vreme i ukupnog vremena čekanja. Ova karakteristika pokazuje, ako se čeka na rezervni deo, koliko tih zahteva čeka, odnosno koliki je očekivani broj sredstava, koja su oslonjena na održavanje u datom sistemu, u otkazu istovremeno. Takođe, pokazuje verovatnoću da istovremeno broj sredstava u otkazu ne bude veći od nekog unapred zadatog broja.

*Vreme čekanja u redu* može se opisati srednjim vremenom čekanja i verovatnoćom da zahtev ne čeka duže od nekog relevantnog vremena. Srednje vreme čekanja predstavlja odnos ukupnog vremena čekanja i broja tražnji koje se nalaze u redu. Uvek je značajno unapred znati koliko vremena će se sredstvo zadržati na održavanju ili od kog vremena se neće zadržavati duže na održavanju. U ukupnom vremenu održavanja sredstva, vreme čekanja na rezervne delove ili sklopove veoma je značajno.

*Troškovi* koji nastaju u sistemu mogu se razmatrati na različite načine, a jedan od mogućih jeste sledeća struktura troškova:

- troškovi nabavke,
- troškovi skladištenja,
- troškovi transporta,
- troškovi deficita,
- troškovi prikupljanja i obrade informacija.

U ukupnim troškovima održavanja, troškovi obezbeđenja rezervnim delovima ili sklopovima često predstavljaju najveću stavku.

*Reagovanje sistema na poremećaje* predstavlja sposobnost sistema da reaguje na poremećaj samoregulacijom. Što je sistem sposobniji da reaguje na

ovaj način, to je broj neophodnih upravljačkih akcija manji.

Na promene uslova funkcionisanja, sistem snabdevanja reaguje promenom vrednosti svojih karakteristika na određeni način. Na promenu vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema (u negativnom smislu) upravni organi moraju reagovati nekom upravljačkom akcijom, kako bi vrednosti karakteristika zadržali u okviru dopuštenih vrednosti. Najveći uticaj na promenu vrednosti karakteristika funkcionisanja sistema snabdevanja imaju poremećaji u mogućnosti popune i poremećaji intenziteta potražnje. Poremećaj mogućnosti popune po svom trajanju može imati impulsni karakter ili može biti trajni poremećaj. Po svom trajanju poremećaj intenziteta potražnje može, takođe, biti impulsni ili trajnog karaktera, a po prostornom određenju parcijalni ili globalni.

Poznavanje uticaja promena uslova u kojima sistem funkcioniše na karakteristike funkcionisanja sistema omogućava upravnim organima da svojim upravljačkim akcijama preduprede negativno delovanje na karakteristike sistema. Zato je takav uticaj i takvu zavisnost neophodno poznavati.

Primer mogućeg načina određivanja zavisnosti karakteristika funkcionisanja sistema od uslova funkcionisanja prikazan je u ovom radu na hipotetičkom višeešelonskom sistemu zaliha popravljivih sklopova. U konkretnom slučaju radi se o zavisnosti koeficijenta popunjenosti skladišta od intenziteta potražnje na perifernim skladištima i nivoa zaliha u centralnom skladištu. Na osnovu poznavanja takve zavisnosti određene su upravljačke akcije, konkretno, usmeravanje toka popravljenih sklopova u sistemu.

### **Opis modela višeešelonskog sistema zaliha popravljivih sklopova**

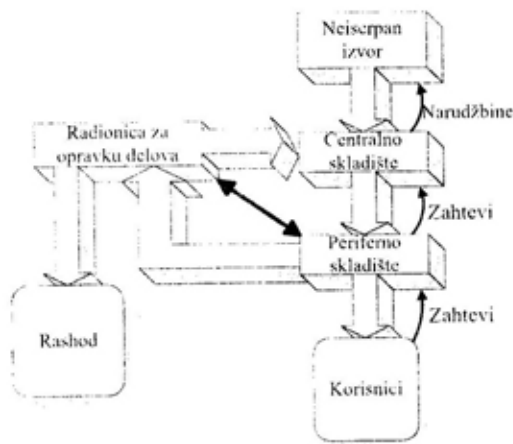
Sistem snabdevanja rezervnim delovima podržava sistem održavanja,

koji se pojavljuje kao korisnik, odnosno potrošač prema sistemu snabdevanja rezervnim delovima. Ova dva sistema mogu se posmatrati kao jedinstveni sistem, pogotovo ako se radi o zatvorenom sistemu. Na primer, ako se radi o sistemu održavanja transportnih sredstava u transportnoj firmi koja ima razvijen sistem održavanja, ako se radi o sistemu održavanja mašina i uređaja u fabričkim postrojenjima ili o sistemu održavanja tehničkih materijalnih sredstava u vojnim sistemima.

U ovom radu razmatra se snabdevanje sklopovima koji su popravljivi, a krajnji korisnik ne odlučuje o tome da li će na sredstvo biti ugrađen novi ili regenerisani sklop. U slučaju otvorenog sistema krajnji korisnik uvek odlučuje o tome kakav će sklop (novi ili regenerisani) biti ugrađen na njegovo sredstvo. Zato se u ovom slučaju može uzeti da regenerisani i novi sklopovi, kada je u pitanju ugradnja, imaju isti status.

Model se sastoji od jednog centralnog, četiri periferna skladišta u kojima se drže popravljivi sklopovi određenog tipa i radionice u kojoj se regenerišu sklopovi. Periferna skladišta su oslonjena na centralno skladište koje se oslanja na neiscrpan izvor snabdevanja. Zahtevi neposrednih potrošača dolaze samo na periferna skladišta. Tražnje za delovima na perifernim skladištima predstavljaju Poasonov proces. Ne postoje horizontalne veze među perifernim skladištima, odnosno jedno periferno skladište ne može se popunjavati iz drugog perifernog skladišta. Periferna skladišta upućuju neispravne sklopove radionici na regeneraciju ili ih rashoduju ako je opravka nerentabilna. Regenerisani sklop se vraća u sistem. Od neiscrpnog izvora snabdevanja centralno skladište nabavlja samo onoliko sklopova koliko ih je rashodovano. Svaka narudžba centralnog skladišta prema neiscrpnom izvoru realizuje se u potpunosti. Vreme realizacije zahteva i vreme regeneracije je slučajno i pokorava se nor-

malnoj raspodeli. U slučaju da je nivo zaliha na perifernom ili centralnom skladištu na nuli, evidentira se pristigla narudžba i stavlja se u red. Pražnjenje reda obavlja se po principu »prvi došao — prvi opslužen«.



Sl. 1 — Model višeešelenskog sistema zaliha popravljivih sklopova

Na modelu su vršeni eksperimenti u uslovima globalnog i perifernog povećanja intenziteta potražnje (intenzitet potražnje raste samo na jednom skladištu). Povećanje intenziteta potražnje, u oba slučaja, pri perifernom i pri globalnom povećanju, trajno je, dok nivo zaliha u centralnom skladištu i intenzitet potražnje na perifernim skladištima varira.

Razmatrano je nekoliko varijanti.

Pri globalnom poremećaju potražnje, radionica u prvoj varijanti (varijanta A) vraća regenerisane sklopove perifernim skladištima, a zahtev za popunu centralnom skladištu upućuje se samo za rashodovane sklopove. U drugoj varijanti (varijanta B), radionica upućuje regenerisane sklopove u centralno skladište, a centralnom skladištu se upućuju zahtevi za popunu. U oba slučaja centralno skladište neiscrpnom izvoru upućuje narudžbu samo za rashodovane sklopove.

Pri perifernom poremećaju razmatraju se tri varijante. U prvoj varijanti (varijanta I) regenerisani sklopovi se vraćaju perifernim skladištima, a zahtev za popunu centralnom skladištu upućuje se samo za rashodovane sklopove. U drugoj varijanti (varijanta II), radionica upućuje regenerisane sklopove u centralno skladište, a njemu se upućuju svi zahtevi za popunu. Kod treće varijante (varijanta III), radionica vraća regenerisane sklopove perifernom skladištu na kojem se intenzitet tražnje povećava, a od ostalih perifernih skladišta sklopove upućuje centralnom skladištu. Periferno skladište kod kojeg intenzitet potražnje raste, zahtev za popunu upućuje centralnom skladištu samo za sklopove koji su rashodovani. Ostala periferna skladišta zahtev za popunu centralnom skladištu upućuju za sve sklopove. U sva tri slučaja, centralno skladište upućuje neiscrpnom izvoru narudžbu samo za rashodovane sklopove.

U svim slučajevima postavlja se kao zahtev da nivo zaliha ne bude veći od projektovanog nivoa zaliha u toku funkcionisanja sistema.

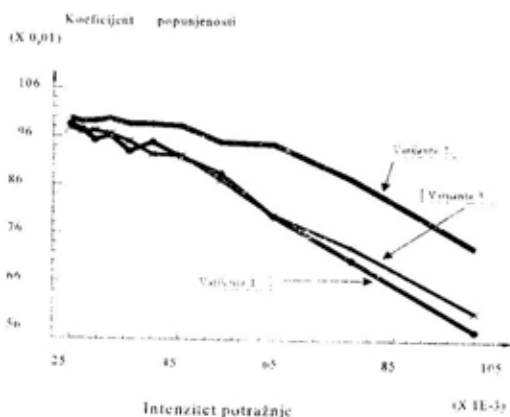
### Analiza rezultata eksperimenata

Simulacija je vršena na modelu, a koeficijent popunjenosti posmatran je na perifernim skladištima. Variran je intenzitet potražnje i nivo zaliha u centralnom skladištu. Intenzitet potražnje je povećavan sa korakom od 7,5%, a nivo zaliha u centralnom skladištu od jedan do pet sklopova. Određena je zavisnost koeficijenta popunjenosti od intenziteta potražnje za svaki nivo zaliha u centralnom skladištu, a ostali parametri uzimani su kao konstante.

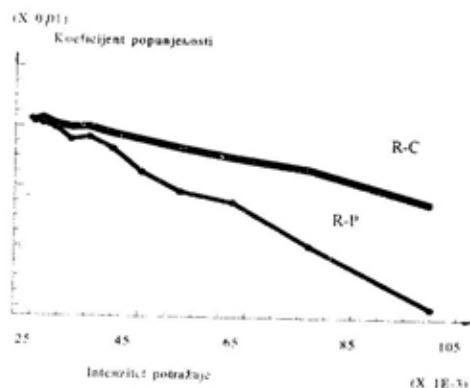
Dobijeni rezultati simulacije pokazuju da je, prema koeficijentu popunjenosti perifernih skladišta, uslovno rečeno, u normalnim uslovima funkcionisanja sistema, bolje usmeravati regenerisane sklopove iz radionice pre-

ma centralnom skladištu, a kada je projektovani nivo zaliha u centralnom skladištu nizak bolje je vraćati sklopove iz radionice perifernim skladištima.

Ilustracije radi, na slici 2 prikazani su rezultati simulacije za srednji nivo zaliha u centralnom skladištu i periferno povećanje intenziteta potražnje, a na slici 3 su rezultati simulacije za nizak nivo zaliha u centralnom skladištu pri globalnom povećanju intenziteta potražnje.



Sl. 2 — Zavisnost koeficijenta popunjenosti skladišta od perifernog povećanja intenziteta potražnje pri srednjem nivou zaliha u centralnom skladištu



Sl. 3 — Zavisnost koeficijenta popunjenosti skladišta od globalnog povećanja intenziteta potražnje pri niskom nivou zaliha u centralnom skladištu

Upravljačke akcije, koje treba preduzimati u sistemu, pri povećanju intenziteta potražnje, a za određeni nivo zaliha u centralnom skladištu, prema koeficijentu popunjenosti skladišta, na osnovu rezultata simulacije, prikazane su u tabeli.

U slučaju perifernog povećanja intenziteta potražnje nema bitne razlike među vrednostima koeficijenta popunjenosti skladišta u prvoj i trećoj varijanti, što je ilustrovano na slici 5. Na ovoj slici jasno se uočava, kao i na slici 2, da nema signifikantne razlike

Tabela

Potreban smer toka regenerisanih sklopova u zavisnosti od nivoa zaliha u centralnom skladištu i perifernog i globalnog intenziteta potražnje

Nivo zaliha u centralnom skladištu	Globalni porast			Periferni porast		
	Intenzitet potražnje					
	Mali	Srednji	Veliki	Mali	Srednji	Veliki
Visok	R—C	R—C	R—P	R—C	R—C	R—C
Srednji	R—C	Isto	R—P	R—C	R—C	R—C
Nizak	R—P	R—P	R—P	R—P	R—P	R—P

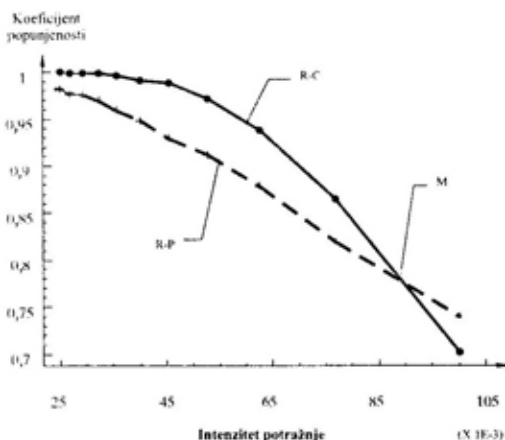
R—C — tok regenerisanih sklopova, iz radionice u centralno skladište,

R—P — tok regenerisanih sklopova, iz radionice u periferna skladišta.

U uslovima globalnog porasta intenziteta potražnje ili niskom nivou zaliha u centralnom skladištu bolje je da tok regenerisanih sklopova ide iz radionice u periferna skladišta. U ostalim slučajevima, osim pri srednjim vrednostima, bolje je da tok ide iz radionice u centralno skladište. Pri srednjim vrednostima nivoa zaliha u centralnom skladištu i srednjem intenzitetu potražnje, koeficijent popunjenosti skladišta je u oba slučaja isti.

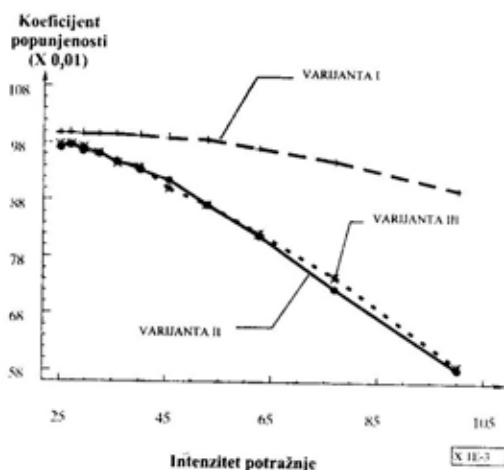
Gde je tačno granica kada je potrebno vršiti preusmeravanje toka određuje se u svakom konkretnom slučaju. Na slici 4 prikazana je zavisnost koeficijenta popunjenosti skladišta od intenziteta potražnje pri visokom nivou zaliha u centralnom skladištu. Pri intenzitetu potražnje, gde se grafovi seku, potrebno je preusmeravati tok regenerisanih sklopova, »od radionice u centralno skladište« u »od radionice u periferna skladišta«.

koeficijenta popunjenosti u prvoj i trećoj varijanti, pri svim nivoima zaliha u centralnom skladištu i pri svim



Sl. 4 — Zavisnost koeficijenta popunjenosti skladišta od globalnog povećanja intenziteta potražnje pri visokom nivou zaliha u centralnom skladištu

vrednostima intenziteta potražnje. Zato su razmatrane samo prva i druga varijanta.



Sl. 5 — Zavisnost koeficijenta popunjenosti skladišta od perifernog povećanja intenziteta potražnje pri visokom nivou zaliha u centralnom skladištu

U slučaju perifernog povećanja intenziteta potražnje, iz tabele se vidi da usmerenost toka regenerisanih sklopova ne zavisi od intenziteta potražnje za tim sklopovima, nego samo od nivoa zaliha u centralnom skladištu.

## Zaključak

Primena metode simulacije predstavlja nužnost u klasi problema koji se ne mogu opisati analitički bez velikih pojednostavljenja, tamo gde je potrebno sagledati dinamiku odvijanja procesa u sistemu ili gde postoji mogućnost promene uslova u kojima funkcioniše sistem i to u toku funkcionisanja sistema, metoda modelovanja i simulacije, praktično je jedini način da se dođe do rešenja. Simulacijom se do-

bijaju »sirovi« podaci koje je korišćenjem drugih metoda neophodno obraditi. Zato se može reći da simulacija svoju pravu vrednost pokazuje tek u kombinaciji sa drugim metodama.

Uticao promene intenziteta potražnje i nivoa zaliha u skladištima, kako u centralnom, tako i u perifernim, na koeficijent popunjenosti skladišta potrebno je razmatrati u više dimenzija. Intenzitet potražnje može da se menja impulsno, odnosno da u kratkom vremenskom periodu dođe do naglog povećanja ili smanjenja potražnje ili da promena bude trajna. Projektovani nivo zaliha u skladištima takođe može da bude različit. Analizu treba vršiti posmatranjem vremenske dimenzije.

Jasno je da za definisanje upravljačkih akcija nije dovoljno posmatrati samo jednu od karakteristika funkcionisanja sistema, ali ni sve karakteristike sistema nemaju isti značaj. Pored toga što značaj pojedinih karakteristika zavisi od cilja postojanja i funkcionisanja sistema, njihov se značaj menja i u zavisnosti od njihovog relativnog odnosa. Upravljačke akcije zato moraju biti rezultat kompromisa među karakteristikama sistema.

Ovakvo složene i kompleksne analize treba raditi 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 je potrebno raditi kad je u pitanju neizvesna popuna novim sklopovima. Presudnu ulogu u definisanju upravljačkih akcija, osim u nekim specijalnim slučajevima, imaju troškovi. Kompromis između troškova i ostalih karakteristika funkcionisanja sistema svodi se na održavanje ostalih karakteristika u dozvoljenim granicama, kako ne bi došlo do značajnijeg narušavanja sistema ili dugoročnih negativnih posledica.

## Literatura:

[1] Lukčić, D., Mišković, V.: Mogućnost primene simulacije pri rešavanju problema zaliha, VTG 5/88, str. 545—554.

[2] Saković, V. A.: Modeli upravljanja zapasami, Nauka i tehnika, Minsk, 1986.

[3] Vukadinović, S., Popović, J.: Metoda Monte-karlo, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1985

Mr Radenko Dimitrijević,  
potpukovnik, dipl. inž.  
Dr Radun Jeremić,  
potpukovnik, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## ISPITIVANJE BRZINE DETONACIJE MALODIMNIH BARUTA

UDC: 623.51:623.485

### Rezime:

U određenim uslovima malodimni baruti, laborisani u uskladištenim ubojnim sredstvima, mogu detonirati. S obzirom na njihov značajan udeo u ukupnoj masi eksplozivnih materija laborisanih u ubojnim sredstvima, za pouzdanu procenu pirotehničke bezbednosti neophodno je utvrditi njihov realan doprinos neto količini čistog eksploziva, što je moguće jedino na osnovu poznavanja detonacionih karakteristika. Radi toga ispitivan je kritični prečnik i zavisnost brzine detonacije od prečnika punjenja za nekoliko tipova malodimnih baruta koji se kod nas najčešće primenjuju za pogon projektila, što je prikazano u ovom radu.

*Ključne reči:* brzina detonacije, malodimni baruti, kritični prečnik.

---

## SMOKELESS POWDERS DETONATION RATE TESTING

### Summary:

Under certain conditions smokeless powders assembled in stored explosive ordnance can detonate. Since their content in the total mass of explosive materials assembled in explosive ordnance is significant, it is necessary to determine their real contribution to the net quantity of the pure explosive in order to obtain a reliable estimation of pyrotechnic safety, which can be done only if based on the previous knowledge of detonation characteristics. For that reason the critical diameter and the dependence of detonation rate on the charge diameter are tested for several types of smokeless powders most frequently used for the charge of projectiles.

*Key words:* detonation rate, smokeless powders, critical diameter.

---

### Uvod

Osnovni oblik eksplozivnog pretvaranja malodimnih baruta jeste sagorevanje (deflagracija). Proces sagorevanja potisnih eksplozivnih materija (EM) u eksploatacionim uslovima odvija se pri relativno visokim pritiscima, koji kod malodimnih baruta mogu iznositi i nekoliko hiljada bara. U takvim uslovima proces sagorevanja poprima karakter eksplozivnog sagorevanja ili deflagracije koje prati i pojava udar-

nog talasa. Čak i u tim uslovima proces sagorevanja ima karakter stabilnog, slojevitog sagorevanja.

Međutim, u određenim kritičnim uslovima, malodimni baruti mogu i detonirati, pri čemu su posledice po okolnu sredinu slične kao i pri detonaciji brizantnih eksploziva. Takvih slučajeva je bilo u praksi.

Proces detonacije malodimnih baruta može se inicirati detonacijom određene količine brizantnog ili inicijal-

nog eksploziva, ili može doći do prelaska procesa sagorevanja u detonaciju, ako se postignu kritični uslovi.

S obzirom na to da baruti u ukupnoj masi EM u UbS učestvuju preko 50%, neophodno je da se utvrde uslovi pri kojima realna pogonska punjenja mogu prihvatiti detonaciju u slučaju eksplozije uskladištenih UbS u masi. Radi toga je neophodno detaljno ispitati njihove detonacione karakteristike, kao što su: sposobnost prihvatanja detonacije, kritični prečnik, brzina detonacije kao i njihovu zavisnost od različitih parametara.

### Zavisnost brzine detonacije od prečnika punjenja

Poznato je da brzinu detonacije uglavnom određuje toplota eksplozije ako su ostali uslovi jednaki. Pored nje na brzinu detonacije utiču i ostali fizički uslovi, kao što su: prečnik eksplozivnog punjenja, gustina, agregatno stanje, vrsta i kvalitet obloge, dimenzije čestica i sl. Neki od navedenih faktora utiču na brzinu detonacije samo u određenom obimu i do određene granice.

Zavisnost brzine detonacije od prečnika punjenja proučavali su mnogi autori [1], a na osnovu njihovih radova može se reći da:

- postoji minimalni prečnik eksplozivnog punjenja ispod kojeg detonacija, bez obzira na način i jačinu inicijacije, nije moguća,

- taj prečnik naziva se kritični prečnik —  $d_{kr}$ ,

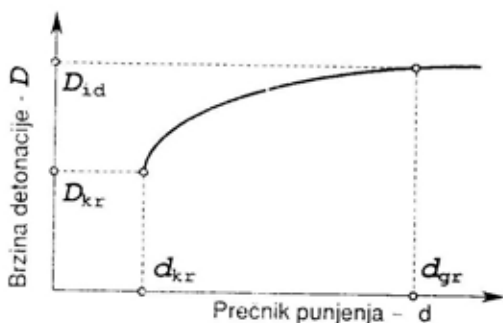
- sa povećanjem prečnika brzina detonacije raste,

- brzina detonacije raste sve dok ne dostigne maksimalnu vrednost, a dalje povećanje prečnika ne dovodi do povećanja brzine detonacije,

- prečnik kod kojeg je brzina detonacije maksimalna naziva se granič-

ni prečnik —  $d_{gr}$ , a brzina detonacije kod tog prečnika — idealna brzina —  $D_{id}$ .

Na osnovu navedenog opšti oblik zavisnosti brzine detonacije od prečnika eksplozivnog punjenja prikazan je na slici 1.



Sl. 1 — Opšta zavisnost brzine detonacije od prečnika eksplozivnog punjenja

Na veličinu kritičnog prečnika utiču mnogobrojni parametri od kojih su najvažniji vrsta i sastav EM, početna temperatura, gustina eksplozivnog punjenja, karakteristike i debljina obloge eksplozivnog punjenja, granulacija EM, itd.

U literaturi se mogu naći različiti modeli za opisivanje zavisnosti brzine detonacije od prečnika punjenja.

Aproksimirajući krivu na slici 1

u linearnu zavisnost između  $\left(\frac{D_{id}}{D}\right)^2$  i

$\left(\frac{D_{id}}{D} \cdot \frac{2a}{d}\right)^2$  Džons je dobio sledeću jednačinu [2]:

$$\left(\frac{D_{id}}{D}\right)^2 \cong 1 + B \left(\frac{2\tau}{d}\right)^2 \quad (1)$$

gde je:

$\tau = a/D$ ,

B — konstanta sa vrednošću  $0,8 \cdot 10^{-9} D_{id}^2$ , pri čemu je d (cm),  $\tau$  ( $\mu s$ ) i  $D_{id}$  ( $ms^{-1}$ ).

U skraćenom obliku, izražena preko širine zone hemijskih reakcija —  $a$ , i koristeći SI jedinice, ova jednačina ima oblik:

$$\left(\frac{D}{D_{id}}\right)^2 = 1 - 3,2 \left(\frac{a}{d}\right)^2 \quad (2)$$

Za razliku od Džonsa, Ejring sa saradnicima, pri određivanju uticaja prečnika punjenja na brzinu detonacije, krenuo je od eksperimentalno utvrđene zakrivljenosti fronta detonacionog talasa. Njihov rezultat za punjenja bez obloge moguće je prikazati u sledećem obliku [3]:

$$D = D_{id} - \frac{a \cdot D_{id}}{d} \quad (3)$$

Za eksplozive velike gustine Kempebel je utvrdio sledeću zavisnost brzine detonacije od prečnika punjenja [4]:

$$D = D_{id} - \frac{D_{id} \cdot a}{d - d_{kr}} \quad (4)$$

Ipak, i pored dobre teoretske utemeljenosti, osnovna zamerka za ove tri teorije jeste što se širina zone hemijskih

reakcija smatra konstantnom. Čak se i podaci dobijeni pomoću njih bitno razlikuju.

Očigledno je da samo korektni eksperimentalni podaci o širini zone hemijskih reakcija u detonacionom talasu mogu dati odgovor na pitanje kako se menja brzina detonacije sa prečnikom punjenja. Čak se i parametri detonacionog talasa, dobijeni različitim eksperimentalnim metodama (odbijanje metalnih pregrada, elektromagnetna metoda), razlikuju nekoliko puta [1]. Podaci za vreme i širinu zone reakcije se međusobno razlikuju za 5 do 10 puta. Pored toga, i pravilna pretpostavka o mehanizmu odvijanja hemijskih reakcija u zoni može dati objašnjenja za mnoge eksperimentalne činjenice.

## Eksperiment

Ispitivanje detonacionih karakteristika sprovedeno je na:

- nitroglicerinskom pločastom barutu, NGB, tip A, B, C i D,
- nitroceluloznom pločastom barutu, NC, tip A i B.

Oblici, dimenzije i hemijski sastav ovih baruta prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1

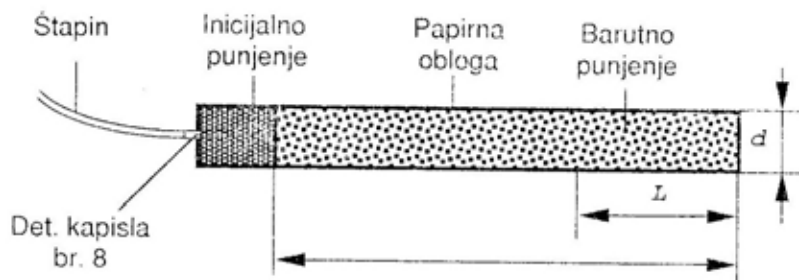
Oblici i dimenzije ispitivanih malodimnih baruta

Vrsta baruta	Oblik	Debljina $w$ , (mm)	Širina $a$ (mm)	Dužina $L$ (mm)	NC %	NGI %
NGB, tip A	pločica	0,10	0,6	0,6	57,5	40,5
NGB, tip B	pločica	0,20	1,5	1,5	57,5	40,5
NGB, tip C	pločica	0,55	3,0	3,0	57,5	40,5
NGB, tip D	pločica	0,90	10,0	10,0	57,5	40,5
NC, tip A	pločica	0,10	1,3	1,5	98,7	
NC, tip B	pločica	0,30	1,25	1,35	98,6	



Merenje brzine detonacije obavljeno je pomoću uređaja za merenje brzine detonacije »EXPLOMET«. Princip rada uređaja zasniva se na merenju vremena za koje detonacioni talas pređe određeno rastojanje u eksplozivnoj materiji (L). Kao senzori za registrovanje nailaska udarnog talasa koriste se optička vlakna. Tačnost instrumenta je  $\pm 10$  m/s.

Detonacija je ispitivana na standardizovanim cilindričnim punjenjima, različitih prečnika i konstantne dužine  $l=600$  mm. Punjenja su formirana u oblogama od papira, tako da se mogu smatrati punjenjima bez obloge (slika 2).



Sl. 2 — Izgled barutnog punjenja za ispitivanje detonacije

Za aktiviranje barutnih punjenja korišćeno je eksplozivno punjenje od plastičnog eksploziva na bazi pentrita, mase 75 g. Iniciranje je vršeno standardnom detonatorskom kapislom br. 8 i sporogorećim štapinom.

### Rezultati ispitivanja

Pri određivanju kritičnih prečnika baruta pošlo se od većih prečnika punjenja ka manjim. Za kritični prečnik smatrano je punjenje najmanjeg prečnika koje je prihvatilo detonaciju u tri ponavljanja. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2  
Rezultati određivanja kritičnih prečnika ispitivanih baruta

Vrsta baruta	Kritični prečnik $d_{kr}$ (mm)	Zapremina barutnog zrna ( $\text{mm}^3$ )	Srednja gustina punjenja $\rho_w$ ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )
NGB-tip A	14	0,036	0,870
NGB-tip B	20	0,45	0,858
NGB-tip C	34	4,95	0,898
NGB-tip D	55	90	0,803
NC-tip A	20	0,195	0,539
NC-tip B	24	0,506	0,628

Dobijeni rezultati pokazuju da se kritični prečnici malodimnih baruta prilično razlikuju od kritičnih prečnika ostalih eksploziva. Kod inicijalnih i brizantnih eksploziva kritični prečnici se kreću od 0,01 mm (olovo azid) do 10 mm (presovani trotil). Kod malodimnih baruta najmanji  $d_{kr} \approx 14$  mm je za barut NGB-tip A. Kod ostalih baruta kritični prečnici su daleko veći. Analizom eksperimentalnih rezultata ne može se uočiti opšta zavisnost kritičnih prečnika pločastih malodimnih baruta tipa balistita od gustine punjenja. Međutim, kod pločastih nitroceluloznih baruta zapaža se rast kritičnih

prečnika sa porastom nasipne gustine, što ukazuje na sličnost sa eksplozivima na bazi amonijum-nitrata.

Rezultati merenja pokazuju da kritični prečnici rastu sa povećavanjem zapremine barutnih zrna. To važi kako za balistite tako i za nitrocelulozne barute. Sa porastom dimenzija (zapremine) barutnih zrna rast kritičnih prečnika je sve manji, tako da se može pretpostaviti da ima svoj maksimum iza kojeg bi trebalo da pada i približava se vrednosti kritičnih prečnika barutne mase.

Za barute kojima su određeni kritični prečnici ispitivan je uticaj prečnika punjenja na brzinu detonacije. Dobijeni rezultati prikazani su u tabeli 3.

Regresionom analizom rezultata zavisnosti brzine detonacije od prečnika punjenja po jednačinama (3) i (4) dobijene su vrednosti idealne brzine detonacije, kritičnog prečnika i širine zone hemijskih reakcija (tabela 4).

Na slici 3 grafički su prikazani u-poredni rezultati merenja i rezultati regresione analize zavisnosti brzine detonacije od prečnika punjenja. U tabeli 4 su, pored podataka dobijenih regresionom analizom eksperimentalnih rezultata, date i procenjene idealne brzine detonacije  $D_{id. proc.}$  za sve ispitivane barute. Ova praksa je poznata u literaturi i služi kao ocena uspešnosti regresione analize eksperimentalnih rezultata [5].

Tabela 3

Rezultati ispitivanja zavisnosti brzine detonacija od prečnika punjenja

Tip baruta	Gustina punjenja (g/cm <sup>3</sup> )	Prečnik punjenja (mm)						
		15	19	22	24	29,5	35	40
NGB tip A	0,877	3898	4250	4464	4440	4568	4845	4949
		23	26	30	34	50		
NGB tip B	0,898	3710	3980	4048	4419	4643		
		34	40	44	49	55	63	
NGB tip C	0,957	3000	3692	4177	4282	4457	4643	
		58	64	69	71	75		
NGB tip D	0,808	1002	2694	2777	2970	3179		
		25	30	34	39	45	51	
NC tip A	0,557	2216	2301	2591	2755	2797	3198	
		25	30	35	40	45		
NC tip B	0,621	2435	3060	3289	3444	3720		

Detonacioni parametri dobijeni regresionom analizom

Barut	NGB-tip A	NGB-tip B	NGB-tip C	NGB-tip D	NC-tip A	NC-tip B
$D_{id}$ (m/s)*	5495	5485	6680	10477	3929	5220
$D_{id}$ (m/s)**	5714	5258	5333	3445	>7600	4446
$D_{id,proc.}$ (m/s)	5200	4900	4800	3400	3400	3900
$D_{\rho}=0,885$	5766	5182	4932	3773	4155*	4951*
$d_{kr}$ (mm)**	-5	6	22	55	<-100	12
$d_{kr}$ (mm)	14	20	34	55	20	24
$a=d_{kr}$ (mm)*	4,36	7,34	18,01	50,75	11,54	13,04
$a$ (mm)**	6,28	5,00	5,26	2,13	>90	5,84
$\rho_{st}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0,877	0,898	0,957	0,808	0,557	0,621

\* rezultati dobijeni regresionom analizom po jednačini (3)

\*\* rezultati dobijeni regresionom analizom po jednačini (4)

\* preračunate vrednosti na srednju gustinu NC baruta  $\rho=0,589$  g/cm<sup>3</sup>

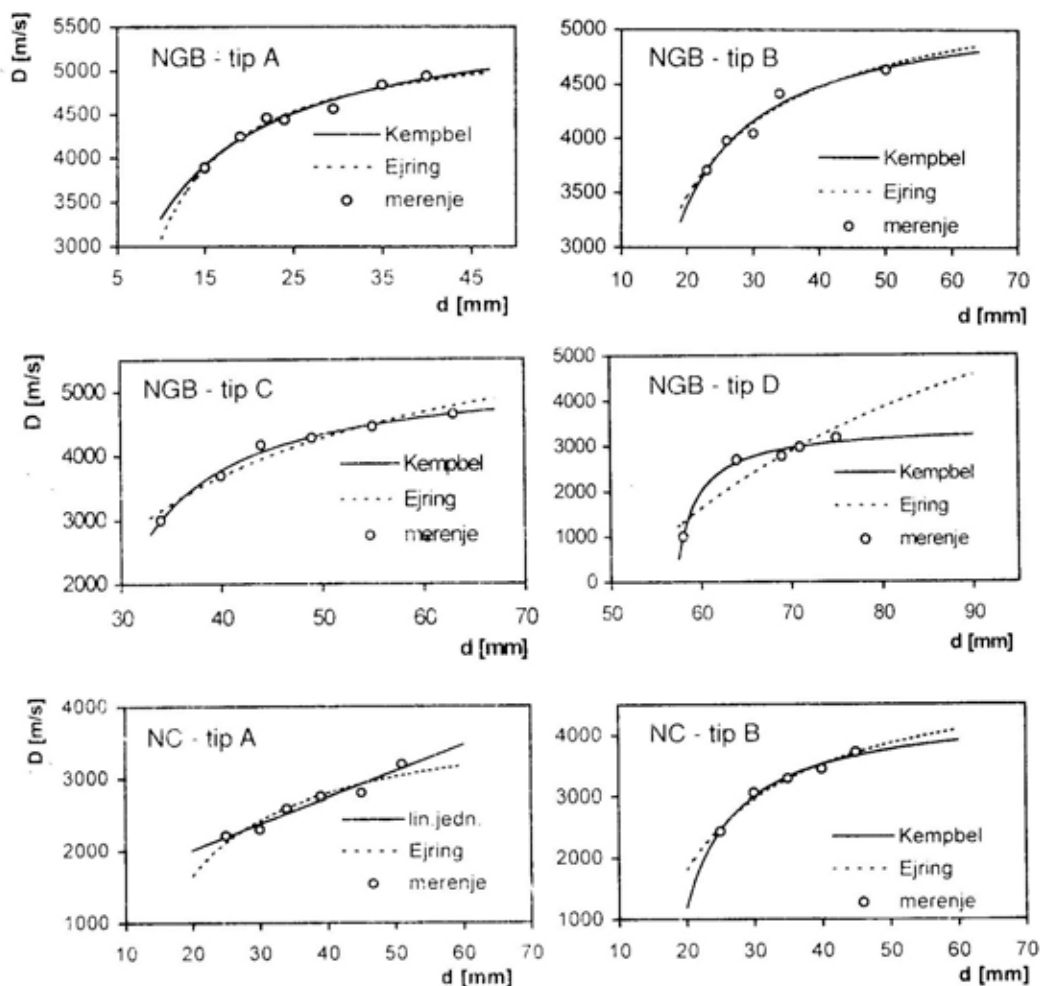
Analizom dobijenih rezultata može se zaključiti da jednačina (4) daje najbolje rezultate za  $D_{id}$  balistita. Ako se uzmu u obzir dimenzije barutnih pločica (tabele 1 i 2), vidi se da vrednosti  $D_{id}$  padaju sa njihovim povećanjem. Malo odstupanje se uočava kod NGB-tip B i NGB-tip C, ali posle svođenja na prosečnu gustinu svih balistita (0,885 g/cm<sup>3</sup>) ono se gubi. Ista jednačina ne opisuje dobro idealne brzine nitroceluloznih baruta. Regresiona analiza za NC-tip A daje preveliku  $D_{id}$ , što se ne može prihvatiti.

Jednačina (3) daje prihvatljivije vrednosti  $D_{id}$  za nitrocelulozne barute. To odgovara literaturnim podacima, jer je ova jednačina primenljiva za eksplozive male gustine. Ovi baruti imaju gustine baš u tom opsegu (0,5 do 0,7 g/cm<sup>3</sup>). Međutim, kao što se vidi iz tabele 4, barut NC-tip B, koji ima 2,5 puta veću barutnu pločicu od baruta NC-tip A, ima i veću brzinu detonacije, što

ne odgovara podacima iz literature. Karakteristično je da je i procenjena brzina detonacije za NC-tip B veća od brzine za NC-tip A što ukazuje da razloge odstupanja od opšteg pravila treba tražiti u drugim parametrima, prvenstveno gustini, odnosno poroznosti pločica nitroceluloznih baruta.

Za balistite ova jednačina ne daje logične vrednosti  $D_{id}$ . Sa povećanjem dimenzija barutnog zrna ove vrednosti rastu da bi za NGB-tip D ona iznosila čak 10477 m/s. Takav rezultat se mogao i očekivati, jer balistiti sa svojim prosečnim gustinama od 0,885 g/cm<sup>3</sup> ne spadaju u eksplozive male gustine. Zbog toga se ta jednačina i ne može primeniti na njih.

Kod ispitivanih malodimnih baruta utvrđen je isti karakter zavisnosti brzine detonacije od prečnika punjenja kao i kod brizantnih eksploziva. Ta zavisnost se za balistite može opisati jednačinom (4), a za nitrocelulozne barute jednačinom (3).



Sl. 3 — Regresione krive zavisnosti brzine detonacije od prečnika punjenja

Suprotno podacima iz literature po kojima granulacija određuje samo brzinu dostizanja idealne brzine detonacije, a ne i njenu konačnu vrednost, utvrđeno je da idealna brzina detonacije malodimnih baruta zavisi od granulacije, a najverovatnije i od oblika barutnih pločica.

Vrednosti  $d_{kr}$  dobijene po jednačini (4) slede poznato pravilo da kritični prečnici rastu sa porastom dimenzija barutne pločice. Međutim, osim za NGB-tip D, eksperimentalne i računске

vrednosti kritičnih prečnika dosta se razlikuju. Razlike se mogu pripisati malom broju merenja na ekstremnim vrednostima.

Jednačina (4) ne daje logične vrednosti  $d_{kr}$  za nitrocelulozne barute. Kao što je već istaknuto, ova jednačina i nije primenljiva za eksplozive malih gustina, kao što su nitrocelulozni baruti. Iz uslova da je pri  $D=0 \Rightarrow d=d_{kr}$ , onda iz jednačine (3) sledi da je:

$$a = d_{kr}. \quad (5)$$

Ova jednakost je i osnovni nedostatak jednačine (3), jer je teško prihvatiti da su kritični prečnik i širina zone hemijskih reakcija iste veličine. S obzirom na to da ova jednačina dobro opisuje eksperimentalne rezultate za eksplozive male gustine, njena praktična primena je opravdana.

Ipak, vrednosti  $d_{kr}$  po jednačini (3) za sve ispitivane barute su logične. Veća odstupanja kod nekih baruta posledica su malog broja merenja na ekstremnim vrednostima prečnika. Najbolje slaganje je kod balistita NGB-tip D.

Ako se ove vrednosti  $d_{kr}$  posmatraju kao širine zona hemijskih reakcija a, što proizilazi iz karaktera jednačine (3), rezultati su, takođe, prihvatljivi, jer je poznato da su one nešto manje od  $d_{kr}$ . Zapaža se njihov rast u zavisnosti od dimenzija barutnih pločica. Takođe je i vrednost a za NC-tip B veća od vrednosti za NC-tip A, kao što su i dimenzije barutnih pločica veće. U literaturi nema podataka o zavisnosti širine zone hemijskih reakcija od granulacije.

Širine zona hemijskih reakcija, izračunate po jednačini (4), padaju sa povećanjem dimenzija barutnih pločica. Dosadašnja literatura ne pominje ovakvu zakonitost za detonaciju čiji je mehanizam udarno sabijanje vazдушnih uključaka. Bez obzira na već pomenuti nedostatak broja merenja, sa velikom sigurnošću može se reći da ova jednačina nije primenjiva za određivanje veličine a. Da bi bili apsolutno sigurni, potrebno je tačno odrediti mehanizam odvijanja detonacije balistita; na primer, ispunjavanjem praznog prostora između barutnih pločica vodom i određivanjem detonacionih karakteristika jednog takvog sistema [6].

Opšte je pravilo da je brzina dostizanja  $D_{ld}$  veća ako je granulacija posmatranog eksploziva manja, naravno, za istu gustinu. To znači da bi krive zavisnosti brzina detonacije — prečnik punjenja trebalo da budu strmije što

su dimenzije barutnih pločica manje. Već prvi pogled na sliku 3 govori da nije tako. Naprotiv, situacija je potpuno obrnuta. Kriva za NGB-tip C je daleko strmija od krive za NGB-tip A, a kriva za NGB-tip D samo potvrđuje to pravilo. Slična zavisnost uočava se i za nitrocelulozne barute. Regresiona analiza za NC-tip A po jednačini (4) daje ekstremno velike vrednosti  $D_{ld}$  i  $d_{kr}$  (tabela 4). Praktično, dobijena hiperbola je veoma »ispravljena«, pa je regresiona analiza sprovedena za linearnu jednačinu.

Ova pojava je verovatno slična opisanoj ekstremno velikoj brzini detonacije pentrita i heksogena velike granulacije pri malim nasipnim gustinama [1]. Ukoliko su dimenzije čestica eksploziva veće od kritičnih dimenzija, detonacija se prenosi u svakoj čestici pojedinačno i postiže se brzina detonacije kao da se radi o homogenoj eksplozivnoj materiji.

Nasuprot barutu NGB-tip D balistiti manjih dimenzija poseduju vazdušne prostore između zrna takođe malih dimenzija koji se mogu smatrati vazдушnim uključcima. Istovremeno, sitniji baruti ne mogu stvoriti konglomerate natkritičnih dimenzija, tako da se detonacija prostire jedinstvenim mehanizmom — udarnim sabijanjem vazдушnih uključaka, prodiranjem produkata detonacije i pojedinačnim sagorevanjem barutnih pločica.

## Zaključak

Rezultati ispitivanja pokazuju da presudan uticaj na veličinu kritičnih prečnika malodimnih baruta imaju dimenzije i oblik barutnih zrna. Kritični prečnici malodimnih baruta slični su kritičnim prečnicima eksploziva malih gustina, kao što su eksplozivi na bazi amonijum-nitrata.

Kod ispitivanih malodimnih baruta utvrđen je isti karakter zavisnosti brzine detonacije od prečnika punje-

nja kao i kod brizantnih eksploziva. Ta zavisnost se za balistite može opisati jednačinom (4), a za nitrocelulozne barute jednačinom (3).

Suprotno podacima iz literature, po kojima granulacija određuje samo brzinu dostizanja idealne brzine detonacije, a ne i njenu konačnu vrednost, utvrđeno je da idealna brzina detona-

cije malodimnih baruta zavisi od granulacije, a najverovatnije i od oblika barutnih pločica.

Pri detonaciji nekih balistita uočena je i pojava dva režima detonacije, koja je već proučena kod mnogih eksploziva male gustine kao i kod nitroglicerina.

#### Literatura:

- [1] K. P. Stanjuković (urednik), Fizika vzriva, Nauka, Moskva, 1975.
- [2] H. Jones, Proc. Roy. Soc., A189 (1947), 415.
- [3] H. Eyring, R. E. Powell, G. H. Duffey, R. B. Parlin, Chem. Rev., 45 (1949), 69.
- [4] A. W. Campbell, R. Engelke, The diameter effect in high density heterogeneous explosives, Proc. Sixth Symposium (International) of Detonation, ACR-221, 642-652, 1976.
- [5] J. Lee, P.-A. Persson, Prop. Expl. Pyr., 15 (1990), 208.
- [6] M. Dervaux, J. Mala, Influence de la granulometrie de la charge sur les Proprietes detoniques d'explosifs composites, XIX International Conference of ICT, Karlsruhe, 1988.

Dr Milan Novaković,  
dipl. inž.  
naučni saradnik  
Vojnotehničkog instituta VJ,  
Beograd

## VEROVATNOĆA AKTIVIRANJA NAGAZNIH PROTIVOKLOPNIH MINA

UDC: 623.36.017

### Rezime:

U radu su date osnovne karakteristike borbenih i transportnih vozila od kojih zavisi aktiviranje nagaznih protivoklopnih mina, konstrukcione karakteristike sistema aktiviranja nagaznih protivoklopnih mina i fizičke karakteristike tla u suvom, vlažnom i zamrznutom stanju i iz njih izvedeni osnovni parametri koji funkcionalno povezuju vozila, mine i tlo, kao jednačine opterećenja ukopanih i nekopanih mina pri nailasku vozila. Definisane su konačne jednačine verovatnoće aktiviranja nagaznih protivoklopnih mina u zavisnosti od relevantnih konstrukcionih karakteristika borbenih i transportnih vozila, konstrukcionih karakteristika mina i fizičkih karakteristika tla.

**Ključne reči:** mine, protivoklopne (protivtenkovske) mine, nagazne protivoklopne (protivtenkovske) mine.

## THE PROBABILITY OF THE ACTIVATION OF THE CONTACT ANTI-TANK MINES

### Summary:

This article gives the basic characteristics of armored and transportation vehicles and the main types of contact anti-tank mines together with characteristics of the soil (in the dry, wet or frozen state) where mines are placed (buried or scattered) and appropriate illustrations. The basic parameters of the reactions of the vehicles are also presented, mines and soils are defined together with the conditions of the activation and the equations of the load under coming vehicles both for buried and unburied mines. Also are defined the equations of the probability of activation of mines depending on construction characteristics of vehicles, physical parameters of the soil and construction characteristics of mines.

**Key words:** conventional anti-tank mines, anti-tank contact mines, anti-tank pressure mines.

### Uvod

Na verovatnoću aktiviranja nagaznih protivoklopnih mina utiče veći broj faktora slučajnog i neslučajnog karaktera, od kojih su najznačajniji: osnovne konstrukcione karakteristike mina i metode njihovog postavljanja; osnovne tehničke karakteristike borbenih i

transportnih vozila protiv kojih su mine namenjene i osnovne karakteristike zemljišta (tla) na koje se mine postavljaju.

S obzirom na to da se u svetu i kod nas u naoružanju još uvek nalaze i nagazne protivoklopne (PO) mine, od interesa je da se analizira verovatnoća njihovog aktiviranja.

## Osnovne karakteristike borbenih i transportnih vozila

Osnovne karakteristike borbenih i transportnih vozila koje mogu uticati na aktiviranje nagaznih PO mina su: borbena masa vozila, specifični pritisak na tlo, dužina naleganja gusenice, širina traga gusenice, konstrukcija točkova i klirens [1].

U razvijenim zemljama već duže vreme se osnovne karakteristike borbenih i transportnih vozila, značajne za vezu sa karakteristikama PO mina, definišu kao fizička polja koja se javljaju oko vozila pri njihovom kretanju. Najznačajnija su: polje sila, polje pritiska, polje vibracija, zvučno polje, magnetno polje i toplotno polje [2]. Za aktiviranje nagaznih PO mina relevantno je, pre svega, polje pritiska.

Polje pritiska se javlja ispod članka gusenica kod guseničnog vozila i ispod pneumatika kod vozila točkaša. Intenzitet polja pritiska ispod guseničnog vozila predstavlja odnos između intenziteta sile koja opterećuje članak gusenice i površine tog članka. Kod vozila točkaša intenzitet pritiska na tlo predstavlja odnos između intenziteta sile koja opterećuje točak i površine naleganja pneumatika na tlo.

Sila opterećenja članka gusenice najveća je ispod oslonog točka, a najmanja na sredini između susednih točkova. Intenzitet opterećenja članka gusenice u statičkom položaju, na ravnom tlu, iznosi, na primer, 30 000—36 000 N za tenkove i druga teška vozila, i 10 000—15 000 N za laka oklopna vozila.

Na nagnutom tlu pritisak nije jednak pod svim oslonim točkovima, već se linearno povećava u negativnom smeru nagiba [3]. Za aktiviranje nagaznih PO mina znatno veći značaj ima poprečni nego uzdužni nagib tla u odnosu na uzdužnu osu simetrije vozila.

Kod vozila točkaša opterećenje se na ravnom tlu ravnomerno prenosi sa osovina na točkove, pa pritisak na tlo ispod točkova jedne osovine iznosi:

$$p_{sr} = \frac{F}{nA} \quad (1)$$

gde je:

F — sila opterećenja osovine,

n — broj točkova na jednoj osovini,

A — površina naleganja pneumatika na tlo.

Površina naleganja pneumatika na tlo proporcionalna je njegovom sabiraju, i obrnuto proporcionalna pritisku vazduha u pneumatiku. Najčešće se uzima da je pritisak pneumatika na tlo jednak pritisku vazduha u pneumatiku [3].

## Osnovne karakteristike nagaznih protivoklopnih mina

Nagazne PO mine postavljaju se na površinu tla ili se ukopavaju u tlo i maskiraju slojem zemlje. Aktiviraju se pri nailasku gusenice ili točka na nagazni poklopac ili neposredno na upaljač mine i to u trenutku kada se sila opterećenja nagaznog poklopca (upaljača) izjednači sa silom aktiviranja mine.

Sila aktiviranja nagaznih PO mina slučajna je veličina, jer se razlikuje od mine do mine kod iste konstrukcije i iste serije izrade, zbog rasipanja vrednosti uticajnih parametara, a raspodeljena je po normalnom (Gausovom) zakonu:

$$F_a = F_a^{sr} \pm 3\sigma \quad (2)$$

gde je:

$F_a^{sr}$  — srednja vrednost sile aktiviranja,

$\sigma$  — standardna devijacija.



Kod do sada poznatih konstrukcija nagaznih PO mina sila aktiviranja kreće se u granicama 1 200—3 600 N, a izuzetno i do 5 000 N. Međutim, u određenim konstrukcijama, sila aktiviranja je u granicama koje su znatno uže, na primer 1 200—2 000 N ili 1 800—3 500 N. Kod mine TMRP-6 sa osiguravajućim prstenom i bez poluge ona iznosi do 5 000 N.

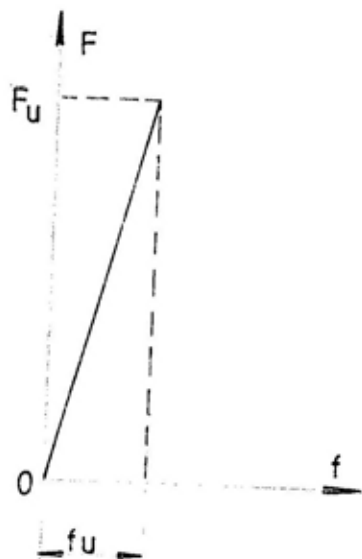
Nagazne PO mine aktiviraju se preko posebnog mehanizma (sistema) aktiviranja. Svi do sada poznati mehanizmi aktiviranja mogu se podeliti na krute, elastične i plastične.

### Kruti sistemi aktiviranja

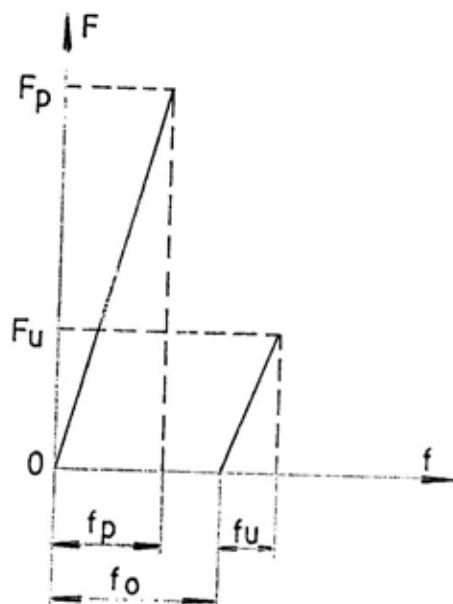
Karakteristike krutih sistema su relativno male deformacije elemenata, nastale pod dejstvom sile aktiviranja i linearnog porasta sile otpora.

Ako se aktiviranje vrši neposredno preko upaljača (kao kod mina TMA-3 i TMA-4), tada je sila aktiviranja mine jednaka sili aktiviranja upaljača ( $F_a = F^u$ ) (slika 1a).

Ako se sistem aktiviranja sastoji od dva posebna sklopa: za prenos opterećenja i upaljača (kao što je slučaj kod mina TMA-1, TMA-2, TMA-5 i TMA-5A), tada sila opterećenja prvo deluje na sklop za prenos opterećenja, a posle savlađivanja njegovog otpora (najčešće loma) deluje na upaljač. Pošto između sklopa za prenos opterećenja i upaljača postoji izvestan zazor  $f_0$ , dijagram opterećenje-deformacija sastoji se od dva odvojena dela, pa je sila aktiviranja jednaka sili otpora sklopa za prenos opterećenja  $F_a = F_p$  (slika 1b).



a)



b)

Sl. 1 — Opšti izgled dijagrama opterećenje-deformacija krutog sistema aktiviranja: a) aktiviranje neposredno preko upaljača, b) aktiviranje preko sistema za prenos opterećenja

Kod elastičnih sistema aktiviranja nagaznih PO mina deformacija sistema aktiviranja nije trajna već elastična, pa se funkcionalni delovi po prestanku opterećenja vraćaju u prvobitni položaj, ukoliko su opterećeni silom manjom od sile aktiviranja mine.

Ako se mina aktivira neposredno preko upaljača, tada je, kao i kod krutih sistema, sila aktiviranja mine jednaka sili aktiviranja upaljača ( $F_a = F^u$ ).

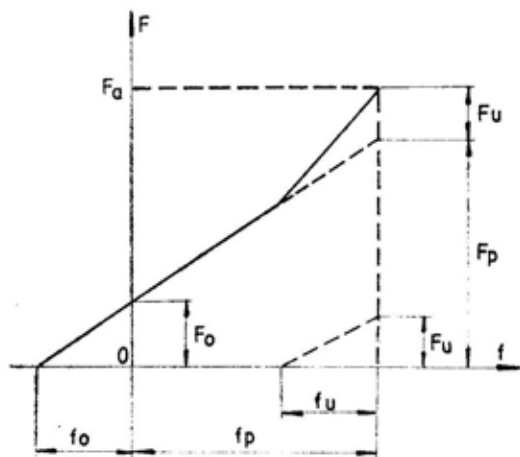
Kada se sistem aktiviranja sastoji od dva odvojena sklopa, za prenos opterećenja i upaljača sile otpora se superponiraju, pa je sila aktiviranja mine jednaka njihovom zbiru ( $F_a = F_p + F^u$ ). Obično je sila otpora sklopa za prenos opterećenja definisana oprugom sa prednaponom  $F_o = C_p f_o$ , pa je sila aktiviranja definisana izrazom (slika 2):

$$F_a = F_p + F^u = C_p(f_p + f_o) + C_u f_u \quad (3)$$

gde je:

$C_p$  — krutost opruge sklopa za prenos opterećenja,

$C_u$  — krutost opruge upaljača.



Sl. 2 — Dijagram elastičnog sistema aktiviranja sa odvojenim sklopom za prenos opterećenja

Osnovni elementi plastičnog sistema aktiviranja nagaznih PO mina imaju relativno nisku granicu elastičnosti, pa se već pri relativno niskim opterećenjima trajno deformišu. Obično se izrađuju od tankih čeličnih limova visoke plastičnosti, kao što je to lim nagaznog poklopca PO mine TMM-1.

Plastični sistem aktiviranja najčešće se sastoji od dva odvojena sklopa: nagaznog poklopca i upaljača (kao kod mine TMM-1). Sila otpora nagaznog poklopca i sila aktiviranja upaljača se superponiraju. Tim silama često treba dodati i silu otpora sabijanju vazduha u šupljini nagaznog poklopca, pa je sila aktiviranja mine definisana izrazom (slika 3):

$$F_a = F_p + F^{vz} + F^u \quad (4)$$

gde je:

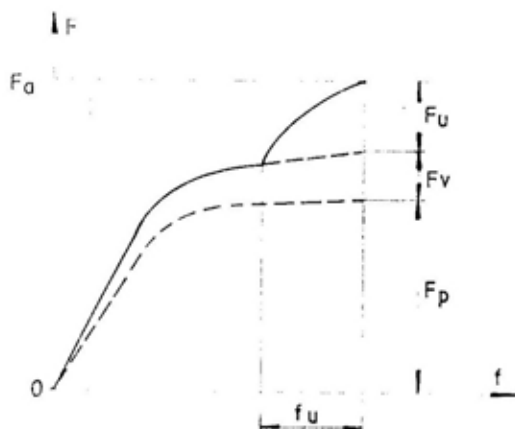
$F_p$  — sila otpora deformaciji poklopca,

$F^{vz}$  — sila otpora sabijanju vazduha,

$F^u$  — sila aktiviranja upaljača.

Uprošćeni izraz za silu otpora deformaciji poklopca ima oblik:

$$p = \frac{\pi db^2 \sigma_r}{2a} \quad (5)$$



Sl. 3 — Dijagram opterećenje-daformacija plastičnog sistema aktiviranja

gde je:

- d — prečnik krutog dela poklopca,
- b — debljina lima koji se deformiše,
- a — širina deformacionog pojasa (ve-nca) poklopca mine,
- $\sigma_r$  — napon lima na granici razvlače-nja.

Ako je poklopac dobro zaptiven, sila otpora vazduha može se predsta-viti izrazom:

$$F^{vz} = p_1 A_n \left[ \frac{1}{\left( 1 - \frac{\Delta V}{V_1} \right)^k} \right] \quad (6)$$

gde je:

- $p_1$  — početni pritisak vazduha,
- $A_n$  — površina krutog dela poklopca mine,
- $V_1$  — početna zapremina vazduha,
- $\Delta V$  — razlika između početne i konačne zapremine vazduha,
- k — eksponent adijabate.

Sila aktiviranja upaljača definisana je kao i kod drugih opisanih sistema aktiviranja.

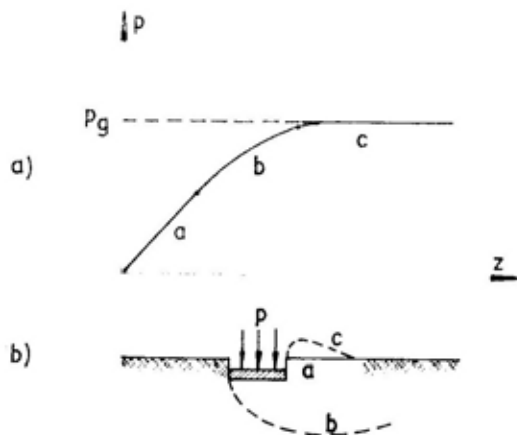
### Osnovne karakteristike zemljišta

Otpori tla prema vertikalnom opterećenju i smicanju predstavljaju osnovne faktore prohodnosti zemljišta za motorna vozila. Istovremeno, ovi faktori imaju najznačajniju ulogu u procesu aktiviranja nagaznih PO mina, prilikom prelaska motornih vozila.

Analogno obliku i karakteru osnovnih modela za ispitivanje ponašanja tla pri vertikalnim opterećenjima, koji se primenjuju u mehanici tla, lokalno opterećenje tla koje izaziva gusenično vozilo može se uzeti kao opterećenje tla preko krute pločice [4, 5].

Deformacija tla pri vertikalnom opterećenju sastoji se najčešće od sabijanja i bočnog pomeranja. Pri manjim opterećenjima deformacija tla sastoji se, uglavnom, od sabijanja, a pri većim opterećenjima sve češće poprima karakter bočnog smicanja.

Ako se pritisak članka gusenice označi sa p, a dubina prodiranja članka sa z, veza između pritiska i propadanja članka prikazana je na slici 4, a lokalna pomeranja koja se pri tome javljaju na slici 4b.



Sl. 4 — Prodiranje pločice u tlo u zavisnosti od opterećenja

Prva faza deformacije (odsečak a) sastoji se od sabijanja i kod slabo stišljivog tla predstavlja približno pravu liniju. Prodiranje pločice je u ovoj fazi relativno malo. Pri daljem povećanju opterećenja, uporedo sa sabijanjem javlja se i bočno smicanje, a usled toga i neravnomernije prodiranje pločice u tlo (odsečak b). Kada opterećenje dostigne neku kritičnu vrednost, dolazi do naglog prodiranja pločice u tlo sa istovremenim istiskivanjem dela tla u bočne strane (odsečak c). Granični pritisak  $p_g$ , pri kome prestaje otpor tla, naziva se graničnom nosećom sposobnošću tla.

Na otpor tla u velikoj meri utiče njegova poroznost. U praksi se to naj-

bolje ogleda pri višestrukum naizme-  
ničnom opterećenju, kao i kod guse-  
ničnih vozila. Veza između koeficijenta  
poroznosti i spoljašnjeg pritiska  
može se izraziti uprošćenim izrazom:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 - \frac{1}{B} \ln p \quad (7)$$

gde je:

$\varepsilon$  — koeficijent poroznosti pri pritis-  
ku  $p$ ,

$\varepsilon_0$  — koeficijent poroznosti pri pritis-  
ku  $p_0 = 1 \text{ daN/cm}^2$ ,

$B$  — bezdimenzionalni koeficijent koji  
karakteriše stišljivost tla i ne  
zavisi od opterećenja.

U tabeli 1 prikazane su eksperim-  
entalne vrednosti parametara  $\varepsilon_0$  i  $B$   
za neke karakteristične vrste tla.

Tabela 1

Vrsta tla	$\varepsilon_0$	$B$
Krupno i srednje- zrnasti pesak	$< 0,4$	do 100
Sitnozrnasti pesak	$0,4-0,5$	25-75
Prašinasto tlo	$0,5-0,65$	10-25
Glinasto tlo sred- nje gustine	$> 0,65$	10-15
Peščano i glinasto tlo sa više od 50% prašine i jako sti- šljivo glinasto tlo sa slojevima peska	$0,7-0,85$	5-10
Jako stišljivo tlo	$> 1$	$< 5$

Otpor tla prema smicanju defini-  
san je odnosom napona i spoljašnjeg  
pritiska, a naziva se koeficijentom smi-  
canja:

$$f_s = \frac{\tau}{p} = \text{tg } \Psi \quad (8)$$

gde je:

$\Psi$  — ugao smicanja.

Pri praktičnom izračunavanju napa-  
na na smicanje primenjuje se line-  
arna zavisnost:

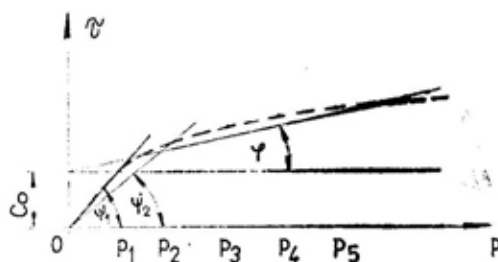
$$\tau = p \text{ tg } \varphi_0 + C_0 \quad (9)$$

gde je:

$C_0$  — ugao unutrašnjeg trenja između  
čestica tla,

$\varphi_0$  — sila prijanjanja između čestica  
tla.

Na slici 5 prikazan je dijagram  
napona na smicanje pri različitim opte-  
rećenjima, a u tabelama 2 i 3 ekspe-  
rimentalni rezultati za ugao trenja  $\varphi_0$   
i silu prijanjanja  $C_0$ .



Sl. 5 — Dijagram napona na smicanje pri  
različitim opterećenjima

Ako se koordinatni sistem postavi  
na konkretnoj površini između članka  
gusenice i tla, a koordinate usmere  
kao na slici 6, tada je za aktiviranje  
nagaznih PO mina važna raspodela  
vertikalnog normalnog napona  $\sigma_z$  po  
dubini tla (u smeru z-ose) i bočno od  
gusenice (u smeru x-ose), dok raspode-  
la u smeru uzdužne ose gusenice ne-  
ma značaja, jer se opterećenje duž te  
ose prenosi kontinualno preko oslonih  
tačkova [6].

Izraz koji dosta dobro definiše  
promenu pritiska sa dubinom  $z$  ima  
oblik:

$$p = C z^m \quad (10)$$

gde su:

C i m — parametri tla, prikazani u tabelama 4 i 5.

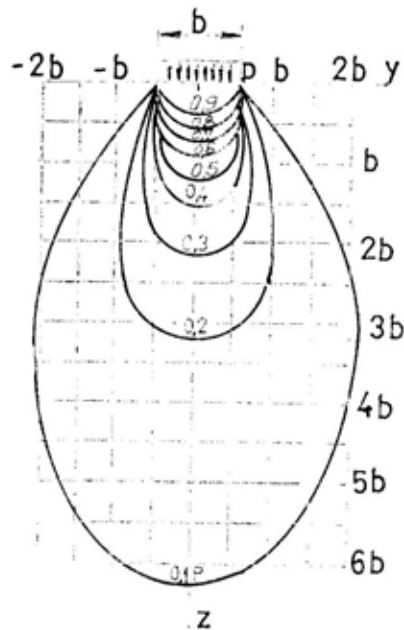
Pošto su članci gusenica kruti, na njihovim ivicama dolazi do koncentracije napona u tlu, približno definisanog izrazom:

$$p_k = \frac{P}{2 \sqrt{1 - \left(\frac{y}{b}\right)^2}} \quad (11)$$

gde je:

p — pritisak ispod pločice (članka),  
 b — širina pločice (članka),  
 y — rastojanje od sredine pločice do posmatrane tačke.

Iz izraza (11) sledi da je napon na ivicama pločice beskonačno veliki. Pošto tlo ne može da izdrži tako veliki napon, blizu krajeva pločice dolazi do

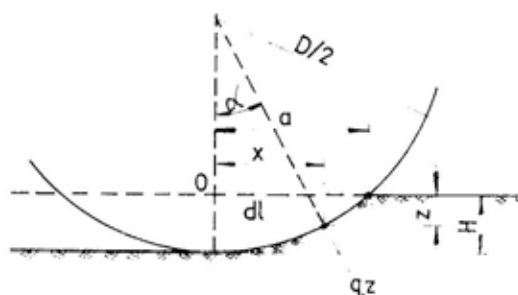


Sl. 6 — Krive jednakih normalnih napona ( $\tau_x = \text{const.}$ )

plastičnih deformacija tla, a time i do smanjenja napona. To znači da je napon ispod ivica pločice uvek ravan naponu pri kome počinju plastične deformacije (rušenje skeleta) tla [7].

Pri kretanju vozila točkaša, do deformacije tla ne dolazi samo usled vertikalnog opterećenja mase vozila već i usled dejstva horizontalnih sila: vučne sile (koja deluje na slobodne točkove) i sile obrtnog momenta (koja deluje na pogonske točkove). Rezultanta tih sila odstupa od vertikale u zavisnosti od otpora kotrljanju točkova.

Veza između rezultante vertikalnog opterećenja vučne sile vozila i dubine kolotruga može se odrediti iz prikaza na slici 7.



Sl. 7 — Skica određivanja dubine kolotruga točka sa pneumatikom

Ako na elementarnu površinu oboda točka, dužine  $dl$  i širine  $B$ , deluje elementarna sila reakcije tla  $q_z B dl$ , tada je vertikalna komponenta te sile  $q_z B \cos \alpha dl$ , a ukupni otpor prodiranja točka u tlo:

$$Q = \int_0^a q_z B \cos \alpha dl \quad (12)$$

gde je:

- $q_z = C z^m$  — otpor tla na dubini  $z$ ,
- $B$  — širina pneumatika,
- $\alpha$  — ugao između vertikale i pravca sile reakcije tla,
- $a$  — horizontalna projekcija dužine kontaktnog luka  $dl$  između točka i tla.

Iz slike 7 sledi da je  $a \approx \sqrt{DH}$ ,  
 $z \approx H \left(1 - \frac{x^2}{DH}\right)$  Posle uvođenja smena  
i sređivanja dobija se ukupni otpor  
prodiranju točka:

$$Q = CBH^m \int_0^a \left(1 - \frac{x^2}{DH}\right)^m dx$$

Integral se ne može rešiti neposredno. Posle razvijanja u red izraza u zagradi, i uzimanja za integraciju prva dva člana, dobija se:

$$Q = CB \left(1 - \frac{m}{3}\right) H^m \sqrt{DH} \quad (13)$$

Ako se na isti način integrišu horizontalne komponente reakcije tla dobija se vučna sila vozila u funkciji dubine kolotraga:

$$Q' = CB \frac{H^{m+1}}{m+1} \quad (14)$$

U tabelama 2 i 3 dati su eksperimentalni podaci o parametrima  $C_0$  i  $\varphi_0$  tangencijalnog napona, a u tabelama 4 i 5 o parametrima normalnog napona  $C$  i  $m$  [4].

Tabela 2

Parametri  $C_0$  i  $\varphi_0$ .

Vrsta tla	Noseća sposobnost tla (daN/cm <sup>2</sup> )	$C_0$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$\varphi_0$ (°)
	Vlažnost niža od granice plastičnosti		
Laka ilovača	3,5—7	0,5—1	24—25
Ilovača	4,5—9	0,6—1,2	21—23
Glina	5—10 (i više)	0,75—1,5	15—20
	Vlažnost jednaka granici plastičnosti		
Laka ilovača	2,5—5	0,35—0,75	21—22
Ilovača	3,5—6	0,4—0,8	18—20
Glina	3,5—7	0,5—1,0	11—17
	Vlažnost 55—75% granice tekućeg stanja		
Laka ilovača	1—2,5	0,15—0,35	19—20
Ilovača	1,75—3	0,25—0,4	16—18
Glina	2—3	0,3—0,5	7—15
	Vlažnost na granici tekućeg stanja		
Laka ilovača	0,7—0,8	0,10—0,12	16—18
Ilovača	0,6—0,9	0,10—0,15	12—15
Glina	0,5—0,9	0,10—0,15	3—11
	Vlažnost iznad granice tekućeg stanja		
Laka ilovača	0,3—0,6	0,0—0,05	10—16
Ilovača	0,2—0,4	0,01—0,1	3—9
Glina	0,1—0,3	0,03—0,1	0—6

Tabela 3

Parametri  $C_0$  i  $\varphi_0$  za pesak

Pesak	Koefi- jent po- roznosti	$C_0$ (daN/ /cm <sup>2</sup> )	$\varphi_0$ (°)
Krupno- zrnasti	0,41 — 0,5	0,02	43
	0,51 — 0,6	0,01	40
	0,61 — 0,7	—	38
Srednje- zrnasti	0,41 — 0,5	0,03	40
	0,51 — 0,6	0,02	38
	0,61 — 0,7	0,01	35
Sitno- zrnasti	0,41 — 0,5	0,06	38
	0,51 — 0,6	0,04	34
	0,61 — 0,7	0,02	32
Prašinasti	0,41 — 0,5	0,08	36
	0,51 — 0,6	0,06	34
	0,61 — 0,7	0,04	40

Tabela 4

Parametar  $C$  ( $\frac{daN}{cm^3}$ )

Vrsta tla	Stanje tla		
	Suvo	Plastično	Tekuće
Pesak	1,5 — 5	—	—
Zemlja pe- skuša	10 — 15	2 — 6	0,5 — 1
Optimalna mešavina	10 — 15	3 — 7	0,5 — 1
Ilovača	10 — 15	1 — 5	0,5 — 1
Glina	15 — 25	1 — 2	0,5 — 1
Mešavina šljunka	15 — 25	5 — 10	—

Tabela 5

Parametar  $m$ 

Vrsta tla	Vrednost parametra
Blato u tekućem stanju	0
Plastično koherentno tlo i pesak u suvom stanju	0,5
Suvo meko tlo	1,0
Rastresito sabijeno tlo i rastresiti sloj na gušćim podslojevima	1—2

Dati podaci o mehaničkim parametrima tla ne važe za zamrznuto tlo. Za njega osnovni značaj ima agregatno stanje sastavnih komponenti.

Mineralne čestice i led predstavljaju tvrdu fazu, pa se u slučaju potpunijeg zamrzavanja tlo može smatrati neprekidnom tvrdom sredinom. Zato, sve zakonitosti, zasnovane na pretpostavkama o slobodnom smanjenju i istiskivanju vode i vazduha, ne važe u slučaju zaleđivanja.

Čvrstoća zamrznutog tla zavisi od čvrstoće sastavnih komponenti — skeleta i leda, i od sila prijanjanja na kontaktnoj površini između leda i mineralnih čestica. Tokom višegodišnjih laboratorijskih ispitivanja otpornosti zamrznutog tla na pritisak (sabijanje) utvrđene su sledeće opšte zavisnosti [4]:

— otpornost zamrznutog tla na pritisak uvećava se sa sniženjem temperature;

— uvećanje procenta leda u tlu do potpune popune pora takođe uvećava otpornost zamrznutog tla na pritisak, dok uvećanje procenta leda preko ove granice ne uvećava otpornost, već je u mnogim slučajevima smanjuje;

— glinasto zamrznuto tlo ima manju otpornost na pritisak od zamrznutog peščanog tla.

Otpornost zamrznutog tla na smicanje takođe se uvećava sa sniženjem temperature. I u ovom slučaju maksimalna otpornost se javlja pri potpunoj popuni pora ledom, ali je uticaj sadržaja leda manji nego pri sabijanju.

### Verovatnoća aktiviranja nagaznih PO mina

Vozila ne opterećuju ukopane nagazne PO mine neposredno već preko zaštitnog (maskirnog) sloja zemlje (snega, leda) različitih fizičkih osobina. Neukopane nagazne PO mine mogu se smatrati graničnim slučajem ukopanih mina kada debljina maskirnog sloja  $h$  teži nuli.

Iz prikazanih karakteristika mina, vozila i tla vidi se da se, u pogledu uslova aktiviranja nagaznih PO mina, gusenična vozila i vozila točkaši znatno razlikuju. Članci gusenica su međusobno zglibno povezani, pa se može smatrati da se pritisak na minu prenosi preko jednog ili dva članka i to u trenutku kada preko nje prelazi osloni točak. Pošto članci gusenice imaju veliku krutost, može se pretpostaviti da predstavljaju apsolutno krute pločice pravougaonog oblika, čija je duža strana jednaka širini gusenice  $b$ , a kraća strana širini članka  $a$ . Površina tla na koju deluje članak gusenice u ravni nagazne površine mine, ispod maskirnog sloja debljine  $h$ , iznosi:

$$A = (a + 2h \operatorname{tg} \Psi) (b + 2h \operatorname{tg} \Psi) \quad (15)$$

gde je:

$$\Psi = \operatorname{arc} \operatorname{tg} \left( \operatorname{tg} \varphi_0 + \frac{C_0}{p} \right)$$

— ugao klizanja čestica tla,

$\varphi_0$  — ugao trenja između čestica tla,

$C_0$  — sila prijanjanja između čestica tla,

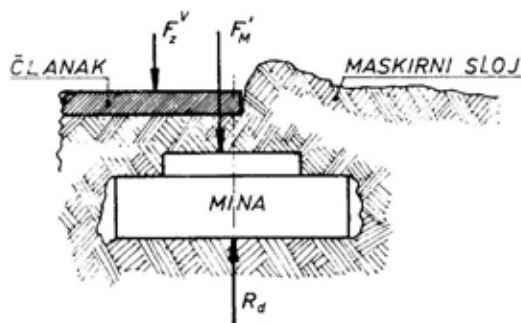
$p = F^v / abn$  — pritisak vozila na tlo ispod članka,

$n$  — broj oslonih točkova.

Na slici 8 prikazan je tipičan položaj ukopane nagazne PO mine, opterećene člankom gusenice vozila preko maskirnog sloja debljine  $h$ .

Iz izraza (15) i tabele 2 sledi da se ugao klizanja čestica tla može kretati u veoma širokim granicama: od vrednosti bliske nuli kod veoma ras-kvašenih terena, do vrednosti preko  $70^\circ$  kod suvih terena (sa vlagom ispod granice plastičnosti), dok se na peščanim terenima kreće u veoma uskim granicama od  $35^\circ$  do  $45^\circ$ . Na zaleđe-

nim terenima ugao klizanja čestica može dostizati vrednost iznad  $80^\circ$ , usled čega se zaleđeni sloj često ponaša kao relativno kruta ploča.



Sl. 8 — Tipičan položaj ukopane nagazne PO mine

Sila otpora tla ispod članka gusenice, a izvan površine mine, iznosi:

$$R_t = F_z^v - F'_m = C z^m (A - A'_m) \quad (16)$$

gde je:

$F_z^v$  — sila pritiska članka na tlo na dubini  $z$ ,

$F'_m$  — sila pritiska na minu,

$C$  — specifični otpor tla na pritisak (tabela 4)

$m$  — parametar tla (tabela 5),

$A$  — površina na koju se prenosi pritisak članka (izraz 15),

$A'_m$  — površina mine zahvaćena opterećenjem,

$z$  — dubina dna mine.

Ako je površina nagaznog poklopca  $A_m$ , preko koga se vrši aktiviranje mine, manja od površine vertikalne projekcije mine na tlo, tada sila opterećenja nagaznog poklopca iznosi:

$$F_p = \frac{A_p}{A'_m} F'_m = k_m z A_p \quad (17)$$



gde je:

$k_m$  — jedinična krutost sistema aktiviranja mine.

Iz izraza (16) i (17) može se formirati konačan izraz za silu opterećenja nagaznog poklopca mine:

$$F_p = \frac{F_z^v}{\frac{A'_m}{A_p} + \frac{C(A-A'_m)}{k_m A_p}} \quad (18)$$

Sila pritiska članka  $F_z^v$  linearno opada sa dubinom propadanja  $z$ :

$$F_z^v = F^v \left(1 - \frac{z}{s}\right) = \frac{M^v g}{n} \left(1 - \frac{z}{s}\right) \quad (19)$$

gde je:

$M^v$  — masa vozila,

$n$  — broj oslonih točkova vozila,

$s$  — klirens vozila,

$g$  — ubrzanje sile Zemljine teže.

Sila reakcije tla na dno mine iznosi:  $C z^m A_d$ , gde je  $A_d$  — površina dna mine.

Pošto sila pritiska na minu  $F'_m$  opada sa dubinom  $z$ , a reakcija tla na dno mine raste, znači da će se na nekoj dubini  $z$  sila pritiska na minu  $F'_m$  i sila reakcije tla na dno mine izjednačiti i propadanje mine prestati. To omogućuje da se konačno definiše jedinačina aktiviranja nagaznih PO mina:

$$F_p = \frac{F^v(1-z/a)}{\frac{A'_m}{A_p} + \frac{C(A-A'_m)}{k_m A_p}} = C z^m (A_d - A_t) \geq F_a \quad (20)$$

Na osnovu jednačine aktiviranja (20) izrađen je dijagram aktiviranja nagaznih PO mina pri nailasku guseničnih vozila, prikazan na slici 9.

Dijagram se odnosi na određenu konstrukciju nagaznih PO mina, određenu vrstu tla i određeni tip vozila. Za

različite konstrukcije mina, različite uslove njihovog postavljanja, različite vrste tla i različite tipove vozila dobijaju se familije krivih  $F'_m(z, h)$ ,  $R_d(z)$ ,  $F_z^v$  i  $F_a = F_a^{sr} \pm 3$ .

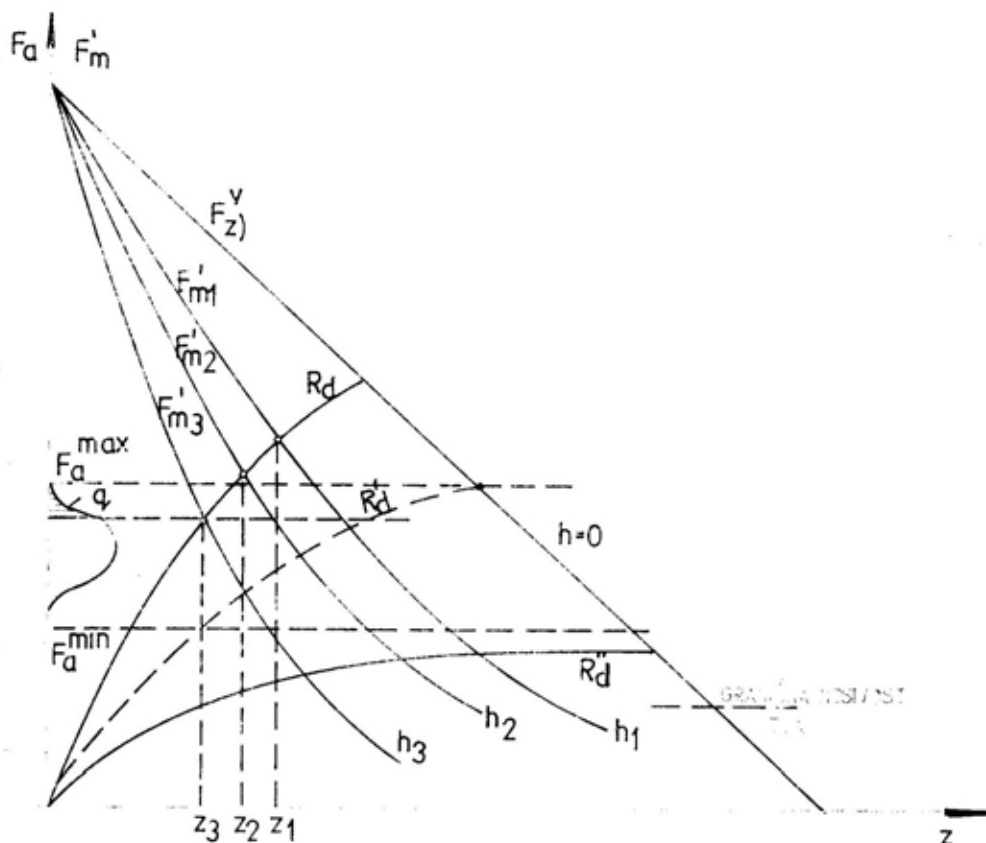
Iz dijagrama sledi da će sve mine koje su ukopane na dubinama  $h_1$  i  $h_2$  u tlu sa otporom  $R_d$ , biti aktivirane, jer se preseki krivih  $F'_m$  i  $R_d$  nalaze iznad maksimalne sile aktiviranja datog tipa mine  $F_a^{max}$ . Izvestan procenat mina, ukopanih na dubinu  $h_3$ , neće biti aktiviran pod istim uslovima, jer se presek krivih  $F'_m$  i  $R_d$  nalazi ispod maksimalne vrednosti sile aktiviranja  $F_a^{max}$ . Taj procenat je srazmeran šrafiranoj površini  $q$  na slici 9, što omogućuje da se konačno definiše i verovatnoća aktiviranja nagaznih PO mina:

$$P_m^a = P(F_p \geq F_a) = 1 - q \quad (21)$$

Ako su mine ukopane u tlo male nosivosti (kriva  $R_d''$ ), tada nijedna postavljena mina neće biti aktivirana, jer se svi preseki krive  $R_d''$  sa krivom  $F'_m$  nalaze ispod minimalne vrednosti aktiviranja mina  $F_a^{min}$ .

Ako se posle postavljanja mina tlo zaledi, maskirni sloj će se ponašati kao kruta ploča, što je ravno višestrukom povećanju dubine ukopavanja mine  $h$ , pa će one biti aktivirane u nekom malom procentu ili nikako.

Ispitivanja koja su obavljena kod nas na ritskim terenima u potpunosti potvrđuju rezultate izvršene teorijske analize. Mine ukopane u suvo prohodno tlo 100% su aktivirane. Mine postavljene u isto vreme i u isto tlo bile su ispitivane posle jesenjih kiša. Nijedna mina, iz klase mina otpornih prema dejstvu vazdušnog udarnog talasa, nije aktivirana, a kod ostalih mina u savim nezadovoljavajućem procentu. Isti rezultat dobijen je i sa mehaničkim čistačima. Najveći broj mina je jednostavno iskakao ispod gusenica ili tonuo ispod diskova čistača.



Sl. 9 — Dijagram aktiviranja ukopanih nagaznih PO mina od strane guseničnih vozila

Granična nosivost tla je za vozila točkaše viša od granične nosivosti tla za gusenična vozila, ali je sila  $F^y$  znatno manja. Zbog toga su dijagrami aktiviranja nagaznih PO mina pod vozilima točkašima drugačiji od prikazanih dijagrama aktiviranja pod guseničnim vozilima.

### Zaključak

Aktiviranje nagaznih PO mina pod gusenica i točkovima borbenih i transportnih vozila veoma je složen proces slučajnog karaktera, sa većim brojem slučajnih parametara, posebno kod ukopanih mina, pa je definisanje prak-

tično primenjivih matematičkih modela verovatnoće njihovog aktiviranja izuzetno otežano.

Matematički modeli verovatnoće aktiviranja ukopanih nagaznih PO mina, koji su definisani u ovom radu, pretežno su namenjeni za gusenična vozila, implicitnog su karaktera, ali omogućuju da se u raznim realnim slučajevima približno odredi uticaj karakteristika tla, vozila i PO mina na verovatnoću aktiviranja ukopanih PO mina.

Računske analize pokazuju da je uticaj karakteristika tla na verovatnoću aktiviranja nagaznih PO mina relativno veliki u svim uslovima njihove primene, a u nekim slučajevima i presudan.

*Literatura:*

- [1] Dragojević, M.: Borbena vozila, VIZ, Beograd 1991.
- [2] Ioffe, M. F.: Minno-vzryvnie zagraždenija, Voennoinžinernaja akademija V. V. Kužbišev, Moskva 1961.
- [3] Borckmann, H.: Eignung von rad-und kattenfahrzeugen zur überwindung von steigungen, ZDv 30/12, Darmstadt 1961.
- [4] Babkov, V. F., Gerbut-Gejbovič, A. B.: Osnovi gruntovedenija i mehaniki gruntov, Moskva 1956.
- [5] Najdanović, N., Obradović, R.: Mehanika tla u inženjskoj praksi, Beograd 1981.
- [6] Hinić, M.: Analiza mehaničkih osobina zemljišta (tla, podloge) sa stanovišta prohodnosti motornih vozila, VTB 3/1975.
- [7] Citović, N.A.: Mehanika gruntov, Vysšaja škola, Moskva 1979.

Jovo Filipović,  
pukovnik, dipl. inž.\*  
Mr Marko Šegr  
potpukovnik, dipl. inž.\*  
Slobodan Ivković,  
major, dipl. inž.\*  
Pozadinski školski centar VJ,  
Beograd

## KOMANDNO-INFORMACIONI SISTEM POZADINSKOG ŠKOLSKOG CENTRA

UDC: 623.61:355.525

### Rezime:

U radu je prikazan komandno-informacioni sistem Pozadinskog školskog centra (KIS-PoŠC). Projektom KIS-PoŠC funkcionalno i celovito je razrađena zakonom propisana procedura — algoritam upravljanja obrazovno-vaspitnim procesom (OVP) u sistemu školovanja podoficira i mehaničara za potrebe pozadinskih službi VJ. Uspostavljanjem integralnog informacionog sistema, modularnog tipa sa otvorenom arhitekturom, osavremenjava se i poboljšava proces upravljanja po svim funkcijama. Njegovom primenom u školskom sistemu VJ moguće je obezbediti savremen pristup u realizaciji integralnih procesa: projektovanja, programiranja i vrednovanja OVP. Pored ostvarenih, posebni efekti se očekuju na planu osavremenjavanja nastavnog procesa uvođenjem novih nastavnih tehnologija i organizacionih oblika nastavnog procesa i školovanja stručnih kadrova za VJ.

**Ključne reči:** komandno-informacioni sistem, algoritam upravljanja, kvalitet obrazovno-vaspitanog procesa, integralni informacioni sistem, projektovanje, programiranje, vrednovanje, nastavne tehnologije.

---

## COMMAND AND INFORMATION SYSTEM OF THE LOGISTIC SCHOOL CENTER

### Summary:

The command and information system of the logistic school center (KIS — PoŠC) is presented in the paper. The project KIS — PoŠC is applied in order to work out, thoroughly and functionally, the procedure prescribed by law — the algorithm for commanding the schooling and educational process in the system of schooling of noncommissioned officers and mechanics for Yugoslav Army logistic services. The integral information system, of a modular type and with open architecture, modernizes and improves the command process according to all functions. Its application in the Yugoslav Army schooling system enables a modern approach to the realization of integral processes: design, programming and evaluation of the schooling and educational process. Besides the already realized effects, special effects are expected in the field of teaching process modernization by introducing new teaching techniques and organizational forms into the teaching process and the education of a qualified personnel for the Yugoslav Army.

**Key words:** command and information system, command algorithm, quality of schooling and educational process, integral information system, design, programming, evaluation of teaching technologies.

---

\* Autori članka su članovi Istraživačko-projektantskog tima KIS-PoŠC.

Radi rešavanja praktičnih problema različitog karaktera i njihovog uticaja na tokove školovanja podoficira i mehaničara pozadinskih službi VJ, kao osnovne delatnosti organizacione strukture PoŠC, početkom 1996. godine otvoren je primenjeni istraživački zadatak pod nazivom »Upravljanje kvalitetom obrazovno-vaspitnog procesa u smerovima PoŠC«. Odluka za otvaranje istraživačkog zadatka doneta je radi iznalaženja efikasnijeg rešenja za upravljanje kvalitetom obrazovno-vaspitnog procesa.

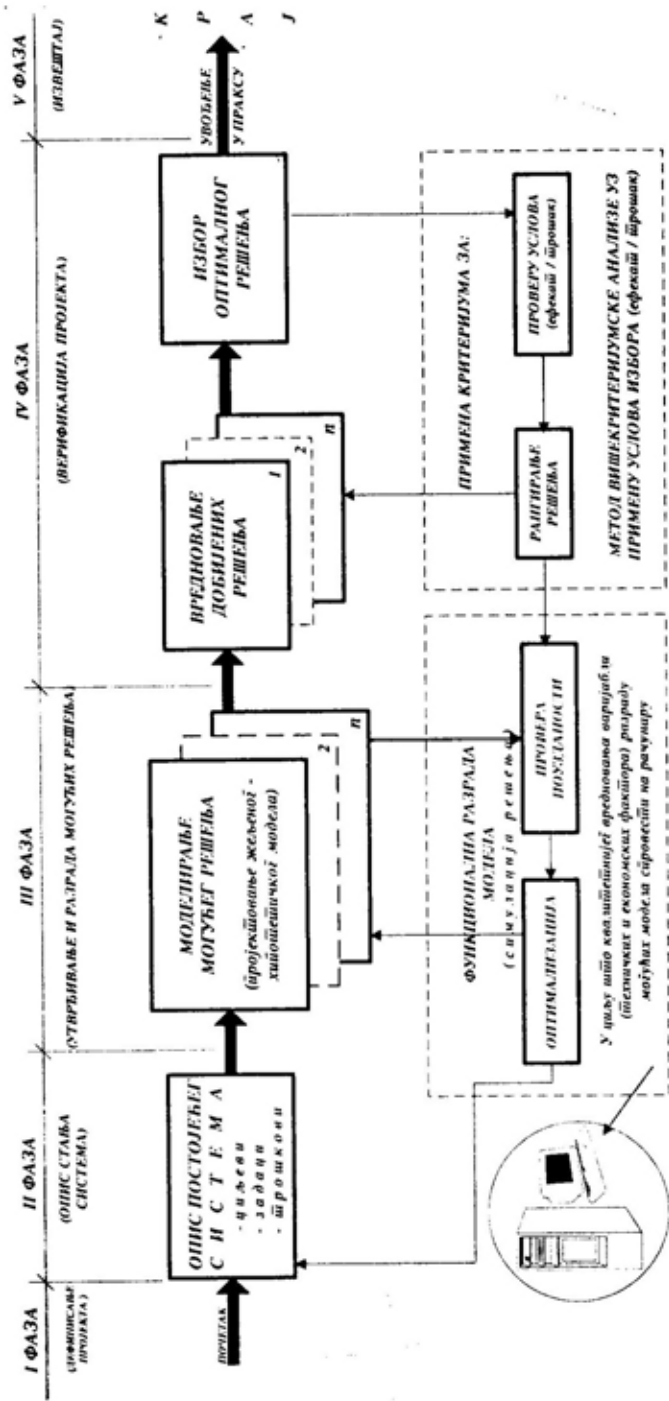
Pored cilja istraživanja, utvrđen je i kriterijum za rešavanje postavljenog zadatka, kojim se žele izbeći skupa i neracionalna rešenja sa aspekta efikasnosti, a iskazan je kroz odnos efekta i troška. Tokom definisanja zadatka cilj istraživanja je usklađen sa budućom globalnom projekcijom VJ, a organizacija i tok istraživanja sa Pravilnikom o opremanju VJ naoružanjem i vojnom opremom (NVO) u miru.

Za realizaciju projektnog zadatka posebno je razrađen kibernetički model, kao doprinos sistemskom pristupu u rešavanju složenog problema (slika 1). Model je primenjiv za realizaciju i drugih složenih projekata.

Primenom modela sprovedeno je fazno rešavanje problema i zasebno vrednovanje svake faze. Posebna vrednost primenjenog kibernetičkog modela ogleda se u mogućnostima povratka u prethodne faze. Pri svakom vrednovanju faze i eventualnom povratku u prethodnu mogućće je unošenje novih saznanja i popravki, sve do dobijanja željenog rešenja. Korišćenjem računara obezbeđena je kvalitetna obrada podataka i uspešno vođenje istraživačkog projekta kao i izbor optimalnog rešenja.

Polazeći od afirmativne pretpostavke da postoji pozitivna razlika između postojećeg i mogućeg rešenja sistema upravljanja kvalitetom OVP i da kroz istraživanje tu vrednost treba pronaći, pravilno rešiti i dokazati, sačinjena je kompletna istraživačko-projektna dokumentacija za rešenje postavljenog zadatka. Projektna dokumentacija sadrži: razradu objektivnih saznanja o postojećem sistemu upravljanja OVP u smerovima PoŠC, informacionim tokovima kao i mogućem stepenu optimizacije postojećeg procesa. Projektom KIS-PoŠC dato je rešenje racionalne organizovanosti i savremeni pristup upravljanju organizacionim sistemom u celini, po nivoima odlučivanja i dodeljenim funkcijama. Pri izboru rešenja poštovano je osnovno pravilo da je dobro organizovan sistem onaj u kojem se ostvaruje uspešnost celokupnog sistema, a ne samo optimum uspešnosti njegovih podsistema.

Tokom definisanja projektnog zadatka izvršena je detaljna i svestrana analiza zakonom propisanih rešenja i procedura u školskom sistemu VJ i postavljen hipotetički model — mogućće rešenje. Težište u analizi bilo je na tokovima upravljanja i realizacije nastavnog procesa u smerovima PoŠC. Celokupna analiza može se sažeti u sledeće zaključke: postojeći sistem upravljanja kvalitetom OVP, koji je uspostavljen pre više decenija, u raskoraku je sa savremenim koncepcijama upravljanja složenim sistemima. Model upravljanja je tehnološki prevaziđen — zastareo je, njegov duži opstanak u praksi više nije opravdan i treba ga dalje usavršavati uvođenjem savremenijih rešenja. Pored toga, obrazovno-vaspitni proces, koji je zasnovan na principu pamćenja činjenica i procedura kroz klasičnu organizaciju časa, sa presudnom ulogom nastavnika, više nije primeren potrebama savremeno orga-



Sl. 1 — Kibernetски model sistemskog pristupa u rešavanju složenih problema

nizovanih radnih mesta i treba ga aktualizirati uvođenjem novih koncepcija nastavnih sadržaja — znanja i nastavnih tehnologija.

Polazeći od činjenice da je školovanje kadra i obuka jedinica — sastava najvažnija delatnost vojske u miru, sadašnja faza transformacije VJ, u kojoj se projektuje vojska budućnosti, prilika je da se redefinisanjem profila kadra i uvođenjem profesionalizacije suštinski transformiše vojni školski sistem, a time i sama Vojska. Primenom naučnih saznanja i stvaralačkim pristupom u oblasti upravljanja složenim sistemima, na osnovu savremenih metoda i tehnologija, moguće je postići veće efekte uz manji utrošak raspoloživih resursa.

Programom realizacije utvrđena je opravdanost istraživanja i put za ostvarivanje konačnog rešenja.

Funkcionalni model, koji predstavlja teoretsku razradu mogućeg rešenja za upravljanje kvalitetom OVP u sistemu PoŠC, nastao je kao rezultat sprovedenih istraživanja nad tokovima realizacije funkcija i zadataka smerova i stečenih saznanja u toj oblasti. Tokom izrade funkcionalnog modela izvršena je sinteza saznanja o propisanom sistemu upravljanja OVP u školskom sistemu VJ, sistematizacija faktora i činioca tehnoloških procesa i provedena analiza njihovog uzajamnog delovanja. U teoretskoj razradi modela težište je usmereno na pravilno raspoređivanje funkcija i zadataka po nivoima upravljanja, radi racionalnog korišćenja raspoloživih resursa, a polazna je osnova za projektovanje integralnog informacionog sistema (IS).

Matricom povezanosti funkcija, zadataka i dokumenata po sadržaju, nosiocima rada, rokovima i nameni, utvrđeni su osnovni tokovi informacija i preduzimanja upravljačkih akcija. Matricama je obuhvaćeno oko 200 dokumenata kojima se formalizuje mnoštvo podataka (atributa). Definisane

matrice dokumenata predstavljaju sintezu analiziranih informacionih tokova i procesa koji se odvijaju u organizacionom sistemu PoŠC. Njima se pokazuje međuzavisnost subjekata po nivoima odlučivanja, funkcijama i zadacima.

Matricama dokumenata po funkcijama — elementima borbene gotovosti izvršena je sistematizacija i povezivanje poslova, organizacije rada i dokumenata, čime je delatnost sistema ozakonjena, odnosno utvrđen funkcionalni model upravljanja.

Primenom informatičkih tehnologija u organizaciji obrade podataka definisani model funkcionisanja sistema se osavremenjava i postaje efikasniji. Funkcionalnim modelom upravljanja stvorena je podloga za modeliranje informacionog sistema i projektovanje softverskog rešenja.

Model informacionog sistema (IS) razrađen je u skladu sa celinama funkcionalnog modela, koji su međusobno povezani zahtevima za softversko rešenje. Obezbeđivanje ažurnih podataka potrebnih za upravljanje, bez obzira na veličinu organizacije, postalo je prioritarna aktivnost u procesu donošenja kvalitetnih odluka. Informacioni sistem, baziran na tehnologiji otvorenih sistema (povezivanje računara u mrežu), podrazumeva informaciju kao vitalni resurs i poistovetio je sa pojmom znanja — moći. Ovakav pristup omogućio je razradu modela aplikacija-interfejsa i integracije modula u celini za PoŠC.

Mada je početni zahtev bio da se primenjeni istraživački zadatak reši samo u vidu funkcionalnog modela postavljenog problema tokom istraživanja je zaključeno da je projekat moguće sprovesti kvalitetnije. Konačno rešenje dato je u vidu Projekta komandno-informacionog sistema PoŠC.

## Mogućnosti KIS PoŠC — projektni zahtevi

Mogućnosti KIS — PoŠC najbolje se mogu sagledati kroz prikaz postavljenih taktičko-tehničkih zahteva — projektnih zahteva, koji su utvrđeni tokom faze modeliranja mogućeg rešenja (slika 1). Projektovani KIS ispunjava četiri osnovna projektna zahteva:

- radi u mrežnom okruženju,
- otvoren je sa karakteristikama portabilnosti, skalabilnosti i interoperabilnosti,<sup>1</sup>
- omogućava brz razvoj aplikacija,
- koristi postojeći prenosni sistem veza.

Na početku istraživanja istaknuta je potreba za uspostavljanjem integralnog rešenja podrške odlučivanju u sistemu PoŠC. Primenom rešenja KIS rukovodiocima svih nivoa i u svim fazama procesa stavlja se na raspolaganje sedam mogućnosti:

- raspolaganje aktuelnim informacijama,
- simulacija i operacionalizacija problema,
- izbor rešenja po kriterijumu efekat—trošak,
- višekriterijumsko odlučivanje,
- korišćenje više nezavisnih modela provera odluka,
- ostvarivanje povratne veze,
- jednostavnog korišćenja (rukovanja) sistema.

Projektnim zahtevima nastavni proces — tok nastave takođe je razmat-

<sup>1</sup> Portabilnost je osobina koja omogućava prenošenje aplikativnog softvera između različitih mašina, i to bez ikakvih dodatnih zahvata na izvornom kodu.

Skalabilnost proširuje mogućnosti portabilnosti na različite nivoe mašina (različiti operativni sistemi i različite baze podataka).

Interoperabilnost podrazumeva međusobnu komunikaciju između računara različitih proizvođača, bez obzira na udaljenost i veličinu računara (komunikacioni protokoli).

ran kao celovit sistem kroz pet posebnih zahteva, kako bi bilo moguće:

- tipizirati baze podataka po nivoima odlučivanja,
- odrediti program upravljanja,
- izvršiti kvalitetnu analizu OVP po svim aspektima,
- smanjiti obim dokumentacije u odnosu na postojeću,
- usavršavati informacioni sistem («uči sam»).

Projektovanim rešenjem obezbeđena je kvalitetna podrška odlučivanju. Informacije relevantne za donošenje odluke sadrže dovoljan broj podataka o funkcionisanju sistema i angažovanju resursa. Njegovom primenom se povećava brzina reagovanja (odziv) na poremećaje, smanjuje neposredan ljudski rad i optimizuje angažovanje svih resursa. Sistemskim pristupom omogućeno je dobijanje informacija o rezultatima preduzetih upravljačkih i korektivnih akcija.

KIS PoŠC obezbeđuje stalno i neprekidno raspolaganje ažurnim i aktuelnim informacijama — podacima o celokupnoj organizacionoj strukturi, a time i sveobuhvatnu, kvalitetnu, brzu i jednostavnu podršku upravljanju na savremeno organizovan i pouzdan način. Ovakve performanse obezbeđuju mu, pre svega, naučne metode koje podržavaju proces odlučivanja, organizaciono ustrojstvo i postavke na kojima je projektovano softversko rešenje, razvijene relacione baze, korisnički interfejs koji podržava softver, savremena informatička tehnologija i rad u mrežnom okruženju.

## Prikaz korisničkog interfejsa

Organizacionom postavkom za rešenje problema sistem upravljanja je strukturiran na pet nivoa (N1-N5, slika 2), kojima je dodeljeno po šest funkci-





Sl. 2 — Rešenje korisničkog interfejsa za upravljačke funkcije po nivoima

ja upravljanja (F1-F6) sa jednoznačno definisanim nadležnostima, obavezama i ograničenjima. Svakom nivou i funkciji dodeljen je i određeni broj osnovnih zadataka (Z1-Z6). Dokumentima koja cirkulišu u organizacionoj strukturi otvoreno je povezivanje između nivoa upravljanja i funkcija.

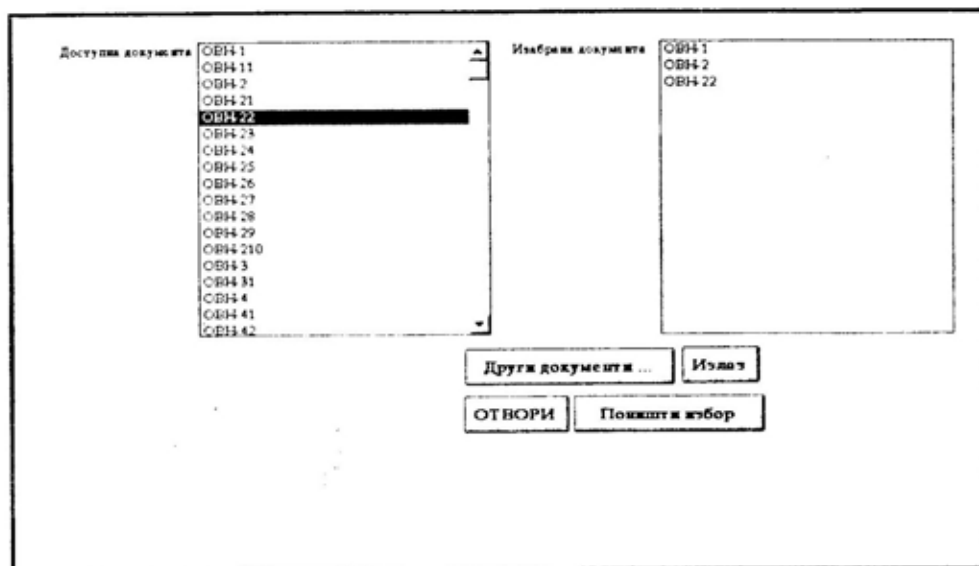
Najviši nivo upravljanja ima funkciju administratora sistema i najšira prava sa mogućnošću pristupa svim nivoima upravljanja u formi koja je definisana softverskim rešenjem. Svakom nižem nivou administrator dodeljuje nadležnost i formu pristupa (ažuriranje, čitanje, štampanje i sl.).

Klasifikacijom informacija po funkcijama, zadacima, radnim mestima i njihovim formalnim uobličavanjem po sadržaju i formi, a posebno preciznim definisanjem njihovih tokova, obezbeđeno je da osnovna i pomoćna dokumenta sadrže bitne i ažurne informacije u formi koja je prilagođena odgovarajućem nivou (slika 3). Radi efikasne podrške procesu upravljanja, deo dokumenata neophodnih za kvali-

tetno predviđanje i odlučivanje obrađuje se posebno i u većoj meri su automatizovana.

Ažuran dokument — informacija osnova je uspešnog i kvalitetnog funkcionisanja sistema a time i upravljanja. Zbog toga su u organizacionoj strukturi definisani nosioci stvaranja i obrade informacija po horizontali i vertikalni, piramidalnog su karaktera sa ograničenjem — niži nivo šira informacija, viši nivo redukovana — sažeta informacija.

Definisanjem jedinstvene baze podataka sa podsistemima: učenik, zaposleni, nastavni planovi, kursevi i ispiti u kojima su sadržani svi potrebni podaci za oblikovanje sadržaja traženih izlaznih (ciljnih) dokumenata, ostvarujući definisane veze, nadležnosti i ograničenja u cirkulisanju organizacionom strukturom PoŠC, projektovan je softver sa funkcionalnim korisničkim interfejsom (slike 4 do 8). Na taj način završeno je oblikovanje KIS PoŠC i stvorena mogućnost za njegovo opitovanje.



Sl. 3 — Sistematizacija dokumenata sa ograničenjem u pristupu



Sl. 4 — Maska komandno-informacionog sistema PoSC

UČENIK

УЧЕНИК

Опција

Основање подаци Родитељи Остали подаци Мере

Изађи

**ОСНОВНИ ПОДАЦИ**

Јмбг: 01 05 976 27 402 0

Презиме ученика: Љутић

Име ученика: Желко

Датум рођења ученика: 01-05-76 Општина рођења ученика: Пива

Националност: Црногорска

Држављанство: СР Југославија

Адреса становања ученика: Војво Сево

Место становања ученика: Пива Број телефона: 0671-52-213

Службо војни рок:  Чек на крају војног рока: војник

Record 1 of 190

Unesite matorni broj duzine 13 cifara

NUM

Sl. 5 — Maska za podsistem UČENIK

ЗАПОСЛЕНИ

Опција

Основање подаци Остали подаци Карријера

Изађи

**ОСНОВНИ ПОДАЦИ**

Категорија запосленог: ППД-Наставник

ЈМБГ: 30 08 969 78 204 0

Презиме: Грајковић

Име: Бобан

Очко име: Станко

Датум рођења: 30.05.69

Место рођења: Подгорица

Националност: Српска

Држављанство: СР Југославија

Адреса становања: Чедо Жарина 6

Телефон у стану: 037-33-286

Место становања: Крушица

Record 1 of 1

Form View

NUM

Sl. 6 — Maska za podsistem ZAPOSLENI

НПШ

### НЕДЕЉНА САТНИЦА ПРЕДМЕТА

Име предмета	Класа предмета	Недељна сатница
Предмет 1	редовна настава	1
Предмет 2	редовна настава	2
Предмет 3	редовна настава	2
Предмет 4	редовна настава	3
Предмет 5	редовна настава	2
Предмет 6	редовна настава	2

Година:  1  2     
 Полугодje:  1  2     
 број недеља у првом полу:      
 број недеља у другом полу:

Record 1 of 1

Sl. 7 — Maska za podsistem NASTAVNI PLANOVI

Form

Наставна Група:

Ученик:

### УСПЕХ

предмет	Оцена/3
Предмет 1	5
Предмет 2	4
Предмет 3	4
Предмет 4	4
Предмет 5	3
Предмет 6	3
Предмет 7	2
Предмет 8	3
Предмет 9	3
Предмет 10	3

Година:  1  2     
 Полугодje:  1  2     

Record 1 of 1

Form View

Sl. 8 — Maska za podsistem ISPITI

### Mogućnost primene računara u nastavi

Danas je poznato da informatička oprema i odgovarajući softveri omogućavaju viši nivo savremene organi-

zacije i realizacije nastavnog procesa. Njihovom primenom stvorene su mogućnosti objektivno orijentisanog i vizuelnog programiranja, raznovrstan rad sa bazama podataka i savremene obrade nastavnih sadržaja. Pored ovih

mogućnosti, gotovi profesionalno orijentisani softverski paketi za određene specijalnosti znatno proširuju mogućnosti primene računara u nastavi. Zbog svega toga, računar sa pratećom opremom za multimedijalni prikaz treba da postane nastavno sredstvo u svakom kabinetu — učionici vojne škole.

Projektovani KIS — PoŠC, pored obezbeđivanja funkcije upravljanja procesima, predstavlja materijalnu osnovu za razvoj i primenu novih nastavnih tehnologija, a na dostignutom nivou računari u nastavi se već koriste kroz različite procedure (slike 9 do 11) i to za:

— pripremu nastavnika — izradu propisane nastavničke dokumentacije, prilagođavanje sadržaja predmeta za multimedijski prikaz...

— realizaciju nastavnih sadržaja — novog gradiva, provera znanja...

— pripremu učenika za nastavni čas — utvrđivanje osnovnih predznaka za nastavni čas, pripremu realizacije grupnih i pojedinačnih vežbi...

— samostalno učenje učenika — provera nivoa usvojenih znanja metodom vođenja kroz program...

— praćenja uspeha učenika — elektronski dnevnik, statistika uspeha...

Kompletiranjem materijalne baze KIS PoŠC i edukacijom kadra, prvenstveno nastavnika, stvaraju se početni uslovi za širu primenu informatičkih sredstava u nastavi i njen dalji razvoj.

Široka primena računara u nastavnom procesu uslovljena je mnogo-

% Pri proveri stepena smirivanja stabilizatora STP-2 mogu se pojaviti  
% preskoci ( pretrčavanje ) ili prigušenje ( dopuzavanje ).  
%  
% Ako po otpuštanju ručica komandnog bloka top do zaustavljanja produžava  
% da se kreće u istom smeru kao i pri navodjenju, tada postoji PRIGUŠENJE  
% ( DOPUZAVANJE ).  
%  
% Ako po otpuštanju ručica komandnog bloka top najpre produžava kretanje u  
% istom smeru u kojem se kretao i pri navodjenju, a zatim u suprotnom smeru,  
% menjajući potom naizmenično smer kretanja do konačnog zaustavljanja,  
% tada postoje PRESKOCI ( PRETRČAVANJE ).  
%  
% Provera i podešavanje stepena smirivanja stabilizatora STP-2 na tenku T-55  
% vrše se pri tehničkom održavanju stabilizatora, a prema tačkama 578-582  
% ( za VRN ), odnosno prema tačkama 591-592 ( za HRN ), pravila TS-I za  
% Tenk T-55 ( Knjiga I - deo 1 ).  
% O načinu izvršenja radova pogledajte dokument u WORD-u koji ima putanju:  
% D:>PETKO>NASTAVA>STP2-2.DOC, ili, pak, pogledajte pisano uputstvo.  
%  
% Ukoliko postoji prigušenje, na milimetarskom papiru će se pojaviti trag  
% olovke u obliku koji ćete videti ukoliko pritisnete bilo koji taster ! !  
% pause

Sl. 9 — Maska sa tekstom gradiva koje se izučava

Odaberite odgovor

Prigušenje

Preskok

Pitanje br. 1

Ukoliko se po otpuštanju ručica komandnog bloka top ( kupola ) i dalje kreće u istom smeru, kao i pri navođenju, sve do zaustavljanja, tada postoji:

- A) prigušenje
- B) preskok

Razmislite, a kad se odlučite stisnite bilo koji taster za nastavak, i potom odaberite odgovor

Sl. 10 — Maska za izbor odgovora pri testiranju

```
◀◀ POZNAVANJE RADA NA RACUNARU ■ I S P I T ▶▶
*** UPUTSTVO ZA REŠAVANJE ISPITA ***

* Na pitanja sa vi(estrukim izborom odgovora ili na DA/NE pitalice
odgovarate tako (to strelicama izaberete opciju koju `elite pa
zatim pritisnete ENTER.

* Na pitanja u kojima treba da upi(ete odgovor to uradite tako (to
u osvetljenom pravougaoniku, gde se nalazi kursor, upisujete
ta-an odgovor i pritisnete ENTER.

* Na pitanja odgovarajte pa`ljivo jer nemate mogu(nost vra)anja na
prethodna pitanja!
```

Sl. 11 — Maska sa uputstvom za rešavanje testa

brojnim činiocima i okolnostima. Vojni školski sistem može se razvijati samo paralelno sa razvojem koncepta školskog sistema u društvu, kao njegov komplementarni deo. Pored toga, prilagođavanje nastavnih sadržaja i njihova obrada primenom računara zahteva interdisciplinarno angažovanje visokostručnih nastavnčkih kadrova kroz rad u stručnim timovima. Korišćenje računarske tehnologije u nastavne svrhe mora postati prevashodna obaveza i prioritetan zadatak upravnih struktura, kako bi računar sa multimedijском opremom što pre postao mogućnost i obaveza. Odgovor na ovako prošireni cilj (cilj koji nadvišava projektovani) treba dati u nastavku istraživanja, sveobuhvatnim i multidisciplinarnim pristupom na nivou VJ, uz saradnju institucija obrazovnog sistema u društvu.

### **Primena računara u procesu vrednovanja OVP**

Pod vrednovanjem OVP podrazumeva se kontinualno praćenje tokova, evidencije i analize rezultata, koje se obavljaju u svim delovima procesa, počev od selekcije kadra, toka školovanja, do ocene rezultata u praksi po završenom školovanju. Vrednovanje<sup>2</sup> je pretpostavka inventivnog i stimulativnog ostvarivanja postavljenih ciljeva i zadataka svih subjekata po fazama i sistema u celini. U globalnom smislu podrazumeva vrednovanje procesa i subjekata u njemu, faza (zaokružene tehnološke ili vremenske celine) i sistema u celini u funkciji upravljačkog procesa.

<sup>2</sup> Vrednovanje OVP ima društveni, vaspitni, andragoški, psihološki, didaktičko-metodički i ekonomski značaj, a obavlja se radi intenzivnijeg i stimulativnijeg ostvarivanja postavljenih ciljeva i zadataka školovanja i racionalnijeg organizovanja. Vrednovanje podrazumeva kontinualno praćenje, osavremenjavanje i aktuelizovanje sistema obrazovanja radi njegovog stalnog i usklađenog povoljnog odnosa sa praktičnim zahtevima i savremenim trendovima razvoja.

Pojam kvaliteta OVP, kao suštinskog merila vrednosti školskog sistema VJ, iskazuje se kroz koncepciju i organizaciju njegove realizacije, a vrednosno je utvrđen ulaznim dokumentom — Nastavnim planom i programom, odnosno definisanim profilom kadra. Kvalitet OVP može se sagledavati kompleksnim sagledavanjem, odnosno vrednovanjem globalnih tokova upravljanja, realizacije toka školovanja i rezultata prakse u VJ. Tokom vrednovanja pojedinih faza ili sadržaja može se ispoljiti izvestan subjektivizam, koji se prevazilazi kroz proces vrednovanja sistema u celini, primenom metoda za objektivizaciju dobijenih rezultata.

Područje vrednovanja OVP je kompleksno naučno područje, kojim se bavi veći broj učesnika. Osnovni cilj vrednovanja jeste da se OVP organizuje i realizuje u skladu sa praktičnim potrebama školovanja u VJ. Problem vrednovanja može se u određenom trenutku kvalitetno rešiti primenom više kriterijuma, različitih metoda i postupaka aplikativnih za računar, ali mora biti predmet stalnog i kontinualnog praćenja, usavršavanja i dograđivanja.

Radi izbora pravilnog pristupa vrednovanju potrebno je definisati relevantne parametre i kriterijume, odrediti njihovu relativnu važnost i uticaj na kvalitet ocene rešenja, a zatim primenom metoda za višekriterijumsko odlučivanje i ocenjivanje dati ocenu uspešnosti parcijalnih rešenja i sistema kao celine. Na ovaj način moguće je dugoročno i kvalitetno vrednovati OVP i održavati ga u funkciji traženog kvaliteta kadrova.

Primenom računara u svim fazama upravljanja obezbeđuje se kvalitetnija realizacija zadataka, a procesi se odvijaju na višem tehnološkom nivou. U procesu vrednovanja računari omogućuju kompleksnije, lakše i brže sagledavanje uticaja većeg broja izabranih parametara, obradu i objektivizaciju rezultata.

Procedura praćenja uspeha učenika jedan je od važnih segmenata vrednovanja OVP. Zbog brojnosti i značaja informacija koje se obrađuju, ova procedura je u projektu KIS — PoŠC potpuno automatizovana.

Za potrebe projekta pošlo se od saznanja da različite vrste provera znanja učenika (domaći zadatak, test, provera praktičnih radnji, pismeni ili usmeni odgovor) nemaju istu težinu i značaj sa aspekta primene znanja. Radi ujednačavanja kriterijuma ocenjivanja učenika usvojen je jedan od mogućih načina objektivizacije vrsta provera znanja uvođenjem koeficijenta težine — pondera važnosti provere. Anketiranjem nastavnika, od kojih je traženo da rangiraju težinu ocena dobijenih različitim metodama ispitivanja za svoj predmet, dobijen je širok spektar pondera. Ova činjenica potvrđuje značaj problema u praksi. Neophodno je uložiti napor za utvrđivanje opštevažećih pondera i definisanje jedinstvenog — ujednačenog kriterijuma ocenjivanja na nivou vojnih škola.

Programska aplikacija »Elektronski dnevnik« (slika 12) koja je, radi ujednačavanja kriterijuma ocenjivanja razvijena za KIS — PoŠC, predstavlja tehnološku osnovu za mnogobrojne upravljačke akcije koje se automatski preduzimaju, po osnovu zadatog kriterijuma za stanje uspeha u određenoj nastavnoj grupi, klasi, smeru ili školskom centru.

Svaki nastavnik, za svoj predmet i za učenika koga ocenjuje, unosi ocene i ponder kojima je određena »važnost« primenjene provere. Program automatski, po algoritmu za izračunavanje zaključnih ocena, izračunava prosečnu, odnosno zaključnu ocenu za predmet, učenika, razred, klasu, smer i školski centar. Nakon verifikacije ocena na sednicama nastavničkog veća program automatski ažurira matične knjige i svedočanstva po završetku razreda.

Zbog osetljivosti i značaja problema, unos ocena korišćenjem određene šifre obavlja isključivo predmetni nastavnik.

	Предмет 1							2	2	
	1	2	3	2	3					
Веловић Витомир	5	3	4	3	4			3.83	5	3
	11.12.96								11.12.96	
	КОМПА								КОМПА	
Војиновић Иван	5	1	4	4	4			3.67	5	3
	11.12.96								11.12.96	
	КОМПА								КОМПА	
Грујић Ивица	3	2	4	3	3			3.08	5	3
	11.12.96								11.12.96	
	КОМПА								КОМПА	
Дејдар Милош	1	3	3	3	2			2.42	5	3

Sl. 12 — Izgled maske dnevnika rada za unos ocena



## Očekivani efekti

Opitovanjem rešenja KIS — PoŠC potvrđuje se funkcionalni model, a njegovim uvođenjem u praksu — implementaciju u komandu PoŠC i sve smerove, ostvaruju se sledeći efekti:

— problem upravljanja rešava se na naučnoj osnovi,

— izgrađuje se novi model upravljanja kvalitetom OVP,

— obezbeđuje se permanentan razvoj sistema.

Na dostignutom stepenu realizacije Projekta KIS organizacioni sistem PoŠC prerasta u uspešniji i funkcionalniji, što se ogleda kroz:

— poboljšanje i pojednostavljenje postupka predviđanja i odlučivanja;

— poboljšanje planske i koordinacione uloge svih činilaca OVP;

— pravovremeno pokretanje kvalitetne upravljačke akcije;

— organizovano praćenje toka i održavanje uspostavljenog nivoa OVP;

— optimizaciju ciljeva školovanja;

— značajno poboljšanje rada svih nivoa i činilaca OVP;

— pojednostavljenje ocenjivanja i primena stimulativnih mera;

— olakšavanje praćenja izmena postojeće regulative i propisa;

— smanjenje ukupnih troškova organizacionog sistema PoŠC u realizaciji ciljeva i zadataka školovanja i drugi.

Ostvarenjem ovih i drugih efekata povećava se radni učinak svih subjekata, čime sistem upravljanja OVP u celini postaje efikasniji u realizaciji ciljeva i zadataka školovanja učenika (osnovna funkcija).

Na eksperimentalnom modelu mreže, kojim je simuliran rad rukovodilaca na tri nivoa upravljanja i planiranja, ostvaren je napredak u brzini

stvaranja parcijalnih i globalnih planova, njihova kompatibilnost, efikasnost i lakoća manipulacije. Pored toga, olakšava se analiza planova povećanjem vizuelizacije i brzim pretraživanjem velikog broja postojećih dokumenata po ključnim aktivnostima ili nosiocima. Prenosom informacija kroz mrežu skraćeno je vreme upravljanja procesom, koje se može koristiti za kreativan rad subjekata OVP. Takođe, olakšano je praćenje izmena zakonske regulative i propisa. Ažuriranjem dokumenata kroz mrežu uvek se dobijaju trenutno važeća dokumenta, što stvara znatne uštede, jer nije potrebno njihovo umnožavanje i vreme za distribuciju, čime se smanjuju ukupni troškovi školovanja uz istovremenu mogućnost za racionalizaciju organizacione strukture i raspoloživih resursa.

## Zaključak

Prikazani komandno-informacioni sistem predstavlja savremeni model i značajan napredak u procesu upravljanja kvalitetom obrazovno-vaspitnog procesa u Pozadinskom školskom centru. Njegovim uvođenjem — implementacijom u praksu početkom školske 1998/99. godine, stvoriće se uslovi za funkcionalniji rad organizacione strukture i osavremenjavanje nastavnog procesa u smerovima.

Primenom informatičke tehnologije u proces upravljanja kvalitetom OVP stvaraju se praktične mogućnosti za svestrano sagledavanje i obradu relevantnih informacija, koje su značajne za donošenje kvalitetnih odluka. Brzina, način i forma obrade informacija stvaraju povoljne uslove za permanentno vrednovanje OVP, preduzimanje kvalitetnih upravljačkih akcija i njegovu kontinualnu dogradnju (razvoj sistema).

Nove nastavne tehnologije na osnovu primene računara u nastavi, razvijeni svet je već uveo u praksu. Računari su već uvedeni u nastavu u naše škole, pa i vojne škole, ali se njihova šira primena mora realizovati planski i osmišljeno, uz angažovanje svih raspoloživih resursa i najstručnijih kadrova. Takav pristup razvoju je naš put u budućnost školovanja sadašnjih i budućih generacija stručnih kadrova VJ.

Komandno-informacioni sistem modularnog je tipa. Strukturiran je kao lokalna mreža računara i u ovom trenutku predstavlja adekvatan odgovor zahtevima savremenog školovanja kadrova za potrebe VJ. Konceptijski je prilagodljiv i može se implementirati u sve školske centre i druge slične organizacione strukture. Projektom se daje doprinos razvoju vojnog školskog sistema.

#### *Literatura:*

PROJEKAT KIS-PoŠC i ostala istraživačko-projektna dokumentacija, u kojoj je navedena literatura na osnovu koje je rešavan zadatak.

Dr Predrag Petrović,  
dipl. inž.  
Industrija motora Rakovica,  
Beograd

## TEORIJSKO-EKSPERIMENTALNA ANALIZA KOEFICIJENATA ZAOSTAJANJA I PRETICANJA POGONSKIH TOČKOVA MOTORNIH VOZILA 4x4

UDC: 629.11.012.351.001.5

### Rezime:

U toku eksploatacije uslovi prianjanja pogonskih točkova stalno se menjaju i utiču na promenu dinamičkih poluprečnika točkova pogonskih mostova pri pravolinijskom kretanju. Različite putanje točkova pojedinih pogonskih mostova pri kretanju u krivini i po neravnoj podlozi dovode do pojave zaostajanja i preticanja pogonskih točkova jednog mosta u odnosu na drugi. Takve pojave izazivaju cirkulaciju parazitske snage kroz transmisiju vozila, koja može imati negativne efekte. Teorijsko-eksperimentalnim putem izvršena je analiza koeficijentata zaostajanja i preticanja pogonskih točkova na vozilu TARA 4x4. Izvršena je i kompatibilna analiza koeficijentata zaostajanja i preticanja pri kretanju u krivini i pravolinijski sa različitim dinamičkim poluprečnikom kotrljanja.

**Ključne reči:** mobilna mašina, zaostajanje, preticanje, prianjanje, parazitska snaga, cirkulacija.

## THEORETICAL AND EXPERIMENTAL ANALYSIS OF THE LAG AND ADVANCE COEFFICIENTS IN MOTOR VEHICLE DRIVING WHEELS

### Summary:

The conditions of driving wheels adherence to the ground change constantly during operation and cause the change of wheels dynamic radii on the axle during straightline motion. Different paths of wheels on different axles in curves and on uneven ground cause the lag and the advance of driving wheels on one axle when compared to the other. Such phenomena give rise to the circulation of parasite power through the vehicle transmission, which can lead to negative effects. The lag and advance coefficients of driving wheels on the TARA vehicle were analyzed both theoretically and experimentally. The compatible analysis of the lag and advance coefficients was done for motions in curves as well as for the straight — line motion with different rolling radii.

**Key words:** mobile machine, lag, advance, adherence, parasite power, circulation.

### Uvod

Razvoj saobraćajnih sredstava sa pogonom na četiri točka postao je bitan faktor poboljšanja njihovih vučno-dinamičkih karakteristika.

Početak ovog veka pojavilo se više modela vozila sa pogonom 4x4,

kao preteča mnogim terenskim, vojnim, putničkim vozilima, traktorima i sl. Danas skoro da nema proizvođača motornih vozila koji nemaju bar jedan model sa pogonom 4x4.

U principu, kod dvoosovinskih vozila sa pogonom na sve točkove, razvoj obrtnog momenta može se obaviti

na dva načina: prvi način je dovođenje obrtnog momenta na oba mosta, a veza između njih je blokirana i, drugi je, takođe, dovođenje obrtnog momenta na oba mosta, a veza između njih je diferencijalna.

### Osnove kretanja motornih vozila 4x4

U otežanim uslovima eksploatacije, kao što je kretanje po podlozi sa smanjenim koeficijentom prijanjanja, povećanje otpora kretanju (savlađivanje uspona, povećanje sila otpora traktora pri različitim poljoprivrednim radovima i dr.) i primena pogona na sve točkove u znatnoj meri doprinosi eliminisanju delovanja negativnih efekata.

Kao što je već napomenuto, razvod obrtnog momenta od motora do pogonskih mostova može se vršiti preko tzv. blokirane veze (kada u prenosniku između pogonskih mostova postoji kruta kinematska veza) i preko diferencijalne veze (kada u prenosniku između pogonskih mostova ne postoji kruta kinematska veza već diferencijalna).

Pri proračunu prenosnih odnosa u razvodu snage polazi se od idealizovanog slučaja kada je obimna brzina pogonskih točkova oba mosta jednaka, polazeći od uslova da se vozilo kreće po idealno ravnoj podlozi bez klizanja, odnosno sa istim procentom klizanja i da se u toku kretanja ne menja rastojanje između pogonskih mostova, kao i dinamički poluprečnici pogonskih točkova, odnosno da se menjaju za istu relativnu vrednost [1].

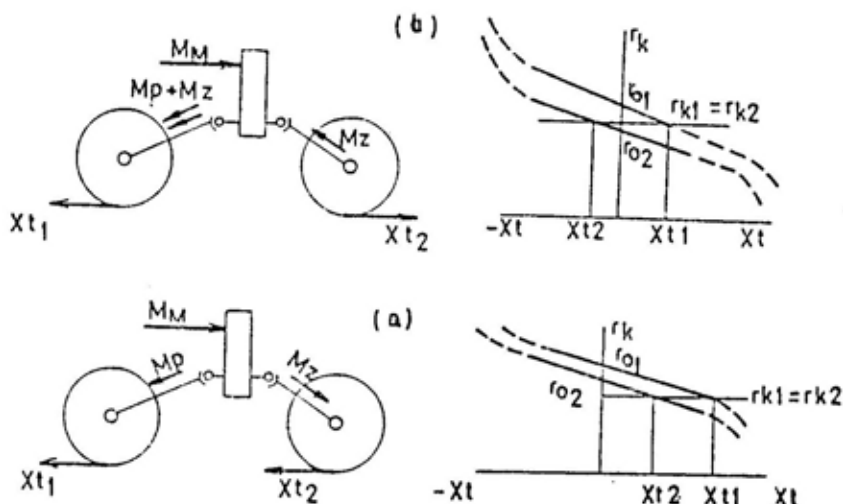
Takvi uslovi obezbeđuju jednako obimnih brzina točkova oba pogonska mosta. Međutim, u eksploataciji svi ovi uslovi skoro nikada ne mogu jednovremeno da se pojave, a nedos-

tajanjem samo jednog uslova dolazi do pojave razlike u obimnim brzinama pogonskih točkova pojedinih mostova, što uslovljava pojavu zaostajanja pogonskih točkova jednog mosta za pogonskim točkovima drugog mosta. Zbog toga će se na točkovima koji zaostaju pojaviti »negativna« obimna sila, koja ne samo što ne doprinosi kretanju, nego mu se čak i suprotstavlja.

Pogonski točkovi koji preteču (imaju veću obimnu brzinu) razvijaju obimne sile koje savlađuju ne samo otpore kretanja čitavog vozila, nego i negativnu silu na pogonskim točkovima koji zaostaju.

Kao posledica ovakvog stanja kretanja, elementi prenosnika snage između dva pogonska mosta napregnuti su dodatnim obrtnim momentom, odnosno, osim korisne, prenose i tzv. parazitsku snagu koja cirkuliše u sistemu koji čine ti elementi i tlo između pogonskih točkova. Vrednost ove parazitne snage direktno zavisi od vrednosti »negativne« sile i brzine kretanja, a ta sila zavisi od normalne reakcije podloge i iskorišćenog koeficijenta prijanjanja. Koeficijent prijanjanja zavisi i od vrednosti zaostajanja pogonskih točkova jednog mosta u odnosu na drugi, tj. od razlike obimnih brzina pogonskih točkova pojedinih mostova. Ovakve pojave javljaju se samo u slučaju kada postoji tzv. blokirani razvod snage.

Pri dovođenju obrtnog momenta transmisiji sa blokiranim razvodom tangencijalne sile kod točkova koji zaostaju one deluju kao kočione ( $X_t$ ), kao što je prikazano na slici 1b. U slučaju da se obrtni momenti prenose ravnomerno na prednji i zadnji pogonski most, a pod uslovom da ne postoje drugi poremećaji, tangencijalne sile oba pogonska mosta deluju u pravcu kretanja (sl. 1a).



Sl. 1 — Grafik proklizavanja pogonskih točkova:  
 a — diferencijalna veza između točkova, b — blokiran razvod između točkova

Sprečavanje pojave parazitne snage postiže se eliminacijom opisanih stanja pogonskih točkova jednog mosta u odnosu na drugi diferencijalnim uređajima, odnosno međuosovinskim (međuosnim) i drugim diferencijalima.

### Analiza preticanja i zaostajanja pogonskih točkova

Analitički pristup analizi koeficijenta zaostajanja i preticanja blokirane kinematske veze pogonskih mostova značajan je zbog utvrđivanja vrednosti sila na pogonskim točkovima pri različitim uslovima kretanja.

Koeficijente preticanja i zaostajanja i njihovu vrednost određuju:

$\xi_k$  — odnos teorijskih obimnih brzina prednjih ( $V_{opt}$ ) i zadnjih ( $V_{oet}$ ) točkova pri kretanju na pravcu i na ravnom tlu;

$\xi_1$  — odnos dinamičkih poluprečnika kotrljanja prednjih ( $r_{dp}$ ) i zadnjih ( $r_{dz}$ ) točkova pri kretanju na pravcu i na ravnom tlu;

$\xi_2$  — odnos pređenih puteva, tj. odnos poluprečnika okretanja sredina pogonskih mostova  $R_z$  i  $R_p$  pri kretanju u krivinama na ravnom tlu;

$\xi_3$  — odnos trenutnih vrednosti obimnih brzina točkova koji su u kontaktu sa tlom  $V_z$  i  $V_p$ , tj. odnos poluprečnika točkova prema trenutnom polu obrtanja pogonskih mostova  $R_{zn}$  i  $R_{pn}$ , pri kretanju preko neravnina.

U eksploataciji nastaju promene uslova kretanja, što se odražava i na koeficijente preticanja i zaostajanja pogonskih točkova. Odnos teorijskih obimnih brzina pogonskih točkova prednjeg ( $V_{opt}$ ) i zadnjeg ( $V_{oet}$ ) mosta iznosi:

$$\xi_k = \frac{V_{opt}}{V_{oet}} = \frac{n_{tp}}{n_{tz}} \cdot \frac{r_{kpn}}{r_{kzn}} \quad (1)$$

gde su  $n_{tp}$ ,  $n_{tz}$ ,  $r_{kpn}$  i  $r_{kzn}$  — brojevi obrtaja i projektovani poluprečnici kotrljanja točkova prednjeg i zadnjeg mosta.

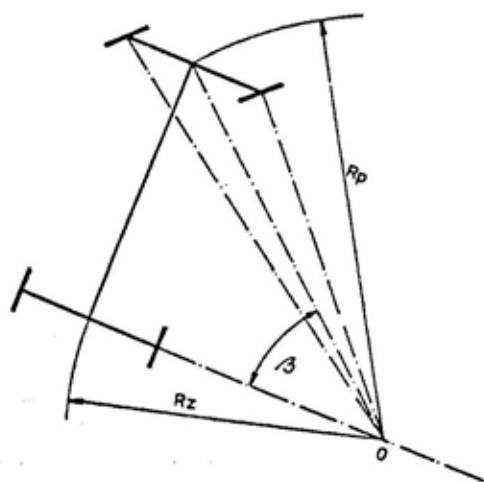
Odnos stvarnih obimnih brzina pri kretanju na pravcu i na ravnoj podlo-

zi određen je preko dinamičkih poluprečnika kotrljanja točkova prednjeg ( $r_{dp}$ ) i zadnjeg ( $r_{dz}$ ) mosta:

$$\xi_1 = \frac{r_{dp}}{r_{dz}} \quad (2)$$

Pri kretanju u krivini na ravnoj podlozi, preticanje i zaostajanje određuje odnos poluprečnika okretanja sredina pogonskih mostova  $R_p$  i  $R_z$  pri uglu zaokretanja  $\beta$  upravljačkih točkova.

Takav slučaj kretanja prikazan je na slici 2.

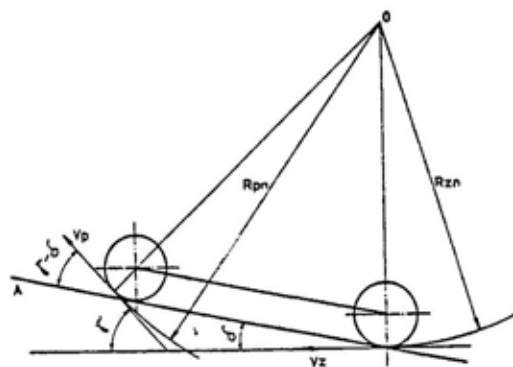


Sl. 2 — Kretanje u krivini po ravnoj podlozi

$$\xi_2 = \frac{R_z}{R_p} = \cos \beta \quad (3)$$

Kretanje točkova na pravcu preko neravnina može se kinematski predstaviti kao obrtanje oko trenutnog pola, slično kao i pri kretanju u krivini na ravnoj podlozi [2, 3].

Pravolinijsko kretanje točkova po neravnoj podlozi prikazano je na slici 3.



Sl. 3 — Pravolinijsko kretanje po neravnoj podlozi

Pošto su komponente obimnih brzina pogonskih točkova  $V_p$  i  $V_z$  u trenutnoj ravni kretanja (A-A) jednake, biće:

$$V_p \cdot \cos(\gamma - \delta) = V_z \cos \delta,$$

$$\xi_3 = \frac{V_z}{V_p} = \frac{R_{zn}}{R_{pn}} = \frac{\cos(\gamma - \delta)}{\cos \delta}, \quad (4)$$

gde je:

$\gamma$  — ugao neravnine podloge,

$\delta$  — ugao trenutne ravni kretanja točkova.

Ukupno preticanje i zaostajanje, pri kretanju točkova u krivini preko neravnina, iznosi:

$$\xi_{uk} = \xi_k \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 = \frac{i_z}{i_p} \cdot \frac{r_{kpm}}{r_{kzm}} \cdot \left( \frac{r_{dp}}{r_{dz}} \right) \cos \beta \frac{\cos(\gamma - \delta)}{\cos \delta} \quad (5)$$

Označavajući sa  $\lambda_p$  i  $\lambda_z$  koeficijente klizanja pogonskih točkova prednjeg i zadnjeg mosta, stvarne brzine kretanja biće:

$$V_{ps} = V_{pr}(1 - \lambda_p) \quad (6)$$

$$V_{zs} = V_{zr}(1 - \lambda_z)$$

Pošto ove dve brzine, zbog krute veze pogonskih točkova moraju biti jednake, dobija se:

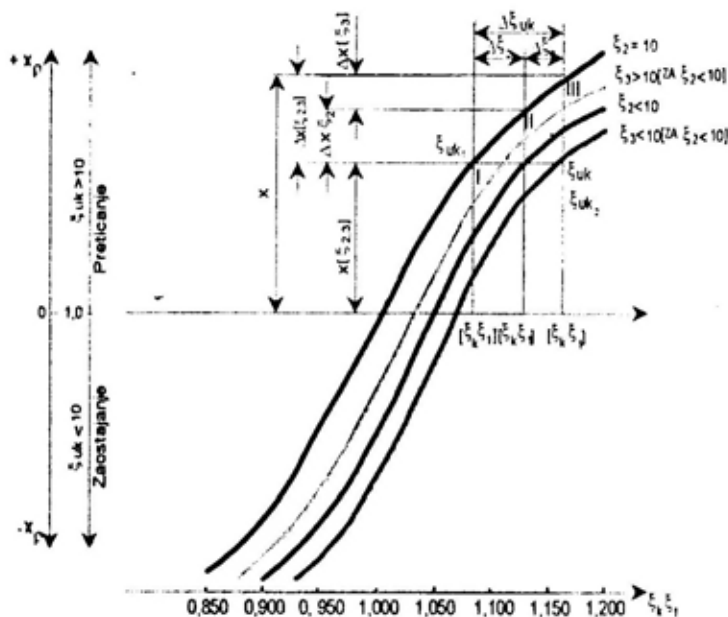
$$\xi_{uk} = \frac{1 - \lambda_z}{1 - \lambda_p} = \frac{i_z}{i_p} \cdot \frac{r_{kpn}}{r_{kzn}} \cdot \frac{r_{dp}}{r_{dz}} \cdot \cos \beta \frac{\cos(\gamma - \delta)}{\cos \delta} \quad (7)$$

U odnosu na pravolinijsko kretanje po ravnom tlu, za iste uslove u krivini ( $\xi_2 < 0$ ), linija krive biće pomereni za vrednost  $\Delta \xi_2$ .

$$\Delta \xi_2 = (\xi_k \cdot \xi_1)_{II} - (\xi_k \cdot \xi_1)_I \quad (8)$$

$$\xi_{uk1} = (\xi_k \cdot \xi_1)_I \quad (9)$$

$$\xi_{uk2} = (\xi_k \cdot \xi_1)_{II} \cdot \xi_2 \quad (10)$$



Sl. 4 — Zavisnost sile pogona i koeficijenta preticanja i zaostajanja pogonskih točkova pri kretanju u krivini po neravnoj podlozi

Analizom izraza (7) vidi se da može biti  $\xi_{uk} \leq 1$  i da se u toku kretanja može stalno menjati, a time i smer i vrednost cirkulacije snage u toku kretanja, tj. da se »negativna« sila može pojaviti na točkovima i prednjeg i zadnjeg mosta.

Tako dobijene krive mogu se koristiti za određivanje sile na točkovima prednjeg pogonskog mosta pri različitim uslovima kretanja. Za određeno stanje kretanja najpre se izračunava vrednost  $\xi_{uk1} = \xi_k \cdot \xi_1$ , a vrednostima na apscisi (slika 4) odgovara određena vrednost sile  $X_p$  na točkovima prednjeg pogonskog mosta.

Pri konstantnoj sili pogona  $X_p$  dobija se vrednost pomeranja linije krive pri kretanju u krivini:

$$\Delta \xi_2 = (\xi_k \cdot \xi_1)_I \cdot \left( \frac{1}{\xi_2} - 1 \right) \quad (11)$$

Sila pogona na obimu točkova prednjeg pogonskog mosta pri kretanju vozila u krivini iznosi:

$$X_p(\xi_2) = X_p - \Delta X_p(\xi_2) \quad (12)$$

Vidi se da pri kretanju u krivini dolazi do smanjenja sile pogona za dodatnu vrednost  $\Delta X_p$  ( $\xi_2$ ). Pri kretanju

u krivini po neravnoj podlozi pomera-  
nje  $\Delta\xi_3$  u odnosu na  $\Delta\xi_2$  dobija se na  
identičan način kao u prethodnom slu-  
čaju, odnosno:

$$\Delta\xi_3 = (\xi_k \cdot \xi_1)_{III} - (\xi_k \cdot \xi_1)_{II} \quad (13)$$

$$\xi_{uk2} = (\xi_k \cdot \xi_1)_{II} \cdot \xi_2 \quad (14)$$

$$\xi_{uk3} = (\xi_k \cdot \xi_1)_{III} \cdot \xi_2 \cdot \xi_3 \quad (15)$$

Polazeći od pretpostavke da sila  
pogona  $X_p$  zavisi od vrednosti  $\xi_{uk}$ , a  
ne zavisi od pojedinih vrednosti od ko-  
jih se sastoji  $\xi$ , dobija se da je:

$$\xi_{uk2} = \xi_{uk},$$

odnosno,

$$(\xi_k \cdot \xi_1)_{III} = \frac{1}{\xi_3} (\xi_k \cdot \xi_1)_{II}$$

$$\Delta\xi_3 = (\xi_k \cdot \xi_1)_{II} \left( \frac{1}{\xi_3} - 1 \right)$$

Pomoću jednačina (10) i (11) do-  
lazi se do izraza odakle proizilazi da je:

$$(\xi_k \cdot \xi_1)_{II} = \frac{1}{\xi_2} (\xi_k \cdot \xi_1)_I \quad (16)$$

Prema tome, vrednost  $\Delta\xi_3$  data je  
izrazom:

$$\Delta\xi_3 = (\xi_k \cdot \xi_1)_I \frac{1}{\xi_2} \left( \frac{1}{\xi_3} - 1 \right) \quad (17)$$

Ukupno pomeranje linije krive iz-  
nosi:

$$\Delta\xi_{uk} = \Delta\xi_2 + \Delta\xi_3 = (\xi_k \cdot \xi_1)_I \left( \frac{1}{\xi_2} \cdot \frac{1}{\xi_3} - 1 \right) \quad (18)$$

Sila pogona na obimu točkova pred-  
njeg pogonskog mosta pri kretanju  
vozila u krivini preko neravnina data  
je izrazom:

$$X_p(\xi_{2,3}) = X_p + \Delta X_p(\xi_2) \pm \Delta X_p(\xi_3) \quad (19)$$

Na osnovu ovakvih analiza koefi-  
cijenata zaostajanja i preticanja pogo-  
nskih točkova mogu se izračunati stvarni  
koeficijenti različitih slučajeva kre-  
tanja kada dolazi do pojave cirkulaci-  
je parazitne snage, uz prethodno snim-  
ljene obrtne momente na kardanskim  
vratilima.

Poznato je da između koeficijenta  
klizanja  $\lambda$  i koeficijenta prijanjanja  $\varphi$ ,  
za određeni kontakt pneumatik-podloga  
pri određenoj brzini kretanja i odre-  
đenoj vertikalnoj reakciji, postoji me-  
đusobna zavisnost.

Na osnovu toga je:

$$X_p = f_1(\lambda + \varphi) \quad (20)$$

$$\xi_{UK} = f_2(\lambda_p, \lambda_z), \text{ pa je } X_p = f(\xi_{UK}, \varphi) \quad (21)$$

Na osnovu eksperimentalnih istra-  
živanja [1] zavisnost koeficijenata pria-  
njanja  $\varphi$  i klizanja  $\lambda$  može se prikaza-  
ti odnosom:

$$\varphi_{\max} = \frac{1}{A + B \cdot V \cdot \lambda_{\varphi_{\max}}}, \quad (22)$$

gde je:

- A, B — koeficijenti dobijeni ekspe-  
rimentalnim putem ( $A=1,33$   
i  $B=0,0254$ );
- V — brzina kretanja vozila;
- $\lambda_{\varphi_{\max}}$  — koeficijent klizanja pri ma-  
ksimalnom prijanjanju (pri  
maksimalnoj sili pogona).

Za oblast stabilnog područja, kada  
je odnos koeficijenta prijanjanja i kli-  
zanja približno linearan, postoji zavis-  
nost da je [1]:

$$\varphi = \varphi_{\max} \frac{\lambda}{\lambda_{\varphi_{\max}}} \quad (23)$$

Za svaki odnos sile pogona, odnos-  
no sile kočenja i opterećenja točka iz-  
računavaju se stvarne vrednosti koefi-  
cijenata prijanjanja točkova zadnjeg  
( $\varphi_z = X_z/G_{tz}$ ) i prednjeg ( $\varphi_p = X_p/G_{tp}$ ) po-  
gonskog mosta. Na osnovu tih vred-



nosti izračunava se stvarno maksimalno prijanjanje točkova prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta, kao i koeficijent klizanja ( $\lambda_p$  i  $\lambda_z$ ). Prema izračunatim vrednostima mogu se odrediti sile pogona, odnosno sile kočenja na pogonskim točkovima kada dolazi do naizmeničnih promena preticanja i zaostajanja.

### Eksperimentalno određivanje koeficijentata preticanja i zaostajanja

Merni sistem postavljen na vozilu omogućavao je, pored merenja obrtnih momenata na kardanskim vratilima prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta i izlaznom kardanskom vratilu menjačkog prenosnika, i kontinualno merenje brojeva obrtaja: motora, izlaznog kardanskog vratila i levog točka zadnjeg pogonskog mosta. Na osnovu broja obrtaja točka moguće je izračunavanje pređenog puta i brzi-

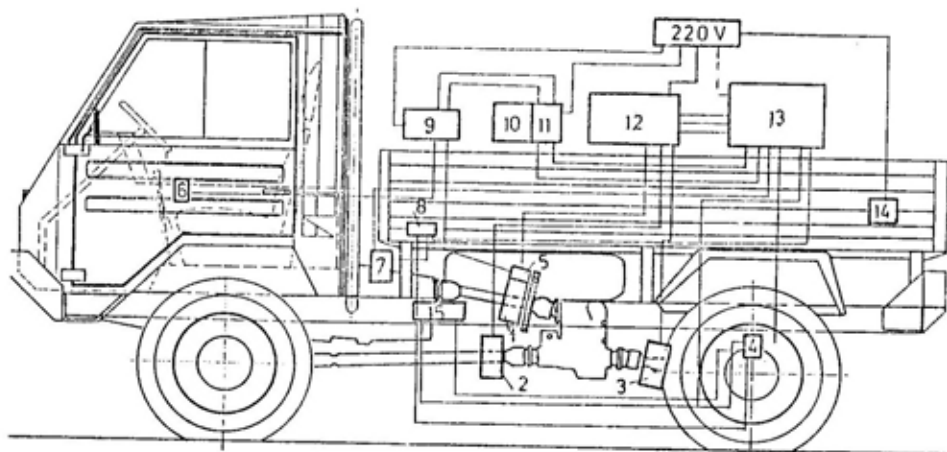
ne kretanja u određenim vremenskim intervalima.

Identifikacija stepena prenosa obavlja se preko specijalnog mernog sistema, koji se sastoji od selektora postavljenog na biraču stepena prenosa povezanog preko određenih prekidača sa različitim otpornicima koji propuštaju jednosmernu struju određenog napona za svaki stepen prenosa.

Blok-šema mernog sistema prikazana je na slici 5.

Obrtni momenti su mereni pomoću mernih traka (torzionih roze-ta) tipa 6/120 XY21 koje su vezane u pun Winstonov most.

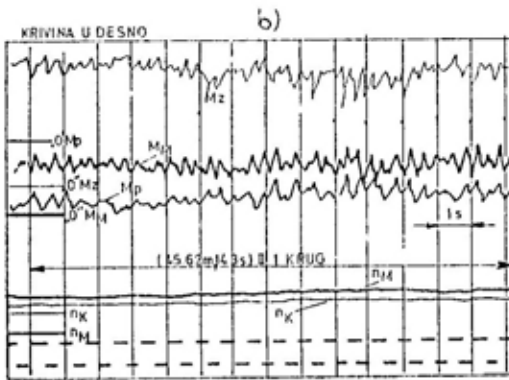
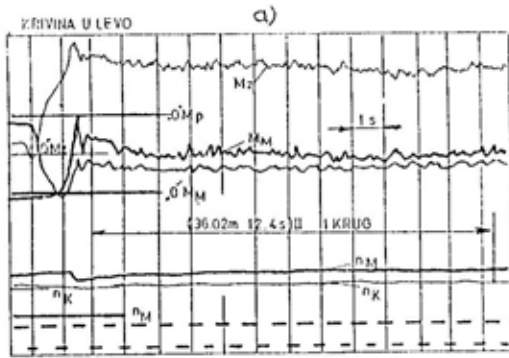
Brojevi obrtaja motora, kardanskog vratila i točka mereni su pomoću induktivnih davača postavljenih na oko 1 mm od odgovarajuće rotirajuće površine. Svi merni signali snimljeni su na magnetofonskoj traci, i zatim, odgovarajućom obradom, zapisani na foto-papir Visicordera, a mogu se voditi i na računaru i posebno obrađivati.



Sl. 5 — Blok-šema mernog sistema:

1 — merna glava izlaznog kardanskog vratila menjača, 2 — merna glava kardanskog vratila prednjeg mosta, 3 — merna glava kardanskog vratila zadnjeg mosta, 4 — davač pređenog puta, 5 — davač broja obrtaja izlaznog kardanskog vratila menjača, 6 — davač broja obrtaja motora, 7 — indikator sistema prenosa, 8 — razdelnik napona, 9 — merna jedinica DV 2550, 10 — digitalni čitač 3418, 11 — pretvarač jedinice broja obrtaja 3556 A, 12 — merni most HPSC 3102, 13 — magnetofon HP 3968 A, 14 — generator naizmenične struje, 15 — akumulator

## Rezultati ispitivanja i analiza



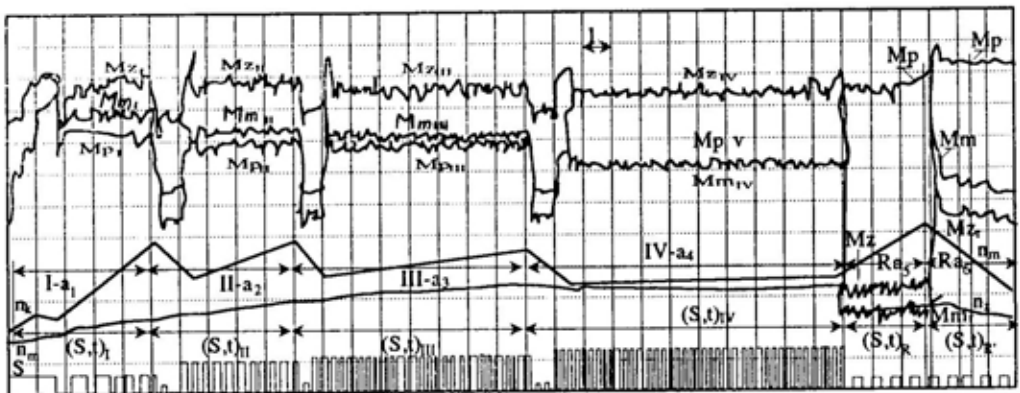
Sl. 6 — Pogon prednjeg i zadnjeg mosta po asfaltnoj podlozi i pritisku u pneumaticima  $p_p/p_z=1,7/1,6$  bar:

a — krivina u levo, b — krivina u desno

Za navedene karakteristične slučajeve kretanja na slikama 6 i 7 prikazani su obrtni momenti sva tri kardanska vratila i brojevi obrtaja motora, kardanskog vratila i zadnjeg levog točka. Na slici 6a prikazani su navedeni parametri pri kretanju u levoj, a na slici 6b pri kretanju u desnoj krivini. Podloga je bila asfaltna a nominalni pritisak u pneumaticima  $p_p/p_z=1,7/1,6$  bar. Na slici 7 prikazani su isti parametri pri ravnomernom kretanju u I, II, III, IV i R stepenu prenosa, takođe na asfaltu i sa smanjenim pritiskom pneumatika prednjeg mosta  $p_p/p_z=0,9/1,6$  bar.

Na osnovu snimljenih parametara u tabeli prikazane su vrednosti momenata, stvarnih obimnih sila i stvarnih koeficijenata prianjanja i klizanja pogonskih točkova.

Za izračunavanje stvarnih vrednosti koeficijenata preticanja i zaostajanja potrebno je, za određeni kontakt pneumatik-podloga, određenu brzinu kretanja i vertikalnu reakciju točka, uspostaviti međusobnu zavisnost koeficijenata prianjanja  $\phi$  i  $\lambda$ .



Sl. 7 — Pogon prednjeg i zadnjeg mosta po asfaltnoj podlozi i pritisku u pneumaticima  $p_p/p_z=0,9/1,6$  bar

Tabela

Red- ni broj	Uslovi kretanja		Zadnji pogonski most				Prednji pogonski most											
			Mz(t)	Xz(t)	$\varphi_r$	$\lambda_r$	Mp(-)	Xp(-)	$\varphi_p$	$\lambda_p$	V	$\varphi_{max}$	$\xi_{st}$	$\xi_{st} = \xi_i$	$\xi_{st} = \xi_s$	14/15 (16)		
1	2	3	Nm	N	—	%	Nm	N	—	%	Nm	N	—	%	Nm	N	—	%
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
1.	Asfalt 1,7/ 1,6 bar		363	2720	0,52	12,7	187	1401	0,184	4,5	5,4	0,738	1,09	—	1,069	1,96		
2.	D.K.		415	3110	0,598	14,46	250	1873	0,246	5,95	3,19	0,744	1,1	—	1,069	2,9		
3.	I		345	3585	0,497	12,02	20	154	0,02	0,48	3,0	0,744	1,13	1,03	—	9,7		
4.	II		340	2548	0,49	12	54	417	0,05	1,2	6,74	0,735	1,12	1,03	—	8,7		
5.	III		312	2388	0,45	11,12	52	402	0,05	1,2	9,24	0,728	1,112	1,03	—	7,96		
6.	IV		2295	1761	0,339	8,4	105	811	0,107	2,66	11,33	0,724	1,062	1,03	—	3,1		

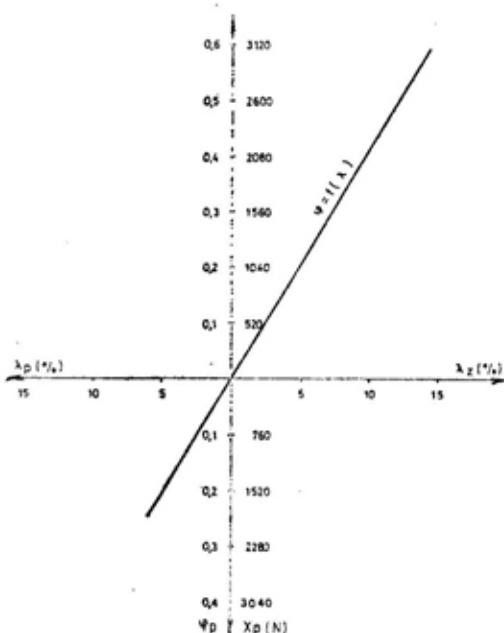
Koeficijent klizanja pri maksimalnom prijanjanju  $\lambda_{v, \max}$  (maksimalnoj vučnoj sili) kreće se u granicama od 15 do 20%, a u ovom slučaju usvojeno je 18%.

Za oblast stabilnog područja, kada je odnos koeficijenata prijanjanja i klizanja približno linearan, njihova zavisnost definisana je jednačinom (23). Za svaki karakteristični slučaj kretanja, na osnovu odnosa vučne, odnosno kočione sile i opterećenja točka, izračunavaju se stvarne vrednosti koeficijenata prijanjanja točkova zadnjeg ( $\varphi_z = X_z/G_{tz}$ ) i prednjeg ( $\varphi_p = X_p/G_{tp}$ ) mosta, čije su vrednosti prikazane u kolonama 6 i 10 tabele 1. Na osnovu tih vrednosti izračunava se stvarno maksimalno prijanjanje točkova prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta za svaki karakteristični slučaj kretanja (kolona 13). Dobijeni rezultati u potpunosti odgovaraju preporučenoj teorijskoj vrednosti koeficijenata prijanjanja, koja na asfaltu iznosi 0,7 do 0,8.

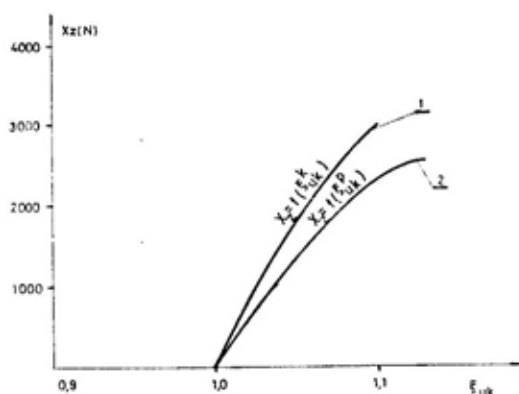
Na osnovu izračunatih vrednosti stvarnog i maksimalnog prijanjanja dobijaju se vrednosti koeficijenata klizanja točkova prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta ( $\lambda_p, \lambda_z$ ) (kolone 7 i 11). Vrednosti dobijene eksperimentalno-analičkim putem omogućavaju grafičku interpretaciju stabilnog područja koeficijenata prijanjanja i klizanja, pri čemu relativno male brzine kretanja ne utiču na tu zavisnost u stabilnom području (sl. 8).

Na osnovu izračunate zavisnosti  $\varphi = f(\lambda)$  mogu se odrediti vučne, odnosno kočione sile na pogonskim točkovima  $X = Cf(\lambda)$  prednjeg i zadnjeg mosta u slučajevima kada dolazi do nazmeničnih promena preticanja i zaostajanja. Međutim, pošto u razmatranim karakterističnim slučajevima kretanja uvek zaostaju prednji, odnosno pretiču zadnji točkovi, zavisnost vučne sile i ukupnih stvarnih koeficijenata zaostajanja i preticanja može se prikazati samo za takav slučaj (sl. 9).

Kriva 1 predstavlja kretanje u levim i desnim krivinama sa uslovno istim, a kriva 2 pravolinijsko kretanje sa različitim dinamičkim poluprečnici-



Sl. 8 — Teorijsko-eksperimentalna zavisnost obimnih sila i koeficijenata prijanjanja i klizanja



Sl. 9 — Teorijsko-eksperimentalna zavisnost sila vuče i ukupnog koeficijenta preticanja i zaostajanja:  
1 — kretanje u krivini, 2 — pravolinijsko kretanje

ma kotrljanja točkova prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta.

Za karakteristične slučajeve kretanja grafoanalitičkom metodom su izračunati koeficijenti zaostajanja i preticanja, pri čemu je:

$$\xi_{uk} = \xi_2 = R_z/R_p = 6,5/6,95 = 1,069$$

$$\xi_{uk} = \xi_1 = r_{dz}/r_{dp} = 0,3910/0,3794 = 1,030$$

Analizom dobijenih vrednosti stvarnih i teorijskih koeficijenata zaostajanja i preticanja može se konstatovati da su njihova odstupanja neznatna, a pri kretanju u levoj krivini manja za oko 1,96%, a u desnoj za oko 2,9%.

U pravolinijskom kretanju, sa različitim dinamičkim poluprečnicima kotrljanja točkova zadnjeg i prednjeg mosta te razlike su nešto veće. Teorijski koeficijenti su manji u I stepenu prenosa za oko 9,7%, II-8,7%, III-7,96%, IV-3,1%.

Primećuje se da pri povećanju brzine kretanja dolazi do smanjenja stvarnog ukupnog koeficijenta zaostajanja i preticanja u odnosu na teorijski. Povećanjem obimne sile na točkovima koji zaostaju dolazi do povećanja dinamičkog poluprečnika kotrljanja točkova prednjeg mosta, pa time i smanjenja razlike  $\Delta r_d$  točkova prednjeg i zadnjeg pogonskog mosta.

Analiza teorijskih i stvarnih koeficijenata preticanja i zaostajanja, dobijenih eksperimentalno-analitičkim putem, u potpunosti potvrđuje rezultate dobijene eksperimentalnim ispitivanjem.

Razlika stvarnih i teorijskih vrednosti je neznatna pri kretanju u krivinama ( $<3\%$ ), a pri pravolinijskom kretanju ( $r_{dz} > r_{dp}$ )  $< 10\%$ , što je na svim zadovoljavajućem nivou.

## Zaključak

Na osnovu analitičke analize može se konstatovati da do cirkulacije parazitske snage kod vozila sa pogonom 4x4 dolazi pri preticanju i zaostajanju točkova jednog pogonskog mosta u odnosu na drugi, odnosno pri postojanju negativne sile na točkovima koji zaostaju. Vrednost te sile zavisi od otpora kretanju, koeficijenta prijanjanja, odnosa dinamičkih poluprečnika kotrljanja točkova jednog pogonskog mosta u odnosu na drugi, tangencijalne elastičnosti pneumatika, stepena korisnog dejstva, i dr.

Na osnovu sprovedene eksperimentalno-teorijske analize teorijskih i stvarnih ukupnih koeficijenata zaostajanja i preticanja pogonskih točkova motornih vozila 4x4, pri kretanju u krivini sa uslovno istim i pravolinijskom kretanju sa različitim dinamičkim poluprečnicima kotrljanja i upoređenjem njihovih vrednosti može se konstatovati da su odstupanja stvarnih od teorijskih neznatna. Pri kretanju u krivini teorijski koeficijent je manji za oko 3%, a pri pravolinijskom kretanju za oko 10%.

Postignuta je zadovoljavajuća tačnost eksperimentalnog dela istraživanja i mogućnost da se postojeća teorija u ovoj oblasti može sa dovoljnom tačnošću koristiti u razvoju vozila sa dva i više pogonskih mostova još u fazi projektovanja.

Pri kretanju u krivini sa različitim koeficijentima prijanjanja, točkovi imaju različite trajektorije, a samim tim i različite ugaone i translatorne brzine, koje utiču na povećanje razlike dinamičkih poluprečnika točkova, a time i na pojavu cirkulacije parazitne snage. Radi eliminacije pojave cirkulacije parazitne snage, na vozila se ugrađuju međuosovinski mehanizmi za raspodelu snage, kao što su to automatske jednosmerne spojnice, samoblokirajući diferencijali, diferencijali malog trenja, viskozne spojnice i dr.

## Literatura:

- [1] Petrović, P.: Istraživanje uticaja cirkulacije parazitne snage na opterećenje transmisije lakih terenskih vozila, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1989.
- [2] Stegenšek, M.: Kraftwirkungen beim Schlepper mit einachsigen Triebachsanhänger, doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Stuttgart 1971.
- [3] Stegenšek, M.: Prilog dinamici motornih vozila sa dva pogonska mosta, Saopštenje Nauka i motorna vozila, Beograd, 1972.
- [4] Petrović, P., Borak, Đ.: Prilog istraživanju cirkulacije snage kod motornih vozila sa pogonom 4x4, V simpozijum Motorna vozila i motori, '89. Beograd.
- [5] Petrović, P.: Eksperimentalno-teorijska analiza koeficijenata zaostajanja i preticanja točkova motornih vozila sa pogonom 4x4, VI simpozijum Motorna vozila i motori, '90. Kragujevac.
- [6] Petrović, P., Janković, S.: Istraživanje uticaja dinamičkog poluprečnika kotrljanja točka na pojavu cirkulacije parazitne snage kod motornih vozila sa pogonom 4x4, VII simpozijum Motorna vozila i motori, '92. Kragujevac.
- [7] Janković, S., Petrović, P.: Wind up off and off road vehicle with controlcep axes locking transmission, International society for terra-vehicle systems, Asia-Pacific Okinawa, Japan, Novembar, 1995.
- [8] Janković, D., Todorović, J.: Teorija kretanja motornih vozila, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
- [9] Simić, D.: Motorna vozila, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
- [10] Milidrag, S.: Projektovanje sistema prenosa snage, 1983.
- [11] Janković, D., Jančićević, N.: Prikjučna drumska vozila i specijalni uređaji, Mašinski fakultet, Beograd, 1985.
- [12] Čudakov, E. A.: Cirkulacija moćnosti v sisteme bezdiferencijalnoj teleški s elastičnimi kollesami.

Nenad Dimitrijević,  
kapetan I klase, dipl. inž.  
Vojnotehnička akademija VJ,  
Beograd

## BUKA U VOJNIM MOTORNIM VOZILIMA I NJENO DEJSTVO NA VOZAČE

UDC: 534.831.08:623.43

### Rezime:

U toku upravljanja motornim vozilom dolazi do pojave zamora vozača. Uzroci tog zamora i smanjenja radne sposobnosti su različiti, ali, pre svega, evidentan je uticaj buke na povećanje zamora i smanjenje radne sposobnosti, a samim tim i na bezbednost saobraćaja. Do fizičkih veličina koje karakterišu dejstvo buke dolazi se merenjem. U radu je prikazan metod merenja buke u kabini motornih vozila sa osvrtnom na dozvoljene norme date pravilnikom.

*Ključne reči:* buka, merenje buke, motorno vozilo.

## NOISE IN MILITARY MOTOR VEHICLE AND ITS EFFECT ON MILITARY DRIVING PERSONNEL

### Summary:

During driving a vehicle driver usually becomes tired. There are different causes of this fatigue and decreasing of working ability, but firstly, it is evident that noise mainly influences the increasing of fatigue, the decreasing of working ability and, of course, traffic safety. Measuring the noise effect, certain physical values appear. In this study, the method of measuring noise in the motor vehicle cabin is shown, in accordance with the standards given in the Book of regulations.

*Key words:* noise, noise measuring, motor vehicle.

### Uvod

Od sposobnosti pravovremenog i ispravnog reagovanja vozača u konkretnoj saobraćajnoj situaciji u velikoj meri zavisi bezbednost saobraćaja.

Na zamor vozača najčešće utiču vizuelni, auditivni, vibracioni i mikroklimatski uslovi. Pored toga što izazivaju zamor koji utiče na smanjenje radne sposobnosti vozača pri dužem i intenzivnijem dejstvu ugrožavaju i zdravlje vozača. Danas, pri projektovanju i konstrukciji savremenih saobraćajnih sredstava sve veća pažnja poklanja se vibroakustičnim uslovi-

ma, a već su prihvaćeni i kriterijumi kojima se ograničava vreme izlaganja pojedinim intenzitetima buke i oscilacija.

Zbog toga je merena buka u kabini vojnih motornih vozila, a dobijeni podaci vrednovani upoređenjem sa kriterijumima o dozvoljenim nivoima karakteristika.

### Pojam buke

Buka se može definisati subjektivnim, objektivnim, kvantitativnim i kvalitativnim parametrima [3].

Subjektivna definicija — buka je svaki neugodan, nepoželjan, jači zvučni podražaj, bez obzira na njegove daljnje akustične kvalitete. U definiciji buke pojedini autori se služe samo ovim subjektivnim kriterijumima.

Objektivna definicija — buka je kompleksni zvučni podražaj koji ima malo ili nimalo periodičnosti u svom kontinuitetu, a talasni oblici se ne ponavljaju u određenim vremenskim intervalima.

Kvantitativna definicija — buka je definisana određenim vremenskim konstantama, frekvencijskim spektrom, izraženim u hertzima (Hz) i intenzitetom izraženim u decibelima (dB).

Kvalitativna definicija — buka može biti kontinualna, intermitentna, impulsna ili eksplozivna. Ona može biti kombinovana sa pojedinačnim jakim vršnim intenzitetima bilo gde u frekvencijskom spektru.

Buka, definisana kao svaki neželjeni zvuk, sastavni je deo svakodnevnog života. Svojim dejstvom negativno utiče na pažnju, snižava radnu sposobnost, deluje na neurovegetativni sistem, oštećuje sluh i izaziva niz različitih promena u organizmu. Ometa govornu komunikaciju i utiče na ponašanje čoveka, a pri jačim nivoima može imati i patološke efekte.

Pod štetnom bukom [8] podrazumeva se svaki zvuk čiji nivo, izmeren na određenom radnom mestu u radnoj prostoriji u dB (A), prelazi dopuštene nivoe buke propisane pravilnikom.

Pod štetnim delovanjem buke podrazumeva se buka koja naročito ometa razne vrste delatnosti, neposredno sporazumevanje govorom, posredno sporazumevanje sredstvima komunikacije i primanje zvučnih signala, a oštećuje i čulo sluha.

Pri dejstvu buke dolazi do određenih promena [5], a najčešće do oštećenja sluha, osećaja smetnji i neprijatnosti, u čijoj osnovi leže razne psihofiziološke promene, a česte su i promene učinka na radu.

Ublažavanje buke, a time i otklanjanje štetnih posledica koje ona izaziva, danas je vrlo značajan zadatak svih stručnjaka koji se bave pitanjima poboljšanja uslova života i rada.

Do zadovoljavajućih rešenja problema buke sigurno nije moguće doći ni brzo ni lako, ali sve inicijative moraju biti u skladu sa savremenim tehničkim saznanjima i dostignućima nauke.

### Pokazatelji buke

Buka je vrlo kompleksna po poreklu i stohastička je pojava. Za poznavanje buke najznačajnije su fizičke karakteristike koje se odnose na pritisak, intenzitet, spektar i vremenske promene.

Jedinica za merenje nivoa buke je decibel (dB), koji predstavlja odnos izmerene i referentne veličine. Decibel-skala je logaritamska gde je referentni nivo 20 mPa, što predstavlja 0 dB.

Ova skala sužava opseg merenja na 120 dB. Nivo je logaritam odnosa date veličine i referentne vrednosti iste vrste.

Nivo zvučnog pritiska SPL je mera koja predstavlja odnos:

$$L_p = 10 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)^2 = 20 \log \left( \frac{p}{p_0} \right)$$

gde je:

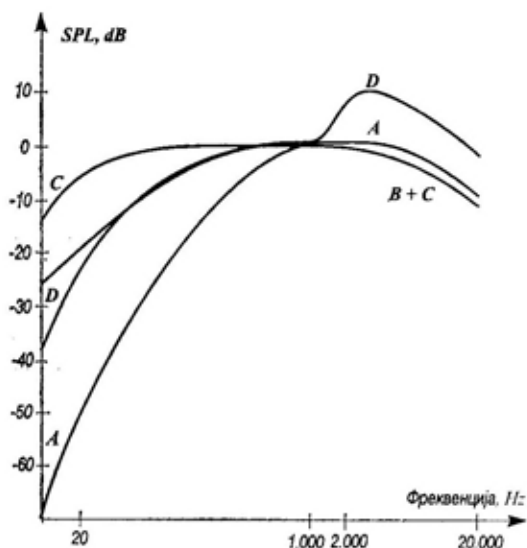
$p$  — pritisak na izvoru u mPa,

$p_0$  — referentna vrednost od 20 mPa.

Međutim, nivo buke izražen u dB ne daje podatke o spektralnim komponentama buke, niti podatke kako na njih reaguje čovek. Predložene su tri korekzione krive — A, B i C koje su na međunarodnom nivou standardizo-



vane (slika 1). Rezultati merenja buke izražavaju se u vrednostima dB (A), dB (B), dB (C).



Sl. 1 — Korekzione karakteristike A, B, C

Korišćenjem težinske krive A mereni intenzitet buke se najviše približava doživljaju jačine. Kod težinske krive C, kriva odgovara za sve frekvencije od 30 do 8 000 Hz, ravna je, izražavanje jačine je približno, u dB i bez prigušivanja. Između njih nalazi se korekciona kriva B koja se znatno manje koristi. Za merenje nivoa saobraćajne buke preporučljivo je da se koristi korekciona karakteristika A, koja se najčešće koristi za razmatranje dejstva buke na čoveka [7].

### Merne veličine buke

Zvuk je jedan oblik energije, pa potencijalno oštećenje sluha ne zavisi samo od nivoa već i od trajanja buke. Izlaganje izvoru buke, na primer od četiri časa, donosi veća oštećenja sluha od istog zvuka u trajanju od jednog časa. To znači da mora da se odredi primljena energija, što je relativno lako za konstantni nivo buke. Za promenljivi nivo, definiše se period merenja i izračunava vrednost  $L_{eq}$ .

Naime, kod buke stalnog nivoa (bez impulsa i bez tonova) izmereni (merodavni) nivo je isti kao i srednji, meren preciznim fonometrom, uz primenu korekcionog filtra sa A karakteristikom i brzim (fast) odzivom u toku mernog intervala.

Ekvivalentni kontinualni nivo buke ( $L_{eq}$ ) nivo je zvučnog pritiska, raspoređen na merni period i predstavlja prosečnu energiju nivoa buke za neki određeni period. Ova mera daje numeričku vrednost promenljive buke koja je ekvivalentna nivou konstantne buke sa istom ukupnom energijom.

Merenje  $L_{eq}$  zasniva se na odgovarajućem energetskom principu:

$$L_p = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \left( \frac{p(t)}{p_0} \right)^2 dt \quad (2)$$

gde je:

T — vremenski interval merenja (s),

$p(t)$  — vremenski promenljiv zvučni pritisak (Pa),

$p_0$  — referentni nivo od 20 mPa.

Nivo izlaganja zvuku SEL ili Leat predstavlja alternativni parametar za  $L_{eq}$ . To je konstantni nivo koji deluje u jednoj sekundi i jednak je akustičnoj energiji originalnog zvuka:

$$L_{e_{at}} = 10 \log \frac{1}{t_{ref}} \int_0^T \left( \frac{p_A(t)}{p_0} \right)^2 dt \quad (3)$$

gde je:

$$t_{ref} = 1 \text{ s.}$$

### Merenje buke u motornom vozilu

Merenjem buke određuju se veličine kojima se opisuje i ocenjuje buka i njeno dejstvo.

Buka u motornom vozilu predstavlja značajan faktor opterećenja vozača i putnika. Međunarodna organizacija za standardizaciju usvojila

je odgovarajući standard o merenju buke u motornim vozilima — ISO 5128 (1980).

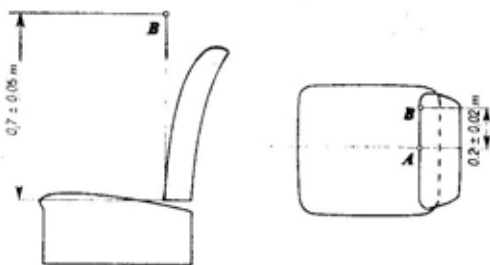
Ovim standardom predviđeno je merenje buke u motornom vozilu, i to:

— pri najmanje pet jednako raspoređenih brzina između 40% i 80% od maksimalne brzine;

— pri punom ubrzanju motora od minimalnog do maksimalnog broja obrtaja;

— na mestu, pri punom ubrzanju motora od minimalnog do maksimalnog broja obrtaja.

Merno mesto nalazi se kod vozača. Položaj mikrofona u odnosu na sedište vozača prikazan je na slici 2 [2].



Sl. 2 — Položaj mikrofona u odnosu na sedište vozača

Merni interval određuje se prema tipu buke. Po pravilu, minimalni merni interval mora biti dovoljno dug da obuhvati ceo ciklus promene nivoa posmatrane buke.

### Merna oprema

Merni instrumenti moraju da ispunjavaju zahteve IEC 651 za tip »I« i IEC 804 na integracione merne instrumente kategorije »P«. Za merenje promenljivih nivoa instrument mora da omogući merenje Leq. Instrument treba da omogućava merenje nivoa sa filterom A, linearnog nivoa, kao i oktavnu analizu u opsegu srednjih frekvencija oktava od 16 Hz do 16 kHz [8].

Opremu za merenje buke, u osnovi, uvek čine zvukomer i mikrofona.

Zvukomer ima ulogu da prima zvuk na način koji odgovara ljudskom uhu i da obezbedi objektivno reprodukciju merenja zvučnog pritiska. Mikrofona pretvara zvučni signal u ekvivalentni električni, koji se u procesu može preračunavati.

Precizni integracioni fonometar B & K 2230, IEC tip 1 (impulse) idealan je za sve vrste merenja, uključujući oktavnu i 1/3 oktave frekventnu analizu sa dodatkom filtera. Na slici 3 prikazan je instrument kojim se obavlja merenje.

Merni instrument, u zavisnosti od toga šta se meri, upotrebom dva detektora omogućava:



Sl. 3 — Instrument B&K 2230

— dva načina rada (RMS i Peak), tri vremenske karakteristike (S, F i I), četiri ponderisane karakteristike (A, C, Lin i All Pass), što omogućava sva standardna merenja;

— merni opseg od 24 do 130 dB (A) u šest podopsega po 70 dB sa preklapanjem;

Skala je od tačnih kristala sa četiri cifre koje se obnavljaju svake sekunde, finoće 0,1 dB. Omogućava kvazi analognu prikazivanje trenutnog nivoa u skokovima po 2 dB koje se obnavlja 64 puta u sekundi.

Funkcije mernog instrumenta su: Reset, Max. i Min., Hold Reset i Pause. Oktavnu i tercnu analizu obavlja sa filterima 1624 i 1625 istog proizvođača. Omogućava priključak na pisac nivoa 2317 [9].

Instrument može istovremeno da obavi pet vrsta merenja:

— merenje nivoa zvučnog pritiska (SPL),

— određivanje ekvivalentnog nivoa zvučnog pritiska za ceo period merenja (Leq),

— merenje vršne vrednosti (Leq max, Leq min),

— merenje nivoa izlaganja zvuku (SEL).

Svih pet merenja obavlja se paralelno, a jedinice mere u kojoj su izmerene veličine su u dB.

Znači, meri se A ponderisani nivo buke pri brzinskoj karakteristici instrumenta FAST [9].

## Rezultati merenja

Buka je merena u toku realizacije zadatka prevoženja sredstava, u realnim uslovima eksploatacije, u kabinu motornih vozila. Merenje je vršeno u vangradskoj vožnji u uslovima kolonskog kretanja. Instrument je postavljen u visini ušiju vojnika vozača, na odstojanju 0,2 m od uha.

Rezultati merenja unutrašnje buke, instrumentom B & K 2230, različitih tipova motornih vozila obrađeni su i prikazani tabelarno.

Tabela 1

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila TAM 5000 D

t=5x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
III st. pren. v=30 km/h	106,4	87,8	94,3	85,7	87,7
IV st. pren. v=40 km/h	104,1	84,9	94,3	82,6	87,5
V st. pren. v=50 km/h	102,9	83,6	93,8	79,8	81,5
V st. pren. v=70 km/h	106,2	88,4	94,9	83,7	85,3
V st. pren. v=80 km/h	108,2	88,5	94,2	83,0	91,3

Tabela 1a

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila TAM 5000 D u stanju mirovanja

t=2x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
minimalni br. obrtaja	99,4	80,4	97,8	72,9	75,7
maksimalni br. obrtaja	108,3	89,4	98,4	88,1	89,8

Tabela 2

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila TAM 150 T 11

t=5x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
III st. pren. v=40 km/h	106,6	85,4	94,6	83,2	87,0
IV st. pren. v=40 km/h	99,8	79,6	87,7	77,1	80,5
V st. pren. v=50 km/h	103,3	81,1	94,3	75,9	84,6
V st. pren. v=70 km/h	107,2	87,8	92,1	76,5	86,3
V st. pren. v=80 km/h	106,2	86,9	93,2	79,5	90,6

Tabela 2a

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila  
TAM 150 T 11 u stanju mirovanja

t=2x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
minimalni br. obrtaja	90,3	70,4	83,2	68,9	74,5
maksimalni br. obrtaja	106,3	86,4	96,4	70,1	88,7

Tabela 3

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila  
FAP 2026 BS/AVS

t=5x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
III st. pren. v=40 km/h	101,2	81,0	95,9	78,5	88,6
IV st. pren. v=40 km/h	99,6	77,2	94,2	72,9	80,0
V st. pren. v=50 km/h	102,1	79,3	88,0	74,6	81,7
V st. pren. v=70 km/h	101,5	83,0	94,2	78,76	82,8
VI st. pren. v=70 km/h	104,8	84,1	94,4	77,0	87,2
VI st. pren. v=80 km/h	102,5	83,0	91,6	74,0	91,6

Tabela 3a

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila  
FAP 2026 BS/AVS u stanju mirovanja

t=2x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
minimalni br. obrtaja	84,3	64,7	84,0	62,2	64,5
maksimalni br. obrtaja	99,7	80,0	84,4	78,1	81,6

Tabela 4

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila  
PUCH 300 GD

t=5x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
III st. pren. v=40 km/h	81,8	63,3	69,7	35,0	69,7
IV st. pren. v=30 km/h	82,9	63,7	76,2	31,0	62,2
IV st. pren. v=50 km/h	88,5	68,4	84,0	39,2	72,2
IV st. pren. v=70 km/h	89,8	70,2	78,8	39,8	74,6
IV st. pren. v=80 km/h	94,0	73,9	85,0	31,1	75,6

Tabela 4a

Rezultati merenja unutrašnje buke vozila  
PUCH 300 GD u stanju mirovanja

t=2x5 min	SEL	Leq	Max	Min	SPL
minimalni br. obrtaja	74,3	55,9	66,9	50,2	58,1
maksimalni br. obrtaja	92,2	76,8	80,2	54,1	77,3

### Ocena rezultata merenja

Prema pravilniku o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama dopušteni nivo buke za upravljanje transportnim sredstvima ograničen je na 80 dB (A). Iz podataka koji su dobijeni merenjem i kasnijom obradom može se zaključiti koji tip motornog vozila zadovoljava navedeni kriterijum. Buka u motornom vozilu TAM 5000 D je najizraženija. Osim toga ovo vozilo je i osnovno nastavno sredstvo u osnovnoj obuci vojnika vozača, pa imajući u vidu navedeni pravilnik, moguće je izvući vrlo zanimljive zaključke.

Naime, u pravilniku je, s obzirom na izmereni nivo buke, dat tabelarni pregled mogućnosti neposrednog sporazumevanja govorom (tabela 5).

Tabela 5

Dopušteni nivoi buke s obzirom na mogućnost neposrednog sporazumevanja govorom [8]

dB (A)	Udaljenost (m)	
	Normalni govor	Glasni govor
45	7	14
50	4	8
55	2,2	4,5
60	1,3	2,5
65	0,7	1,4
70	0,4	0,8
75	0,22	0,45
80	0,13	0,25
85	0,07	0,14
90		0,08

Ako se uzme u obzir izmereni nivo buke u vozilu i mogućnost sporazumevanja govorom, može se dobiti rastojanje na kome mora biti instruktor da bi mogao kandidatu u toku obuke pružiti dodatna objašnjenja i potrebnu pomoć. S obzirom na nivo izmerene buke u vozilu TAM 5000 D, a da bi postojala govorna komunikacija između instruktora i kandidata u fazi obuke, oni moraju biti, u slučaju glasnog govora, na međusobnom rastojanju manjem od 0,14 m, odnosno, prema istraživanjima [4], mogućnost sporazumevanja normalnim govorom je praktično nemoguća. U slučaju da se u obuci koristi motorno vozilo TAM 150 T 11, govorna komunikacija bi bila praktično nemoguća s obzirom na položaj motora unutar kabine motornog vozila. Mogućnost obuke u takvim uslovima radne sredine, kao i pouzdanost vozila sa takvim karakteristikama,

može biti predmet posebnog istraživanja u funkciji sticanja vozačkih znanja, veština i navika. Drugi pravac istraživanja bio bi u domenu zaštite na radu.

Osim toga, pravilnikom je regulisano i vreme izlaganja buci s obzirom na nivo njenog trajanja (tabela 6).

Tabela 6

Dopušteno vreme izlaganja buci s obzirom na nivo njenog trajanja [8]

Dopušteno izlaganje (h)	Nivo buke dB (A)
8	85
6	87
4	90
3	92
2	95
1 1/2	97
1	100
1/2	105
1/4	110
1/8	115*

\* Ne dozvoljava se trajno ili povremeno izlaganje buci čiji je nivo iznad 115 dB (A)

S obzirom na mere bezbednosti saobraćaja, ovi pokazatelji imaju veliku ulogu, kako u planiranju, tako i pri realizaciji zadataka upravljanja motornim vozilima.

### Vozilo kao izvor buke

Buka motornih vozila rezultat je rada velikog broja uređaja i sistema, od kojih svaki proizvodi buku manjeg ili većeg intenziteta. Najznačajniji izvori buke su:

- izduvni sistem,
- usisni sistem,

- motor (buka sagorevanja i mehanička buka),
- sistem za hlađenje,
- pneumatici.

Motorna vozila imaju dva vida emisije buke [1]:

— neizbežni — koji su vezani za razne procese (proces sagorevanja, u-sisavanja, izduvavanja, hlađenja. . .);

— emisiju — čiji intenzitet zavisi od nedostatka konstrukcije, proizvodne tehnologije i drugih grešaka.

Emisija buke privlači pažnju sa nekoliko aspekata:

— opšta emisija buke motornih vozila i njeno dejstvo na okolinu (spoljna buka);

— uslovi rada vozača i komfora vozača i putnika (unutrašnja buka);

— vek elemenata vozila koji proizvode buku (strukturna buka);

— dijagnostika sklopova i agregata vozila prema emisiji buke.

Značajno je prikazati uticaj pojedinih komponenti na ukupan nivo buke teretnog vozila na osnovu merenja koja su u skladu sa Pravilnikom N9 međunarodne organizacije za standardizaciju ISO, slika 4 [1].

### Buka izduvnog sistema

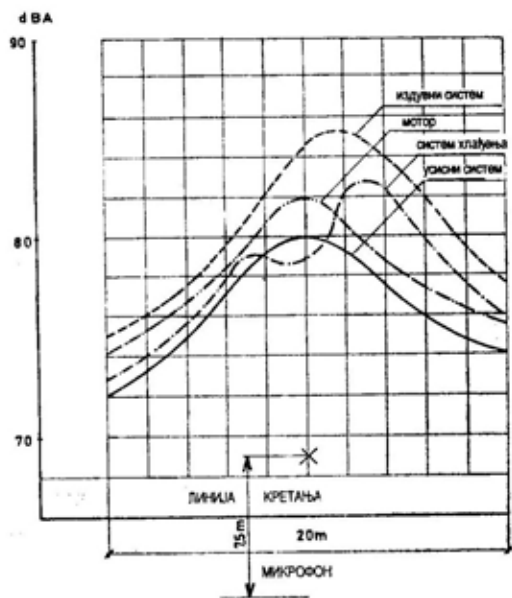
Izduvni sistem je potencijalno najveći izvor buke na vozilu. Buka je proizvod iznenadnog oslobađanja gasa u izduvnom sistemu sa otvaranjem izduvnih ventila, i bitno zavisi od tipa i konstrukcije motora, režima rada motora i karakteristika prigušivača, kao i dužine izduvne cevi i debljine njenog zida.

### Buka usisnog sistema

Buka usisnog sistema je proizvod otvaranja i zatvaranja usisnih ventila, odnosno prolaska i zaustavljanja protoka vazduha u cilindre, i znatno zavisi od režima rada motora, akustičnih karakteristika usisnog takta, vrste i karakteristika filtera za vazduh i prigušivača.

### Buka motora i mehanička buka

Buka motora sa unutrašnjim sagorevanjem je proizvod sila mehaničkog porekla i dejstva gasova na klip, a nastaje od procesa kompresije i sagorevanja u cilindru motora, što proizvodi vibracije spoljnih zidova bloka koji emituju buku. Proces sagorevanja predstavlja najznačajniji izvor buke motora. Efekti sagorevanja kod dizel motora znatno zavise od pritiska u cilindru. Buka mehaničkog porekla proizvodjena je radom zupčanika za pogon mehanizma za razvođenje smeše, ventila, pumpe za dovod goriva, sistema za podmazivanje, menjača, sistema za prenos i drugih pomoćnih uređaja.



Sl. 4 — Uticaj pojedinih komponenti na nivo buke vozila prema testu pravilnika N9 — ISO

## Buka sistema za hlađenje

Buku sistema za hlađenje uglavnom stvara ventilator. Problem buke ventilatora stalno se zaoštrava sa porastom snage motora, jer se motori veće snage moraju intenzivnije hladiti. Zbog toga buka sistema za hlađenje znatno zavisi od konstrukcije ventilatora, njegove brzine, kao i od hladnjaka odnosno oblika saća. Ostali komponentni izvori buke rashladnog sistema su drugorazrednog značaja.

## Buka pneumatika

Dodir pneumatika i kolovoza jedan je od osnovnih izvora buke za pojedine kategorije vozila, posebno za teretna, pri određenim uslovima eksploatacije. Za brzine ispod 50 km/h buka nije znatno izražena, dok pri brzinama većim od 80 km/h ona postaje dominantna. Ova buka nastaje usled povećanja pritiska vazduha i njegovog strujanja kroz protektore i neravnine na putu. Buka pneumatika zavisi i od oblika šare i za poprečno postavljene žlebove ona je izraženija nego kod reb-rasto postavljenog žleba.

## Uticaj buke na organizam

Sama ili u sprezi sa drugim agensima buka dovodi do tegoba, kao što su glavobolja, vrtoglavica, zujanje u ušima, osećanje straha, povećanje razdražljivosti.

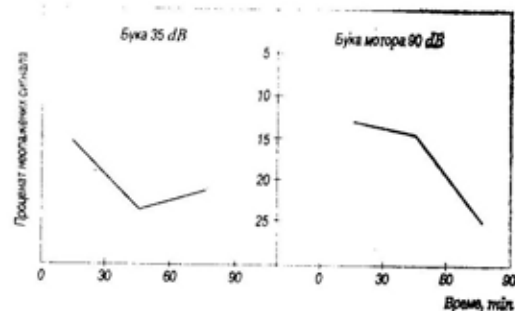
Prema sprovedenim istraživanjima [4], pri izlaganju buci od 98 do 100 dB, frekventnog opsega 50—5000 Hz u trajanju od samo 5 minuta, smanjuje se vidno polje, sposobnost raspoznavanja boja (posebno crvene), brzina primanja signala i drugo.

Pri jačini buke od 85 dB dolazi do povećanja bioelektričnih struja moždanih ćelija, a pri jačini od 120 do 150 dB dolazi do agonalnih stanja. Jačina buke od 80 do 90 dB izaziva pore-

mećaje u srčanom ritmu i EKG talasima, na žlezdama sa unutrašnjim lučenjem i u elektrolitu krvi [4].

Već kod buke od 66 dB dolazi do suženja krvnih sudova u koži, pa se kao granica zvučnog pritiska preporučuje 65 dB [4].

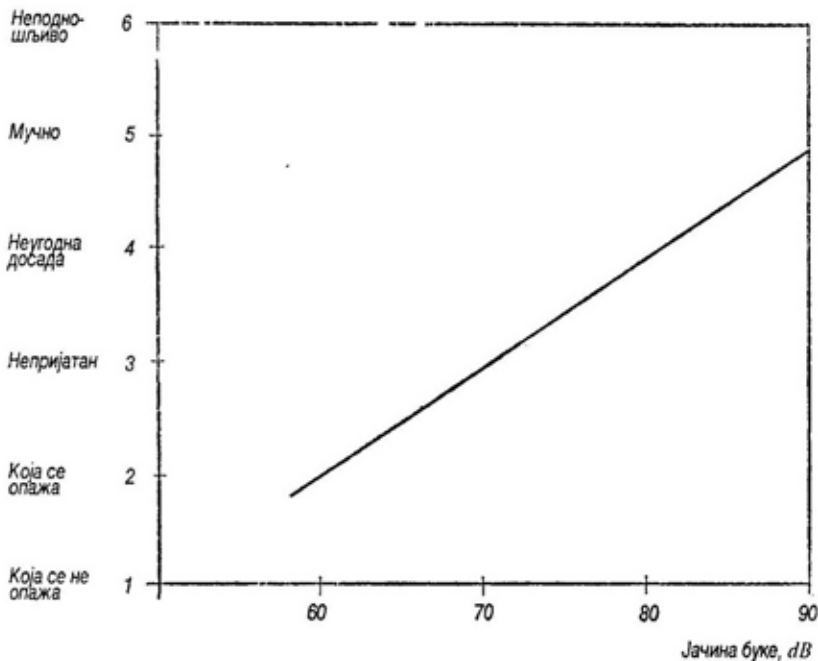
Dužina izlaganja buci bitno utiče na opažanje signala i uopšte na efikasnost viđenja (slika 5) [3].



Sl. 5 — Efikasnost viđenja zavisno od trajanja buke

Najuočljivije je dejstvo buke na slušni organ. Oštećenja sluha javljaju se pri jačini buke koja prelazi 80 dB. Smatra se da buka između 80 i 90 dB već štetno utiče na sluh. Negativni uticaj buke povećava se sa povećanjem njene jačine, koja kada prelazi 120 dB — granicu bola, postaje neizdržljiva i za kraći vremenski period [5].

Buka spada među one faktore spoljne sredine koji imaju veliki uticaj na radnu sposobnost čoveka. Kao dokaz štetnog dejstva, danas se najčešće koriste pokazatelji kao što su: statistika morbiditeta, gubitak radne sposobnosti, profesionalna oboljenja, funkcionalni testovi, laboratorijske analize. Preko dejstva na čulo sluha buka utiče na smanjenje radne sposobnosti, nadražujući centralni nervni sistem i centre u njemu, remeti njihove funkcije i izaziva patološke promene. Osećanje smetnji od buke dovodi do veće nelagodnosti (slika 6) [5].



Sl. 6 — Linearna zavisnost osećaja smetnji i jačine buke

Buka smanjuje čovekovu pažnju koja je vrlo bitna za obavljanje mnogih poslova i radnih zadataka, pa prema tome, imajući u vidu da upravljanje transportnim sredstvima zahteva koordinaciju i integraciju pokreta uz stalnu psihičku aktivnost, delovanje buke ima veliki uticaj. Posebno su pođene radne operacije koje predstavljaju rezultantu brzo prikupljenih i obrađenih informacija. Na slici 7 prikazana je zavisnost koncentracije pažnje od jačine buke i vremena izlaganja [5].

### Zaštita vozača od unutrašnje buke

S obzirom na štetne uticaje koji se manifestuju u različitim oblicima potrebno je smanjiti nivo buke, što se na vozilu obavlja na dva načina [1]:

— aktivnim merama na njihovim izvorima,

— pasivnim merama (prigušenjem, apsorpcijom i sl.).

U okviru metoda rešavanja problema zaštite od buke značajno mesto zauzima razvoj i proizvodnja šireg asortimana materijala i sredstava za zaštitu. Ova sredstva mogu se podeliti u sledeće grupe:

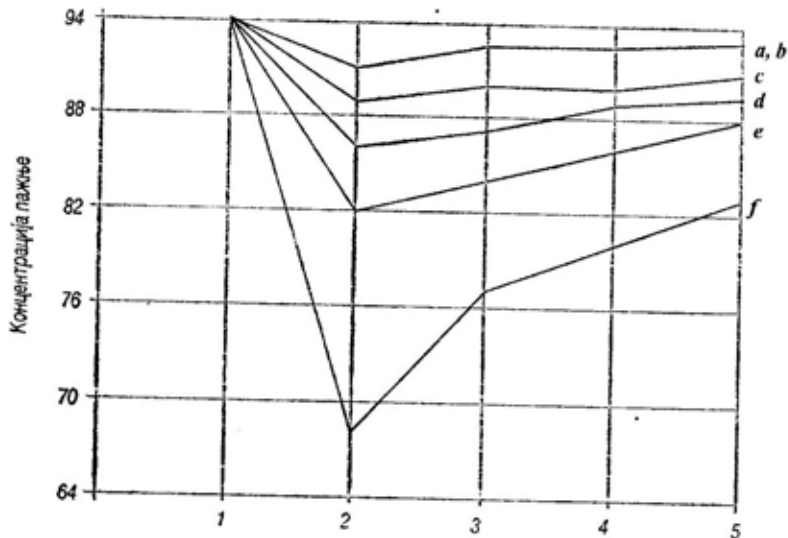
- sredstva za izolaciju,
- sredstva za povećanje apsorpcije,
- sredstva za prigušenje buke u kanalima,
- zvučno-izolacione kabine aktivnog i pasivnog tipa,
- specijalni elementi konstrukcije.

Mogućnost smanjenja buke na motornom vozilu (aktivne mere), s obzirom na izvore, kretala bi se u sledećem:

za usisni sistem:

- dodavanje ulazne cevi,
- promena mesta usisa,





1 - Концентрација пажње пре почетка дејства буке  
 2 - Одмах после дејства буке  
 3 - После 30 min дејства  
 4 - После 60 min дејства  
 5 - После 120 min дејства

a - Контрола  
 b - 60 dB  
 c - 70 dB  
 d - 80 dB  
 e - 90 dB  
 f - 100 dB

Sl. 7 — Uticaj jačine buke i vremena izlaganja na koncentraciju pažnje

— postavljanje usisnog difuzora,  
 — primena savremenih prečistača;

za izduvni sistem:

— promena načina veze izduva i motora,  
 — elastično oslanjanje izduvnog lonca,  
 — primena složenih višestrujnih prigušivača;

za motor:

— poboljšanje u sistemu oslanjanja,  
 — prekidanje puteva širenja buke,  
 — izmena u sistemu ostvarenja smeše i sagorevanja,  
 — oblaganje zidova motornog prostora,

— intervencije na bloku;  
 za sistem hlađenja:

— smanjenje brzine obrtanja ventilatora,  
 — postavljanje difuzora,  
 — izrada remenice kolenastog vratila i ventilatora,  
 — primena većih hladnjaka;

za pneumatike:

— oblik i dubina protektora,  
 — opterećenje vozila,  
 — brzina vozila,  
 — podloga puta.

Buka u kabini može se smanjiti aktivnom konstrukcijom izduvnog sistema vozila, sistema ovešenja i ogibljenja, nosača motora, i primenom akustične izolacije između motora i kabi-

ne, pri čemu se nivo buke može smanjiti za 15 do 20 dB [3]. Ovakva akustična izolacija kabine, kao i ostali konstrukcijski zahvati na motoru zalaze u politiku razvoja automobilske industrije.

Pod pasivnim merama podrazumevaju se postupci, načini i metode koje se podrazumevaju kako bi se već postojeći nivo buke snizio, učinio podnošljivijim, a životna i radna sredina ugodnijom.

S obzirom na činjenicu da se na razmatranim tipovima motornih vozila ne mogu preduzimati skupi konstrukcijski zahvati radi smanjenja nivoa buke, potrebno je osloniti se na lična sredstva za zaštitu od buke, i na razna organizaciona rešenja (pasivne mere).

Međutim, glavni nedostatak ličnih sredstava za zaštitu od buke (antifona) jeste u tome što smanjuju mogućnost razumevanja glasova i drugih važnih zvukova i zvučnih signala.

Organizaciona rešenja, koja mogu doprineti smanjenju nivoa unutrašnje buke na fiziološki dopuštene granice, sadrže čitav niz mera i postupaka koje se mogu svesti na sledeće:

- kretanja izvoditi u onim stepenima prenosa i onim brzinama pri kojima je emisija buke najmanja;
- pri radu vozila u mestu ne treba povećavati broj obrtaja motora;
- pri planiranju kretanja treba se pridržavati pravilnika i dopuštenog vremena izlaganja buci.

## Zaključak

Unutrašnja buka u motornim vozilima TAM 5000 D izraženija je nego u drugim tipovima motornih vozila kod kojih su obavljena merenja. To se može objasniti i podatkom da su ta vozila u proseku stara oko trideset godina i da zvučna izolacija ne postoji. Ipak, taj tip motornog vozila najzastupljeniji je u jedinicama a osnovna buka vojnika vozača uglavnom se izводи na njemu.

S obzirom na nivo izmerene buke potrebno je preduzimati određene mere, pre svega organizacione mere zaštite, uzimajući u obzir sve specifičnosti vojnih motornih vozila. Svakako, preventivi je potrebno pokloniti posebnu pažnju. Radi potpunijeg sagledavanja problema buke i njenog štetnog uticaja na vozača potrebno je utvrditi i njen uticaj na opadanje radne sposobnosti, odnosno na povećanje zamora u toku upravljanja transportnim sredstvom. Zanimljiv podatak bio bi i kako buka utiče na proces sticanja vozačkih znanja, veština i navika, naročito ako se imaju u vidu zakonitosti tog procesa. To bi bili predlozi za budući istraživački zadatak čiji cilj bi bio preventiva i zaštita od buke.

## Literatura:

- [1] Beara, G.: Saobraćaj i životna sredina, Napredak, Arandelovac, 1985.
- [2] International Organization for Standardization (ISO), ISO 5128 (1980).
- [3] Jelčić, I.: Medicina prometa, Istraživački centar za medicinu i psihologiju prometa Zavoda za zaštitu zdravlja grada Zagreba, Zagreb, 1985.
- [4] Kolenc, J.: Analiza sistema vozač-automobil-okolina sa stanovišta ergonometrije, Magistarski rad, Fakultet mašinstva i brodogradnje, Zagreb, 1978.
- [5] Milošević, S.: Čovek i saobraćajna buka, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
- [6] Milošević, S.: Saobraćajna psihologija, Naučna knjiga, Beograd, 1981.
- [7] Mladenović, D., Janjoš, Z.: Merenje buke i vibracija u vozilu radi utvrđivanja njihovog dejstva na vozače i putnike, Časopis »Saobraćaj u gradovima«, br. 5/85, str. 27-37, Beograd, 1985.
- [8] Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu od buke u radnim prostorijama, Sl. list SFRJ, 21/82.
- [9] Hassall, J. R., Zaveri, K.: Acoustic Noise Measurements, Brüel & Kjaer, Denmark, 1988.

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

## ANALIZA GREŠKE ODREĐIVANJA TEMPERATURE POVRŠI ČVRSTIH MATERIJALA IC KAMEROM

UDC: 536.521.088:681.772.7

### Rezime:

U radu je izvedena i analizirana funkcija greške određivanja temperature čvrstih materijala, kao i uticaj direktno merenih veličina i njihovih instrumentalnih grešaka merenja na grešku određivanja temperature termovizijskom kamerom THERMOVISION 870 SWB. Predstavljeni su rezultati analize standardne i maksimalne relativne greške i parcijalnih grešaka određivanja temperature, koji pokazuju uticaj pojedinih veličina i ukazuju na uslove koje treba obezbediti radi modeliranja uslova i postizanja odgovarajuće tačnosti određivanja temperature u uslovima uticaja zračenja okoline, zračenja atmosfere, slabljenja pri prostiranju zračenja kroz atmosferu i uticaja emisivnosti objekta čija se temperatura određuje.

Ključne reči: merenje temperature, greška merenja, indirektna metoda merenja, matematički model, IC zračenje, IC kamera, termovizijska kamera.

## ANALYSIS OF THE ERROR OF THE TEMPERATURE DETERMINATION ON THE SURFACE OF SOLID MATERIALS BY THE IR CAMERA

### Summary:

The function of an error during the determination of solid materials temperature is derived and analyzed in the paper as well as the effect of directly measured values and their instrumental measurement errors on the error of temperature determination by the thermal camera THERMOVISION 870 SWB. The obtained results concerning the analysis of the standard and maximal relative errors as well as the partial errors of temperature determination show the influence of measured values and draw the intention to the requirements which should be fulfilled in order to acquire condition modelling and appropriate temperature determination accuracy under different conditions such as environmental radiation, atmospheric radiation, reducing of radiation during the propagation through the atmosphere and emissivity of the examined object.

Key words: temperature measurement, measurement error, indirect method of measurement, mathematical model, IR radiation, IR camera, thermal camera.

### Uvod

Poslednjih desetak godina infra-crvena (IC) termografija svakodnevno doživljava nove primene. Primena IC termografije, posebno termovizije, mo-

guća je i već dokazana u raznim oblastima kao što su upravljanje procesima, kontrola i obezbeđenje kvaliteta, dijagnostika, istraživanje i razvoj, preventivno održavanje (mali broj otoka uređaja nastaje bez prethodnih

znakova da će do otkaza doći, a temperatura je često jedan od parametara koji na to ukazuje), medicina, itd. [1, 7, 9, 13, 14]. Infracrvena termografija ima sve veću primenu u oblasti istraživanja i razvoja, jer je danas jedan od osnovnih zahteva merenje i snimanje stacionarnih i dinamičkih temperaturnih stanja u realnom vremenu. To je efikasan, pouzdan i isplativ metod otkrivanja potencijalnih izvora otkaza električnih postrojenja i sprečavanja neplaniranih isključenja i opravki, kontrole kvaliteta u industriji (naročito automobilske i poluprovodničkoj).

Od izuzetne važnosti je i specifična primena IC termovizije u vojsci, na primer za otkrivanje maskiranih objekata, vizuelizaciju objekata u noćnim uslovima, snimanje signature aviona, rešavanje raznih problema u vazduhoplovnoj industriji koji su u vezi sa temperaturnim stanjem, itd.

Pojedini proizvođači tvrde da je primena njihovih IC termografskih instrumenata, posebno instrumenata sa skaniranjem, skoro neograničena. Naime, IC termografski instrumenti, koji daju termalnu sliku, jesu sredstva za otkrivanje uzoka problema kada je ključ rešenja problema u raspodeli temperature na površini objekta.

Neki od IC instrumenata su u stanju samo da detektuju temperaturne promene, a neki i da mere (određuju) temperaturu. Zahtevi za ove instrumente se međusobno razlikuju i nije moguće instrument koji je namenjen samo za detekciju temperaturnih promena koristiti i za merenje temperature, što se ponekad previđa. Infracrvena termografija razvija se u dva pravca: jedan je dobijanje termalne slike, gde je potrebno samo utvrditi da li su dve susedne tačke međusobno toplije ili hladnije, a drugi je merenje temperature kada je potrebno kvantitativno odrediti vrednost temperature.

U mnogim primenama u vojsci, na primer pri otkrivanju maskiranih objekata, nije potrebno precizno izmeriti

temperaturu neke tačke, već je dovoljno samo utvrditi da li se temperature susednih tačaka na ispitivanoj površi razlikuju. Međutim, ako je potrebno odrediti stvarne vrednosti temperatura tačaka površi objekta, što je izuzetno značajno u oblasti usavršavanja postojećih i razvoja novih uređaja i sistema, potrebno je rešiti znatno više problema da bi se došlo do stvarne temperature.

Razvoj IC senzora, digitalne i mikroprocesorske, odnosno računarske tehnike omogućio je da IC termografija izađe iz okvira detekcije toplo-hladno i zađe u oblast merenja temperatura i analize termičkih fenomena, tako da savremeni IC termografski sistemi predstavljaju kombinaciju sistema za merenje i sistema za analizu.

### **Problem merenja temperature termovizijom**

Kontaktne metode merenja temperature (otporni termometri, termoparovi) imaju niz nedostataka, posebno pri merenju visokih temperatura i kada je potrebno istovremeno izvršiti merenja u velikom broju tačaka [2].

Određivanje temperature površi materijala (objekta) merenjem fluksa infracrvenog zračenja, primenom IC senzora, odnosno kamere, jeste nekontaktna metoda merenja temperature (pogodna za površi koje su na drugi način nedostupne) i nema nedostatke kontaktnih metoda merenja, jer senzor ne mora da bude u neposrednom dodiru sa objektom čija se temperatura meri [3, 4].

Danas postoje IC skanirajući sistemi koji omogućuju ne samo razlikovanje toplijih i hladnijih tačaka objekta, već i istovremeno određivanje temperature u hiljadama tačaka i dobijanje termičke slike površi, kao što je, na primer, termovizija [8]. Određivanje temperature površi materijala na osnovu merenja fluksa IC zračenja pripada grupi indirektnih metoda merenja temperature, pri čemu se koristi odgovarajući matematičko-fizički mo-

del za povezivanje temperature objekta sa direktno merenim veličinama u odgovarajućoj stvarnoj situaciji, odnosno uslovima pri merenju fluksa zračenja. To znači da se do podataka o temperaturi dolazi proračunom, a ne direktnim merenjem, zbog čega se, u ovom radu, više koristi termin »određivanje temperature« umesto »merenje temperature«.

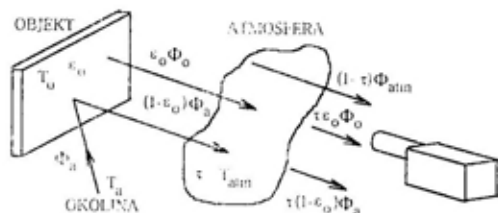
Određivanje temperature čvrstih tela na osnovu posrednog merenja fluksa IC zračenja jeste kompleksan problem zbog uticaja više faktora (izvora zračenja kao što su objekat, okolina, atmosfera) i procesa (emisija, refleksija) na ukupno izmereni fluks, što otežava izdvajanje korisnog fluksa koji nosi informaciju o temperaturi površi objekta koja se određuje [3, 4, 9, 12]. Zbog toga radijacioni termometri i termovizijske kamere ne pokazuju stvarnu već neku prividnu temperaturu, pa, je, kako se konstatuje u [6] jedan od ključnih problema radijacionih termometara kako odrediti stvarnu temperaturu tela sa nepoznatom emisivnošću i nepoznatim zračenjem iz atmosfere. Problem pokušava da se reši i specijalnom konstrukcijom radijacionih termometara [5, 6], što ne odgovara svim uslovima, posebno ne ako se merenje obavlja na objektu koji je na terenu.

Prema tome, jedan od značajnih problema primene IC senzora za merenje temperature je velika greška merenja [9], kojoj se u praksi ne poklanja dovoljna pažnja i nije dovoljno teorijski obrađena. Pri obradi rezultata određivanja temperature, primenom IC senzora, u literaturi se retko može sresti analiza greške merenja. Ako se greška i razmatra, obično se najčešće razmatra samo uticaj emisivnosti materijala čija se temperatura određuje, a ostale veličine se neopravdano zanemaruju.

Greška (ili tačnost) merenja koju navode proizvođači IC sistema odgo-

vara situaciji koja se postiže pri kalibraciji uređaja pomoću crnog tela (emisivnost jednaka jedinici) u laboratorijskim uslovima. Jedan broj kamera ima mogućnost da se unosi podatak o emisivnosti materijala čija se temperatura meri i tako koriguje temperatura koju ona pokazuje, a neke imaju ugrađen softver koji omogućava da se unesu i druge direktno merene veličine. Međutim, u određivanju greške merenja, proizvođači ne uzimaju u obzir i grešku sa kojom će biti izmerene, odnosno određene ove direktno merene veličine koje treba da posluže za proračun temperature, već smatraju da su te veličine potpuno tačno izmerene (određene), a u praksi upravo na njih otpada najveći udeo ukupne greške. Zbog toga je u ovom radu izvršena kompletna analiza greške određivanja temperature površi čvrstih materijala merenjem fluksa IC zračenja i drugih direktno merenih veličina koje se pojavljuju u modelu za proračun temperature, koja pokazuje uticaj i udeo pojedinih direktno merenih veličina na ukupnu grešku merenja i omogućava modeliranje situacije pri merenju, u skladu sa potrebnom tačnošću određivanja temperature.

Situacija pri merenju, koja obuhvata određeni broj uticajnih faktora, poslužila je za formiranje matematičkog modela određivanja temperature površi čvrstih materijala IC kamerom THERMOVISION 870 SWB<sup>1</sup>, švedske firme AGEMA [8], a prikazana je na slici 1.



Sl. 1 — Situacija pri merenju

<sup>1</sup> SWB — Short Wave Band, što označava da kamera radi u spektralnom opsegu 2 do 5  $\mu$ m.

Ovako formiran model situacije pri merenju uzima u obzir da IC kamera prima ne samo zračenje koje emituje površ materijala objekta čija se temperatura meri, već i zračenje koje se reflektuje od te površi, a potiče od zračenja objekata iz okoline, kao i zračenje medija (atmosfera) između objekta i senzora. Očigledno da će sva ta zračenja biti modifikovana uticajem medija kroz koji se prostiru na putu do kamere. Prema tome, senzor prima više komponenti zračenja, od kojih samo jedna (zračenje objekta) sadrži informaciju o temperaturi koja se meri.

### Matematički model određivanja temperature IC kamerom

Polazeći od situacije opisane na slici 1, može se, za fluks zračenja na ulaznoj aperturi senzora, napisati sledeća merna jednačina:

$$\Phi_c = \varepsilon_o \tau \Phi_o + \tau(1 - \varepsilon_o)\Phi_a + (1 - \tau)\Phi_{atm} \quad (1)$$

gde je:

- $\Phi_c$  — ukupni fluks zračenja koje prima senzor,
- $\Phi_o$  — fluks zračenja površi objekta (zavisi od  $T_o$  i  $\varepsilon_o$ ),
- $\Phi_a$  — fluks zračenja okoline (zavisi od  $T_a$ ),
- $\Phi_{atm}$  — fluks zračenja medija prostiranja (zavisi od  $T_{atm}$  i  $\tau$ ),
- $\varepsilon_o$  — emisivnost objekta,
- $\tau$  — transmitivnost medija prostiranja (atmosfera),
- $T_o$  — temperatura objekta,
- $T_a$  — temperatura okoline,
- $T_{atm}$  — temperatura medija prostiranja (atmosfera).

Fluks IC zračenja na ulaznoj aperturi senzora kamere usmerava se na detektor koji ga transformiše u električni signal srazmeran fluksu koji pri-

ma detektor senzora. Električni signal detektora senzora zavisi od fluksa primljenog zračenja, odziva detektora i pojačanja elektronskog lanca za obradu signala. Fluks primljenog zračenja je funkcija temperature, pa je amplituda električnog signala funkcija temperature objekta, tako da se može definisati takozvani termički ekvivalent detektora koji određuje prenosnu funkciju mernog uređaja:

$$I_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} R(\lambda)\Phi_e(\lambda)d\lambda \quad (2)$$

Termički ekvivalent, koji odgovara ukupnom fluksu koji prima detektor, dobija se integraljenjem relacije (1) i može se prikazati u obliku:

$$I_e = \tau \varepsilon_o I_o + \tau(1 - \varepsilon_o)I_a + (1 - \tau)I_{atm} \quad (2a)$$

Oznake upotrebljene u relacijama (2) i (2a) su:

- $I_e$  — termički ekvivalent fluksa zračenja na ulazu aperture senzora (termički ekvivalent ukupnog fluksa zračenja koji prima IC senzor),
- $R(\lambda)$  — spektralna odzivnost IC senzora (detektora),
- $\lambda_1, \lambda_2$  — spektralni opseg odzivnosti IC senzora,
- $I_o$  — termički ekvivalent fluksa zračenja objekta na temperaturi  $T_o$ ,
- $I_a$  — termički ekvivalent fluksa zračenja okoline na temperaturi  $T_a$ ,
- $I_{atm}$  — termički ekvivalent fluksa zračenja atmosfere na temperaturi  $T_{atm}$ .

Pošto komponente fluksa IC zračenja na ulaznoj aperturi senzora zavise od temperature i signal detektora zavisi od fluksa IC zračenja, može se smatrati da je signal funkcija temperature, tj. da je vrednost amplitude signala termički ekvivalent fluksa IC zračenja na ulazu.

Polazeći od relacije (2) može se izdvojiti termički ekvivalent IC zračenja objekta  $I_o$ , koji nosi informaciju o temperaturi objekta  $T_o$ , u vidu relacije:

$$I_o = \frac{I_e - \tau(1 - \epsilon_o)I_a - (1 - \tau)I_{atm}}{\tau\epsilon_o} \quad (3)$$

Signal detektora (termički ekvivalent) jeste nelinearna funkcija temperature, a ta zavisnost se određuje kalibracijom IC senzora. Za termovizijsku kameru THERMOVISION 870 ova zavisnost ima oblik:

$$I = \frac{R}{e^T - F} \quad (4)$$

gde je:

I — termički ekvivalent fluksa odgovarajućeg izvora IC zračenja na ulazu aperture senzora,

$$T_o = \frac{B}{\ln \left( \frac{R}{\frac{I_e}{\tau\epsilon_o} - \frac{1 - \epsilon_o}{\epsilon_o} \frac{R}{e^{\frac{B}{T_a}} - F} - \frac{1 - \tau}{\tau\epsilon_o} \frac{R}{e^{\frac{B}{T_{atm}}} - F}} + F \right)} \quad (6)$$

Relacija (6) omogućava proračun temperature površi objekta, koja se želi odrediti, na osnovu izmernog termičkog ekvivalenta ukupnog fluksa IC zračenja  $I_e$ , kalibracionih konstanti IC senzora, odnosno sistema kojim se termički ekvivalent IC zračenja meri, i ostalih direktno merenih veličina ( $T_a$ ,  $T_{atm}$ ,  $\epsilon_o$ ,  $\tau$ ).

Polazeći od relacije (6) za  $T_o$ , čija je funkcionalna zavisnost data relacijom (5), može se doći do relacije za grešku određivanja temperature IC senzorom, kao indirektno merene veličine.

T — temperatura odgovarajućeg izvora IC zračenja,

R, B, F — kalibracione konstante.

Kalibracione konstante R, B, F zavise, osim od vrste IC senzora, i od otvora objektiva kamere, otvora aperture (dijafragme), filtera koji koristi kamera, i udaljenosti izvora zračenja i kamere prilikom kalibracije, odnosno njima se uzimaju u obzir, osim osobina detektora, i uticaj ostalih elemenata kamere kroz koje prolazi fluks zračenja do detektora.

Koristeći se relacijama (3) i (4) može se doći do funkcionalne zavisnosti za temperaturu objekta  $T_o$ , u zavisnosti od direktno merenih veličina, tj.:

$$T_o = f(I_e, T_a, T_{atm}, \epsilon_o, \tau) \quad (5)$$

Posle zamene relacije (4) u relaciju (3) i rešavanja po  $T_o$  dobija se matematički model za temperaturu površi objekta, koji se može napisati u obliku izraza:

### Matematički model greške određivanja temperature IC kamerom

U literaturi [11] date su opšte relacije za grešku merenja (određivanja) indirektno merenih veličina. Na osnovu toga relacije za standardnu relativnu grešku  $e_{T_o}$  i maksimalnu relativnu grešku određivanja temperature površi materijala IC senzorom  $e^*_{T_o}$  imaju sledeći oblik, respektivno:

$$e_{T_o} = \sqrt{\sum_{j=1}^m \left( \frac{1}{T_o} \frac{\partial T_o}{\partial x_j} e_{x_j} \right)^2} \quad (7)$$

$$e^*_{T_0} = \pm \sum_{j=1}^m \left| \frac{1}{T_0} \frac{\partial T_0}{\partial x_j} e_{x_j} \right| \quad (8)$$

Parcijalni izvodi za relacije (6), (7) i (8)

gde je:

$x_j$  — direktno merena veličina iz relacije (5),  $j=1 \dots 5$ ,

$e_{x_j}$  — relativna instrumentalna greška direktno merene veličine  $x_j$ .

Parcijalni izvodi podeljeni sa temperaturom površi objekta, čija se temperatura  $T_0$  određuje, a koji definišu relativnu grešku u relacijama (7) i (8), dati su u tabeli 1. Ovde izvedeni parcijalni izvodi važe za senzore definisane relacijom (4).

Izvedena funkcija greške omogućuje proračun greške, analizu uticajnih faktora i modeliranje uslova merenja radi smanjenja greške merenja, odnosno postizanja odgovarajuće tačnosti merenja.

Za proračun korekcionog faktora za uticaj transmitivnosti atmosfere za IC sistem THERMOVISION 870, pri određivanju temperature, AGEMA koristi semiempirijsku relaciju [8]:

$$\tau = e^{[-\alpha(\sqrt{d_0} - \sqrt{d_{cal}}) - \beta(d_0 - d_{cal})]} \quad (9)$$

gde je:

$\alpha, \beta$  — konstante slabljenja ili »atmosferske« konstante,

$d_0$  — udaljenost objekat — kamera,

$d_{cal}$  — kalibraciona udaljenost.

Relacija (9) se zasniva na modelu LOWTRAN i važi za takozvanu standardnu atmosferu [8], a ne i za  $\tau < 0,6$ . Atmosferske konstante razlikuju se zavisno od primenjenog filtera u kameri THERMOVISION 870. Na primer, ako se ne koristi filter iznose  $\alpha = 0,03330$  i  $\beta = 0,00049$ , a ako se koristi filter  $CO_2$  iznose  $\alpha = 0,21351$  i  $\beta = 0,02056$ .

Direktno merena veličina $x_j$	Parcijalni izvod	
	$\frac{1}{T_0}$	$\frac{\partial T_0}{x_j}$
$I_e$	$\frac{RT_0}{\epsilon_0 \tau EBI_e^2}$	
$T_a$	$\frac{(\epsilon_0 - 1)T_0 I_e^2 e^{(B/T_0)}}{\epsilon_0 EI_e^2 T_a^2}$	
$T_{atm}$	$\frac{(\tau - 1)T_0 I_{atm}^2 e^{(B/T_{atm})}}{\epsilon_0 \tau EI_e^2 T_{atm}^2}$	
$\tau$	$\frac{(I_{atm} - I_e)RT_0}{\epsilon_0 \tau^2 EBI_e^2}$	
$\epsilon_0$	$\frac{(I_a - I_e)RT_0}{\epsilon_0 EBI_e^2}$	

$$E = F + R/I_e$$

### Analiza greške određivanja temperature IC senzorom

#### Analiza greške direktno merenih veličina

Funkcionalna zavisnost temperature objekta, relacije za standardnu relativnu i maksimalnu relativnu grešku, odnosno relacije u tabeli 1, pokazuju da greška određivanja temperature IC senzorom zavisi od sledećih veličina i instrumentalnih grešaka direktno merenih veličina:

— termičkog ekvivalenta ukupnog fluksa zračenja  $I_e$  i greške kojom se on meri;

— emisivnosti objekta  $\epsilon_0$  i greške kojom se ona određuje ili meri;

— temperature okoline  $T_a$  i greške kojom se ona određuje (procenjuje) ili meri;

— temperature atmosfere  $T_{atm}$  i greške kojom se ona meri;

— transmitivnosti atmosfere  $\tau$  i greške kojom se ona određuje;



— temperature objekta  $T_0$ , koja se određuje (proračunava) prema definisanom modelu;

— kalibracionih konstanti sistema.

*Greška kojom se meri termički ekvivalent ukupnog zračenja  $I_e$  je, u stvari, greška koju daju proizvođači, i predstavlja instrumentalnu grešku merenja ukupnog termičkog ekvivalenta zračenja pri kalibraciji IC senzora, odnosno IC mernog sistema pomoću crnog tela. Prema podacima proizvođača IC sistema THERMOVISION 870 može se smatrati da ona iznosi 0,02, odnosno 2%. Iako to proizvođači navode kao grešku merenja temperature, to jeste greška merenja temperature samo ako se meri temperatura crnog tela ( $\epsilon_0=1$ ), i u realnim uslovima se ne može smatrati greškom određivanja temperature, jer realna tela nisu crna (emisivnost im je, po pravilu, manja od jedan, a može biti i znatno manja od jedan kod metalnih površi). Može se lako pokazati da se greška određivanja termičkog ekvivalenta ukupnog zračenja  $I_e$  svodi na grešku određivanja termičkog ekvivalenta zračenja objekta  $I_0$  pri uslovima  $\tau=1$  i  $\epsilon_0=1$ , kada je prema relaciji (3)  $I_0=I_e$ . To je instrumentalna greška sistema i može se smanjiti boljom konstrukcijom sistema, što se neće analizirati.*

*Greška određivanja emisivnosti objekta  $\epsilon_0$  može biti veoma velika. Ona zavisi od načina dolaska do podatka za emisivnost objekta [15]. Do tog podatka može se doći iz odgovarajućih priručnika u kojima se daju podaci za emisivnost različitih vrsta materijala, analitičkim relacijama ili merenjem emisivnosti materijala objekta.*

S obzirom na to da emisivnost materijala zavisi od više faktora, kao što su spektralni opseg (talasna dužina) zračenja, temperatura površi materijala, ugao zračenja [15], i stanje površi materijala (hrapavost i kontaminiranost slojem ulja, gareži ili premazima), a podaci o emisivnosti ma-

terijala u priručnicima nisu praćeni adekvatnom specifikacijom ovih uslova, podatak o emisivnosti uzet iz priručnika i stvarna emisivnost površi materijala može se razlikovati i po nekoliko puta (posebno zbog uticaja stanja površi materijala), što unosi veliku grešku. Zbog toga se određivanju emisivnosti materijala objekta, čija se temperatura određuje IC senzorom, mora posvetiti posebna pažnja. Poželjno je emisivnost materijala meriti na istom materijalu na kojem se meri i temperatura, u spektralnom opsegu u kojem radi IC sistem za određivanje temperature. To znači da bi za određivanje emisivnosti mogao da se iskoristi IC sistem kojim se određuje temperatura [9]. Pri tome, zavisno od metode merenja, treba uzeti u obzir i metodu i instrumentalnu grešku merenja. Zbog toga je realno da greška sa kojom se poznaje emisivnost najčešće iznosi oko 10%, iako u nekim slučajevima, posebno kada se radi o velikim emisivnostima, može biti i manja (do 1%, za  $\epsilon > 0,9$ ). Međutim, u praksi su moguće i greške daleko veće od 10%.

Vrednost emisivnosti objekta, koja ulazi u relaciju za proračun temperature objekta i relaciju za proračun greške određivanja te temperature, predstavlja srednju vrednost emisivnosti u spektralnom opsegu odzivnosti IC senzora kojim se prima fluks zračenja.

*Greška kojom se određuje ili meri temperatura okoline  $T_a$  sastoji se, uglavnom, od dve komponente. Jedna predstavlja grešku u definisanju okoline, tj. objekata, odnosno izvora zračenja koji zrače na površ objekta čija se temperatura meri i čije se zračenje reflektuje od objekta i dolazi na IC senzor. Druga komponenta predstavlja instrumentalnu grešku merenja temperature okoline, koja zavisi od greške instrumenta i metoda kojim se meri temperatura okoline.*

Ponekad se temperatura okoline, zbog više izvora zračenja, ne može a-

dekvatno izmeriti, već se mora procenjivati na osnovu izmerenih temperatura izvora zračenja u okolini. Grešku kojom se vrši procena treba dodati na grešku instrumenta za merenje temperature okoline i to smatrati instrumentalnom greškom merenja temperature okoline u relacijama (7) i (8).

Smanjenje greške, usled uticaja okoline, može se postići kontrolom okoline upotrebom odgovarajućih ekrana poznate temperature, kada greška postaje zanemarljiva ili se bitno smanjuje komponenta greške usled nedefinisanosti okoline, pa se greška određivanja temperature okoline svodi na instrumentalnu grešku. Ako se koristi termopar i zanemari metoda greška može se smatrati da je ta greška oko  $\pm 0,5$  K.

*Greška kojom se meri temperatura atmosfere  $T_{atm}$* , kao i u slučaju greške temperature okoline, sastoji se od dve komponente. Prva komponenta sadrži izbor mesta merenja temperature atmosfere, odnosno definiciju temperature atmosfere, a druga predstavlja grešku instrumenta kojim se meri temperatura atmosfere.

U ovom radu usvojeno je da temperatura atmosfere predstavlja temperaturu na srednjem delu rastojanja između IC senzora i objekta čija se temperatura meri. Ako se može smatrati da postoji i greška u definisanju temperature okoline, onda je treba proceniti i sabrati sa greškom instrumenta kojim se ta temperatura meri. Ako se temperatura atmosfere meri živinim termometrom, i zanemari greška definisanja atmosfere, greška se svodi na oko  $\pm 0,15$  K.

*Greška kojom se određuje transmitivnost atmosfere  $\tau$* . Transmitivnost atmosfere računa se na osnovu relacije (9) koja sadrži konstante koje se određuju pri kalibraciji konkretnog IC sistema, i udaljenost objekat — IC senzor. Prema tome, greška određivanja transmitivnosti atmosfere sastoji se od

greške modela na osnovu kojeg se transmitivnost atmosfere računa i greške merenja udaljenosti objekat — IC senzor.

Za proračun transmitivnosti atmosfere postoji više modela, s tim što nema preciznih podataka o njihovoj tačnosti. S obzirom na to da za model dat relacijom (9) AGEMA nije navela podatke o grešci modela, uzeto je u proračunu, jer se u [10] navodi da za slične modele greška iznosi od 5 do 10%, da greška određivanja transmitivnosti atmosfere iznosi 10%.

Pri merenju udaljenosti objekat — IC senzor može da postoji dilema da li treba meriti udaljenost od površi objekta do objektiva IC sistema ili do mesta IC senzora (IC detektora). Međutim, greška merenja udaljenosti, u odnosu na grešku modela (5—10%) je zanemarljiva, pa to nije od značaja. Do ovog zaključka se dolazi na osnovu analize uticaja greške merenja udaljenosti objekat — IC senzor na grešku određivanja emisivnosti atmosfere.

#### *Kvantitativna analiza greške određivanja temperature*

Za određivanje termičkog ekvivalenta ukupnog zračenja  $I_e$  korišćena je IC kamera, firme AGEMA, temperatura okoline merena je kontaktnim termometrom, a temperatura medija prostiranja (atmosfera) živinim termometrom. Korišćeni instrumenti imaju radnu klasu tačnosti.

Na osnovu toga i sprovedene analize, za kvantitativnu analizu greške odabrani su ulazni podaci i instrumentalne greške prikazani u tabeli 2. Pri proračunu greške od ostalih direktno merenih veličina uzeto je da je  $T_0 = 323$  K.

Za potrebe analize uticaja pojedinih veličina na grešku određivanja temperature IC senzorom urađen je računarski program koji omogućuje proračun standardne relativne greške, ma-

ksimalne relativne greške i parcijalnih grešaka u zavisnosti od pojedinih direktno merenih veličina.

Tabela 2

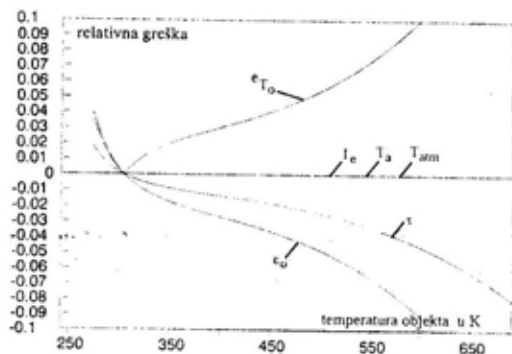
Ulazni podaci za analizu greške

Veličina		Apsolutna greška	Relativna greška
Oznaka	Vrednost		
$I_s$	—	—	0,02
$T_s$	303,15 K	0,5 K	0,0016
$T_{atm}$	303,15 K	0,15 K	0,0005
$\tau$	0,99	—	0,1
$\epsilon_0$	0,5	—	0,1

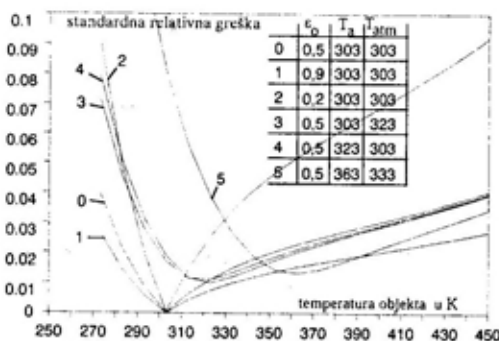
Na slikama 2, 4, 6 i 7 prikazane su zavisnosti standardne relativne greške  $e_{T_0}$  i parcijalnih grešaka, za ulazne podatke date u tabeli 2, a na slikama 3 i 5 zavisnost standardne relativne greške za različite vrednosti direktno merenih veličina. Standardna relativna greška merenja računata je prema relaciji (7) i relacijama u tabeli 1. Relativne parcijalne greške računane su prema relacijama iz tabele 1, pomnožene sa relativnom instrumentalnom greškom odgovarajuće direktno merene veličine. Na slikama su krive za parcijalne greške označene odgovarajućom direktno merenom veličinom. Ostali parametri koji figurišu u matematičkom modelu za određivanje temperature imaju manji uticaj, pa, zbog ograničenog prostora, za njih zavisnost nije prikazana.

Analiza uticaja temperature objekta na standardnu relativnu grešku određivanja temperature (sl. 2) pokazuje da funkcija greške ima minimum, a njegov položaj prvenstveno zavisi od temperature objekta, okoline i atmosfere (sl. 3). Teoretski, ovaj minimum jednak je nuli, a nastupa kada je  $T_0 = T_s = T_{atm}$ ,  $\epsilon_0 = 1$  i  $\tau = 1$ , ali je to prak-

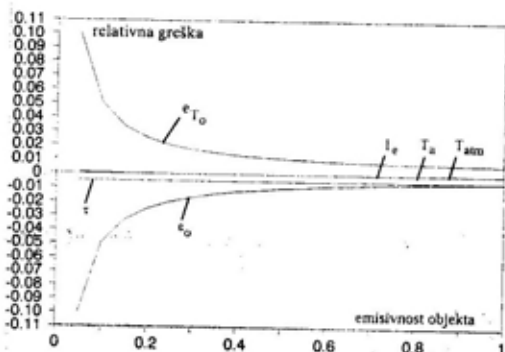
tično skoro nemoguće postići. Detaljnija analiza pokazuje da, kada bilo koje dve od ovih temperatura nisu jednake, minimum nije nula i greška je



Sl. 2 — Zavisnost relativne greške od temperature površi objekta



Sl. 3 — Zavisnost relativne standardne greške od temperature objekta za različite vrednosti  $\epsilon_0$ ,  $T_s$ ,  $T_{atm}$



Sl. 4 — Zavisnost relativne greške od emisivnosti objekta

sivnost objekta  $\epsilon_0$  veća, a minimum je blaži, pa je povoljnije merenje temperature materijala sa velikom emisivnošću.

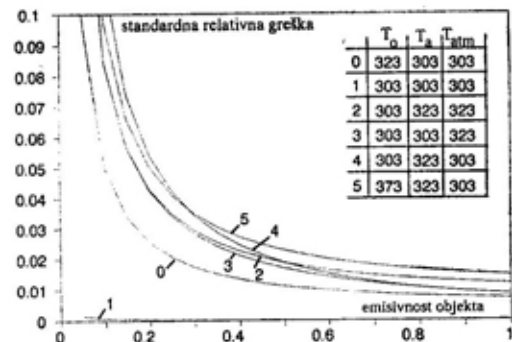
Analiza uticaja emisivnosti objekta na grešku određivanja temperature IC senzorom (sl. 4) pokazuje da emisivnost objekta ima veliki uticaj, posebno pri malim vrednostima (metali sjajnih površi) kada greška počinje veoma brzo da raste, što se dešava kada je emisivnost objekta  $\epsilon_0 < 0,3$  a kada je  $\epsilon_0 < 0,1$  greška postaje toliko velika da je precizno merenje praktično nemoguće.

Detaljnija analiza zavisnosti greške (sl. 5) pokazuje da je teoretski najpovoljniji slučaj  $T_0 = T_a = T_{atm}$ , a praktično najpovoljniji slučaj ako je  $T_a = T_{atm}$ , a  $T_0$  veće od tih temperatura kada za  $\epsilon_0 > 0,5$  greška iznosi oko 1% — maksimalna relativna greška prema relaciji (8) iznosi oko 2%.

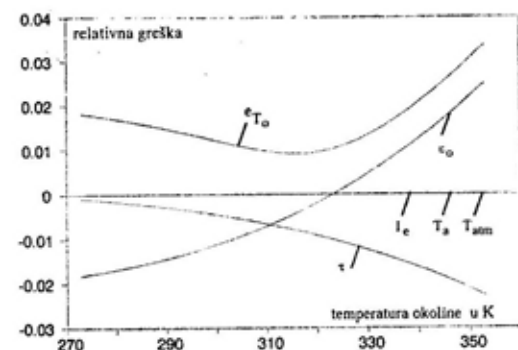
Zavisnost standardne relativne greške od temperature okoline  $T_a$  (sl. 6) ima minimum koji iznosi oko 1%, a javlja se u okolini jednakosti temperatura  $T_a$  i  $T_0$ . Za postizanje manje greške pri  $T_a \neq T_0$  pogodnije je da bude  $T_a < T_0$ . To se može objasniti time što je pri temperaturi okoline manjoj od temperature objekta (i istoj emisivnosti) manji doprinos fluksa zračenja okoline ukupnom fluksu zračenja koji prima IC senzor.

Zavisnost greške određivanja temperature IC senzorom od temperature atmosfere (sl. 7) ima sličan karakter kao i za temperaturu okoline, s tim što se minimum relativne standardne greške javlja na delu između vrednosti  $T_0$  i  $T_{atm}$ .

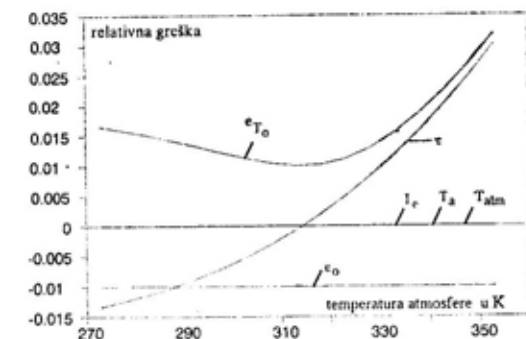
Očigledno je da greška određivanja temperature termovizijom zavisi od mnogo faktora, i da se prihvatljiva greška postiže samo pri određenim uslovima, kada je u granicama instrumentalne greške merenja termalnog ekvivalenta zračenja, odnosno greške merenja temperature crnog tela, što



Sl. 5 — Zavisnost relativne standardne greške od emisivnosti objekta za različite vrednosti  $T_0$ ,  $T_a$ ,  $T_{atm}$



Sl. 6 — Zavisnost relativne greške od temperature okoline



Sl. 7 — Zavisnost relativne greške od temperature atmosfere

utoliko veća ukoliko je temperatura objekta niža od temperature okoline i atmosfere i ukoliko je razlika ovih temperatura veća. Međutim, što je emi-

je, u stvari, greška koju daje proizvođač sistema, a što je zaključeno i na osnovu analize izvedene funkcije greške.

Analiza parcijalnih grešaka pojedinih direktno merenih veličina pokazuje da najveći uticaj ima parcijalna greška emisivnosti objekta i transmisivnosti atmosfere, posebno za male vrednosti emisivnosti objekta i kada je temperatura objekta manja od temperature okoline. To se može objasniti time što je kod malih emisivnosti objekta i temperatura objekta manjih od temperature okoline, termički ekvivalent fluksa zračenja objekta znatno manji od termičkog ekvivalenta fluksa zračenja okoline, pa je udeo zračenja okoline i ostalih parazitnih izvora zračenja veći, čime je i greška određivanja temperature objekta veća.

## Zaključak

U radu je izvedena i analizirana funkcija greške određivanja temperature površi čvrstih materijala IC kamerom THERMOVISION 870SWB švedske firme AGEMA, koja radi u spektralnom opsegu od 2 do 5  $\mu\text{m}$ . Izvedena funkcija greške omogućuje proračun greške merenja, analizu uticaja pojedinih parametara i modeliranje uslova merenja radi postizanja zahtevane tačnosti. Pokazano je da greška merenja zavisi od mnogo parametara, a najznačajniji je uticaj emisivnosti objekta, posebno pri malim vrednostima emisivnosti, što ukazuje na poseban značaj njenog poznavanja.

Obavljena analiza standardne relativne i parcijalnih grešaka merenja pokazuje da se greška merenja koju daje proizvođač može postići samo pri određenim uslovima merenja koje je

u praksi teško obezbediti i da ona u određenim situacijama može biti toliko velika da je precizno merenje nemoguće.

Greška određivanja temperature površi materijala primenom IC senzora može se smanjiti smanjivanjem instrumentalnih grešaka merenja direktno merenih veličina, ali i izborom pogodnih uslova merenja koji dovode do eliminacije uticaja, odnosno redukcije pojedinih veličina iz uopštenog modela za određivanje temperature.

Greška merenja zavisi i od kompletnosti, odnosno greške matematičko-fizičkog modela (metodska greška) i od greške direktno merenih veličina (instrumentalne greške). Da bi se smanjila methodska greška, model za proračun temperature (merna jednačina) trebalo bi da što više odgovara stvarnoj situaciji pri merenju, odnosno da uzme u obzir što više faktora (izvora zračenja) koji utiču na proces merenja. Zbog toga je od posebnog značaja da se identifikuju i kvantifikuju svi ili što više potencijalnih izvora zračenja i procesa, i proceni njihov uticaj na proces merenja i grešku određivanja temperature.

Vrednost temperature okoline koja ulazi u model mora se proceniti ako okolina nije uniformna, ili treba koristiti radijacione štitove. Vrednost emisivnosti objekta, koja se unosi u matematički model za proračun temperature objekta, predstavlja srednju vrednost emisivnosti u spektralnom opsegu senzora, za posmatranu tačku objekta.

Obavljena analiza posebno je korisna za razumevanje uslova koje treba obezbediti pri merenju, kako bi se ono obavilo prihvatljivom, odnosno zahtevanom greškom određivanja temperature.

- [1] Madding, R.: Thermographic Instruments and Systems, University of Wisconsin — Extension, Department of Engineering and Applied Science, 1979.
- [2] Temperature, Its Measurements and Control in Science and Industry, Instrument Society of America, volume four, part 3, 1972.
- [3] Snopko, N. V.: Spektralne metodi optičeskoj pirometrii nagretoj poverhnosti, Nauka i tehnika, Minsk, 1988.
- [4] Cogan, J.: Remote sensing of surface and near surface temperature from remotely piloted aircraft, Applied Optics 24, 1985, 1972.
- [5] You-Wen Zhang, i dr.: Quantitative measurements of ambient radiation emissivity, and thruth temperature of a greybody: methods and experimental results, Applied Optics. 1986.
- [6] Lixin, C., Bing, T. J., Xie-Rong, H.: Design principle for simultaneous emissivity and temperature measurement, Optical engineering, Vol 29, No. 12, December, 1990.
- [7] Pokorni, S., Milatović, B.: Mjerenje temperature na toplim djelovima turbomlaznih motora, JUKEM 90, Sarajevo, 24—27 oktobar 1990.
- [8] Thermovision 870, Operating Manual, AGEMA Infrared Systems, 1991.
- [9] Pokorni, S.: Određivanje temperaturskog stanja toplih djelova turbomlaznog motora metodom infracrvenog zračenja, doktorska disertacija, VTA VJ, Beograd, 1995.
- [10] Gossorg, Z.: Infrakrasnaja termografija, osnovi, tehnika primenenie, Mir, Moskva, 1988. (prevod sa francuskog na ruski).
- [11] Kurzenkov, D. D.: Osnovi metrologii v avio-priborostroenii, Izdatel'stvo MAI, Moskva, 1990.
- [12] Livada, B.: Radiometrija optičkog zračenja: Izvori greške pri kalibraciji i merenju, Naučno-tehnički pregled, Vol. XLIII, 1993, 10, 12—23.
- [13] Forth Biennial Infrared Information Exchange, Proceedings, St. Louis, Missouri, August 22—24, 1978. (IRIE '78).
- [14] Fifth Biennial Infrared Information Exchange, Proceedings, book I, II, New Orleans, Louisiana, October 29—31, 1985. (IRIE '85).
- [15] Pokorni, S.: Mogućnost i ograničenja predikcije emisivnosti materijala, Vojnotehnički glasnik, 3/1997.

*Rezime:*

*Integralni transport značajan je činilac povećanja efikasnosti i ekonomičnosti pozadinskog obezbeđenja. Tome doprinosi i standardizacija kao deo normativne regulative. U članku je izvršen izbor oblasti standardizacije integralnog transporta i date su smernice za rešavanje problema i izradu standarda. Usklađivanjem karakteristika sistema integralnog transporta i specifičnih zahteva transportnih lanaca, kao osnovne oblasti standardizacije izdvojene su: pakovanje, tovarne jedinice, transportna i pretovarna sredstva, infrastruktura i organizacija sistema. Za ove oblasti definisani su osnovni elementi i uputstva za izradu standarda, prema iskustvima zemalja i armija gde je integralni transport razvijen i uspešno funkcioniše.*

*Ključne reči: standardizacija, transportni lanac, pakovanje, tovarne jedinice, transportna sredstva, integralni transport.*

STANDARDIZATION IN INTEGRAL TRANSPORT

*Summary:*

*The integral transport is an important factor in increasing efficiency and economy of the logistics. The standardization as a part of normative regulations contributes to it as well. The choice of standardization fields in the domain of integral transport is given in the paper as well as the guidelines for solving problems and for the standard composition. On the basis of matching the characteristics of the integral transport system with the specific requirements of transport chains, the following standardization fields stand out as basic ones: packing, loading units, transport and reloading means, infrastructure and system organization. For these fields, the essential elements and standard composition instructions are defined according to the experience of countries and armies in which the integral transport is developed and successfully applied.*

*Key words: standardization, transport chain, packing, loading units, transport means, integral transport.*

**Uvod**

Savremene ratove karakteriše koncentracija velikog broja motornih vozila i druge tehnike u oružanim snagama, manevarski karakter borbenih dejstava, izvanredan značaj faktora brzine i vremena u ratnim operacijama, potrošnja, dotur i evakuacija velikih

količina materijalnih sredstava (MS). Zbog toga, najnovija naučna uopštavanja u ovoj oblasti, kod nas i u svetu, kao i vizije budućeg rata, ukazuju na neophodnost prioritete promene celokupne tehničko-tehnološke osnove i konstituisanje moderne tehnologije transportno-manipulativnih sistema

vojske, posebno u lancu dotura i evakuacije MS [1].

Zbog toga sve savremeno opremljene armije sveta, ili armije koje pretenduju da to budu, pridaju izuzetan značaj primeni savremenih integralnih transportnih sistema u snabdevanju i materijalnom obezbeđenju svojih oružanih snaga.

Pozadina Vojske Jugoslavije (VJ) sa velikim brojem jedinica, ustanovama, skladištima i ostalom infrastrukturom, sa ogromnim količinama sredstava namenjenih za materijalno-tehničko obezbeđenje borbenih dejstava, može očekivati da će u eventualno mogućem ratu biti izložena dejstvu neprijateljeve avijacije, raketnim i drugim sredstvima razaranja. To bi u neefikasnom i delimično »statičnom«  
sistemu pozadinskog obezbeđenja imalo veoma nepovoljne posledice po materijalno obezbeđenje svih faza borbenih dejstava. Zbog toga povećana dinamičnost i zamah ratnih operacija, kao komponente glavnih osobenosti budućeg rata, moraju biti praćeni kvalitetnim poboljšanjem snabdevanja materijalnim sredstvima, uz primenu adekvatnih transportno-manipulativnih sistema sa tehnologijama integralnog transporta kao osnovom.

Visok stepen transformacije i osavremenjavanja VJ zahteva i odgovarajući nivo efikasnosti sistema snabdevanja materijalnim sredstvima u svim fazama rata, obuhvatajući i pripremni period, ali i mirnodopske uslove. Radi toga poboljšanje celokupnog sistema manipulisanja, skladištenja i transporta mora obuhvatiti:

— modernizaciju i uvođenje savremenih racionalnih integralnih sistema (paletizacija i kontejnerizacija),

— optimizacija postojećih kapaciteta klasičnog sistema transporta.

Savremeni zahtevi za efikasno i racionalno snabdevanje jedinica u miru i ratu traže adekvatnu organizaciju i modernizaciju skladištenja, manipulisanja i transporta. Odgovarajuća re-

šenja u stranim armijama, koja je prihvatila i VJ, jesu primena integralnog transporta, odnosno njegovih osnovnih podsistema paletizacije i kontejnerizacije. Standardizacija osnovnih elemenata ovih podsistema baza je njihovog uvođenja i uspešne primene [2].

### Izbor elemenata standardizacije u integralnom transportu

Sistem integralnog transporta karakteriše, pre svega, neophodnost funkcionalnog jedinstva i međusobna tehnološko-ekonomska povezanost i usklađenost osnovnih elemenata svih učesnika u transportnom lancu.

Obezbeđivanje tehničko-tehnološkog jedinstva u razvoju sistema integralnog transporta zahteva stvaranje uslova za povezan i usklađen razvoj u svim tehničko-tehnološkim sistemima. To iziskuje utvrđivanje ne samo organizacionih već i tehničkih mera, koje bi obuhvatile celovito sagledavanje svih tehničkih pitanja koja se mogu rešavati donošenjem internih vojnih i jugoslovenskih standarda i drugih propisa u oblasti integralnog transporta.

Dosadašnja sagledavanja ukazuju na veliki broj elemenata koji, manje ili više, utiču na neometano odvijanje integralnog transporta bez obzira na vrstu saobraćaja. Ovi elementi, nezavisno od sistema kojem pripadaju (paletni, kontejnerski i kombinovani), mogu da se grupišu kao [3]:

— opšti elementi (pakovanje, tovarne jedinice i sl.),

— transportna sredstva,

— sredstva pretovara,

— mosnice i mostovi (pretovarni),

— građevinski elementi,

— terminologija.

Međusobna zavisnost rešavanja ovih problema je takva da je nemoguće ostvariti racionalno funkcionisanje sistema bez jednovremenog donošenja propisa za celu oblast. Sa dru-



ge strane, standardizacija elemenata, sa aspekta transportnih lanaca treba da obezbedi kompatibilnost svih bitnih elemenata i standardizaciju mogućih rešenja tehnoloških celina. Ovaj prilaz standardizaciji obuhvata područja tovarnih jedinica, transportnih i pretovarnih sredstava, infrastrukturu, organizaciju transporta sa podsistemima upravljanja transportom, informisanja, transportnog prava i transportne ekonomije [4].

Pri izboru elemenata standardizacije integralnog transporta u VJ moraju se uzeti u obzir specifične potrebe i karakteristike organizovanja. Snabdevanje VJ znatno se oslanja na privredu, pa se nameće potreba da savremeni integralnotransportni sistemi budu kompatibilni, makar na nivou dostignuća iz ove oblasti u zemlji. Kako je VJ u mirnodopskim uslovima značajan potrošač materijalnih proizvoda, ona može, u izvesnom smislu, da utiče na ubrzano uvođenje jedinstvenih savremenih integralnih transportnih sistema i standardizacije u privredu zemlje, što je u obostranom interesu.

Integralni transport u VJ definisan je kao odgovarajući sistem, koji primenom raznih tehnologija mehanizovanog manipulisanja tovarnim jedinicama omogućava transport materijalnih sredstava za potrebe vojske, uz korišćenje prevoznih kapaciteta raznih vidova i grana saobraćaja bez promene opreme u kojoj je izvršeno ukрупnjavanje osnovnih pakovanja. Ovakvo definisan pojam integralnog transporta obuhvata sve elemente koji ulaze u sistem i omogućava realizaciju zatvorenih transportnih lanaca. Elementi koji čine sistem integralnog transporta su [2]:

— materijalna sredstva (tereti) sa svim relevantnim karakteristikama i ograničenjima u pogledu pakovanja, rukovanja, mesta smeštaja, količine, točkova, i dr.,

— sredstva i oprema za ukрупnjavanje pakovanja radi stvaranja odgovarajućih transportnih jedinica (pale-

ta, kontejnera, izmenljivih transportnih sudova, kompletna vozila i sl.),

— mehanizacija za manipulisanje sa transportnim jedinicama (viljuškari, dizalice, transporter, manipulatori, platforme i sl.),

— transportna sredstva svih vidova i grana saobraćaja,

— kompletna infrastruktura koja treba da omogući primenu odgovarajuće tehnologije (skladišta, rejoni, utovarno-istovarna mesta, komunikacije i ostalo),

— razrađena tehnologija manipulisanja sa definisanim zahtevima i određenim tehnološkim elementima koji realizuju postavljene zahteve,

— organizacijsko-formacijska rešenja vezana za upravljanje sistemom, realizaciju zahteva i rukovanje tehnikom.

Za kompleksno rešavanje problema funkcionisanja sistema nužno je sve elemente paralelno razvijati, uz poštovanje određenih ograničenja i standardizaciju osnovnih elemenata. U integralnom transportu VJ oblasti standardizacije mogu biti:

- pakovanja,
- tovarne jedinice,
- transportna sredstva,
- sredstva i uređaji pretovara,
- infrastruktura, i
- organizacija sistema.

### Osnovni zahtevi standardizacije u integralnom transportu

Karakteristike i osnovni zahtevi specifični su za odgovarajuće oblasti standardizacije u integralnom transportu.

#### *Pakovanja*

Primenom modula pakovanja, koji je osnova za racionalno korišćenje paleta i kontejnera, a time i transport-

nih sredstava, postiže se usklađivanje svih uticajnih elemenata u oblasti integralnog transporta. Jugoslovenski standard (JUS Z.MO 001) za modul pakovanja donet je 1980. godine, ali efekti njegove primene još uvek nisu zadovoljavajući.

Zavisno od vrsta i osobina proizvoda, ambalaža ima višestruku ulogu. Kod mnogih proizvoda ambalaža omogućuje da proizvod dobije kvalitet robe. Transport, takođe, ima svoje zahteve prema ambalaži, koji nisu uvek identični sa komercijalnim zahtevima. Za potrebe transporta ambalaža treba da omogući racionalno manipulisanje u okviru savremene tehnologije transporta robe uz zaštitu od oštećenja. Razvoj ambalaže u velikom je usponu i preti da, ukoliko se neorganizovano nastavi dovede do haotičnog stanja. To na svaki način treba izbeći, kako bi se ostvarile uštede, naročito u oblasti skupe transportne ambalaže, uz njeno prilagođavanje zahtevima paletizacije i kontejnerizacije. S obzirom na to da se ambalažirane jedinice kao jedinice rukovanja slažu u pakete, one moraju imati dimenzije osnovice (dužina i širina) koje će omogućiti što potpunije iskorišćenje paleta. Visina ambalažirane jedinice treba da odgovara visini upakovanog tereta, a pri slaganju u paket njegovoj dozvoljenoj visini. Sa aspekta paletnog sistema najpovoljniji oblici su prizmatični (u vidu paralelopipeda) sa različitim dužinama i širinama osnovice. Ovakvi oblici se mogu najlakše formirati od proizvoda koji kroz transportnu ambalažu postaju komadni, bez obzira na to da li su prethodno ambalažirani u takozvanu komercijalnu ambalažu (konzerve u limenkama, jestivo ulje u bocama, itd.).

Različite veličine i oblici pakovanja postali su ozbiljna smetnja na putu racionalizacije procesa manipulacije i transporta. Zbog toga se prišlo usaglašavanju dimenzija komercijalne i transportne ambalaže sa dimenzijama standardnih ravnih paleta preko modul-sistema [5].

Modularne uzajamne veze počinju od pojedinačnog (osnovnog) pakovanja, preko sabirnog (grupnog) do formiranja tovarnog paketa na paleti ili u kontejneru. Umnožavanjem i deljenjem osnovnog modula za pakovanje (dimenzija 400x600 mm), dobijaju se nominalne dimenzije za sva pakovanja koja na taj način postaju kompatibilna, što je prikazano u tabeli.

*Nominalne dimenzije pakovanja*

Osnovni modul	Umnožavanje	Deljenje
600x400	1200x1000	600x400
	1200x 800	300x400
	1200x 600	200x400
	1200x 400	150x400
	800x 600	120x400
		600x200
		300x200
		200x200
		150x200
		120x200
		600x133
		300x133
		200x133
		150x133
		120x133
		600x100
	300x100	
	200x100	
	150x100	
	120x100	

Radi formiranja jedinice tereta, bilo na paleti ili u kontejneru, potrebno je izvršiti slaganje transportnog pakovanja na način koji u potpunosti, odnosno u najvećoj mogućoj meri, omogućava iskorišćenje tovarne površine transportno-manipulativnih sredstava.

## Tovarne jedinice

Sadašnja standardizacija tovarnih jedinica (paleta i kontejnera) obuhvata [4]:

- dimenzije i težine,
- zahteve i ispitivanja (opite),
- manipulisanje i obeležavanje.

U VJ usvojeni su svi standardi JUS-a za palete i kontejnere, ali i veći broj internih standarda za specifične vojne terete (municiju, minsko-eksplozivna sredstva, goriva, motore i dr.), uglavnom na osnovu dimenzija i težina.

Međutim, još uvek nedostaje, kako u zemlji tako i u VJ, jedan osnovni standard kao veza za spajanje (povezivanje) različitih tovarnih jedinica i kao okvir za detaljniju standardizaciju. Ovaj osnovni standard morao bi obuhvatiti sve elementarne zahteve u odnosu na tovarne jedinice koje su usklađene sa odgovarajućim sistemom, kao što su:

— šta kod tovarnih jedinica treba standardizovati,

— prema kom zahtevu treba kod standardizacije jedne tovarne jedinice ukazati na posledice standardizacije za čitav sistem transportnog lanca,

— kako utvrditi jedinstveni modul za površinu i eventualno modul za prostor i težinu,

— osnovni zahtevi u odnosu na tačke za pričvršćivanje i manipulisanje, u odnosu na obeležavanje i u odnosu na materijale od kojih je izrađena tovarna jedinica,

— osnovni zahtevi u odnosu na područja primene tovarnih jedinica (odvojeno razmatranje prema nacionalnom, kontinentalnom i interkontinentalnom transportu, kao i prema pojediniim transportnim sredstvima).

Nedostatak osnovnog standarda u slovio je, naročito kod dimenzija, nesporazume i različita tumačenja i stavove. Ovakva neslaganja i dalje će postojati zbog mnogobrojnih razloga. To

su, pre svega, razlozi uslovljeni istorijskim razvojem nacionalne tovarne težine za vozila drumskog teretnog saobraćaja, a negde i železničkog, koje se teško mogu menjati. Međutim, dugoročnim istraživanjem i proučavanjem treba utvrditi jedan jedinstveni modul težine tovarne jedinice.

Dalji nedostatak standardizacije tovarnih jedinica predstavlja standardizacija barži rečnog saobraćaja za transport brodovima — nosačima pomorskog saobraćaja. Na ovom području rada takođe se može konstatovati da postoji težnja prema kojoj se standardizacija umesto prethodno obavlja naknadno. Ovakav način standardizacije često ima za posledicu utvrđivanje i standardizaciju nesređenih elemenata i sredstava. Veoma značajne su mosnice, kao i sredstva za učvršćivanje i zaštitu tereta u transportu, kod kojih je potrebno standardizovati uslove koje svako od ovih sredstava mora da ispunjava.

## Transportna sredstva

U realizaciji osnove funkcionisanja integralnog transporta posebno su važni standardi koji obezbeđuju međusobno usklađivanje tehničko-konstruktivnih karakteristika transportnih sredstava različitih vidova saobraćaja. Pitanja koja treba obuhvatiti standardizacijom i tipizacijom su:

— obezbeđenje međusobne usklađenosti tehničko-konstruktivnih karakteristika transportnih sredstava različitih vidova saobraćaja za potrebe integralnog transporta;

— vagoni za prevoz kontejnera (dužina, način pričvršćivanja i visina poda);

— kamioni, prikolice i poluprikolice (nosivost, osovinsko opterećenje, dimenzije transportnog prostora, način pričvršćivanja, način istovara i utovara paleta i kontejnera, univerzalni tipovi namenjeni integralnom transportu);

— brodovi za prevoz paletizovanih tereta i kontejnera (brodska skladišta, ćelije za smeštaj kontejnera, karakteristike Ro-Ro brodova i dr.);

— avioni (standardni elementi za prevoz paleta i kontejnera u vazdušnom saobraćaju);

— prevozna sredstva kombinovanog saobraćaja (železnica — drum, prevozna sredstva Ro-Ro transporta i dr.).

Iako u ovoj oblasti u zemlji postoji veliki broj standarda, skoro sva sredstva proizvedena pre perioda 1980—1985. godine uglavnom ne zadovoljavaju zahteve integralnog transporta. To se odnosi i na sve tipove terenskih (teretnih) vozila VJ.

### *Sredstva i uređaji pretovara*

Standardizacija mehanizacije za rukovanje paletama i kontejnerima od izuzetno je značaja za dalji razvoj dva osnovna sistema (paletni i kontejnerski). Usklađenost zahvatnih uređaja za dizanje kontejnera, paleta ili tovarnih sanduka, kao i način rukovanja, visina dizanja, slobodna visina dizalice ispod viseće konstrukcije i propisi o bezbednosti rukovanja samo su neka pitanja koja treba da postanu predmet standardizacije.

U ovom području postoje veliki nedostaci koji se, pre svega, odnose na nepostojanje osnovnih preporuka radi usklađivanja transportnih i pretovarnih sredstava sa zahtevima transportnog lanca.

Kriterijumi za ocenu podobnosti pretovarnih sredstava najčešće se odnose na:

- pitanje koje tovarne jedinice se mogu pretovarati,
- brzine pretovara,
- potrebe u prostoru,
- uslove vidljivosti i preglednosti radnika za opsluživanje pretovarnih sredstava ili površina.

Standardizacija kriterijuma za ocenu raščlanjuje se na veći broj kompleksa, kao što su: kriterijumi koje treba oceniti; značaj pojedinih kriterijuma; način merenja pojedinih kriterijuma za ocenu i dr.

Postojeći standardi iz ove oblasti povezani su, u prvom redu, sa tehničkim rešenjima, bez sagledavanja zahteva tehnologije integralnog transporta, odnosno transportnih lanaca.

### *Infrastruktura*

Da bi se integralni transport nesmetano odvijao potrebno je izraditi i doneti čitav niz propisa (jedinstvenih standarda), pre svega, iz oblasti građevinarstva. Od posebnog značaja je sagledavanje i utvrđivanje:

- nosivosti površina za paletni i kontejnerski podsistem,
- širine i visine vrata na skladištima,
- širine i visine utovarno-istovarnih rampi,
- potrebnih površina za uskladištenje paleta i kontejnera,
- širine prolaza između složenih tovarnih jedinica,
- karakteristika prilaznih puteva skladištima, terminalima i dr.

Kada je u pitanju dimenzioniranje, položaj i organizacija terminala za pretovar tovarnih jedinica rešenja su, takođe, različita. U svetu već postoje razrađeni postupci (npr. Međunarodne železničke unije) i preporuke za izgradnju pomorskih lučkih terminala. Međutim, trebalo bi da se sva saznanja iz ovog područja što pre objedine i, na odgovarajući način, standardizuju. Osnovni cilj treba da bude izrada praktičnog uputstva zajedno sa elementarnim osnovama za projektovanje infrastrukture za pretovar tovarnih jedinica. To je tipičan zadatak standardizacije, jer se u ovom slučaju radi o standardizaciji zadataka tehnološkog i drugog projektovanja koji se stalno ponavljaju.

Pri obduženju paletizacije u VJ, za projektovanje skladišnih kompleksa korigovan je niz propisa Građevinske službe, ali ova rešenja nisu urađena u vidu standarda [6].

### *Organizacija sistema*

Na ovom području standardizacije, koje obuhvata organizaciono-informativnu problematiku, postoji dosta nerešenih pitanja. Težište rada jeste standardizacija podsistema informatike u oblasti transporta. Standardizacija na ovom području rada obuhvata, uglavnom, sledeće komplekse [7]:

— osnovne zahteve koji se postavljaju u odnosu na informacione sisteme usklađene sa transportnim lancem;

— jedinstveno označavanje i jedinstvene forme informacija u transportnom lancu;

— standardne informacije koje moraju da prate robu u transportnom lancu;

— sistematizaciju davaoca i primaoca informacija u transportnom lancu (kao pomoćno sredstvo za rad na realizaciji planskih zadataka u organizaciji transporta koji se stalno ponavljaju);

— uprošćavanje statističko-informacionih dokumenata u transportnom lancu.

Standardizacija postupka za prethodno ocenjivanje količine transporta u transportnom lancu ima poseban značaj, a obuhvata, uglavnom, sledeće komplekse:

— programiranje celokupnog transporta tereta između različitih izvora i ciljeva;

— raščlanjavanje celokupnog obima transporta na pojedine varijante transportnog lanca;

— izbor prevoznih puteva, ukoliko je u jednom transportnom lancu na raspolaganju više mogućih varijanti.

Kod ovog podsistema transportna ekonomija treba, prvenstveno, da izuči i standardizuje osnovne ekonomske zahteve koji se postavljaju u odnosu na transportni lanac. Tako, na primer, jedan od ovih zahteva mogao bi da glasi: rentabilnost jednog transportnog lanca ne utvrđuje se od karike do karike tog lanca već na osnovu ukupnih troškova i ukupnih prihoda svih učesnika u transportnom lancu.

Osim toga, trebalo bi, takođe, standardizovati postupke za utvrđivanje rentabilnosti u transportnom lancu (kao pomoćno sredstvo za donošenje odluka), kojim tovarnim jedinicama (paleta, kontejnerima i vozilima) treba obrazovati određeni transportni lanac, ili da li je jedan transportni lanac ekonomičnije realizovati direktnim ili lomljenim (mešovitim) transportom.

Kod transportnog prava treba najpre izraditi osnovne preporuke za izradu transportnog prava, koje će biti usklađene sa odgovarajućim oblicima transportnih lanca. U dosadašnjem radu kod nas, a i u svetu, nije uspela standardizacija transportnog lanca kao jednog povezanog funkcionalnog područja, mada se polazi od toga da će ukupnost parcijalnih sistema jednom, ipak, omogućiti standardizaciju ukupnog sistema transportnog lanca.

To je razumljivo s obzirom na veliki broj učesnika u transportnom lancu (npr. drumski, železnički i vodni saobraćaj, pretovarne organizacije, privreda, špedicija, proizvođači, carinski organi, osiguravajući zavodi, kreditne institucije, društveno-političke zajednice, itd.), koji utiče na težinu i složenost zadatka standardizacije na ovom području, naročito u pogledu usklađivanja mnogobrojnih i veoma različitih interesa učesnika.

Upoređenjem pregleda rada tehničkih komiteta ISO i elemenata koje treba obuhvatiti standardizacijom, lako se može zaključiti da je program rada na nacionalnom nivou mnogo širi, što je karakteristično za ovaj

nivo standardizacije. S obzirom na karakter sredstava i opreme integralnog transporta, koji po svojim karakteristikama u što većoj meri treba da odgovaraju potrebama međunarodne razmene, pri izradi akata tehničke regulative na nivou zemlje (standardi, tehnički normativi, norme kvaliteta proizvoda i usluga i drugih propisa predviđenih zakonom o standardizaciji) treba da se koriste, kao osnova, međunarodni ISO standardi, regionalni standardi EEZ (Evropska ekonomska zajednica), nacionalni standardi razvijenih zemalja, granski standardi pojedinih specijalizovanih sistema kao što su VJ, JŽ, PTT; interni standardi proizvođača, kao i domaća iskustva i rešenja.

U ovoj oblasti standardizacije u VJ najmanje je urađeno, jer se standardi kao nužnost javljaju tek nakon završetka materijalnog obezbeđenja svih faza osnovnih podistema integralnog transporta. Standardizacija u ovoj oblasti pruža mogućnost racionalnog iskorišćenja skladišnih, pretovarnih i transportnih kapaciteta VJ, uglavnom bez dodatnih ulaganja. Realizacija ovog značajnog posla je složena, jer skoro da nema odgovarajućih nacionalnih standarda, a zadatak zahteva uključenje stručnjaka raznih profila. U VJ, polazeći od Saobraćajne službe kao taktičkog nosioca razvoja integralnog transporta, snabdevačkih službi odgovornih za materijalna sredstva, Građevinske službe kao nosioca izgradnje infrastrukture, do korisnika u vidovima, rodovima i službama, broj kvalifikovanih ljudi za iz-

radu standarda integralnog transporta je skroman, a u Ministarstvu odbrane ih i nema. Rešenja se mogu tražiti objedinjavanjem snaga i uključivanjem instituta i sredstava iz društva kroz odgovarajuće zajedničke projekte.

## Zaključak

U VJ je pravovremeno sagledan značaj integralnog transporta u osavremenjavanju pozadinskog obezbeđenja i stvorena je odgovarajuća materijalna baza za funkcionisanje podistema paletizacije. Važan segment za dalji razvoj i racionalno korišćenje postojećih kapaciteta integralnog transporta jeste izrada standarda u svim oblastima sistema.

Polazeći od naučnih istraživanja i iskustava zemalja i armija, gde je integralni transport najrazvijeniji, kao osnovne oblasti standardizacije mogu se izdvojiti: pakovanje, tovarne jedinice, transportna sredstva i sredstva pretovara i organizacija sistema. Za ove oblasti dati su osnovni elementi i pravci rešavanja problema standardizacije u svetu, a koje, prema mogućnostima, preuzimaju nacionalni standardi.

Prihvatanjem i učešćem u izradi standarda integralnog transporta zemlje, kao i internih standarda, VJ omogućuje uklapanje svojih tereta, skladišnih, pretovarnih i transportnih kapaciteta u javne saobraćajne i transportne tokove zemlje i sveta.

## Literatura:

- [1] Dozet, S., Miladinović, V. i dr.: Saobraćajno obezbeđenje, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd 1988.
- [2] Saobraćajna uprava SSNO: Materijali, Beograd 1975—1990.
- [3] Jugoslovenska zajednica za paletizaciju: Racionalizacija manipulisanja i transporta materijalnih dobara u Jugoslovenskoj privredi primenom savremenih sistema paletizacije i kontejnerizacije, Beograd 1970.
- [4] Perišić, R.: Savremene tehnologije transporta I, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost JŽ, Beograd 1985.

- [5] Miladinović, V., Mitić, Z.: Transportno manipulative jedinice tereta, TŠC, Zagreb 1980.
- [6] Građevinska uprava SSNO: Projektovanje i gradnja skladišnih kompleksa i mogućnost primene tehnologije integralnog transporta, savetovanje, Kraljevo, 1987.
- [7] Saobraćajni fakultet: Osnovni problemi razvoja tehnologija integralnog transporta u Jugoslaviji, studija, Beograd, 1982.

### Uvod

Jedna od posledica okončanja hladnog rata je i opadanje interesa za tenkovsko naoružanje, dok manje snažna oklopna izviđačka vozila privlače sve veću pažnju. U novim okolnostima, sredstva za prikupljanje informacija o protivničkim snagama i aktivnostima na terenu postaju sve važnija, a oklopna izviđačka vozila sigurno su jedno od njih. Mnoge informacije mogu se dobiti i drugim sredstvima — od satelita do senzora postavljenih na zemlji. Međutim, pri izviđanju terena čovek je i dalje vrlo važan činilac, jer prikuplja informacije koje na drugi način ne mogu da se dobiju.

Za izviđanje terena danas se najčešće koriste visokopokretljiva vozila sa više točkova HMMWVs (High Mobility Multiwheeled Vehicles) i druga laka neoklopljena vozila, koja se mogu zaštititi dodavanjem oklopa na šasiju. Po oceni stručnjaka ovakva oklopna izviđačka vozila su vrlo efikasna, mada se znatno razlikuju po konstruktivnim karakteristikama i mogućnostima koje poseduju.

### Laka oklopna vozila

Mnoga oklopna izviđačka vozila jednostavnog su oblika, ali i vrlo efikasna u prikupljanju informacija vizuel-

nim osmatranjem. Dobar primer vrlo lakog oklopnog vozila korišćenog za izviđanje je Daimlerov četvorotočkaš FERRET SCOUT CAR, mase 4,4 t, sa posadom od dva člana, naoružan mitraljezom 7,62 mm montiranim na kupoli. Izrađeno je ukupno 4400 primeraka ovog vozila, uglavnom za britansku armiju, mada su korišćeni i u oko 20 drugih zemalja.

Vodeći primer vrlo lakog oklopnog izviđačkog vozila je VEHICLE BLINDE LEGER (VBL), koje proizvodi kompanija Panhard iz Francuske. Njegova masa je 3,5 t, a može da preveze 2—3 čoveka i mitraljez. Francuska armija je već dobila 584 vozila VBL, a postavljen je zahtev za još 220 dodatnih primeraka. Oko 100 takvih vozila bilo je angažovano u Bosni za potrebe francuskog kontingenta mirovnih snaga UN, gde su se pokazala vrlo korisnim. Neznatan broj vozila VBL isporučeno je Meksiku, Portugalu i nekim afričkim zemljama.

Vozila kao što su FERRET i VBL efikasna su u različitim zadacima, uključujući vezu i komunikacije, a njihove izviđačke mogućnosti ograničene su na dnevno vizuelno osmatranje što nije dovoljno. Istina, VBL se može opremiti osmatračkim radarom RASIT ili malom kupolom MOWAG sa IC kame-

rom. Međutim, od oklopnih izviđačkih vozila zahteva se da imaju univerzalniju osmatračku opremu.

### Senzorski kompleti

Od svakog izviđačkog vozila očekuje se da ima određene vrste senzora postavljene na uzdignutom postolju. To je demonstirano na maketi vozila ARGUS izrađenog u Nemačkoj kompaniji Wegman/MaK, koje je trenutno najlakše oklopno izviđačko vozilo (2,8 t), a moguće ga je transportovati helikopterom. Sa naoružanjem, opremom i tročlanom posadom ovo vozilo ima masu od 3,9 t. Njegov postojeći senzorski komplet sastoji se od televizijske CCD kamere visoke rezolucije, IC kamere i laserskog daljinomera na teleskopskom postolju koje se može podići 3 m iznad vozila.

Sličan senzorski komplet, montiran na teleskopskom postolju, ugrađen je u četvorotočkaš LVB koji je razvijen u Holandiji u kompaniji Daf Special Products, u saradnji sa kompanijom Wegman, kako bi se ispunili zajednički zahtevi holandske i nemačke armije za lakim oklopnim izviđačkim vozilom. Očekuje se isporuka 288, a kasnije još 164 vozila. Slično ARGUSU, vozilo LVB nema kupolu, ali je znatno veće i projektovano je da primi pet članova posade.

Senzorski kompleti na ARGUSU i LVB povećavaju osmatračke mogućnosti u odnosu na ranija izviđačka vozila. Međutim, oni još uvek nisu dovoljni za osmatranje u svim vremenskim uslovima, a uz primenu maskiranja na bojištu nije moguće ni vizuelno osmatranje. Da bi se savladala ova ograničenja senzorski kompleti se moraju pojačati dodavanjem radara koji radi u milimetarskom talasnom opsegu. Takođe, potrebno je dodati i akustičke senzore koji mogu da otkriju protivnička vozila ili helikoptere prikrivene prirodnim preprekama.

### Varijante borbenih izviđačkih vozila

Znatan broj oklopnih izviđačkih vozila naoružan je snažnim naoružanjem, i to od mitraljeza 14,5 mm i automatskih topova 20 mm do topova 90 mm, a u nekim varijantama i 105 mm. Ovo naoružanje se montira na vozila koja su, uglavnom, modifikacije guseničnih ili točkaških borbenih vozila pešadije, zbog toga što imaju veće mogućnosti podešavanja kupole nego oklopna izviđačka vozila. Dobar primer takvog vozila je izviđačka verzija točkaša PIRANHA 8x8 projektovanog u švajcarskom MOWAG i licencno proizvedenog u kompaniji General Motors iz Kanade, pod nazivom LAV. To je vozilo mase 12,8 t, opremljeno kupolom za dva člana, u kojoj je, s jedne strane, montiran top 25 mm M242 i spregnuti mitraljez 7,62 mm M240. Na drugoj strani kupole postavljen je lanser protivtenkovskih vođenih raketa TOW. Bez raketa TOW, vozilo LAV može, pored posade u kupoli i vozača, da primi još 4—6 članova u zadnjem delu. Alternativno, zadnji deo može da se koristi za smeštaj konzole i ekrana sistema za osmatranje, zajedno sa operatorom. To je slučaj sa vozilom LAV-Recce koje je razvijeno po zahtevima kanadske armije. Osmatrački sistem na ovom izviđačkom vozilu proizveden je u kompaniji Computing Devices Canada. Zajedno sa radarom Thorn EMI Doppler kao i IC kamerom, televizijskom CCD kamerom i laserskim daljinomerom sistem je postavljen na teleskopskom postolju koje se može okretati na visini 10 metara iznad vozila.

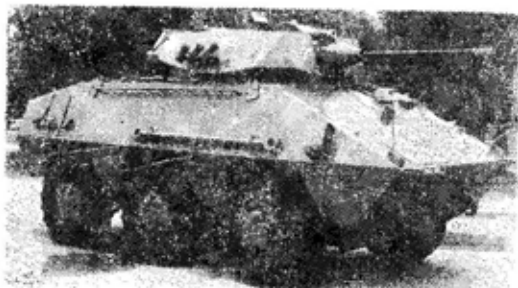
Drugi primer izviđačkog vozila zasnovanog na oklopnom transporteru, jeste ARSV 30, izrađeno u Austriji u kompaniji Steyer-Daimler-Puch na bazi vozila PANDUR 6x6. Kod tog vozila zadnji deo je opremljen kupolom za dva člana posade (Steyer SP/300), u koju je kao osnovno naoružanje montiran top 30 mm MAUSER F.





Sl. 1 — Vozilo ARSV 30 naoružano topom 30 mm MAUSER na šasiji PANDUR 6x6

Špansko izviđačko vozilo VEC slično je oklopnom transporteru BMR-600 6x6, osim što mu je šasija modifikovana i adaptirana za izviđačke potrebe, a pogonski deo premešten iz prednjeg u zadnji deo tela. Njegova kupola OTO-Melara T25 licencno je izrađena u Španiji, sa topom 25 mm M242.



Sl. 2 — Špansko vozilo ENASA VEC 6x6

Oklopna izviđačka vozila zasnovana na guseničnom vozilu su američki CFV (Cavalry Fighting Vehicle M3) i ruski BMP-3 (Model 501). Vozilo CFV M3 je projektovano kao borbeno vozilo pešadije Bradley IFV (Infantry Fighting Vehicle), sa razlikama koje se odnose na veliki prostor za transport i mogućnost prevoženja dva umesto 6 ili 7 članova posade u zadnjem delu. Inače, vozilo CFV M3 je gotovo identično modelu IFV M2. Ono ima istu kupolu sa topom 25 mm M242, spregnuti mitraljez 7,62 mm i dvocevni lanser

protivtenkovskih vođenih raketa TOW. Novo rusko izviđačko vozilo BRM razlikuje se od borbenog vozila pešadije BMP-3 po tome što nema top 100 mm i lanser 2A70 i što može da primi tri umesto 7 ljudi, pored dva stalna člana posade i vozača. Na vozilu je zadržan top 30 mm 2A42, a opremljeno je i radarom za osmatranje bojišta koji se nalazi na teleskopskom postolju, kao i opremom za noćno osmatranje i laserskim daljinomerom.

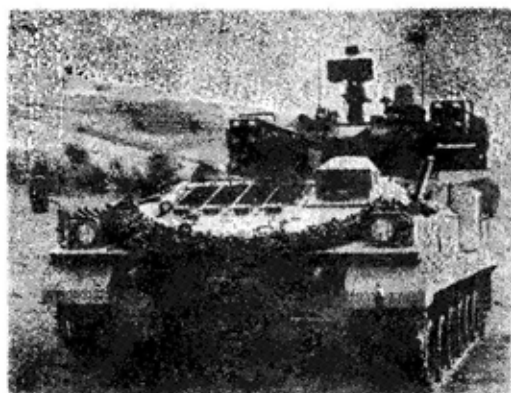
Upotreba borbenih vozila pešadije, modifikovanih u većoj ili manjoj meri u oklopna izviđačka vozila, uticala je na cenu njihovog razvoja, koja nije optimalna. To se posebno odnosi na oklopna izviđačka vozila koja su veća nego što bi trebalo da budu, a što ih čini upadljivijim i težim nego što je potrebno u odnosu na njihovu oklopnu zaštitu.

Da su takva vozila predimenzionirana jasno pokazuje broj ljudi koje, pored posade, mogu da povezu. Izuzetak je vozilo LVB koje je, pre nego što mu je dodeljena uloga izviđačkog vozila, izrađeno kao višenamenski transporter (MPC — Multi Purpose Carrier). Osim toga, pre nego što je u njegov projekat uključena Holandija, u Nemačkoj je to vozilo razvijeno kao lako izviđačko sa posadom od tri člana.

Drugi izuzetak je vozilo FSV (Future Scout Vehicle) koje razvija američka armija. Cilj je da se ono prilagodi za četiri člana posade, s tim da jedan član treba da bude izviđač koji će osmatrati, a drugi član može da obavlja ostale aktivnosti u vozilu ili van njega.

Mogućnosti oklopnih izviđačkih vozila sa posadom od dva člana ispitivane su 1992. godine u britanskoj armiji sa eksperimentalnim vozilom VERDI-2, zasnovanom na borbenom vozilu pešadije Warrior, kao deo programa Vehicle Electronics Research Defence Initiative. Argumenti za smanjenje broja čla-

nova posade izviđačkog vozila na dva člana podrazumevaju i smanjenje njegove unutrašnje zapremine i ukupnih dimenzija.



Sl. 3 — Britanski koncept VERDI-2

Posade skoro svih oklopnih izviđačkih vozila, projektovanih u današnje vreme, sastoje se od tri člana. Činjenica je da su, pored vozača, dva člana potrebna i dovoljna za efikasan rad sa naoružanjem ugrađenim u kupolu, vizuelno osmatranje i komuniciranje putem radio-veze.

### Topovsko naoružanje na izviđačkim vozilima

Predvidevši potrebu za topovima većih protivtenkovskih mogućnosti, francuska armija je sedamdesetih godina odlučila da svoja izviđačka vozila AMX10RC opremi topovima 105 mm F2. Mada su ova vozila ostala u upotrebi u lakim oklopnim pukovima, moguća je zamena stare varijante topa novom verzijom 105 mm G2, koji je već ugrađen u eksperimentalni model. Top G2 je tenkovski top koji koristi i AP-FSDS (Armour Piercing Fin Stabilized Discharging Sabot — potkalibarni projektil stabilisan krilcima) projektele.

Ovaj top ugrađen je na nekoliko teških izviđačkih vozila, što pokazuje da se može montirati i na mnogo lakša vozila nego što su tenkovi. Prvo izviđač-

ko vozilo na koje je ugrađeno tako moćno naoružanje je točkaš CENTAURO 8x8, mase 24 t, proizveden u firmi IVECO za italijansku armiju. Druga vozila točkaši sa topovima 105 mm još uvek su u fazi prototipa. To su, na primer, verzije vozila ROOIKAT 8x8 mase 24 t, izrađene u kompaniji Reumech — OMC iz Južne Afrike, i PIRANHA 10x10, izrađena u švajcarskoj firmi MOWAG.



Sl. 4 — Vozilo MOWAG PIRANHA 10x10 sa topom 105 mm

Malotrzajući impulsni tenkovski topovi 105 mm ugrađuju se i na laka izviđačka vozila, ali je samo jedno od njih do sada uvedeno u operativnu upotrebu. To je STINGRAY 106, mase 21 t, izrađeno u SAD i Tajlandu u periodu od 1988. do 1990. godine. Takođe, i oklopni sistem XM8, mase od 18 do 23 t, proizveden u kompaniji United Defence u SAD, naoružan je topom 105 mm.

Između oklopnog sistema XM8 i svih ostalih vozila sa topovima 105 mm postoji znatna razlika, jer on ima ugrađen automatski sistem za punjenje i posadu od samo tri člana, dok su ostala vozila zadržala tradicionalnu četvoročlanu posadu. Međutim, i vozilo točkaš Cadillac Gage Light Armoured Vehicle — Assault Gun ili LAV — 105, naoružano topom 105 mm, opremljeno je, takođe, automatskim sistemom punjenja i ima tročlanu posadu. Njegova masa iznosi 13,8 t, što pokazuje da i izviđačka vozila sa tenkovskim topovima 105 mm mogu imati manju ma-

su (dužina trzanja je od 280 mm do 305 mm).

Alternativa u opremanju oklopnih izviđačkih jedinica jeste da se snabdeju bolje naoružanim, raznovrsnijim vozilima, sposobnim da se koriste za osmatranje i druge zadatke. Mnoga vozila te vrste već su izrađena. Mada ona imaju teže naoružanje, donedavno su njihove mogućnosti bile skoro potpuno ograničene na vizuelno osmatranje.

Jedno od namenski izrađenih oklopnih izviđačkih vozila jeste ALVIS SCIMITAR, čiji top 30 mm RARDEN omogućava da se efikasno suprotstavi ostalim lakooklopljenim vozilima. U stvari, topovi 30 mm kao RARDEN ili MAUSER F, sa APDS (Armour Piercing Discharging Sabot — potkalibarnom) municijom probijaju čelični oklop debljine 60 mm na daljini od 1000 m, što je više nego dovoljno da se uništi čeloni oklop većine lakih oklopnih vozila.

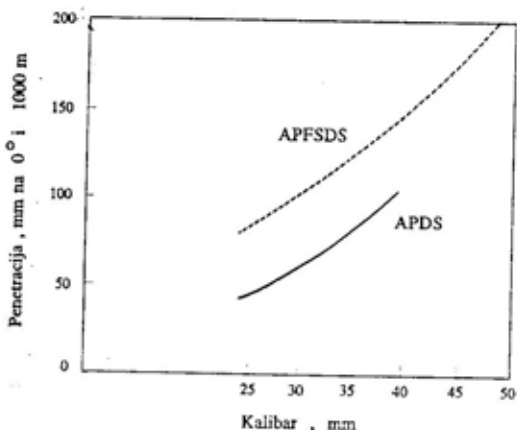
Gotovo isti stepen penetracije oklopa može se ostvariti topom 25 mm OERLIKON koji je ugrađen u nekoliko lakih oklopnih vozila. Njegova visoka efikasnost potvrđena je tokom rata u Zalivu (1990—1991. godine).

Zaštita lakih oklopnih vozila nedavno je povećana i vodi ka zahtevu veće penetracije oklopa u odnosu na onu koja se postiže sa APDS municijom iz topova 25 mm i 30 mm. Kao što je prikazano na slici 5, znatno povećanje

penetracije može se postići i bez povećanja kalibra, ali promenom municije od APDS ka APFSDS. Topovi 25 mm i 30 mm biće sposobni da probiju 90—110 mm oklopa na daljini od 1000 m pri normalnom udaru sa APFSDS municijom.

Za budućnost izviđačkih vozila vrlo je značajan top 35 mm. Procenjujući zrno OERLIKON PFD060, APFSDS municija tog kalibra moći će da probije 120 mm oklopa na daljini od 1000 m. Međutim, za buduća izviđačka vozila usvojiće se još veći kalibri topova. Jedan od njih je top 45 mm M911, koji je razvila kompanija GIAT u Francuskoj u saradnji sa britanskom firmom Royal Ordnance, a drugi je nemački top 50 mm Rh503, firme Rheinmetall. Sa APFSDS municijom ti topovi će, očekuje se, moći da probiju oko 180—200 mm čeličnog oklopa na daljini od 1000 m.

Mada probojnost velikokalibarskih automatskih topova može povećati mogućnosti oklopnih izviđačkih vozila, njihova velika brzina gađanja ne predstavlja prednost zbog toga što ne mogu da ponesu mnogo municije. Osim toga, oklopna izviđačka vozila često ne mogu da koriste velike brzine gađanja sa potrebnim stepenom tačnosti zbog toga što dejstvuju iz pokreta. S druge strane, topovi 45 mm M911 i 50 mm Rh503 mogu se ograničiti na jedinačnu paljbu, i tada će biti efikasniji. Sposobnost da se efikasnije gađa jedinačnom paljbom topovima velikog kalibra sa relativno lakih vozila, demonstrirana je eksperimentalnom instalacijom ručno punjenog topa 60 mm, koji je u Izraelu razvila kompanija TAAS Industries, a u Italiji OTO-Melara. Njegovi APFSDS projektili mogli su da probiju oklop debljine 240 mm na daljini od 2000 m. Izraelski top bio je montiran na vučno oklopno vozilo M113, mase 12,5 t, a italijanski top na lakše oklopno vozilo FIAT — OTO MELARA 6616, 4x4, mase 8,2 t.



Sli. 5 — Povećanje probojnosti oklopa promenom vrste municije

Korišćenje topova velikog kalibra samo za jedinačnu paljbu biće limitira-

no količinom municije oklopnih izviđačkih vozila, koja će prisiljavati na preciznije gađanje. Sposobnost tačnijeg gađanja takođe je važna u konfliktima niskog intenziteta i mirovnim operacijama, gde ciljeve treba uništiti uz minimalne gubitke.

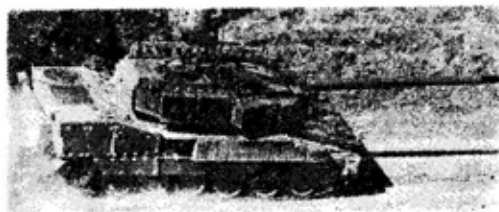
Oklopi budućih lakih oklopnih vozila, za čije uništenje su razvijeni topovi 45 mm i 50 mm, mogu se, takođe, probiti pomoću APFSDS projektila ispaljenih iz topova 90 mm koji su ugrađeni na mnoga oklopna vozila. Masa tih topova približna je masi topova 45 i 50 mm, a mogu se ugraditi na vozila kao što je PANHARD AML 5,5 t. Početna brzina njihovih APFSDS projektila znatno je manja, a zbog smanjene verovatnoće pogađanja pokretnih ciljeva čini ih neefikasnim u borbi protiv helikoptera. Takođe, u vozilo se može utovariti manje projektila zbog većeg kalibra, a pogodni su samo za manuelni način punjenja kojim se povećava broj članova posade i smanjuje brzina dejstva. Ipak, oni ostaju kao mogućnost oklopnim izviđačkim vozilima, posebno što mogu gađati, pored APFSDS projektilima i razornim, relativno teškim projektilima.

Pošto kumulativni projektili topova 90 mm nisu efikasni protiv čeonog oklopa tenkova, oklopne izviđačke jedinice moraju se okrenuti drugim oružjima za protivtenkovsku borbu. Ta oružja mogu biti lanseri protivtenkovskih vođenih raketa, ugrađeni na vozila naoružana topom, kao što je to LAV DELCO.

### Oklopna zaštita

Oklopna zaštita je osnovni problem svih izviđačkih vozila, a može se rešiti na više načina. Na primer, vozilo CFV M3 zaštićeno je od dejstva topa 30 mm, ali mu je masa povećana sa 22 t na gotovo 30 t. Sofisticirani oblik oklopa čini mogućim postizanje istog ni-

voa zaštite, u slučaju američkog oklopnog sistema XM8 uz povećanje mase za samo 2 t, odnosno oko 10%.



Sl. 6 — Oklopni sistem XM8 sa modularnim okloпом

Drugi oblici primenjenog oklopa, koji se sastoji od čvrstih ili perforiranih ploča od vrlo tvrdog čelika, čine mogućim da se podigne nivo zaštite lakim aluminijumom oklopljenim vozilima tako da štite od zrna 7,62 mm i 12,7 mm ili 14,5 mm AP, (Armour Piercing — pancirna) ispaljenih sa udaljenosti 100—200 m, uz povećanje mase vozila za 700—900 kg. Dalja poboljšanja mogu se ostvariti korišćenjem keramičkih obloga. Na primer, kombinacijom ploča od aluminijumoksida sa čeličnim osnovnim pločama dobija se oklop sposoban da zaustavi zrna 12,7 mm AP. Uz to, površinska gustina takvog oklopa ne razlikuje se mnogo od gustine homogenih valjanih čeličnih oklopa, koji štite od zrna 7,62 mm. To podrazumeva da se i relativno laka vozila mogu efikasno zaštititi od zrna 12,7 mm, koje je široko rasprostranjeno na mitraljezima kao i na novim snajperskim puškama.

Drugi tip oružja, na koje su oklopna izviđačka vozila posebno osetljiva, jesu oružja malog dometa, sa kumulativnim glavama, kao što je to dobro poznati RPG-7. Teža vozila mogu se efikasno zaštititi od njih eksplozivnim reaktivnim okloпом (ERA — Explosive Reactive Armour). Međutim, njego ugradnja nije jednostavna zbog potencijalnih oštećenja vozila koja mogu nastati pri aktiviranju kaseta ERA. Da

Osnovne karakteristike oklopnih izvidачkih vozila

Model	PANHARD VBL	ALVIS SCIMITAR	PANHARD ECR	SANTA BAR- BARA VEC	M3A2 CFV	ROOIKAT	CENTAURO
Posada (članova)	2-3	3	3	3-5	3-5	4	4
Borbena masa (kg)	3550	7800	8100	13750	29940	28000	24000
Dužina (m)	—	4,96	7,69	—	6,55	8,20	8,55
Širina (m)	2,02	2,24	2,50	2,50	3,28	2,90	3,05
Visina sa kupo- lom (m)	—	—	—	—	2,56	2,50	2,44
Visina bez kupo- le (m)	1,70	—	—	2,00	—	1,76	1,75
Klirens (m)	0,37	0,42	0,30	0,40	0,46	0,37	0,42
Pogon	4x4	gusenični	6x6	6x6	gusenični	8x8	8x8
Motor	dizel	benzinski	benzinski	dizel	dizel	dizel	dizel
Tip motora	4-cilindarski	6-cilindarski	V6	6-cilindarski	V8	V10	V6
Odnos snaga/ /masa (KS/t)	26,8	24,4	19,1	22,5	20,3	20,1	21,7
Maksimalna brzina po putu (km/h)	95	80	95	103	61	120	108
Akcioni radijus (km)	600	644	700	800	400	1000	800
Naoružanje:							
Osnovno, kali- bar (mm)	7,62 3000	30 165	90 20	25 170	25+lanser ra- keta TOW 1500+10 raketa	76 48	105 40
Spregnuto, ka- libar (mm)	Nema	7,62 3000	7,62 2000	7,62	7,62 4200	7,62 3600	7,62 6

bi se takva oštećenja sprečila moraju se ugraditi dodatne oklopne ploče iza kasete, zbog čega se povećava masa vozila. Primer ovakve zaštite demonstriran je postavljanjem sistema ERA, razvijenog u kompaniji Royal Ordnance, na italijansko vozilo CENTAURO.

Za laka izviđačka vozila ovakva zaštita nije praktična upravo zbog mogućih oštećenja osnovnog oklopa i povećanja mase vozila. Takođe, i primena višeslojnog oklopa sa inertnim međuslojem, koji se uspešno koristi na tenkovima, utiče na povećanje mase vozila. Čak i relativno laka vozila mogu da se opreme modulima višeslojnog oklopa sa lokalnim reaktivnim energetskim međuslojem koji prouzrokuje minimalna uzgredna oštećenja osnovnog oklopa. Takav oklop razvijen je u firmi SNPE u Francuskoj, a pružao je vozilu, čija je masa 11 t, zaštitu od projektila RPG-7, kao i od mitraljeznih zrna 14,5 mm AP ispaljenih sa udaljenosti od 100 m, uz povećanje mase vozila za 1 do 2 t.

## Hodni deo

Rešenje dileme »točkovi ili guseniце« zavisi od zahtevane ukupne mase oklopnog izviđačkog vozila. Jer, ukoliko se zahteva lakše vozilo, to će biti točkaš, a teže vozilo može biti gusenično. Dobro dizajnirana vozila sa više točkova mogu imati maksimalni pritisak na podlogu na nivou pritiska koji ostvaruju tenkovi. Rezultat je da takva vozila mogu uspešno dejstvovati na 85—90% najtežih vrsta zemljišta, kao što su npr. doline reka u centralnoj Evropi u zimskom periodu ili tropsko zemljište u sušnoj sezoni. Naravno, gusenična vozila iste mase mogu da ostvare manji pritisak na podlogu nego točkaši, i zbog toga su sposobna da dejstvuju i po mnogo težem zemljištu.

Najveća prednost točkaša u odnosu na gusenična vozila je njihova operativna mobilnost, što se manifestuje u mogućnosti kretanja preko velikih prostranstava duži period vremena bez

povećane potrošnje goriva i bez većeg zamora posade kao i manjim zahtevima u održavanju. Posledica toga je da su izviđačke jedinice opremljene vozilima točkašima mnogo mobilnije od tenkovskih i ostalih borbenih jedinica. Takva prednost nije karakteristika, na primer, oklopnih izviđačkih jedinica armije SAD koje su opremljene tenkovima M1A1 i guseničnim vozilima CFV M3. Nasuprot tome, značajna razlika u mobilnosti postoji kod oklopnih izviđačkih jedinica opremljenih vozilima točkašima, što im omogućava efikasnije izviđanje za potrebe borbenih formacija, posebno na srednjim i velikim daljinama. To je posebno važno u slučaju male gustine snaga na bojištu i disperzije borbenih jedinica.

Zbog manjih zahteva za održavanjem oklopna izviđačka vozila točkaši imaju i važne ekonomske prednosti nad guseničnim. Studije izrađene u kanadskoj armiji, američkim pomorsko-desantnim snagama i savetodavnoj grupi za industriju pri NATO, kao delu projekta višenamenskog osnovnog oklopnog vozila (MBAV), pokazuju da cena životnog veka oklopnog vozila točkaša iznosi 40—60% od cene životnog veka guseničnog vozila.

## Zaključak

Navedene činjenice ukazuju na to da ne postoji jednostavan odgovor na pitanje o budućnosti oklopnih izviđačkih vozila, pa se u pojedinim armijama isprobava niz opcija. Naime, postoji polarizacija stavova oko izbora točkaša ili guseničnih vozila, naoružavanja topom velikog kalibra (105 mm), primene savremenije i snažnije municije, smanjenja siluete, pojačane oklopne zaštite i sl., što je dovelo do različitih konstrukcija i savremenih tehnoloških rešenja u gotovo svim armijama.

Velika razlika ispoljava se i u konceptima, dizajnu, broju točkova, primenjenom naoružanju, stepenu i nači-

nu primene oklopne zaštite. Koji od modela će svojim karakteristikama zadovoljiti postavljene zahteve neće se uskoro znati, jer, prema raspoloživim podacima, nijedna zemlja ne ulazi u serijsku proizvodnju niti u razradu prototipa oklopnih izviđačkih vozila. Svaki od analiziranih modela, u najbo-

ljem slučaju, zadovoljava zahteve samo armije zemlje u kojoj se proizvodi. Ali, međunarodna kooperacija i konzorcijum kompanija udruženim snagama analiziraju stanje na vrlo specifičnom području primene tehničkih i tehnoloških dostignuća kakvo su i oklopna izviđačka vozila.

#### Literatura:

- [1] Armada International 1994, 1995, 1996.
- [2] Wehrtechnik 1995, 1996.
- [3] Soldat und technik, 1995, 1996.
- [4] International Defence Review, 1995, 1996.
- [5] Military Parade, 1996.
- [6] Defendory 94, 96, izložba nasoružanja i vojne opreme, Atina, (prospektni materijali).
- [7] Tehnika i vooruženje, 1995, 1996.
- [8] IDEX, International Defence Exhibition, Abu-Dabi, 1996.



## prikazi iz inostranih časopisa

### **INTELIGENTNI — VOĐENI ARTILJERIJSKI PROJEKTILI\***

Odeljenje za raketne sisteme američke firme »TI Systems« u saradnji sa firmom »Primex Technologies« razvilo je novi vođeni projektil kalibra 155 mm za zemaljsku artiljeriju, namenjen za dejstvo po različitim ciljevima na većoj udaljenosti i sa povećanom preciznošću.

Projektil je testiran u oktobru 1997. godine u Mornaričkom centru za opitovanje naoružanja na Kineskom jezeru u Kaliforniji. Tu su demonstrirane aerodinamičke i upravljačke karakteristike projektila sa repnim stabilizatorima u slobodnom letu.

Pri opitovanju prototipski projektil kalibra 155 mm ispaljen je sa visine od 7830 m sa aviona T-33 i izvršio seriju pre-programiranih manevara u potpuno kontrolisanom letu u poslednjih tridesetak sekundi leta.

Bili su to poslednji od niza testova koje je proizvođač izveo. Prethodni testovi obuhvatali su ispaljivanje prototipskog projektila iz etalonske cevi opremljene instrumentima za kontrolu zaptivenosti projektila u ležištu metka

\* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, 19 November 1997.

i validaciju oblika repnih stabilizatora. Od 8 ispaljenih projektila prilikom jednog testa 7 je potpuno ispunilo postavljene zahteve.

Od ovog projektila se zahteva da ima preciznost vođenih bombi i znatno veći domet od klasičnih artiljerijskih projektila. Maksimalni domet od oko 40 km postiže se pri ispaljenju iz cevi kalibra 155 mm i dužine 39 kalibara, dok se domet od oko 50 km postiže iz cevi dužine 52 kalibra. U operacijama koje nisu u klasičnom smislu ratne, zemaljska artiljerija sa tačkastom preciznošću dobija sve više na značaju, naročito zbog činjenice da su u političkom smislu civilne žrtve postale prihvatljive.

Ovaj projektil nema raketni pogon koji, naročito pri samom startu, oslobađa veliku količinu izlaznih gasova. Domet povećavaju četiri stabilizatora koji se razmotavaju u letu zajedno sa četiri upravljačka krilca na prednjem delu projektila.

Svi elementi za vođenje i upravljanje nalaze se u nosnom delu projektila. U slučaju potkalibarnog projektila, iza upravljačkog dela nalazi se rezervoar sa vrelim gasom koji u rejonu iznad cilja izbacuje usavršenu klasičnu municiju dvostruke namene (DPICM



— Dual-Purpose Improved Conventional Munitions). Tipična preciznost ovakvog projektila biće 20 m.

Navođenje projektila na cilj obavljaće uređaj sa zaštitom od ometanja, smešten u nosnom delu projektila, u čiji sastav ulazi sistem za globalno pozicioniranje i jedinica za inercijalno merenje i upravljanje.

Ovaj uređaj omogućavaće gađanje ciljeva koji se nalaze na suprotnim padinama uzvišenja, kao i ulaza u tunele koje mnoge zemlje koriste za svoje tajne komandne centre, spremišta hemijskog oružja i oružja za masovno uništenje.

Budući projektili kalibra 155 mm biće praktičniji zbog tehnoloških napredaka koji su se pojavili u poslednjih nekoliko godina. U pogledu cene biće jeftiniji, a procenjuje se da će mu cena biti 4 do 5 hiljada dolara po komadu, ne računajući korisni teret koji nosi i koji može biti različit u zavisnosti od namene.

U ovom trenutku SAD već koriste laserski navođeni projektil kalibra 155 mm COPERHEAD, a Rusija sličan projektil kalibra 152 mm KRASNOPOLJ.

Međutim, laserski vođeni projektili imaju ozbiljna operativna ograničenja: mali domet, zahtevaju izviđača koji mora da bude ispred linije samog projektila i da koristi laserski obeleživač u direktnoj nišanskoj liniji cilja.

Pored ovog projektila, ista firma ponudila je američkoj vojsci i projektil sa povećanim dometom XM982. Ponuda je dostavljena u avgustu 1997. godine, a isti proizvođač očekuje da će biti izabran za razvoj, projektovanje i proizvodnju početkom 1998. godine. Najverovatnije da će se razvijati tri verzije projektila XM982. Prva verzija će nositi 64 potkalibarna projektila XM80 sa samouništavajućim upaljačem, druga dva projektila za traženje i uništavanje oklopnih ciljeva (SADARM — Search and Destroy Armor Munitions) i treća jedinstveni penetrator za uništavanje utvrđenih ciljeva. Usavr-

šena klasična municija dvostruke namene trebalo bi da se pojavi u naredne četiri godine.

U taktičkom smislu upotreba ovakve municije, kao što je XM982, značiće pogađanje ciljeva u znatno kraćem vremenu i smanjen utrošak municije, što će se povoljno odraziti na logističke zahteve koji se postavljaju pred jedinice za snabdevanje municijom.

S druge strane, činjenica da vođeni projektili ne lete po balističkim putanjama znatno otežava zemaljskim radarsko-računarskim baterijama, koje prate njihovu putanju i na taj način lociraju i neutrališu artiljerijska oruđa, da ih otkriju.

M. Savanović

---

## BUDUĆNOST OKLOPNIH TRANSPORTERA\*

Od početka izvođenja borbenih dejstava sa učešćem oklopnih borbenih vozila, mehanizovana pešadija je stremila ka vozilu iz kojeg će moći efikasno da dejstvuje dok se ono kreće po bojištu. Poboljšana modernizovana borbeno vozilo pešadije, kao što su BMP 1 i 2, M2 BRADLEY, MARDER ili WARRIOR upravo su takva. Istovremeno, radi progresivnog uvođenja modernih borbenih vozila pešadije (BVP) potrebno je preispitati odluku o zadržavanju klasičnih oklopnih transportera u operativnoj upotrebi.

Posle Drugog svetskog rata u naoružanje pešadije uveden je zatvoreni oklopni transporter, koji je omogućavao veću zaštitu od lakog i malokalibarskog oružja i dejstva ubojne parčadi. Ta vozila pratila su osnovne bor-

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY TECHNOLOGY 3/97.

bene tenkove i kretala se u okviru njihovih formacija. Oklopni transporteri omogućili su znatno povećanje taktičke mobilnosti mehanizovanih jedinica, jer su bili sposobni da savladaju vodene prepreke gotovo bez bilo kakve pripreme.

Uvođenje **BVP MARDER** krajem sedamdesetih i **M2 BRADLEY** početkom osamdesetih godina, doprinelo je da snage pešadije NATO budu sposobne da vode borbu bez izlaska iz vozila. S druge strane, tadašnje sovjetske snage uvele su u naoružanje prva vozila serije **BMP** i **BMD** sredinom sedamdesetih godina. Moglo se očekivati da će se oklopni transporteri skromnijih mogućnosti zameniti borbenim vozilima pešadije.

Međutim, **BVP** su mnogo skuplja, a promene u svetskom stratezijskom okruženju dovele su do evolucije početnih shvatanja. Postalo je jasno da čak ni bolje opremljene armije nisu u mogućnosti da izvrše potpunu zamenu oklopnih transportera borbenim vozilima pešadije. Prema tome, mada postoji način da se prva linija mehanizovanih jedinica pešadije opremi borbenim vozilima pešadije, oklopni transporteri će se nesumnjivo zadržati u upotrebi još mnogo godina.

Usled sve češćih multinacionalnih mirovnih i humanitarnih operacija javili su se novi zahtevi i potrebe, koji se mogu definisati kao mogućnost da se ostvari vojno prisustvo u regionima konfrontacije i obezbedi određeni oblik odvratanja i istovremeno izvršavaju humanitarni zadaci. To ukazuje na potrebu adaptacije oklopne i mehanizovane tehnike za primenu u tim uslovima.

Bez obzira na sadašnju važnost učešća u mirovnim operacijama UN, skoro je nezamislivo, za većinu armija, da za te potrebe razmatraju razvoj ili nabavku **BVP**.

U teškom operativnom okruženju, kao što je Bosna, oklopni transporteri točkaši, kao što su španski **BMR**, ne-

mački **FUCHS**, kanadski **LAV** ili ruski **BTR** demonstrirali su svoje mogućnosti, iskazujući i brojne slabosti koje se tiču mobilnosti i zaštite.

Široke mogućnosti upotrebe klasičnog američkog oklopnog transportera **M113**, čije se verzije i varijante koriste u mnogim armijama, donele su mu određene prednosti u mirovnim operacijama nad **BVP M2 BRADLEY**. Ovaj oklopni transporter omogućava skoro optimalnu soluciju: kao gusenično vozilo pruža bolju zaštitu i veću mobilnost u odnosu na točkaše oklopne transportere, dok se po putu kreće sporije. **M113** je uveden u naoružanje davne 1960. godine, a više od 80 000 vozila nalazi se još uvek u upotrebi većine armija NATO i mnogih drugih snaga širom sveta. Verovatno je da se za mnogo godina unapred neće pronaći adekvatna zamena za njega, što predstavlja vrlo atraktivan potencijal programima za nadogradnju i modernizaciju. Zbog svega ovoga oklopni transporter **M113** ostaće u upotrebi u mnogim armijama i u narednom veku. To će, naravno, podrazumevati i neophodne brojne aktivnosti održavanja, koje će biti progresivnije što su vozila starija. U toj situaciji, potpuna modernizacija i programi nadogradnje zahtevaće veća dopunska sredstva, ali će garantovati kontinualnu operativnu efikasnost.

Mada postoje različite solucije modernizacije ili usavršavanja **M113**, one samo omogućavaju da se postojeći oklopni transporteri optimiziraju za operacije niskog intenziteta. Dva takva programa, jedan u SAD a drugi u Nemačkoj, pružaju atraktivnu analizu mogućnosti ovakvih aktivnosti.

### *Nemački pristup*

Bundesver je razvio oklopni transporter **M113** u osnovnoj konfiguraciji kao i mnoge druge varijante. Danas je oko 3800 ovih vozila u upotrebi u mnogim rodovima i službama nemačke armije: pešadiji, oklopno-mehani-

zovanim jedinicama, artiljeriji, inženjeriji, logistici, snagama javljanja i obaveštavanja, medicinskoj i tehničkoj službi — a biće u upotrebi i narednih 15 godina.

Kao posebnu karakteristiku, svi nemački transporteri M113 imaju odvođe za isticanje gasova Wegman (oni su standardni za sva nemačka oklopna borbena vozila) i originalni teški mitraljez 12,7 mm M3 GPMG. Rezultujući M113 G grubo korespondira sa osnovnim verzijama A1 i A2, mada ga promene u izgledu razlikuju od vozila u SAD.

Program produženja upotrebe nemačkih oklopnih transportera M113 još nije lansiran, ali je potpisan inicijalni predugovor za konverziju 300 primeraka u 1997. godini. Najznačajnije karakteristike programa su:

— novi dizel motor MTU 6V 183 TC22,

— novi automatski menjač ZF LSG 1000,

— novi hidraulički kočioni i upravljački sistem.

Motor MTU zasnovan je na modelu Mercedes Benz OM441, koji je korišćen u komercijalnom sektoru (preko 500.000 komada). Varijanta tog motora za izviđačko vozilo LUCHS APC sa šestocilindričnim motorom V90 snage 220 kW, ima manju potrošnju goriva nego verzije A1 i A2, ali ne i manju od verzije A3.

Novi kočioni sistem uvodi se zbog poštovanja evropskih normi za saobraćaj vozila mase preko 15 t na putevima i u urbanim sredinama. Neka poboljšanja primenjena su i u sistemu elastičnog oslanjanja.

Nemački program modifikacije sigurno će dovesti do vrlo pouzdanih i efikasnih vozila. Dodatna poboljšanja

mogu povećati cenu, posebno ako se ugrađuje dopunski oklop, NHB zaštita i specijalna kupola za jednog člana, naoružana mitraljezom 12,7 mm.

### *Američka alternativa*

Armija SAD ima oko 80.000 oklopnih transportera M113. Bez obzira na uvođenje u naoružanje BVP M2 i M3 BRADLEY, M113 nije odbačen i programi potpune modernizacije i nadogradnje još postoje. Varijanta M113 A3 predstavlja važan korak napred i postavlja ovaj transporter u isti operativni nivo kao što ga imaju mnogo modernija oklopna borbena vozila (ABRAMS ili BRADLEY).

Program modernizacije planiran je posle identifikacije nekih problema upotrebe u Zalivskom ratu, koji, uglavnom, uključuju mobilnost, zaštitu i borbene aspekte.

Mobilnost se izvodi u okviru programa RISE (Reliability Improvements for Selected Equipment), koji uključuje novi pogonski agregat sa motorom i automatskom transmisijom, novi kočioni i upravljački sistem, punjenje rezervoara spolja i poboljšani električni sistem. Zaštita je povećana dodavanjem unutrašnjih obloga kao i spoljnih ploča postavljenih sa čela, sa strane i pozadi, ostvarujući na taj način efikasniju zaštitu.

Dodatni paneli oklopa postavljeni su tako da štite komandira kada on koristi mitraljez MG 12,7 mm. Sposobnost za borbu povećana je jednostavnim povećanjem zapremine prostora za posadu relokacijom rezervoara za gorivo, čime se smanjuje i mogućnost požara. Zahvaljujući programima modernizacije, armija SAD planira da zadrži oko 20.000 vozila M113 u svim postojećim varijantama sve do 2010. godine.

V. Radić

## BORBENA VOZILA PEŠADIJE\*

U početnom periodu razvoja, do Drugog svetskog rata, laka gusenična vozila predstavljala su osnovnu oklopnu snagu većine zemalja, a najčešće su se koristili laki tenkovi.

U prvim borbama Drugog svetskog rata, u uslovima masovne protivtenkovske odbrane, pokazalo se da laki tenkovi imaju niz nedostataka koji su se, pre svega, ogledali u lošoj pokretljivosti i slabom naoružanju. Zbog toga su se, umesto njih, u svojstvu osnovne udarne snage, pojavili srednji — osnovni tenkovi sa povišenom oklopnom zaštitom i vatrenom moći. Istovremeno, ratna dejstva su pokazala da je za ostvarenje pobeđe neophodno tesno sadejstvo pešadije i tenkova. Pri tome zadatak pešadije je bio uništavanje i neutralisanje protivtenkovskih sredstava za blisku borbu. Međutim, slaba pokretljivost pešadije neizbežno je dovodila do njenog zaostajanja za brzopokretnim tenkovskim jedinicama. Nastojanje da se izbegne navedena protivrečnost dovelo je do razvoja nove vrste oklopnih vozila — lakih oklopnih transportera (BTR). Njihov osnovni zadatak i namena bilo je prevoz ljudstva. Ova vozila imala su slabu oklopnu zaštitu, a od naoružanja samo mitraljeze, pa nisu bila pogodna za podršku pešadije u borbi.

Pojavom oružja za masovno uništavanje (NHB) postavilo se pitanje odgovarajuće zaštite ljudstva, a povećan je i značaj visoke pokretljivosti pešadije i njenog sadejstva sa tenkovskim jedinicama.

U to vreme postojeći oklopni transporteri (BTR) uspešno su izvršavali zadatke transporta ljudstva, ali nisu mogli da obezbede izvršenje osnovnog zadatka koji se od njih tražio, a to je borbena podrška pešadije i njena zaštita od oružja za masovno uništavanje. Da bi se to prevazišlo, bilo je po-

trebno da se stvori novo borbeno sredstvo koje će dobiti naziv borbeno vozilo pešadije (ruska oznaka BMP). Njegove karakteristike trebalo je da omogućе pešadiji vođenje borbe iz vozila kada je ono u pokretu, kao i u borbenom stroju izvan vozila, uz vatrenu podršku oružja samog vozila.

Motorizovane jedinice, opremljene takvim vozilima, dobile bi potrebnu pokretljivost, mobilnost u dejstvu, povećanu vatrenu moć i značajnu žilavost u širokom dijapazonu borbenih dejstava. Takođe, dobile bi mogućnost uspešnog rešavanja borbenih zadataka u savremenom boju, i to, pre svega, u sadejstvu sa tenkovskim jedinicama, a i samostalno.

U skladu sa zadatom koncepcijom, u Rusiji je 1962. godine počeo rad na razvoju BMP, tako da je na kraju predloženo 17 varijanti konstrukcijskih rešenja. U periodu 1963 — 1964. godine proizvedeno je šest probnih uzoraka, od kojih su dva bila u verziji guseničara, dva točkaši i dva kombinacija točkaš-guseničar. Nakon ispitivanja probnih primeraka i proučavanja rezultata ispitivanja, 1966. godine u naoružanje je uvedeno novo borbeno vozilo, oznake BMP-1, kao prvi predstavnik nove klase borbenih guseničnih vozila u svetu.

Posadu BMP-1 čini 10 članova, i to: komandir, nišandžija, vozač-mehaničar i sedam vojnika-strelaca. Vozilo mase 13 t ima originalnu konstrukciju. U prednjem delu oklopnog tela smešteno je motorno-transmisiono odeljenje sa šestocilindričnim motorom snage 220 kW (300 KS). Transmisija se sastoji od glavnog kvačila, petostepenog menjača, dva planetarna mehanizma za upravljanje i dva bočna reduktora. Hodni deo ima po šest potpornih točkova sa svake strane i gusenice sa gumeno-metalnim člancima. U srednjem delu tela smešteno je borbeno, a u zadnjem desantno odeljenje. Ulaz i izlaz posade predviđen je kroz vrata na zadnjem delu oklopnog tela i kroz otvor na kupoli.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE 2/1997.

U borbenom odjeljenju, tj. kupoli, ugrađen je top kalibra 73 mm, mehanizam — automat za punjenje, kapaciteta 40 metaka, i spregnuti mitraljez 7,62 mm sa borbenim kompletom od 2000 metaka. Takođe, ugrađen je i lanser PT rakete MALJUTKA koja je namenjena za uništavanje oklopnih ciljeva na daljinama do 3000 m. Borbeni komplet čini četiri rakete po vozilu. BMP-1 raspolaže sa osam otvora-puškarnica za dejstvo iz streljačkog oružja, od kojih se po tri nalaze na bočnim stranama, a po jedna na prednjem i zadnjem delu vozila. Prednja ploča obezbeđuje zaštitu od zrna kalibra 23 mm sa daljine od 500 m, a bočne ploče od zrna 7,62 mm sa daljine od 75 mm. U vozilu se nalazi i ugrađena oprema za NHB i protivpožarnu zaštitu.

Vozilo BMP-1 je za to vreme imalo vrlo visoku pokretljivost, maksimalnu brzinu kretanja 65 km/h i akcioni radijus do 600 km. Zbog dobrih manevarskih sposobnosti i prohodnosti imalo je preimućstvo nad, u to vreme, osnovnim tenkom za oko 20%. Zahvaljujući dobroj plovnosti, vozilo BMP-1 pomoću gusenica savlađuje vodene prepreke iz pokreta brzinom oko 7 km/h.

U drugim armijama borbena vozila pešadije počela su da se pojavljuju tek nakon četiri godine od pojave BMP-1. Prva takva vozila pojavila su se u Nemačkoj 1970. godine pod nazivom MARDER a u Francuskoj 1972. godine kao AMX-10R.

Vozilo BMP-1 serijski se proizvodilo od 1966. do 1982. godine. Bilo je u naoružanju sovjetske armije, armijama zemalja Varšavskog ugovora, kao i u nizu drugih armija. Koristilo se u ratnim dejstvima na Bliskom istoku i u Avganistanu.

Na osnovi vozila BMP-1 proizvedeno je više vrsta specijalnih oklopnih vozila, kao što su:

— BMP-1P, sa povišenom vatrenom moći na račun ugradnje sistema PT rakete KONKURS umesto PT rakete MALJUTKA;

— BMP-1PG, sa dopunskom ugradnjom bacača bombi AGS-17 na kupoli;

— BMP-1K, komandno vozilo, opremljeno sa tri radna mesta za oficire, radio-stanicom R-111 i žiropolukompasom GPK-59;

— BMP-1KŠ, komandno-štabno vozilo, opremljeno, umesto topa i spregnutog mitraljeza, teleskopskom antenom na kupoli, navigacionom aparaturom TNA-3, radio-telefonskim i telegrafskim sredstvima veze, elektroagregatom i drugim sredstvima;

— BRM-1K, borbeno izviđačko vozilo, opremljeno radarom 133-1, laserskim daljinomerom DKRM-1, prijemnikom-pelengatorom ERRS-1, minoistraživačem IMP-1, navigacionim aparaturom TNA-3 i 1G11N, kompletom sredstava veze (R-123M, R-148, R-130M) i kompletom pribora za osmatranje i izviđanje;

— BREM-2, oklopno vozilo za remont i izvlačenje, opremljeno sa čekrom za izvlačenje sa opterećenjem do 6,5 t, i kranom nosivosti do 1,5 t;

— PRP-3 i PRP-4 (PRP-4M), pokretni izviđački punktovi.

U toku upotrebe BMP-1 u borbenim dejstvima, došli su do izražaja neki nedostaci koji su se ogledali, pre svega, u ograničenju mogućnosti uništavanja žive sile i neoklopljenih sredstava. Praktično, samo je PT raketa MALJUTKA bila efikasno protivtenkovsko sredstvo. Top kalibra 73 mm, koji je u početku raspolagao samo sa kumulativnim aktivno-reaktivnim projektilom, po preciznosti i daljini gađanja pokazao se neefikasnim za borbu protiv savremenih tenkova. Efikasnost uništavanja lakih oklopnih vozila, pre svega iz iste klase, žive sile i neoklopljenih sredstava topom kalibra 73 mm nije bila zadovoljavajuća. Razlog tome bila je mala brzina gađanja i neodgovarajuće balističke karakteristike topa, bez obzira na karakteristike samog projektila. Takođe, sis-

tem naoružanja BMP-1 nije obezbedivao odbranu od napada iz vazdušnog prostora.

Radi otklanjanja navedenih nedostataka, sedamdesetih godina otpočeti su radovi na modernizaciji BMP-1.

Tih godina ruska koncepcija BMP nije pretrpela neke značajnije izmene. U stvari, izmena je bila u tome što se tražilo da vozilo bude ploveće, visokopokretno i da je u stanju da obezbedi pešadiji mogućnost širokog manevra i zaštitu od streljačkog oružja i oružja za masovno uništavanje. Naoružanje je trebalo da obezbedi uništavanje lakih oklopnih vozila iste klase kao BMP, živu silu naoružanu PT oružjem, neoklopljena sredstva, kao i da odbije napade tenkova i napade iz vazdušnog prostora. Mogućnost osmatranja i gađanja iz osnovnog oružja BVP trebalo je obezbediti sa mesta nišandžije i komandira. Takođe, bilo je potrebno obezbediti i mogućnost gađanja u prednjem sektoru — ispred vozila u toku kretanja.

U skladu sa navedenom koncepcijom, osnovni zadatak za novi BMP bio je da se obezbedi novo borbeno odeljenje sa dva mesta, da se opremi automatskim topom 30 mm, stabilizovanim u dve ravni, borbenim kompletom od 500 metaka nanimanim u dva redenika sa po 340 i 160 metaka. Sistem za upravljanje vatrom uključivao je i nišane za komandira i nišandžiju i to sa zavisnom stabilizacijom polja vida. Takođe, sistem je obezbeđivao i gađanje ciljeva u vazdušnom prostoru. Podrazumevalo se i opremanje BMP protivtenkovskim vođenim raketama druge generacije. Istovremeno, poboljšane su karakteristike pribora za noćno osmatranje i nišanjenje, čime je povećana mogućnost osmatranja noću do 800 metara daljine.

Nakon ispitivanja širokih razmera, koja su završena u toku 1979. godine, počela je serijska proizvodnja BMP-2. Opšta konfiguracija vozila, njegova šasija i oklopna zaštita analogna

je kao kod BMP-1. Međutim, masa BMP-2 je povećana za 0,8 t i iznosi 13,8 t, čime je znatno pogoršana plovnost i pokretljivost. Radi očuvanja plovnosti, na telu vozila ugrađena su krila punjena poliuretanom, a zbog povećanja pokretljivosti gusenični sklop je opremljen hidrauličnim amortizerima. Povećanje mase vozila neznatno je uticalo na smanjenje maksimalne brzine kretanja akcionog radijusa. Maksimalna brzina iznosila je 62 km/h, a akcioni radijus do 550 km.

Vozilo BMP-2 bilo je namenjeno za opremanje motorizovanih i tenkovskih jedinica KoV, a korišćeno je u borbama u Avganistanu. Borbena upotreba ukazala je na neophodnost ojačanja bočnih strana vozila. Zbog toga je 1981. godine izvršena modifikacija — BMP-2D, koja je, radi poboljšanja zaštite posade i pešadije koja se prevozi, obuhvatila ugradnju čelične bočne zaštite i oklopne ploče ispod sedišta komandira i vozača. Zbog toga je masa vozila povećana na 14,5 t, pa je ono izgubilo plovnost. Istovremeno, definisani su borbeni zadaci koje mora da rešava savremeno borbeno vozilo pešadije, kao što je:

— efikasno uništavanje i neutralisanje žive sile na otvorenom prostoru i u zaklonu, i to PT vođenim raketama i PT minama iz ručnih bacača na daljinama do 4000 m u svim uslovima vođenja borbe, pa i u situaciji gađanja preko sopstvene pešadije koja se kreće ispred vozila;

— efikasno uništavanje tenkova i drugih oklopnih ciljeva tipa BMP i BTR na daljinama do 2000 m;

— uništavanje ciljeva u vazdušnom prostoru — aviona i helikoptera na visinama do 200 m i kosoj udaljenosti do 2500 m.

U okviru usvojene koncepcije navedeni zadaci nisu mogli da se reše daljom modernizacijom BMP-2. Zbog toga je osamdesetih godina započet rad na stvaranju nove generacije vozila, koje bi po svojoj efikasnosti morale

da prevaziđe sva dotadašnja vozila iste klase, uključujući i njihove moguće modernizacije.

Novo borbeno vozilo pešadije BMP-3, uvedeno je u naoružanje ruske armije 1987. godine. Njegova masa, sa punim borbenim kompletom, iznosi 18,7 tona sa mogućnošću prevoza 10 boraca. Opšta konfiguracija BMP-3 radikalno se razlikuje od BMP-1 i BMP-2. U prednjem delu vozila je mesto za vozača (u sredini) i dva mesta za mitraljesce. U srednjem delu smešteno je borbeno odeljenje, a iza njega prostor za pet članova posade. Ulaz i izlaz predviđen je na zadnjem delu vozila.

Osnovu borbenog odeljenja čini kupola za dva člana posade — komandira i nišandžiju. U kupoli je ugrađen top 100 mm, za gađanje trenutno-fugasnom municijom i lansiranje vođenih raketa, zatim automatski top 30 mm i spregnuti mitraljez 7,62 mm. Ovakav sistem naoružanja omogućavao je rešavanje širokog dijapazona borbenih zadataka. Sistem naoružanja u borbenom odeljenju stabilizovan je u dve ravni pomoću elektromehaničkog stabilizatora. U prednjem delu vozila ugrađena su još dva mitraljeza.

BMP-3 je prvo borbeno vozilo pešadije na kojem je ugrađen automatizovani sistem za upravljanje vatrom, koji se sastoji od laserskog daljinomera, digitalnog balističkog računara, nišana sa ogledalom stabilizovanim u dve ravni i sistema za upravljanje vođenim raketama pomoću laserskog zraka. Nišan je namenjen za gađanje zemaljskih ciljeva u dnevnim i noćnim uslovima. Za gađanje ciljeva u vazdušnom prostoru postoji specijalni nišan koji se, po potrebi, može dublirati glavnim nišanom topa. Na mesto komandira ugrađen je dnevni nišan za gađanje ciljeva na zemlji i u vazdušnom prostoru i pribor za osmatranje. Sistem za upravljanje vatrom obezbeđuje uočavanje ciljeva i dubliranje va-

tre (osim za PT vodene rakete) sa mesta komandira. Karakteristična osobina sistema za upravljanje vatrom je mogućnost gađanja PT raketama iz pokreta.

Borbeni komplet topa 100 mm iznosi 40 metaka, od kojih su 22 u mehanizmu-automatu za punjenje, a 18 u posebnim ležištima. U istom prostoru smešteno je i 8 protivtenkovskih vođenih raketa. Borbeni komplet automatskog topa 30 mm iznosi 500 metaka, a za svaki mitraljez po 2000 metaka. Vozilo BMP-3 raspolaže sa pet puškarnica, po dve na bočnim stranama i jednom na zadnjim vratima.

Oklop vozila izrađen je od aluminijumske legure i omogućava zaštitu od pancirnog metka 30 mm sa daljine od 300 m, a bočnih i zadnje strane tela od metaka 7,62 mm ispaljenih sa bilo koje daljine. Vozilo je, takođe, opremljeno sistemom kolektivne zaštite od NHB oružja, protivpožarnim sistemom i uređajem za stvaranje dimne zavese.

U motorno-transmissionom odeljenju ugrađen je desetocilindrični dizel motor snage 367 kW (500 KS), inercioni prečistač vazduha, sistem za hlađenje, ventilator, hidromehanička transmisija, kao i dva propelerska uređaja za kretanje po vodi.

Hodni deo vozila ima po šest potpornih točkova sa svake strane, kao i gusenice sa gumeno-metalnim člancima i amortizerima na svakom drugom potpornom točku.

Snaga motora i hodni deo obezbeđuju visoku pokretljivost i autonomnost, dobru upravljivost, prohodnost i plovnost. Maksimalna brzina kretanja iznosi 70 km/h, akcioni radius 600 km, a brzina plovljenja 10 km/h. Može da savlađuje vodene prepreke sa talasima do 3 bofora. Radi povećanja sigurnosti u savlađivanju vođenih prepreka na vozilu su ugrađeni uređaji za ispumpavanje vode.

Vozilo

Karakteristike	M2A3	FVS 10	MARDER	1A3 AMX-10P	BMP-3
Zemlja proizvođač	SAD	V. Britanija	Nemačka	Francuska	Rusija
Godina proizvodnje	1994.	1986.	1990.	1973.	1987.
Masa (t)	29,9	24,5	33,5	14,5	19,4
Posada (članova)	9	10	9	11	10
Dimenzije (mm):					
— dužina	6550	6340	6790	5850	6725
— širina, gus./ekran	2970/3610	3000/3000	3070/3380	2780/2830	3150/3300
— visina, preko kupole	2972	2971	3225	2120	2650
— klirens	460	490	440	450	510—190
Brzina, max. (km/h):					
— na putu	66	82	65—70	65	70
— plivanja	6,4	—	—	6	10
Naoružanje:					
— top, kalibar, tip i model	25 mm AP M242 Tow-2A	30 mm APL21A1	20 mm AP Rb202 Milan-2	20 mm AP M693	100 mm OPU 2A70 30 mm AP 2A72 9M17
— PT raketa, model	1—7,62 mm	1—7,62 mm	1—7,62 mm	1—7,62 mm	3—7,62 mm
— mitraljez, količina i kalib.					
Borbeni komplet (kom):					
— za top	900	228	1284	800	40/500
— PT raketa	7	—	4	—	8
— za mitraljez	2340	2200	5000	2000	6000
Oklopna zaštita:					
— prednji oklop	BPS M791 top M242	BPS M791 top M242	BPS M791 top M242	BPS M791 top M242 D>200 m	BS 30 mm 7,62 mm ne probija
— bočni oklop	12,7 mm ne probija	12,7 mm ne probija	12,7 mm ne probija	12,7 mm ne probija	
Motor:					
Tip, model, snaga (KS)	Dizel, VTA 903 T600, 600	Dizel, CV-8T SA, 550	Dizel, MV833-Ea 500, 600	Dizel, HS-115-2, 264	Dizel, UTD-29, 900
Transmisija, tip	hidrostatička- mehanička	hidromehanička	hidromeha- nička	hidromehanička	hidromeha- nička
Pogon	gusenični	gusenični	gusenični	gusenični	gusenični
Elastično oslanjanje	torziono	torziono	torziono	torziono	torziono



Pored toga, na BMP-3 su ugrađeni uređaj za samoukopavanje, mehanizam za promenu klirensa (od 190 do 510 mm) i uređaj za zatezanje gusenica. Za jedinice pomorske pešadije izvršena je specijalna modifikacija radi smanjenja mase vozila na račun skidanja uređaja za samoukopavanje i mehanizma za promenu klirensa. Šasija BMP-3 iskorišćena je kao osnova za proizvodnju nove familije vozila manjih masa.

Na taj način, u periodu od 1960. do 1990. godine u Rusiji su proizvedene tri generacije borbenih vozila pešadije.

Danas više zemalja u svetu, proizvodi borbena vozila pešadije sa različitim karakteristikama a uporedni pregled takvih vozila prikazan je u tabeli.

T. Antić

## BORBENI SISTEMI Mi-8AMTŠ I Su-39\*

Ulan-Udenska fabrika aviona, koja postoji već 56 godina, proizvela je do sada više od 8000 letelica raznih konstruktorskih biroa. To je jedina fabrika u Rusiji koja proizvodi istovremeno i vojne i civilne avione i helikoptere. Raznovrsnost avio-proizvoda i česta izmena modela stimulisali su razvoj i usavršavanje proizvodne baze, stvaranje efikasne službe pripreme i upravljanja proizvodnjom, formiranje kvalitetnog inženjersko-tehničkog kadra i proizvodnih radnika.

Danas se u pogonima preduzeća proizvode dva tipa helikoptera Mi-8T i Mi-8AMT (Mi-171), a takođe i modi-

fikacije aviona Su-25 — školsko-borbeni avion Su-25UB i školsko-trenažni avion brodske i kopnene varijante Su-25UTG.

Domaći i strani stručnjaci dali su visoke ocene kvalitetu ovih sredstava. Uzimajući u obzir potencijalne kupce, realizovana je koncepcija varijantnog kompletiranja helikoptera, kako po sastavu ugrađene opreme, tako i po komponovanju i opremanju transportne kabine. I dalje se teži osvajanju novih tipova aviotehnike koji bi odgovarali savremenim zahtevima.

Iskustvo iz proteklih ratova u svetu istaklo je zakonomernost potrebe da se primenjuje specijalizovana borbena avijacija radi odbrane ili nanošenja uzvratnog udara po protivniku. U vezi s tim, u Rusiji se aktivno radilo na razvoju i stvaranju letelica, dobro naoružanih, maloosetljivih, sa velikom sposobnošću manevra, koje su sposobne da rešavaju postavljene zadatke podrške KoV. Kao rezultat toga počela je serijska proizvodnja aviona Su-39 i helikoptera Mi-8AMTŠ koji ispunjavaju sve zahteve postavljene pred borbenu avijaciju. Avion Su-39 je novi više-funkcionalni udarni sistem. Osnovna namena mu je precizno uništenje bilo kojih ciljeva, u bilo kojim uslovima i u bilo koje vreme dana i noći.

Pristupajući razvoju borbenog helikoptera Mi-8AMTŠ, konstruktori su se maksimalno trudili da helikopter ima sve prednosti koje poseduje avion Su-39.

Borbena primena oba aparata u prvom redu ima za cilj zaštitu položaja branioca za vreme trajanja borbenih dejstava.

Srodnost aviona i helikoptera sastoji se u primeni:

— nišansko-navigacionog kompleta;

— kompleta za radio-elektronsku borbu;

— više vrsta naoružanja visoke preciznosti;

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—jun 1997.

— kompleta sredstava koja obezbeđuju veliku borbenu otpornost.

U nišansko-navigacionom kompletu Su-39 nalazi se:

— sistem za upravljanje oružjem, koji dozvoljava upotrebu oružja u različitim režimima leta;

— dnevno-noćni automatski nišanski komplet ŠKVAL, koje se sastoji od optičkog radara, sistema za pretraživanje, raspoznavanje, praćenje i slanje podataka oružju visoke preciznosti;

— radarski nišanski komplet RLPK KOPLJE-25, koji služi za otkrivanje i pokazivanje ciljeva u režimima »vazduh-zemlja«, »vazduh-vazduh«, »vazduh-more«, a obezbeđuje i režim kartografisanja.

Analogne funkcije predviđene su i kod nišansko-navigacionog kompleta helikoptera Mi-8AMTŠ.

Komplet za radio-elektronsku borbu aviona Su-39 namenjen je za radio-tehničko izviđanje i zaštitu aviona u radarskom i IC dijapazonu elektromagnetnih talasa u automatskom režimu rada i sadrži:

— stanicu radio-tehničkog izviđanja za pelengaciju svih tipova radara za otkrivanje i upravljanje vatrom koji rade u dijapazonu 1,2 — 1,8 GHz, i određivanje koordinata cilja i udaljenosti do njega;

— stanicu aktivnih radio-tehničkih ometanja, koja stvara ulazne, šumne, svetlucajuće i preusmerene smetnje na podastroj površini;

— stanicu optičko-elektronskih ometanja, koja stvara smetnje toplotnim glavama za samonavođenje raketa;

— uređaj za izbacivanje lažnih toplotnih ciljeva;

— avionske lažne ciljeve za otkrivanje i dezorijentaciju sistema PVO protivnika.

Helikopter Mi-8AMTŠ zbog jednostavnijih zadataka koji se pred njega postavljaju, ima ugrađen samo uređaj za izbacivanje lažnih toplotnih ciljeva, kao i ekransko-izduvne uređaje namenjene za raspršivanje izduvnih gasova motora.

Kao i avion i helikopter je sposoban da nosi na sebi širok spektar oružja velike preciznosti klase »vazduh-zemlja«, »vazduh-vazduh«, kao i nevođene reaktivne projekte, bombe i streljačko-topovsko naoružanje.

Ipak, glavno univerzalno oružje aviona Su-39 je protivtenkovska vođena raketa VIHOR. Na avionu je postavljeno 16 takvih raketa, sposobnih da unište, na udaljenosti do 10 km, pokretni tenk, brzi čamac, borbeni helikopter i teški avion.

Osim raketnog oružja Mi-8AMTŠ je opremljen streljačko-topovskim naoružanjem. Na helikopteru mogu biti postavljena dva topovska viseća kontejnera UPK-23-250 sa dva topa GŠ-23L kalibra 23 mm. Zaštita prednje i zadnje polusfere helikoptera obezbeđuje se mitraljezima tipa PKT. Osim toga, za otvaranje vatre iz streljačkog naoružanja helikopter je opremljen sa 6 vatrenih uređaja. Kontrola rezultata gađanja iz kontejnera UPK, aktiviranja rakete i školskih gađanja ostvaruje se fotokontrolnim priborima. Razrađena konstrukciona dokumentacija borbenog helikoptera Mi-8AMTŠ omogućava da se preoružaju naoružanjem velike tačnosti i helikopteri Mi-8 i njegove modifikacije koje se sada nalaze u naoružanju.

Jedinstveni komplet sredstava borbene otpornosti aviona Su-39, koji obezbeđuje potpunu zaštitu pilota i svih životno važnih agregata od uništenja streljačko-topovskog naoružanja kalibra do 30 mm i parčadi raketa, delimično je realizovan i na helikopteru Mi-8AMTŠ. On je opremljen oklopnim pločama koje prekrivaju pod, prednju donju polusferu i zadnji deo kabine za posadu, te mesto nišandžije na teretnim krilcima transportnog dela.

Visoka manevarska sposobnost aviona Su-39 na malim i srednjim visinama i brzinama praktično nije ništa slabija od njegovog elisnokrilnog sabrata.

Sposobnost aviona Su-39 da se prizemlji čak i na zemljanim pistama omogućava baziranje aviona u rejonima koji su maksimalno približeni rejonima gde se neposredno izvode borbena dejstva.

Tehničko-ekonomski pokazatelji Su-39 i Mi-8AMTS karakterišu ta sredstva kao:

— najjeftinija i najefikasnija u svojoj klasi;

— nezahtevna u eksploataciji, jer ne iziskuju visokokvalifikovano održavanje. Su-39 čak može da koristi dizel gorivo umesto kerozina.

M. Krbavac

---

## GLAVNI TRENDOVI RAZVOJA FREGATA NA POČETKU 21. VEKA\*

Proteklih 25 godina vodeće pomorske nacije, uključujući tu i bivši SSSR, izgradile su oko 250 fregata za izvoz. Dva se glavna trenda mogu uočiti u razvoju te klase ratnih brodova.

Prvi obuhvata razvoj višenamenskog borbenog sredstva sposobnog da izvršava zadatke u kompleksnim operativnim uslovima, kako u sastavu združenih pomorskih snaga, tako i samostalno.

Drugi trend ukazuje na razvoj tzv. »laganih« fregata namenjenih za izvoz.

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, septembar—oktobar 1997.

Kao takve poznate su nemačka fregata BREMEN, izrađena po zahtevima MEKO tip 123, francuska fregata LA FAYETTE, projekat 22 engleske fregate BROADSWORD, itd.

Praktično, sve te fregate bile su izgrađene ili se grade za potrebe sopstvenih mornarica ili mornarica drugih zemalja. U istom periodu veliki i skupi ratni brodovi građeni su prvenstveno u američkim brodogradilištima, što je otežavalo njihov marketing. Razvoj fregate FF-21, uveliko najavljivanog borbenog sredstva 21. veka, bio je prvi pokušaj američkih firmi da izađu na svetsko tržište. Danas su zemlje, kao Turska, Grčka, Indonezija, Malezija, Saudijska Arabija, Ujedinjeni Arapski Emirati i neke latinskoameričke zemlje, potencijalni kupci ratnih brodova. U zavisnosti od opremljenosti fregata FF-21 može se izgraditi između 3 i 3,5 godine posle zaključivanja ugovora.

Nema potrebe dokazivati da je veliki značaj davan konstrukciji fregata u brodograđevinskim programima mornarica SAD, NATO i Japana. Staviše, one teže da razvijaju fregate zajedno sa firmama jedne ili više drugih zemalja. Standardni koncept pratio je projektovanje i razvoj praktično svih fregata. Primena tog koncepta skratila je vreme konstrukcije, omogućila serijsku izradu ratnih brodova u skladu sa zahtevima kupaca i povećala izvozne kapacitete.

Težnja potencijalnih uvoznika površinskih brodova da kupe fregate je potpuno razumljiva, jer upoređujući ih sa površinskim ratnim brodovima, čak i većeg deplasmana i troškova, fregate mogu izvršavati borbene i patrolne zadatke. U lokalnim sukobima one su sposobne da vode borbu protiv brodova, balističkih raketa i koriste kao sredstvo PVO i to, kako samostalno, tako i u združenim snagama uz druge klase ratnih brodova, uključujući i nosače aviona.

Kako su projektanti želeli da izgrade odgovarajuću fregatu za 21. vek, suočili su se sa prilično komplikovanim

problemom sistema naoružanja i opreme, vezanim za postizanje najpovoljnijih pokazatelja među kriterijumima relevantnim za cenu proizvodnje. To je moguće jedino u slučaju kompleksnog pristupa konstrukciji ratnog broda kao sistema »ratni brod — naoružanje«. Uz takav pristup podsistem naoružanja nije formiran od raspoloživih sredstava već je uglavnom razvijen kao integralni sistem ratnog broda. Analiza svetskog iskustva pokazuje da se najveća efikasnost očekuje samo pri temeljitoj integraciji i širokoj automatizaciji kontrole naoružanja i tehničkih sistema.

Rešavanje tih problema uticalo je na nov odnos između kupaca i proizvođača, utvrđivanje strogih međusobnih kompetencija, a ponekad i lobiranje nekih nabavljača.

Ipak, niko ne može očekivati da bude uspešan, posebno u strogoj konkurenciji na globalnom tržištu površinskih ratnih brodova, ukoliko ne razvije celovit sistem broskog naoružanja. Mogu se jasno sagledati trendovi koje moraju uvažavati projektanti brodova i njihovi saradnici da bi se postigao najviši nivo u klasi tih brodova, a to su:

— smanjenje broja specijalnih pretražnih senzora gornje hemisfere, koji se koriste za davanje podataka o cilju i kontroli raznih sistema naoružanja;

— integrisanje potpovršinskih pretražnih senzora niže hemisfere, kombinujući akustične i druge pogodnosti sa objedinjenim sistemom podataka (uključujući i podatke dobijene iz aviona) neophodnim za procenu i dejstvo. Taj trend posebno je važan zbog potrebe da se izradi i instalira prikladan kompleks, koji otežava rukovanje i smanjuje manevarske sposobnosti broda;

— razvoj objedinjenog višenamenskog vertikalnog lansera uobičajenog u jedinstven centralni sistem konstruisan da opslužuje sisteme vođenih raketa, protivbalističkih raketa, sistema

PVO i sistema brod-brod. Izvestan progres već je napravljen u tom smeru, kako u Rusiji, tako i u drugim zemljama. Najteži naučni, tehnički i organizacioni problemi su razrešeni, a model i potpuni testovi su kompletirani;

— integracija broskog naoružanja i sistema kontrolne opreme u odnosu na optimalnu kompoziciju, kao i raspodela kompjuterskih resursa na racionalan način za pripremu i efikasnu upotrebu broskog naoružanja i ostale opreme. Rezultat tih napora mogao bi da bude izgradnja višefunkcionalnog broda, naoružanja i sistema kontrolne opreme. Glavne komponente sistema biće: brodski opšti sistem promenljivih podataka, sposoban da koristi podatke dobijene sa drugih brodova združenog sastava, aviona, obalskih stacionarnih instalacija i brodskih informacionih borbenih sredstava;

— jedan od ključnih podsistema, koji određuju karakteristike brodskih performansi i cene, jeste njihova glavna pogonska oprema. Danas su uočljiva dva glavna trenda u razvoju pogona za ovu klasu brodova. Prvi obuhvata razvoj COGOG pogona, a drugi CODAG pogona. Kvantitativni odnos između tih pogona praktično ne ističe ni jednu stranu, mada neke zemlje tradicionalno daju prednost jednom od njih, zbog mogućnosti proizvodne baze i već uspostavljenih vojnotehničkih kooperativnih veza. Opređenje za određeni tip pogona zavisi, takođe, i od:

\* konstrukcionih kriterijuma, koji uključuju težinske i veličinske karakteristike, cene podvoza i ugradnje, broj opslužujućeg personala;

\* operativnih kriterijuma, koji uključuju efektivnost, projektovan vek upotrebe, pogodnost održavanja, raspoloživost za logističku podršku i dr.;

\* specifičnih kriterijuma, koji uključuju vibroakustičke i ekološke karakteristike, zahteve unifikacije, itd.;

— dramatično smanjenje na nivou fizičkih polja, koje se javlja u donjoj i gornjoj hemisferi, takođe je jedan od

ključnih faktora širenja borbenog kapaciteta broda. Implementacija tajnih tehnologija za gornju hemisferu i istovremeno smanjenje toplotnog polja broda kombinovano je sa nizom mera radi smanjenja nivoa akustičnih, električnih i magnetskih polja u nižoj hemisferi;

— razvoj pogodnih uslova za život i rad, kako u borbenim tako i svakodnevnim uslovima, s obzirom na bezbednost ljudstva i internacionalne ekološke zahteve;

— problemi vezani za sposobnost opstanka temeljno su proučeni u svim flotama sveta još u vreme razvoja broda. U vezi tradicionalnog pitanja, kao što je havarijska stabilnost broda, konstruktori se usmeravaju na probleme vezane za eksploziju i otpornost na vatru, polazeći od analize opasnih situacija, a zatim usmeravaju pažnju na opremu za razdvajanje, isključivanje i nastavljanje automatske vatre.

Potcenjivanje ili ignorisanje bilo kojeg od navedenih faktora neizbežno će umanjiti kompetentnost na svetskom tržištu ratnih brodova.

M. Krbavac

---

## RAZVOJ PODMORNIČKIH ENERGETSKIH UREĐAJA\*

Poznati nedostaci nuklearnih energetske uređaja — nesrazmerno visoka cena, potencijalna opasnost radioaktivnog zagađenja okolne sredine u slučaju otkaza i oštećenja u borbenim dejstvima i nemogućnost rešenja na zadovoljavajući način pitanja radioaktivnih ostataka — doveli su do toga

\* Prema podacima iz časopisa MILITARY PARADE, maj—juni 1997.

da je već sredinom sedamdesetih godina u svetu započeta aktivnost traženja alternativnih uređaja, koji ne zavise od vazduha, i mogu obezbediti dugu podvodnu autonomnost podmornica, a da nemaju nedostatke nuklearnih energetske uređaja.

Rad u tom pravcu započet je u Rusiji u prvoj polovini sedamdesetih godina kada je konstrukcioni biro razradio projekat ugradnje energetske uređaja sa elektrohemijskim generatorom (EHG) u podmornicu tipa 613. Projekat, koji je dobio naziv »Katranc«, uspešno je realizovan. Mada su korišćeni eksperimentalni uređaji, rezultati prvog ispitivanja primene energetske uređaja sa EHG u podmornicama veoma su važni, jer su potvrdili mogućnost i efikasnost primene nove energetike u mornaričkim sredstvima.

U periodu od 1978. do 1986. godine razvijani su energetske uređaji sa EHG za tri tipa mornaričkih objekata koji su verifikovani ispitivanjem modela i prototipova osnovnih uređaja. Zbog smanjenja finansijskih sredstava za potrebe odbrane, rad na tim projektima prekinut je 1987. godine, izuzev izrade energetske uređaja sa vodonično-kiseoničkim EHG za malu podmornicu PIRANA (projekat »Malahit«). Ovi radovi su u punom obimu završeni 1991. godine — prvi put na zahtev Ministarstva odbrane projektovan je, proizveden, ispitan i komisijски primljen kompletan energetske uređaj sa EHG za borbenu podmornicu. To je predstavljalo prvu generaciju ruskih podmornica sa energetske uređajima sa EHG.

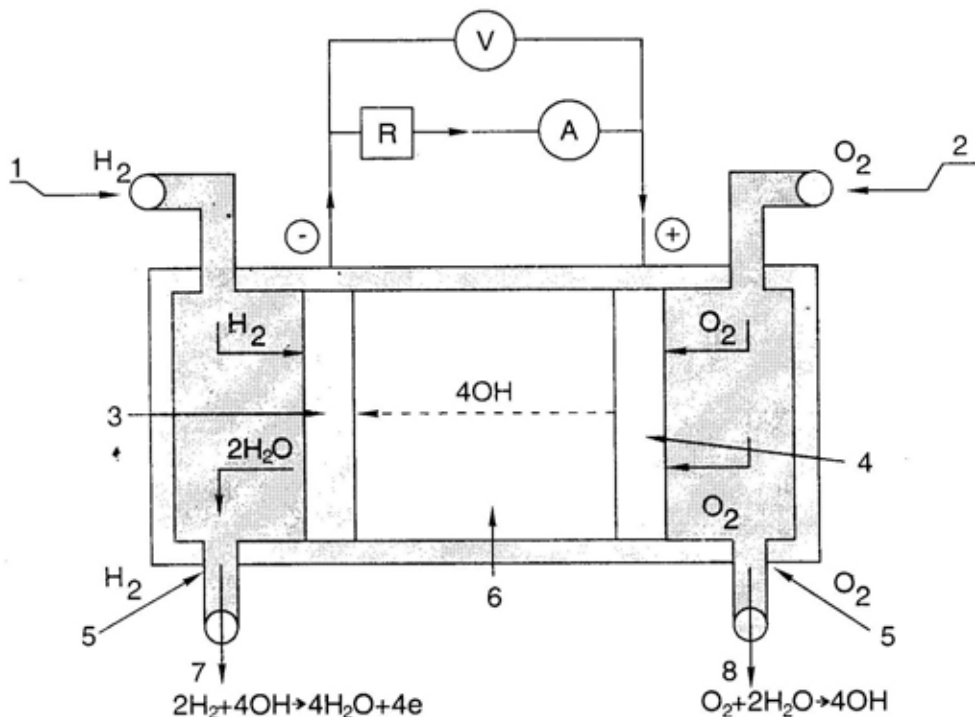
Počev od 1991. godine radi se na razvoju energetske uređaja sa EHG druge generacije, znatno veće snage i poboljšane konstrukcije. Novi energetske uređaj namenjen je za opremanje podmornice AMUR, namenjene izvozu.

Energetski uređaj sa EHG radi na principu pretvaranja hemijske energije reakcije goriva i oksidatora u električnu energiju bez prethodnog pretvaranja hemijske energije u toplotnu i odgovarajućih neizbežnih gubitaka, određenih principom »karno« i prisutnim u svim toplotnim motorima. Reakcija pretvaranja obavlja se u toplotnom elementu (sl. 1).

Energetski uređaj sa niskotemperaturnim toplotnim elementom (TE) (sl. 2) primenjuje se u podmornicama i za druge specijalne namene, mada se razvijaju i drugi tipovi TE, kao što su visokotemperaturni TE sa tvrdoksidnim elektrolitom, koji radi na prirodnom gasu i vazduhu.

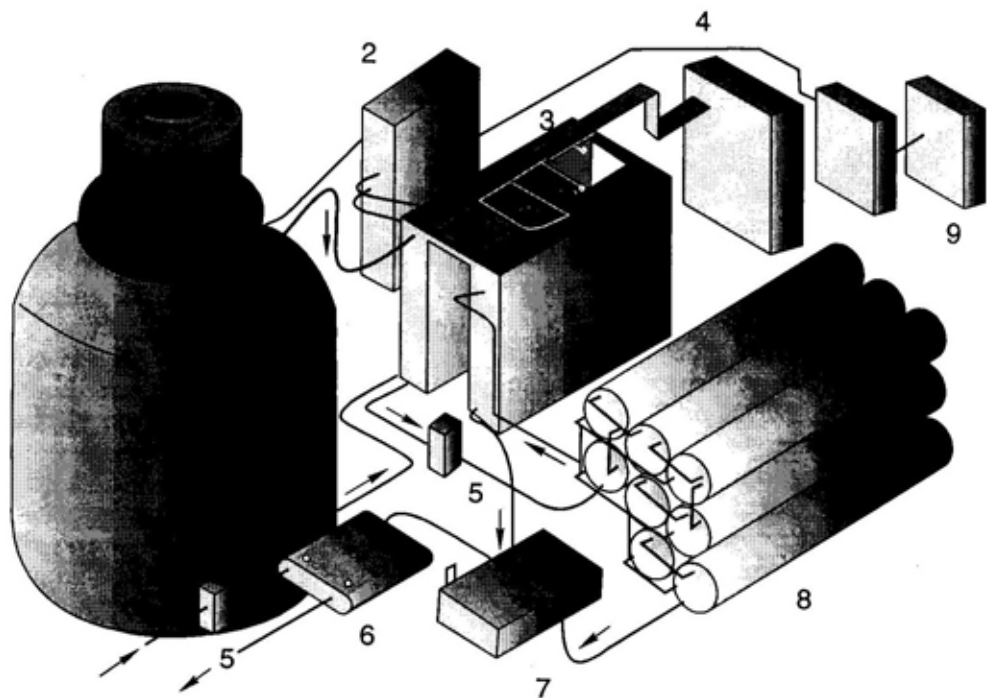
Prva generacija brodskih energetskih uređaja sa EHG zasnivala se na vodoničko-kiseoničkim toplotnim elementima sa slobodnom cirkulacijom alkalnog elektrolita. Prototipovi blokova takvog EHG realizovani su pre 10 godina. Proizvedena je probna partija EHG od oko 100 blokova. Istovremeno se radilo na razvoju EHG sa savršnijim toplotnim elementima i tvrdopolimernim elektrolitom, kao i matičnim alkalnim elektrolitom.

Pobedu je odnela varijanta sa matičnim alkalnim elektrolitom koja, pri istoj masi i gabaritima, ima 20 — 25% veću ekonomičnost procesa generacije elektroenergije u odnosu na varijantu sa tvrdopolimernim TE (sl. 3).

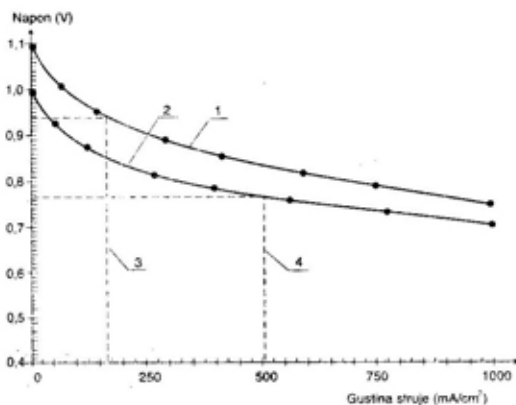


Sf. 1 — Toplotni elemenat energetskog uređaja sa EHG:

1 — kanal za vodonik, 2 — kanal za kiseonik, 3 — anoda, 4 — katoda, 5 — izduvanje, 6 — elektrolit, 7 — reakcija na anodi, 8 — reakcija na katodi



Sl. 2 — Energetski uređaj sa niskotemperaturnim TE:  
 1 — hladena komora, 2 — blok sistem zaštite i upravljanja, 3 — elektrohemijski generator, 4 — razvodna tabla elektronapajanja, 5 — pumpe sistema termostata, 6 — izmenjivač toplote, 7 — rezervoar za sakupljanje produkata reakcije, 8 — intermetaloidni akumulatori, 9 — uređaji sistema za obezbedenje od požara



Sl. 3 — Zavisnost napona od gustine struje EHG:

1 — EHG sa matičnim elektrolitom, 2 — EHG sa tvrdopolimernim elektrolitom, 3 — nominalno\* opterećenje EHG sa matičnim elektrolitom, 4 — nominalno\* opterećenje EHG sa tvrdopolimernim elektrolitom, \*nominalno opterećenje je određeno iz uslova da masa i gabaritne karakteristike budu iste

Pored toga, u prilog te varijante ide i stabilnost tehnologije koja je proverena rezultatima ispitivanja više stotina baterija, a takođe i veoma prihvatljive proizvodne mogućnosti. Blok EHG, snage 40 kW, formiran od takvih baterija ima sledeće karakteristike:

- napon — ne niži od 59 V,
- koeficijent korisnog dejstva:
  - u nominalnom režimu (40 kW)
  - ne manje od 70%
  - pri opterećenju 20% (8 kW)
  - ne manje od 79%
- masa — 572 kg.

Rad na razvoju tvrdopolimernih TE takođe se intenzivno nastavlja i to prvenstveno na poboljšanju karakteristika koje se odnose na masu, gabarite i ekonomičnost TE, a takođe i na sniženju cene i povećanju kvaliteta tvrdopolimernih membrana.

Skladištenje vodonika je jedan od najsloženijih zadataka koji su rešavani pri razvoju energetske uređaja sa EHG. U toku razvoja prve generacije energetske uređaja ispitivani su različiti načini skladištenja vodonika: rashlađivanjem, pod pritiskom od 40 MPa i vezanog u sastavu borohidrida natrijuma.

Radovi na svim tim varijantama dovedeni su do faze prototipova. Međutim, kada je 1989. godine uspeo razvoj kondenzatora velikog kapaciteta, pouzdanog i pogodnog za korišćenje apsorbenta — intermetaloidno jedinjenje, koje omogućava dobijanje gustine energije (u odnosu na vodonik) na nivou 1400—1500 kWh/m<sup>3</sup> aktivne zapremine skladišta, pitanje izbora sistema skladištenja vodonika za drugu generaciju energetske uređaja sa EHG bilo je rešeno u korist intermetaloidnog sistema. Poslednjih godina, kao rezultat usavršavanja tehnologije, ta veličina povećana je na 1700—1800 kWh/m<sup>3</sup>, što je znatno više nego pri korišćenju hlađenog vodonika. Još 1991. godine dva prototipa intermetaloidnog akumulatora bila su realizovana i ispitana u laboratorijskim uslovima. Pokazali su veoma dobre eksploatacione karakteristike. Za energetske uređaje sa EHG druge generacije intermetaloidno skladištenje vodonika nema alternativu.

Međutim, srazmerno povećanju potrebne energije energetske uređaja, prednost će dobijati sistem generisanja vodonika u samoj podmornici iz ugljovodoničnog goriva. Zato se već sada, paralelno sa istraživanjem intermetaloida koji daju više vodonika i koji su jeftiniji, istražuju procesi konverzije ugljovodoničnih goriva.

Pri razvoju prve generacije energetske uređaja sa EHG izrađeni su i detaljno ispitani prototipovi za četiri varijante sistema skladištenja kiseonika: hlađenjem, u gasovitom stanju pod pritiskom 40 MPa, u sastavu peroksida i sastavu perhlorata.

Za drugu generaciju energetske uređaja sa EHG jednoznačno je izabrano skladištenje hlađenog kiseonika, koje obezbeđuje potrebnu kompaktnost i bezbednost čuvanja. U budućnosti, posle uvođenja sistema generisanja vodonika iz ugljovodonika na samoj podmornici, skladištenje kiseonika postaće kritičnije sa stanovišta obezbeđivanja neophodnog kapaciteta energije. Zato će se traženju sistema skladištenja kiseonika, koji je bolji od sistema hlađenja, u budućnosti posvetiti puna pažnja.

Prednosti energetske uređaja sa EHG su:

- visoki koeficijent korisnog dejstva koji iznosi 70—75% u odnosu na 20—30% kod klasičnih energetske uređaja,
- apsolutna ekološka čistoća,
- tihi rad,
- nizak nivo temperature i znatno manje odvođenje toplote u odnosu na klasične energetske uređaje,
- visoki kapacitet energije koji omogućava da se skoro 10 puta povećava rastojanje neprekidne podvodne plovidbe podmornice sa EHG u poređenju sa tradicionalnom dizel-električnom podmornicom.

Energetski uređaji sa EHG mogu se sa visokom efikasnošću koristiti ne samo za podmornice već i u svim slučajevima kada je potrebno dugo i pouzdano obezbeđivanje elektroenergije, a ne postoji mogućnost kontakta sa at-




mosferom, kao i kada su značajni visoki koeficijent korisnog dejstva proizvodnje električne energije, mali gabariti opreme, nečujnost, ekološka čistoća i malo zračenje toplote u okolnu sredinu.

Moguće je projektovanje, izrada i ugradnja energetskih uređaja sa EHG

visoke klase snage od 100 kW do 3000—4000 kW sa svom pratećom infrastrukturom koja obezbeđuje korišćenje u trajanju od tri do pet godina (u zavisnosti od nivoa snage i kapaciteta energije).

D. Bogdanović



# tehničke novosti i zanimljivosti

## FRANCUSKO-AMERIČKA MUNICIJA SA SENZORSKIM UPALJAČEM\*

Francuska firma TDA i američka »Aerojet« razvijaju generičko eksplozivno probojno zrno za protivtenkovski kumulativni projektil (ACED — Anti-Char Effet Dirigé) kao osnovu za kompaktnu senzorsku municiju za namene koje ne pokriva postojeća potkalibarska municija.

Potkalibarska municija prilagođena je artiljerijskim oruđima kalibra 155 mm, a navedene firme planiraju da ponude kompaktnu municiju kao standardne sklopove za ugradnju u municiju za mornarička oruđa 127 mm i 105 mm, kao i u protivtenkovske projektele za minobacače kalibra 120 mm čiji se razvoj nastavlja.

Firma TDA završila je sa razvojem komponenata za protivtenkovski kumu-

lativni projektil, uključujući i IC senzore i senzore u milimetarskom talasnom području, sredstvima koja je obezbedila francuska vlada, ali se nadaju da će dodatna sredstva obezbediti vlada SAD. Ovaj protivtenkovski kumulativni projektil uglavnom će koristiti samohodni minobacač kalibra 120 mm 2R2M, firme TDA, koji SAD nameravaju da naruče za dalji razvoj i usavršavanje. Dva protivtenkovska kumulativna projektila biće prilagođena standardnom projektilu dometa 7,5 km, a jedan za raketni projektil dometa 13 km. TDA radi na proširivanju palete minobacačke municije kalibra 120 mm koja uključuje: projektil PR14 sa novim eksplozivnim punjenjem, osvetljavajući projektil, projektil PR AB sa fragmentiranom košuljicom i kargo projektil za nošenje korisnih tereta za različite namene. Nastavak proizvodnje ovog poslednjeg projektila planira se sa firmom »Day & Zimmerman« iz SAD.

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 9/1997.

M. S.

## IZRAELSKI MODUL ZA POBOLJŠANJE LASERSKIH MERAČA DALJINE\*

Izraelska firma »Azimuth« proizvela je modul koji može da se nadogradi na bilo koji standardni laserski merač daljine, pretvarajući ga u potpun sistem za akviziciju podataka o cilju.

Modul, pod imenom LIGHT, u svom sastavu ima višekanalni globalni sistem za pozicioniranje (GPS — Global Positioning System), prijemnik C/A koda i elektronski kompas. Dimenzije modula su 135x160x40 mm, a napaja se sa tri litijumske baterije. Da bi očitao udaljenost do cilja operator mora da pritisne jedno dugme, a zatim drugo za očitavanje koordinata cilja u stvarnim (geografska širina i dužina) ili mrežnim koordinatama. Tipična tačnost iznosi 0,5°.

Firma »Azimuth« razvila je i sistem COMET, zasnovan na GPS sistemu, sa određivanjem položaja po dve ose namenjen za opremanje tenkova i PA oruđa. Ova firma teži da njena oprema, koju je razvila na zahtev izraelske vojske, košta samo jednu desetinu cene tipičnog mernog uređaja zasnovanog na klasičnom žiro-uređaju.

COMET radi sa širokougaonom antenom, primajući podatke od svih satelita u vidnom polju i na taj način izračunavajući svoj položaj svake sekunde (brzina od 5 Hz je optimalna). Tačnost za merenje azimuta na celom mernom području iznosi 0,5° u slučaju kada se koristi osnova od 60 cm, a povećava se do 0,3° za slučaj separacije od 1 m, dok po elevaciji tačnost iznosi 3° ili 2° za ista dva slučaja. COMET obezbeđuje određivanje sopstvenih parametara sa tipičnom tačnošću od 25 m za određivanje pozicije i unutar granica od 0,3 m/s za određivanje brzine.

M. S.

\* Prema podacima iz časopisa INTERNATIONAL DEFENSE REVIEW 9/1997.

## TOPOVI VELIKOG KALIBRA NA RUSKIM TENKOVIMA\*

Rusija je nedavno prikazala novi snažni osnovni borbeni tenk nazvan »Crni orao« (Black Eagle), sa ugrađenim topom kalibra 135 mm. Ruski projektanti smatraju da je ovaj tenk superioran u odnosu na poslednje verzije zapadnih tenkova — američkog M1A2 ABRAMS, francuskog LEKLERK ili britanskog CHALLENGER 2.



Tenk »Crni orao« sa topom 135 mm

Tenk je prikazan na izložbi Omsk '97 i to na rastojanju 500 metara od posmatrača. Kupola, top i sistem naoružanja brižljivo su kamuflirani, ali se, prema nekih izvorima, saznalo da ima automatski punjač. »Crni orao« je iste dužine i širine kao i tenk T-80U, ali ima nižu siluetu.

Očekuje se da se ovaj tenk uvede u naoružanje početkom sledećeg veka, mada se smatra da bi to moglo biti najranije 1999. godine.

U ruskoj armiji u upotrebi se nalazi preko 20 000 tenkova, ali samo 30% su poslednji modeli T-80 i T-90. Između 2007. i 2009. godine, računajući na vek upotrebe od 15 godina, većina današnjih tenkova trebalo bi da bude zamenjena novim.

U Ministarstvu odbrane se smatra da će Rusija biti sposobna da popuni svoje oklopne snage sa 350 novih tenkova i 400 oklopnih borbenih vozila do 2005. godine.

\* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar, 1997.

Osnovna razlika između »crnog orla« i tenka T-80UM je u ugradnji nove kupole sa velikokalibarskim topom i automatskim punjačem. Svi ruski tenkovi, razvijeni poslednjih 30 godina (T-64, T-72, T-80 i T-90), imaju kupolu za dva člana posade i topom sa glatkom cevi kalibra 125 mm, koji se puni automatskim punjačem (najpre se postavlja projektil, a zatim punjenje). Automatski punjač se ugrađuje ispod kupole i nije odvojen od posade. To dovodi do toga da se pogađanjem kupole u borbi gubi mnogo tenkova. Automatski punjač ne može povećati mogućnost preživljavanja posade, ali povećava brzinu gađanja i omogućava nošenje veće količine municije.

Za sada nema detalja o oklopnoj zaštiti, ali je evidentno postojanje eksplozivnog reaktivnog oklopa koji štiti čeonu deo tenka.

Na istoj izložbi prikazan je i novi model tenka T-80UM pod oznakom T-80UM1, kojeg pokreće gasno-turbiniski motor od 882 kW (1200 KS).

Pored toga, u svojoj poslednjoj verziji tenk T-80UM ima komplet za duboki gaz BROD-M i kompjuterizovani sistem za upravljanje vatrom AGAVA, koji sadrži i termalni nišan.

Najvažnija karakteristika tenka T-80UM1 jeste aktivni odbrambeni sistem ARENA, razvijen u projektnom birou KBM, koji je prvi put prikazan 1993. godine. ARENA je potpuno automatizovan sistem koji detektuje prispeće protivtenkovskih raketa korišćenjem multidirekcionalnog radarskog senzora ugrađenog na krovu kupole, koji automatski aktivira odbrambeni sistem. Tada se ispaljuju projektili malog kalibra u pravcu rakete.

V. R.

## VIŠENAMENSKA OKLOPNA VOZILA\*

Britanska armija potražuje više od 2000 točkaških i guseničnih višenamenskih oklopnih vozila MRAV (Multi Role Armoured Vehicle). Gusenični model M1P1, visoko zaštićen, biće obezbeđen na domaćem tržištu, a točkaš M2P2 će se nabaviti u okviru kooperantskih programa GTK/MRAV/VBCI, Nemačke, Velike Britanije i Francuske.

Postoje dva konzorcijuma određena za verziju M2P2, od kojih se očekuje da vode nabavku oko 3000 vozila za sve tri zemlje, kao i dodatnih vozila za izvoz.



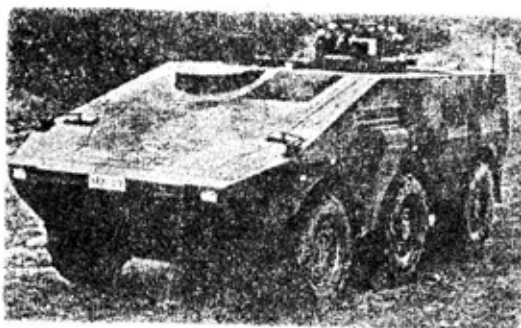
Sl. 1 — Oklopno vozilo TEAM International 6x6

Konzorcijum TEAM International (Technology for Armoured Mobility) obuhvata nemački Henschel Wehrtechnik, britanski Vickers Defence i francuski Panhard, a podržavaju ih nemačka firma Kuka i britanska Alvis Vehicles. Drugi tim obuhvata Krauss-Maffei, Rheinmetall, MaK Wegmann iz Nemačke, zajedno sa britanskim GKN Defence. Ovaj tim određen je za sporazum sa Giat Industries iz Francuske.

Očekuje se da konzorcijumi izlože svoje projekte i da ih nadležna Ministarstva odbrane razmotre, kako bi se pristupilo izradi prototipova i početku serijske proizvodnje.

\* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar 1997.

Gusenična varijanta vozila M1P1 koristiće se u direktnoj zoni vatre i zbog toga mora da ima posebnu zaštitu i mobilnost kako bi moglo da sa dejstvuje sa osnovnim borbenim tenkom CHALLENGER 2 i borbenim vozilom pešadije WARRIOR.



Sl. 2 — Oklopno vozilo ARGEIGKN Defence 6x6

Kompanije Alvis Vehicles, GKN Defence i VDS kompletiraće zahteve za više od 1000 vozila u 6 verzija: oklopni transporter, komandno vozilo, oklopno vozilo za medicinsku pomoć i evakuaciju, oklopni nosač minobacača, vozilo za upravljanje vatrom minobacača i oklopno vozilo za remont i sanaciju. Uvođenje vozila MRV u operativnu upotrebu planirano je za 2007. godinu.

V. R.

## SVESTRANOST VOZILA WARRIOR\*

Britanska kompanija GKN Defence kompletirala je prototip guseničnog vozila WARRIOR u konfiguraciji za komandna mesta (CP — command post). Osnova oklopnog tela ista je kao i kod

borbenog vozila pešadije WARRIOR (789 isporučeno je britanskoj armiji), i DESERT WARRIOR (254 isporučeno je kuvajtskim kopnenim snagama).



Borbena vozila WARRIOR

Za ulogu CP vozilo WARRIOR oprema se stanicom za planiranje firme Aerosystems Apache, borbenim sistemom za brzu informaciju, navigaciju, odlučivanje i izveštavanje FINDERS (Fast Information, Navigation, Decision and Reporting System), firme Giat Industries, radio uređajem Racal Bowman PD1, elementima softvera i računarom za sadejstvo Siemens GP3 i računarom Lynwood Genesis.

Ovaj model vozila WARRIOR ima kupolu sa mitraljezom 7,62 mm i dva poprečno postavljena lansera dimnih granata. U vozilo je moguće smestiti i potrebnu količinu municije.

WARRIOR bi mogao da bude izbor u pogledu ispunjenja postavljenih zahteva britanskog ministarstva odbrane za guseničnu varijantu M1P1 višenameenskog oklopnog vozila MRV (Multi Role Armoured Vehicle). Vozilo može da se modifikuje i za druge zadatke, kao i da se opremi dodatnom oklopnom zaštitom radi ostvarenja veće verovatnoće preživljavanja na bojištu.

V. R.

\* Prema podacima iz časopisa JANE'S DEFENCE WEEKLY, septembar, 1997.

## SEDNICA UREĐIVAČKOG ODBORA

Sednica Uređivačkog odbora časopisa VOJNOTEHNIČKI GLASNIK održana je 27. januara 1998. godine, sa sledećim dnevnim redom:

1. Analiza rada redakcije i Uređivačkog odbora u 1997. godini i zadaci za naredni period,
2. Razno.

Sednicu je otvorio predsednik Uređivačkog odbora general-major dr Jugoslav Kodžopeljić, a izveštaj o radu redakcije u 1997. godini podneo je glavni i odgovorni urednik pukovnik Miroslav Čojbašić.

U izveštaju su detaljno prikazani podaci o tiražu, obimu, pretplati, prodaji, troškovima produkcije časopisa, vrsti i broju objavljenih radova, institucijama — sredinama iz kojih su autori, kao i oblastima koje su bile zastupljene u objavljenim člancima.

U toku sednice diskutovalo se o:

- realizaciji zadataka definisanih na prethodnoj sednici Uređivačkog odbora;
- ugovaranju štampanja časopisa za 1998. godinu;
- obezbeđenju finansijskih sredstava za redovnu produkciju časopisa u šest brojeva godišnje;
- načinu prikupljanja što kvalitetnijih članaka i angažovanju članova Uređivačkog odbora na tom planu;
- ugledu časopisa u strukturama VJ, kao i u društvu;
- problematici kategorizacije časopisa na saveznom nivou;
- popularizaciji časopisa i širini tematike koju objavljuje;
- saradnji sa sektorima razvoja u preduzećima namenske industrije;
- praćenju važnijih stručnih skupova u okviru tehničkih službi vidova VJ (o ubojnim sredstvima, pogonskim sredstvima i sl.) i institucijama (TOC KoV) u toku 1998. godine;
- mogućnostima prezentacije časopisa na tehničkim fakultetima u zemlji.

Iz diskusija i predloga zaključeno je da će u toku 1998. godine najaktuelnije biti:

- redovna produkcija časopisa;
- održavanje programske koncepcije na stručnom i naučnom nivou;
- permanentna popularizacija časopisa, kako kod čitalaca, tako i kod saradnika.

Redakcija

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, proizvodnju, upotrebu, tehnologiju, metodologiju, organizaciju i stručna, naučna, teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, članak, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći da li se radi o originalnom, naučnom, stručnom radu ili kompilaciji, koji su grafički prilozi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski do-teran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u zakonski dozvoljenim mernim jedinicama. Matematičke izraze, koji se ne mogu pisati mašinom, ispisati rukom, pri čemu voditi računa o tačnom pisanju slova grčke azbuke, o velikim i malim slovima, o indeksima i eksponentima. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi tušem na paus-papiru. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike — crteža i nazive pozicija na njima.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, titulu, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopis slati na adresu: Redakcija »Vojnotehničkog glasnika«, 11002 Beograd, Birčaninova 5, VE-1.

**LEKTOR**

Dobriša Miletić, profesor

**KORICE**

Miojko Milinković

**KOREKTOR**

Bojana Uzelac

Cena: 15,00 dinara

Tiraž: 1400 primeraka

---

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis »Vojnotehnički glasnik« je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.

---

UDC: Jugoslovenski bibliografsko-informacijski institut