

IZDAJE

NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5,
Beograd

ZA IZDAVAČA

NAČELNIK NIU »VOJSKA«

STANOJE JOVANOVIĆ, pukovnik
(telefoni: 645-786, 29-189 i 29-187)

UREĐIVAČKI ODBOR:

General-major

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

Pukovnik

mr IVAN ĐOKIĆ, dipl. inž.

MT pukovnik

dr NOVIĆA ĐORĐEVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika)

Profesor

dr JOVAN TODOROVIĆ, dipl. inž.

Profesor

dr BORIVOJE LAZIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

dr NIKOLA VUJANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

dr MILAN SUNJEVARIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

mr DESIMIR BOGDANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

dr DRAGO TODOROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

dr MILOŠ ČOLAKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

mr SLOBODAN BURSAC, dipl. inž.

Pukovnik

MIROSLAV ČOJBAŠIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

Pukovnik

MILISAV BRKIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

MLADOMIR PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik

mr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

Pukovnik

mr DRAGOMIR MRDAK, dipl. inž.

Potpukovnik

mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Major

RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

**GLAVNI I ODGOVORNI
UREDNIK**

Pukovnik

Miroslav Čojbašić, dipl. inž.
(tel. 646-277, 23-59-133 ili 33-133)

Urednik

Major

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

Sekretar redakcije

Kešetović Sadika
(tel. 33-323)

**ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK — BEOGRAD, Birčaninova 5,
Pretposta 642-042 i 22-788, žiro-račun: NIU
»VOJSKA« (za Vojnotehnički glasnik)
40823-849-0-2393 Beograd, Polugodišnja
pretposta: za pojedince — 15,00 dinara.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna
štamparija — Beograd, Generala Žda-
nova 40 b.**

Vojnotehnički glasnik je 12. decembra
1977. odlikovan Ordenom za vojne zas-
luge sa velikom zvezdom

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS
VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK

3

GODINA XLIII • MAJ—JUN 1995.

SADRŽAJ

Dr Jugoslav Kodžopeljić, general-major, dipl. inž.	279	Modeli sistema kvaliteta nabavki i usluga prema seriji standarda ISO (JUS) 9000—9004 i sistemska rešenja Vojске Jugoslavije za njihovu podršku
Mr Vidoje Pantelić, general-major, dipl. inž.	298	Mogućnost primene modela upravljanja zalihama u vojsci
Dr Svetomir Minić, potpukovnik, dipl. inž.	306	Primena fuzzy logike u upravljanju procesom preventivnog održavanja tehničkih sistema prema stanju
Dr Živan Arsenić, profesor, dipl. inž.		
Mr Petar Stanojević, kapetan, dipl. inž.	311	Mogućnost poboljšanja metodologije planiranja kapaciteta u održavanju
Vladimir Bukvić, kapetan, dipl. inž.		
Saša Kukilo, potporučnik, dipl. inž.	320	Izbor transportnih vozila za snabdevačke jedinice
Dr Vasilije Mišković, major, dipl. inž.		
Mr Zoran Ristić, pukovnik, dipl. inž.	331	Analiza rada lansirnog artiljerijskog sistema
Sc Milisav Jakovljević, potpukovnik, dipl. inž.		
Dr Milan Novaković, dipl. inž.	345	Efikasnost nagaznih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka
Mr Vlado N. Radić, major, dipl. inž.	357	Primena obrade materijala eksplozijom u industriji
Dr Miloško Jevtović, profesor, dipl. inž.	368	Elektronski sistem za integrisanu tehničku zaštitu vojnih objekata

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

P. Marjanović	380	Integrisani raketno-artiljerijski sistem TUNGUSKA
P. Marjanović	386	Usavršavanje sredstava za prelaz preko vodenih prepreka
P. Marjanović	391	Taktički lovački avion MIRAGE 2000D
P. Marjanović	397	Perspektivni evropski taktički lovački avion EF2000

OBAVEŠTENJE O ODRŽANOJ SEDNICI UREĐIVAČKOG ODBORA

Sednica Uređivačkog odbora, u novoimenovanom sastavu, održana je 18. aprila 1995. godine sa sledećim dnevnim redom:

- 1. Analiza rada redakcije i Uređivačkog odbora u 1994. godini,*
- 2. Razno.*

Nakon uvodne reči predsednika Uređivačkog odbora i izveštaja glavnog i odgovornog urednika o radu redakcije u 1994. godini, diskutovalo se o:

— sadržaju i kvalitetu objavljivanih članaka i njegovom daljem održavanju,

— doprinosu članova Uređivačkog odbora radu redakcije,

— aktivnosti autora iz pojedinih institucija i sredina (Vojnotehničke akademije, Vojnotehničkog instituta, Tehničke uprave, Vazduhoplovnotehničke uprave, Mornaričkotehničke uprave, jedinica Vojske Jugoslavije, Remontnih zavoda, organizacija namenske industrije),

— vrednovanju članaka objavljenih u VOJNOTEHNIČKOM GLASNIKU u pojedinim armijskim i vanarmijskim institucijama i sredinama,

— odgovarajućoj formalnoj verifikaciji časopisa u društvu,

— proširivanju saradnje sa vanarmijskim institucijama (fakultetima, institutima, časopisima koji tretiraju oblast tehnike, itd.).

— predstavljanju časopisa široj čitalačkoj publici i sticanju novih saradnika.

U diskusijama je odatu priznanje redakciji na uloženom trudu u održavanju kvaliteta i tiraža časopisa na potrebnom nivou.

Redakcija je predložila da se dugogodišnjem članu Uređivačkog odbora profesoru dr Jovanu Todoroviću, dipl. inž. sa Mašinskog fakulteta u Beogradu oda odgovarajuće priznanje za celokupnu aktivnost u časopisu, kao autora, recenzenta i saradnika koji je mnogo doprineo ugledu časopisa. Ovaj predlog je podržan i prihvaćen.

Iz diskusija su proistekli sledeći zaključci:

— visokim kvalitetom recenzija obezbediti održavanje programске koncepcije časopisa na stručnom i naučnom nivou,

— poboljšati saradnju sa autorima iz svih sredina i institucija, a posebno sa onima iz kojih je saradnja izostala ili je bila simbolična u prethodnom periodu,

— istražiti aktivnosti potrebne za širu društvenu verifikaciju, priznavanje časopisa i adekvatno vrednovanje objavljivanih članaka.

Redakcija

Dr Jugoslav Kodžopeljić,
general-major, dipl. inž.

MODELI SISTEMA KVALITETA NABAVKI I USLUGA PREMA SERIJI STANDARDA ISO (JUS) 9000—9004 I SISTEMSKA REŠENJA VOJSKE JUGOSLAVIJE ZA NJIHOVU PODRŠKU

Međunarodni standardi ISO 9000—9004 prihvaćeni su kao minimum zahteva za obezbeđenje sistema kvaliteta nabavki i usluga. Radi toga, svaka zemlja mora da obezbedi odgovarajuće metodologije i tehnike da realizuje sve elemente sistema kvaliteta na odgovarajući način.

U ovom članku identifikovani su modeli prema navedenim standardima za nabavke i usluge, i izvršena analiza načina nabavke i vršenja usluga za potrebe Vojske Jugoslavije. Modeli nabavke tehničkih materijalnih sredstava (TMS), naoružanja i vojne opreme (NVO), kao i usluga za Vojsku Jugoslavije, povezani su sa modelima za obezbeđenje sistema kvaliteta prema ISO standardima. Na osnovu toga i postojećih metodologija i tehnika za realizaciju zahteva standarda, prikazana je njihova pokrivenost propisima ili standardima. Pri tome, izvršeno je povezivanje tačaka i podtačaka ISO standarda sa odgovarajućim nosiocima nadležnim za njihovu realizaciju.

Uvod

Kvalitet se, po međunarodnom standardu ISO 8402, koji je prihvaćen i kao domaći, definiše kao skup svih osobina i karakteristika proizvoda i usluga, koji se odnose na njihovu mogućnost da zadovolje utvrđene ili izražene potrebe. Do ove definicije, a posebno njenog sadržaja, u međunarodnoj standardizaciji došlo se posle dugotrajnog razvoja dotične oblasti i usaglašavanja međunarodnih, vladinih i nevladinih, organizacija. Pri tome, polazi se od činjenice da je jedan od osnovnih faktora u poslovanju organizacije (preduzeća, korporacije i sl.) kvalitet njenih proizvoda ili usluga. Naglašen je svetski trend strožih zahteva kupca u pogledu kvaliteta. Došlo se do saznanja da je praćenje tog trenda i stalno poboljšanje kvaliteta proizvoda i usluga uslov da se postigne i održi dobro ekonomsko poslovanje.

Zahteve kupca ili korisnika usluga, proizvođač (isporučilac) želi da zadovolji u celini.

Ovi zahtevi često se specificiraju kao tehničke karakteristike (tehničko-eksploatacioni zahtevi), koje proizvođač želi da ispuni.

Međutim, zahtevi sami po sebi ne mogu predstavljati garanciju da će biti dosledno ispunjeni jer mogu biti nekompletni ili neadekvatni, a može biti i propusta u sistemu projektovanja, u proizvodnji i ispitivanju proizvoda ili vršenju usluga. To je dovelo do razvoja standarda sistema kvaliteta i odgovarajućih uputstava ili modela kojima se dopunjavaju zahtevi za proizvod ili uslugu. Serija međunarodnih do sada izašlih standarda ISO 9000—9004, 10011, 10012 i 10013, predstavlja racionalizaciju mnogih i različitih nacionalnih pristupa u ovoj oblasti.

Važno je napomenuti da za realizaciju pojedinih elemenata tako definisanog sistema kvaliteta moraju da postoje posebni standardi, propisi i uputstva. Neki od njih su već međunarodno standardizovani, a pojedine, svaka zemlja standardizuje ili propisuje za svoje potrebe. Vojska Jugoslavije takođe, za svoje potrebe, razvija posebne propise i standarde.

Međunarodne standarde o sistemu kvaliteta prihvatila je i naša zemlja kao odgovarajuće JUS standarde. Pri tome, postavlja se pitanje kako ih sprovesti, ko je za to odgovoran po nivoima organizovanja odgovarajućih državnih organa i organa i organizacije u preduzećima koja proizvode ili vrše usluge. Proces organizovanja sistema kvaliteta u našoj privredi i drugim organizacijama je u toku, pa je veoma značajno odrediti nosioce i metodologiju realizacije pojedinih elemenata iz navedenih međunarodnih standarda o kvalitetu proizvoda i usluga.

Radi toga izvršena je identifikacija modela obezbeđenja kvaliteta proizvoda i usluga prema ISO-JUS standardima, a na osnovu njih, za specifičan sistem kakav je Vojska Jugoslavije, date su odgovarajuće varijante nabavki i vršenja usluga. U odnosu na takvu spregu modela i varijanti nabavki i usluga, za svaku nomenklaturu standarda (element sistema kvaliteta) definisan je postojeći standard ili propis kojim se podržava (propisuje) način realizacije, odnosno ostvarenja tog elementa sistema kvaliteta.

Oblici (modeli) sistema kvaliteta proizvoda i usluga po ISO-JUS standardima

Cilj serije međunarodnog standarda ISO 9000—9004 nije da uniformiše sisteme kvaliteta koji se primenjuju u proizvodnim i uslužnim organizacijama i preduzećima već da:

— razjasni međusobne veze i razlike osnovnih koncepcija kvaliteta,

— pruži uputstva o pristupu problemu kvaliteta u situaciji kada je kvalitet regulisan ugovorom i kada nije regulisan ugovorom.

Naime, serija međunarodnih standarda predstavlja samo racionalizaciju mnogih i različitih nacionalnih pristupa u oblasti kvaliteta, odnosno u oblastima koje definiše.

Ova značajna činjenica ukazuje da je to minimum koji se mora ostvariti (u zavisnosti od usvojenog modela), a zadatak je proizvođača (isporučioća) da realizuje proizvod odgovarajućeg kvaliteta, ili proizvođača i kupca da se realizuje proizvod ili usluga na nivou ugovora i pri tom postavljenih zahteva i uslova. U obe navedene situacije isporučilac želi da ugradi i održava sistem kvaliteta koji će ojačati njegovu konkurentnost, kao i da postigne potreban kvalitet proizvoda i usluga na ekonomičan način. Kao dodatak tome, u situacijama kada je to regulisano ugovorom, kupac je zainteresovan i za izvesne elemente sistema kvaliteta isporučioća koji utiču na mogućnost isporučioća da razvija, proizvodi i isporučuje proizvode ili vrši usluge u skladu sa njegovim zahtevima i odgovarajućim rizicima. Zbog toga kupac može zahtevati takve ugovorne obaveze iz sistema kvaliteta gde će izvesni elementi sistema kvaliteta biti deo sistema kvaliteta isporučioća.

S druge strane, isporučilac se može naći u obe situacije: da nabavlja neke standardne materijale ili sastavne delove bez ugovorenih zahteva, i da nabavlja sa ugovorenim zahtevima za obezbeđenje kvaliteta. Taj isporučilac može prodavati svoje proizvode u situacijama kada to nije regulisano ugovorom, ali i kada postoje ugovorene obaveze o kvalitetu.

Zbog toga serija međunarodnih ISO standarda daje standardizaciju za dve situacije:

— ISO 9000 i 9004 daju uputstva svim organizacijama za oblast kvaliteta,

— ISO 9001, 9002 i 9003 daju uputstva kod eksternog obezbeđenja kvaliteta, u situacijama kada je to regulisano ugovorom između isporučioaca i kupca.

Načelno, u tim slučajevima, kupac i isporučilac treba da razmotre standarde ISO 9001, 9002 i 9003 (kada se radi o ugovorenim obavezama), da bi odredili koji od ovih međunarodnih standarda najviše odgovara ugovoru i koja specifična prilagođavanja treba izvršiti.

Izbor i primena jednog od modela obezbeđenja kvaliteta, pogodnog za datu situaciju, treba da obezbedi korist i za kupca i za isporučioaca (proizvođača). Procenjivanje rizika troškova i koristi za obe strane odrediće obim i prirodu međusobnih informacija i mera koje svaka strana mora preduzeti radi sticanja poverenja da će biti postignut odgovarajući kvalitet proizvoda ili usluge.

Oblici (modeli) obezbeđenja kvaliteta tehničkih materijalnih sredstava, odnosno sredstava naoružanja i vojne opreme

Tehnička materijalna sredstva, odnosno naoružanje i vojnu opremu, Vojska Jugoslavije nabavlja na tržištu gotovih proizvoda u zemlji, postavlja proizvođačima sredstava posebne zahteve za razvoj ili nabavlja sredstva iz uvoza kao gotove proizvode ili uz izvesne modifikacije. U svim tim slučajevima, sa proizvođačima, dobavljačima ili uvoznicima zaključuju se odgovarajući ugovori. Znači, u pogledu obezbeđenja kvaliteta tehničkih sredstava radi se o ugovaranju, odnosno eksternom obezbeđenju sistema kvaliteta.

U zavisnosti od načina nabavke tehničkih materijalnih sredstava, do sa-

da usvojeni međunarodni (izdati i kao domaći JUS) standardi, omogućavaju različite oblike, odnosno modele za ugovaranje eksternog obezbeđenja kvaliteta. Obezbeđenje sistema kvaliteta sredstava zavisi od funkcionalne ili organizacione sposobnosti pogodne za zaključivanje ugovora sa proizvođačem, isporučiocem ili dobavljačem. U odnosu na to, moguća su sledeća tri modela ugovaranja, odnosno obezbeđenja kvaliteta:

— model koji se koristi kada isporučilac (proizvođač) treba da obezbedi usaglašenost svog sistema kvaliteta sa ugovorom utvrđenim zahtevima za kvalitet kroz nekoliko faza koje mogu obuhvatiti razvoj-projektovanje-proizvodnju-servisiranje (održavanje). Tada se koristi ISO 9001 (Model obezbeđenja kvaliteta u projektovanju, razvoju, proizvodnji, ugradnji i servisiranju);

— model koji se koristi kada isporučilac (proizvođač) treba da obezbedi usaglašenost svog sistema kvaliteta sa ugovorom utvrđenim zahtevima za kvalitet samo u procesu proizvodnje. Tada se koristi ISO 9002 (Model obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji i ugradnji);

— model koji se koristi kada isporučilac treba da obezbedi usaglašenost sistema kvaliteta sa ugovorom utvrđenim zahtevima za kvalitet samo u završnoj kontroli i ispitivanju. Tada se koristi ISO 9003 (Model obezbeđenja kvaliteta u završnoj kontroli i ispitivanju).

U odnosu na iznete činjenice, a radi opremanja Vojske Jugoslavije sredstvima naoružanja i vojne opreme, odnosno tehničkim materijalnim sredstvima, moguće je ugovaranje po sva tri modela obezbeđenja sistema kvaliteta i za obe situacije (nabavka na domaćem tržištu ili iz uvoza).

Pri tome, ako se radi o razvoju sredstava NVO po specifičnim zahtevima VJ, onda se skoro isključivo ko-

risti prvi model, tj. ugovaranje sistema kvaliteta treba vršiti po standardu ISO 9001. Naravno, ovaj model će se koristiti ređe kada se radi o uvozu sredstava NVO.

Kada se radi o nabavci tehničkog sredstva koje se već proizvodi, ugovaranje sistema kvaliteta će se obavljati po ISO 9002 ili 9003. U zavisnosti od poverenja prema proizvođaču i njegovom sistemu kontrole, kao i od sopstvenih potreba za nivoom kvaliteta tehničkih sredstava koja se nabavljaju, ugovoriće se model obezbeđenja kvaliteta samo u završnoj kontroli i ispitivanju po standardu ISO 9003 ili model obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji i ugradnji (podrazumeva i završnu kontrolu i ispitivanje) po standardu ISO 9002. Iz toga se vidi da je ISO 9002, u izvesnom smislu, dopunski standard modelima ISO 9001 i 9003. Naravno, to se može primeniti i na međusobni odnos sva tri standarda.

Kada se radi o nabavci tehničkih sredstava na tržištu gotovih proizvoda, treba ugovarati sistem kvaliteta samo po ISO 9003 ili ISO 9002 i 9003. Takav sistem ugovaranja treba primeniti i kod tzv. decentralizovane nabavke tehničkih sredstava, odnosno sredstava opšte namene.

Takođe treba istaći da se pri decentralizovanoj nabavci tehničkih sredstava ili pri nabavci tehničkih sredstava opšte namene može prihvatiti i obezbeđenje sistema kvaliteta po standardima ISO 9000 i 9004 u kojima je definisan opšti model upravljanja kvalitetom i dati elementi sistema kvaliteta kao opšte uputstvo za izbor i primenu modela i elemenata sistema kvaliteta.

Modeli sistema kvaliteta usluga za potrebe Vojske Jugoslavije

Značaj i nastojanje da se organizacije, kompanije, preduzeća i društva podstaknu na kvalitetno izvođenje svo-

jih usluga, doveli su do međunarodne standardizacije minimalnog nivoa kvaliteta usluga. U početnoj ISO standardizaciji usluge su samo spominjane, a 1991. godine je izdat poseban standard koji daje smernice za usluge (ISO 9004-2). Taj standard je prihvaćen i kod nas i u primeni je od 1993. godine.

Principi na kojima je definisan ovaj standard uzeti su iz serije standarda ISO 9000—9004. Povod za njegovo prihvatanje je činjenica da greška u kvalitetu usluga može imati negativan uticaj na korisnika usluga, organizaciju, pa i društvo. Takođe, prihvaćeno je da rukovodstvo treba da osigura da se takve greške spreče.

Realizacija i održavanje sistema kvaliteta kod izvršioca usluge zavisi od sistemskog pristupa upravljanju kvalitetom, usmerenog potrebama korisnika. Pri tome, obezbeđenje kvaliteta na svim nivoima i segmentima kod izvršioca usluge, njegovo stalno preispitivanje i usavršavanje zasniva se na povratnoj sprezi korisnikovog shvatanja o obezbeđenoj usluzi.

Uspešan sistem kvaliteta usluga obezbeđuje:

- poboljšanje vršenja usluga i time zadovoljenje potreba korisnika,
- poboljšanje produktivnosti i smanjenje troškova,
- dobijanje više poslova na tržištu.

Radi postizanja ovih prednosti, sistem kvaliteta usluga mora uključiti i odgovarajuće aspekte vezane za kadrove koji pripremaju ili realizuju usluge.

Standard ISO 9004-2 daje uputstva za uspostavljanje i održavanje sistema kvaliteta usluga unutar organizacije izvršioca usluga. Standard se može primeniti za realizaciju sistema kvaliteta postojećih usluga ili onih koje će se tek realizovati, a obuhvata sve procese neophodne za pružanje efikasne usluge, od marketinga do isporuke pro-

izvoda, uključujući analize izvršenih usluga.

Koncept, principi i elementi sistema kvaliteta u ovom standardu primenljivi su za sve oblike usluga. Model se može koristiti kako za velike, tako i za male organizacije (razlika je samo u meri primene).

Standard može da se primeni na različite vrste usluga: ugostiteljske, saobraćajne, zdravstvene, održavanje i remont, snabdevanje energijom, trgovinu, finansije, građevinarstvo, obrazovanje, administraciju, tehničke usluge, snabdevanje, i sl.

Vojska Jugoslavije ima potrebe da koristi veliki broj navedenih vrsta usluga. Pri tome, poznato je (propisima je definisano) koja struktura Vojske je kao taktički nosilac zadužena za određenu vrstu usluge. Takođe, određeni su i nosioci ugovaranja po nivoima i vrstama usluga.

Sumirajući potrebe za uslugama, može se konstatovati da postoje četiri modela:

- model kada jedinice i ustanove VJ koriste usluge izvršioca po obliku i sadržaju, kako se to obavlja i za druge korisnike usluga na tržištu;

- model kada jedinice i ustanove VJ koriste usluge izvršioca koje su prilagođene zahtevima VJ;

- model kada jedinice i ustanove VJ imaju potrebe za korišćenjem specifičnih usluga. Tada se propisuju zahtevi, a izvršilac se osposobljava za izvođenje takve usluge;

- kao poseban model može se tretirati zadatak tzv. osvajanja neke usluge (na primer, osvajanje generalnog remonta). To je slučaj kada za tu uslugu nisu definisani tehnički zahtevi već ih treba obezbediti kroz razvoj. Sistem kvaliteta usluge se tome prilagođava.

Sve usluge VJ ugovara sa odabranim izvršiocima i nadležnostima po nivoima komandovanja.

U odnosu na modele usluga mogu se definisati modeli obezbeđenja sistema kvaliteta ISO (JUS), standarda koje treba primenjivati pri ugovaranju ili realizaciji usluga. U odnosu na ISO standarde i modele može se preporučiti:

- kod modela korišćenja usluga koje se obavljaju za tržište, kvalitet usluga treba ugovarati po JUS-ISO 9000 (kao minimum) ili po JUS-ISO 9004, uz ugovaranje pojedinih elemenata sistema kvaliteta;

- kod modela korišćenja usluga prilagođenih potrebama VJ, sistem kvaliteta treba ugovarati po standardu JUS-ISO 9004 (samo pojedinih elemenata), kao minimum ili 9004-2 kao optimalan zahtev;

- kod modela usluga koje se realizuju po specifičnim vojnim tehničkim zahtevima, sistem kvaliteta treba ugovarati po standardu JUS-ISO 9004-2;

- kod modela usluga koji se odnosi na osvajanje usluge može se preporučiti ugovaranje sistema kvaliteta prema standardu JUS-ISO 9001.

Već je istaknuto da navedeni standardi daju uputstva ili razrađuju modele za obezbeđenje kvaliteta u različitim situacijama nabavke i vršenja usluga. Međutim, za obezbeđenje realizacije zahteva iz standarda nužno je raspolagati odgovarajućim propisima ili standardima (međunarodnim ili domaćim) kojima se pokrivaju navedeni zahtevi. Vojska Jugoslavije u tom pogledu koristi međunarodne, ali u najvećem broju slučajeva i domaće standarde i propise.

U daljem tekstu izvršena je analiza standarda i propisa kojima je regulisano njihovo sprovođenje. Pri tome, analiza je sprovedena do nivoa tačaka i podtačaka zahteva-elemenata standarda za obezbeđenje kvaliteta sredstava i usluga.

**Sistemska regulativa VJ za
obezbeđenje kvaliteta tehničkih
sredstava i usluga prema
modelima sistema kvaliteta
u ISO standardima**

Jedinice i ustanove Vojske Jugoslavije mogu nabavljati sredstva naoružanja i vojne opreme, tehnička materijalna sredstva i koristiti usluge po različitim varijantama:

— sredstva NVO se razvijaju, proizvode i održavaju isključivo po zahtevima taktičkog i tehničkog nosioca na osnovu dokumenata i regulative koja je propisana za VJ;

— sredstva NVO razvija i proizvodi proizvođač na osnovu taktičkih i tehničkih zahteva koje je sam postavio ili ih naknadno usaglasio sa taktičkim i tehničkim nosiocima;

— tehnička materijalna sredstva sa tzv. tržišta gotovih proizvoda se delimično, po zahtevima taktičkog i tehničkog nosioca, najnužnije usaglašavaju potrebama VJ;

— tehnička materijalna sredstva Vojska Jugoslavije nabavlja na tržištu gotovih proizvoda bez ikakvih dorada ili prilagođavanja;

— osvajanje usluge uz definisanje tehničkih zahteva za uslugu i za sistem kvaliteta izvršioca;

— za Vojsku Jugoslavije obavlja ju se usluge uz tačno definisanje zadataka isporučioća usluga i njegovog osposobljavanja za tu vrstu usluge, uz posebno definisanje sistema kvaliteta;

— za Vojsku Jugoslavije obavlja ju se usluge za koje je izvršilac prilagodio svoj sistem kvaliteta;

— za Vojsku Jugoslavije obavlja ju se usluge po sistemu kvaliteta kako isporučilac te usluge obavlja i za druge korisnike.

Navedene varijante nabavke i usluga za potrebe Vojske Jugoslavije ugovaraju se sa isporučiocima (proizvođačima) sredstava ili usluga. Vodeći računa o sadržaju navedenih varijanti i modelima za obezbeđenje kvaliteta prema međunarodnoj standardizaciji, može se zaključiti da se kvalitet može ugovoriti načelno po sva tri navedena modela (kada se koriste međunarodni standardi ISO 9001, 9002 i 9003). Međutim, VJ vrši ugovaranje u zavisnosti od nivoa komandovanja i potreba i kada se radi o uputstvima za upravljanje kvalitetom za bilo koju organizaciju, proizvođača ili isporučioća usluga, prema ISO 9000 i 9004, odnosno ISO 9004-2.

Na osnovu mogućih varijanti nabavki i usluga za potrebe VJ i modela za obezbeđenje kvaliteta preporučenih ISO (JUS) standardima, potrebno je identifikovati zahteve prema navedenim standardima.

Navedeno je da se razlikuju modeli za nabavku tehničkih sredstava (naoružanja i vojne opreme) i modeli za usluge za potrebe jedinica i ustanova Vojske Jugoslavije.

Zbog toga je, vodeći računa o izvršenoj analizi, izvršena posebna identifikacija zahteva za sistem kvaliteta nabavki (Prilog 1 pod A) i za sistem kvaliteta usluga (Prilog 1 pod B).

*Uporedni prikaz zahteva ISO standarda
o kvalitetu i sistemskih rešenja za tehnička sredstva i usluge*

A) Za tehnička sredstva — sredstva NVO i osvajanja usluge

Red. broj	Obeveza po ISO standardu	ISO standard	Nomenklatura standarda	Nadležnost	Regulisano u standardu-propisu(*)	Veza sa ISO 9004
1	2	3	4	5	6	7
1.	ODGOVORNOST RUKOVODSTVA ZA SISTEM KVALITETA:	9001 9002 9003	4.1 4.1 4.1			4
	politika kvaliteta	9001 9002 9003	4.1.1 4.1.1 4.1.1	I	SNO 0477	4.2 i 5.3.1
	organizacija odgovornosti obezbeđenja kvaliteta	9001 9002 9003	4.1.2 4.1.2 4.1.2	I	SNO 0477 (Propisi VKK)	5.2.2 i 5.2.3 (delimično)
	interna provera sistema kvaliteta	9001 9002 9003	4.1.3 4.1.3 4.1.3	I		5.4
2.	SISTEM KVALITETA	9001 9002 9003	4.2 4.2 4.2	I	SNO 0477 (Propisi VKK)	5
3.	PREISPITIVANJE (PRACENJE I KOORDINACIJA) UGOVORA	9001 9002 9003	4.3 4.3 —	I, US, U, RP	SNO 0477 SNO 8196 —	7 —
4.	KONTROLA PROJEKTA OD STRANE ISPORUČIOCA:	9001 9002 9003	4.4 — —	— — —		8
	uvođenje i održavanje postupaka za kontrolu i verifikaciju kvaliteta projektovanja proizvoda	9001 9002 9003	4.4.1 — —	I, TN, UIRP, VKK, US	UPRE-1, SNO 8196, TPR 1766 SNO 0477 (P-Sim)	

1	2	3	4	5	6	7
1	planiranje projektovanja i razvoja	9001 9002 9003	4.4.2 — —	I, TN, TehN, UIRP	UPRF-1, SNO 1096 SNO 8196 (P-SiM)	8.1, 8.2
	ulazni zahtevi za projekat	9001 9002 9003	4.4.3 — —	I, TN, UIRP, TehN	UPRF-1, SNO 1096 SNO 8196 (P-SiM) TPR 1769	8.1, 8.3, 8.4, 8.5
	izlazni podaci o projektu	9001 9002 9003	4.4.4 — —	I, TIN, TehN, UIRP, TOC	UPRF-1, SNO 1096 TPR 1783, TPR 1766, TPR 1780, TPR 1781, TPR 1767, SNO 8196, TPR 1770, SNO 4264	
	verifikacija projekta	9001 9002 9003	4.4.5 — —	I, UIRP, TOC	UPRF-1, TPR 1783, TPR 1766, TPR 1780, TPR 1781, TPR 1767, TPR 1770, propisi TOC	
	izmene projekta	9001 9002 9003	4.4.6 — —	I, UIRP	UPRF-1, SNO 8196	8.8, 8.9
5.	KONTROLA DOKUMENATA O PROIZVODU	9001 9002 9003	4.5 4.4 4.3			17
	odobranje i izdavanje dokumenata	9001 9002 9003	4.5.1 4.4.1 —	I, UIRP	SNO 0477, UPRF-1	
	izmene-modifikacije dokumenata	9001 9002	4.5.2 4.4.2	I, UIRP	SNO 0477, UPRF-1	
6.	NABAVKA ELEMENATA OD PODISPORU- ČILACA (PODUGOVARAČA)	9001 9002 9003	4.6 4.5 —			9
	opšti zahtevi o nabavci elemenata	9001 9002 9003	4.6.1 4.5.1 —	I, UIRP, VKK	SNO 0477, UPRF-1, SNO 8196	9.1
	ocenjivanje podugovarača	9001 9002 9003	4.6.2 4.5.2 —	I, UIRP, VKK	UPRF-1, SNO 0477, (Propisi VKK)	9.3, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7, 9.8

1	2	3	4	5	6	7
	podaci o nabavci elemenata	9001 9002 9003	4.6.3 4.5.3 —	I, UIRP, VKK	UPRF-1, SNO 0477, SNO 1096	
	verifikacija nabavljenih proizvoda	9001 9002 9003	4.6.4 4.5.4 —	I, VKK, UIRP	(Propisi VKK), SNO 0477, UPRF-1	9.5
	ISPORUČENI PROIZVOD OD DOBAVLJACA	9001 9002 9003	4.7 4.6 —	I, VKK	(Propisi VKK), SNO 0477, UPRF-1, SNO 8196	11.2
8.	IDENTIFIKACIJA ELEMENATA PROIZVODA I NJENA SLEDLJIVOST U TOKU SVIH FAZA PROIZVODNJE I ISPORUKE	9001 9002 9003	4.8 4.7 4.4	I, UIRP	UPRF-1, SNO 8196, SNO 0477, SNO 1096	odnosi se delimično 10, 11
9.	KONTROLA PROCESA PROIZVODNJE	9001 9002 9003	4.9 4.8 —			
	opšti zahtevi za kontrolu	9001 9002 9003	4.9.1 4.8.1 —	I		
	specijalni procesi	9001 9002 9003	4.9.2 4.8.2 —	I	SNO 8196 (delimično)	11.4
10.	KONTROLISANJE I ISPITIVANJE	9001 9002 9003	4.10 4.9 4.5			12
	prijemno kontrolisanje i ispitivanje	9001 9002 9003	4.10.1 4.9.1 —	I, VKK	(Propisi VKK) SNO 8196, Propisi TOC	12.1
	kontrolisanje i ispitivanje u toku procesa proizvodnje	9001 9002 9003	4.10.2 4.9.2 —	I, VKK, TOC	(Propisi VKK) Propisi TOC	12.2
	završno kontrolisanje i ispitivanje	9001 9002 9003	4.10.3 4.9.3 —	I, VKK, TOC	(Propisi VKK) Propisi TOC	12.3

1	2	3	4	5	6	7
	zapisi o kontrolisanju i ispitivanju	9001 9002 9003	4.10.4 4.9.4 —	I	(Propisi VKK)	
11.	OPREMA ZA KONTROLISANJE, MERENJE I ISPITIVANJE	9001 9002 9003	4.11 4.10 4.6	I, VKK	(P-SIM)	11.3, 13
12.	STATUS KONTROLISANJA I ISPITIVANJA	9001 9002 9003	4.12 4.11 4.7	I, VKK	SNO 0477, SNO 8196, SNO 1096, (P-SIM)	11.7
13.	KONTROLA NEUSAGLASENOG PROIZVODA	9001 9002 9003	4.13 4.12 4.8			14
	preispitivanje neusaglašenosti i otklanjanje	9001 9002 9003	4.13.1 4.12.1 —	I, TN, UIRP, TehN	SNO 0477, SNO 1096, SNO 8196, UPRF-1, Propisi TOC	14.2, 14.3, 14.4, 14.5, 14.6, 14.7
14.	KOREKTIVNA MERA	9001 9002 9003	4.14 4.13 —	I	SNO 0477, SNO 1096, UPRF-1	15
15.	RUKOVANJE, SKLADIŠTENJE, PAKOVANJE I ISPORUKA:	9001 9002 9003	4.15 4.14 4.9			16
	opšti propisi o ovim aktivnostima	9001 9002 9003	4.15.1 4.14.1 —	I	SNO 0477	16.1.1
	rukovanje	9001 9002 9003	4.15.2 4.14.2 —	I	SNO 0477 (ako se ugovori)	16.1.2
	skladištenje	9001 9002 9003	4.15.3 4.14.3 —	I	SNO 0477 (ako se ugovori)	16.1.2
	pakovanje	9001 9002 9003	4.15.4 4.14.4 —	I	SNO 0477 (ako se ugovori)	16.1.4

1	2	3	4	5	6	7
	isporuka	9001 9002 9003	4.15.5 4.14.5 —	I	SNO 0477 (ako se ugovori)	16.1.6
16.	ZAPISI O KVALITETU	9001 9002 9003	4.16 4.15 4.10	I	UPRF-1 (delimično)	17.1, 17.2, 17.3
17.	INTERNE PROVERE KVALITETA	9001 9002 9003	4.17 4.16 —	I, VKK	Propisi VKK, SNO 0477	5.4
18.	STRUČNO OSPOBLJAVANJE ZA KVALITET	9001 9002 9003	4.18 4.17 4.11	I	—	18.1, 18.2
19.	SERVISIRANJE (I ODRZAVANJE)	9001 9002 9003	4.19 — —	I, VKK, UŠ, UIRP	UPRF-1, SNO 0477, SNO 1096, SNO 8196	16.2
20.	STATISTIČKE METODE	9001 9002 9003	4.20 4.18 4.12	I, VKK	Propisi VKK	20.1, 20.2

(*) Kvalitet regulisanosti u navedenim propisima je različit po elementima
(za neke slučajeve veoma različit)

Red. broj	Obaveza po ISO standardu	ISO standard	Nomenklatura standarda	Nadležnost	Regulisano u standardu propisu(*)	
1	2	3	4	5	6	7
1.	KARAKTERISTIKE USLUGA	9004/2 9004	4 7.2			
	karakteristike usluga i vršenja usluge	9004/2 9004	4.1 7.2	I, TehN	SNO 0477	
	kontrola karakteristika usluge	9004/2 9004	4.2 11.4	I, (VKK)	SNO 0477	
2.	PRINCIPI SISTEMA KVALITETA	9004/2 9004	5 5			
	ključni faktori sistema kvaliteta	9004/2 9004	5.1 5.1.1	I, TehN	SNO 0477	ako se ugovori
	odgovornost rukovodstva	9004/2 9004	5.2 4	I, TehN	SNO 0477	ako se ugovori
	politika kvaliteta	9004/2 9004	5.2.2 4.2	I, TehN	SNO 0477	ako se ugovori
	ciljevi kvaliteta	9004/2 9004	5.2.3 4.2, 6.19	I	—	
3.	odgovornost i ovlaštenja za kvalitet	9004/2 9004	5.2.4 5.2.2	I	—	
	preispitivanje od strane rukovodstva	9004/2 9004	5.2.5 5.5	I, (VKK)	Propisi VKK	
	KADROVSKI I MATERIJALNI RESURSI	9004/2 9004	5.3 5.2.4			
	kadrovi za kvalitet	9004/2 9004	5.3.2 18	I	—	
	motivacija za kvalitet	9004/2 9004	5.3.2.1 18	I	—	

1	2	3	4	5	6	7
	stručno obučavanje i usavršavanje	9004/2 9004	5.3.2.2 18.1, 18.2	I, (VKK)	Propisi VKK	
	komunikacija	9004/2 9004	5.3.2.3 7.3	I, TehN	—	
	materijalni resursi	9004/2 9004	5.3.3 5.2.4	I, TehN	SNO 0477	ako se ugovori
	4. STRUKTURA SISTEMA KVALITETA	9004/2 9004	5.4 4.4, 5.2.1			
	faze procesa usluga — »petlja kvaliteta usluga«	9004/2 9004	5.4.2 5.1	I, TehN, korisnik	—	
	dokumentacija i zapisi o kvalitetu	9004/2 9004	5.4.3 5.2.5, 5.3, 17	I, (VKK)	—	
	sistem dokumentacije	9004/2 9004	5.4.3.1 5.3.2	I, (VKK)	—	
	kontrola dokumentacije	9004/2 9004	5.4.3.2 17.2	I, (VKK)	SNO 0477	ako se ugovori
	interna provera kvaliteta usluge	9004/2 9004 10011/1	5.4.4 5.4 —	I, (VKK)	—	
	5. ODNOS SA KORISNICIMA USLUGA	9004/2 9004	5.5 7.3	I, korisnik	SNO 0477	
	komunikacija sa korisnicima	9004/2 9004	5.5.2 7.3	I, TehN, korisnik	SNO 0477	
	6. OPERATIVNI ELEMENTI SISTEMA KVA- LITETA	9004/2 9004	6 5			
	razvoj marketinga	9004/2 9004	6.1 7		—	
	— kvalitet u usavršavanju i analiziranju tržišta	9004/2 9004	6.1.1 7.1, 19	I		
	— obaveza isporučioaca	9004/2 9004	6.1.2 8.2.4	I, TehN	SNO 0477, UPRF-1	

1	2	3	4	5	6	7
	— sažeta informacija o usluzi	9004/2 9004	6.1.3 7.2	I	SNO 0477	ako se ugovori
	— upravljanje uslugom	9004/2 9004	6.1.4 8.7	I, TehN	UPRF-1, SNO 0477	
	— kvalitet u reklamiranju	9004/2 9004	6.1.5 0.4, 2.2	I, TehN, korisnik	posebno uputstvo	
		9004/2 9004	6.2 8			
7.	PROCES PROJEKTOVANJA USLUGE					
	odgovornost za projektovanje	9004/2 9004	6.2.2 8.2	I, TehN	UPRF-1, SNO 0477	
	specifikacija usluge	9004/2 9004	6.2.3 8.1, 8.2, 8.3	I, TehN	UPRF-1, SNO 0477	
	specifikacija vršenja usluge	9004/2 9004	6.2.4 10	I, TehN	UPRF-1, SNO 0477	
	— postupci vršenja usluge	9004/2 9004	6.2.4.2 10.1	I, TehN	SNO 0477, UPRF-1	
	— kvalitet u nabavci	9004/2 9004	6.2.4.3 9.12.1	TehN, I	UPRF-1, SNO 0477	
	— oprema dostavljena od dobavljača korisnicima za uslugu i vršenje usluge	9004/2 9004	6.2.4.4 13.3	I	SNO 0477	
	— identifikacija i sledljivost usluge	9004/2 9004	6.2.4.5 11.2, 19	I	SNO 0477	
	— rukovanje, skladištenje, pakovanje, isporuka i zaštita korisnikove imovine	9004/2 9004	6.2.4.6 16	I	SNO 0477	ako se ugovori
	specifikacija kontrole kvaliteta	9004/2 9004	6.2.5 12.2	I, TehN (VKK)	SNO 0477, UPRF-1	
	preispitivanje projekta	9004/2 9004	6.2.6 8.5, 8.5.2	TehN, I	SNO 0477	

1	2	3	4	5	6	7
8.	ocenjivanje usluge, specifikacija i kontrole kvaliteta vršenja usluge	9004/2 9004	6.2.7 8.4, 8.5.3, 8.7, 8.9	I, (VKK)	—	
	kontrola izmene projekta	9004/2 9004	6.2.8 8.8	I, TehN	SNO 0477	
	PROCES VRŠENJA USLUGE	9004/2 9004	6.3 10, 12.3			
	ocenjivanje kvaliteta usluge od strane isporučioća	9004/2 9004	6.3.2 12	I, (VKK)	propisi VKK	
	ocenjivanje kvaliteta usluge od strane korisnika	9004/2 9004	6.3.3 7.3	(VKK), TehN	propisi VKK	
	status usluge	9004/2 9004	6.3.4 11.7	I	—	
	korektivne mere za neusaglašene usluge	9004/2 9004	6.3.5 11.8, 14, 15			
	— odgovornosti	9004/2 9004	6.3.5.1 15.2	I	—	
	— identifikacija neusaglašenosti	9004/2 9004	6.3.5.2 14, 15	I		
	kontrola sistema merenja	9004/2 9004 10012-1	6.3.6 11.3, 13 —	I	OSIM SMO (propisi metrologije)	
9.	ANALIZA I POBOLJŠANJE REALIZACIJE USLUGA	9004/2 9004	6.4 16.3			
	prikupljanje i analiza podataka	9004/2 9004	6.4.2 15.5	TehN, (VKK)	propisi VKK	
	statističke metode	9004/2 9004	6.4.3 20	I, TehN, (VKK)	—	

1	2	3	4	5	6	7
	poboljšanje kvaliteta usluge	9004/2 9004	6.4.4 6	I, TehN	SNO 0477	

* Kvalitet regulisanosti u navedenim propisima je različit, po elementima (za neke slučajeve veoma različit).

LEGENDA:

I	Isporučilac	TPR 1763
TN	Taktilski nosilac	TPR 1766
TehN	Tehnički nosilac	TPR 1780
UIRP	Uprava za istraživanje, razvoj i proizvodnju	TPR 1781
TOC	Tehnički opitni centar	TPR 1767
VKK	Vojna kontrola kvaliteta	TPR 1769
P-SiM	Propisi o standardizaciji i metrologiji	TPR 1770
US	Uprava za snabdevanje SMO	SNO 4264
SNO 1096	Taktilsko-tehnički zahtevi za ITOb	SNO 0477
UPRF-1	Pravilnik o opremanju sredstvima NVO	
SNO 8196	Aktivnosti i zadaci ITOb u toku veka sredstava ili sistema NVO	
TPR 1783	Procena i proračun troškova veka NVO	
TPR 1766	Modeli za vrednovanje tehničke i ekonomske efektivnosti	
TPR 1780	Propisivanje, ugradnja i vrednovanje efektivnosti u slučaju sopstvenog razvoja	
TPR 1781	Propisivanje i vrednovanje efektivnosti u slučaju nabavke jednog od više konkurentnih proizvoda	
TPR 1767	Metodologija analize vrsta, posledica i kritičnosti otkaza	
TPR 1769	Projektni zahtevi za izradu SOFTVERA	
TPR 1770	Metodologija i kriterijumi za ocenu kvaliteta SOFTVERA	
SNO 4264	Pouzdanost-provera zahteva za srednje vreme između otkaza u slučaju eksponencijalne raspodele	
SNO 0477	Elementi koji se razmatraju pri ugovaranju sredstava i sistema NVO	

U oba slučaja je za svaku značajniju obavezu prema sistemu kvaliteta određen nadležni nosilac (kolona 5) i pridodat propis ili standard kojim VJ podržava (obezbeđuje) realizaciju navedenog zahteva sistema kvaliteta (kolona 6).

Radi preglednijeg upoređivanja elemenata sistema nabavki po tačkama i podtačkama, i njihove regulisanosti standardima i propisima za VJ, dat je Prilog 2. Pri razmatranju tog priloga nužno je uzeti u obzir napomene koje su uz njega date. Uz to, u velikim poslovnim sistemima, pa i u VJ, obaveze koje se odnose na nabavku, razvoj, proizvodnju, eksploataciju i održavanje tehničkih sredstava tačno su određene.

Taktički nosilac je zadužen za propisivanje tehničko-eksploatacionih karakteristika sredstava, kao i za njihovu eksploataciju. Tehnički nosilac se stara o postavljanju elemenata Integralnog tehničkog obezbeđenja i održava tehnička sredstva kroz svoj poseban sistem. Isporučilac sredstava, odnosno razvojni organi, ugrađuju sve zahteve taktičkog i tehničkog nosioca u sredstvo koje se razvija. Pri tome, definiše se i sistem kvaliteta, kako je prethodno već navedeno.

Radi jednoobraznosti postavljanja, ugradnje, ispitivanja i verifikacije svih zahteva, izrađuju se standardi i (ili) propisi. Pri tome, moguće je propisati i korišćenje međunarodnih standarda po pojedinim elementima, odnosno karakteristikama sredstava i sistema u koji ulaze, eksploatišu se i održavaju u toku njihovog životnog veka.

Slične nadležnosti, kada se radi o tehničkim sredstvima, određuju se i za usluge. Takođe, i kod njih je određen taktički nosilac, ali pošto se radi o tehničkim organima ta se obaveza pripisuje tehničkom nosiocu. Obaveze i zadaci izvršioca su slični kao za isporučioća tehničkih sredstava.

Iz Priloga 1 i 2 i sadržaja pojedinih zahteva po ISO standardima (tač-

ke i podtačke), može se uočiti da je isti zahtev regulisan sa više propisa ili standarda. Pri tome treba uočiti da neki zahtevi uopšte nisu pokriveni propisima i standardima, a ističe se i činjenica da kvalitet navedenih propisa i standarda nije najčešće takav da u celini dovoljno jasno i precizno reguliše obezbeđenje sistema kvaliteta tog elementa definisanog odgovarajućom tačkom ili podtačkom.

Ove činjenice ukazuju na to da je prerada i prilagođavanje izdatih propisa i standarda VJ u izvesnoj meri nužna, kao i potreba za posebnim propisivanjem da se pokrivanje pojedinih elemenata sistema kvaliteta mora vršiti ostalim međunarodnim standardima.

Za današnje vreme je značajno da sistem kvaliteta usluga skoro uopšte nije pokriven odgovarajućim propisima ili standardima. Ako se uzme u obzir da se veliki deo elemenata sistema kvaliteta i nabavke, a posebno usluga, reguliše samo kroz ugovor (SNO 0477), onda je potreba za izradom i prilagođavanjem domaće i inostrane regulative za sistem kvaliteta, veoma značajna.

Pošto se radi o minimalnim zahtevima koji se regulišu međunarodnim standardima, ukazuje se na to da svaka zemlja mora proširivati i prilagođavati međunarodne standarde svojim potrebama. Vojska, kao specifičan sistem, mora svoju metodologiju razvoja, proizvodnje, eksploatacije i održavanja tehničkih sredstava i usluga vezanih za tehnička sredstva, stalno da proširuje, prilagođava i usavršava. Taj stav je vrlo značajan i ukazuje na to da je metodologija Integralnog tehničkog obezbeđenja, koja je postavljena i stalno se usavršava i razvija, potrebna i nezamenljiva.

Treba napomenuti da se odgovarajući međunarodni (a sada i domaći) standardi odnose na bilo koje usluge, a pošto su u VJ određeni taktički i tehnički nosioci, te isporučioći i izvršioci usluga, izvršena analiza može da

*Rekapitulacija odnosa zahteva ISO standarda
o kvalitetu sredstava NVO i TMS i sistemskih rešenja*

Tačka (ili podtačka) u ISO 9004	Obaveza po ISO standardu	Odgovarajuća tačka (ili podtačka) u			Regulisano u standardu — propisu VJ
		ISO 9001	ISO 9002	ISO 9003	
1	2	3	4	5	6
4.	Odgovornost rukovodstva	4.1	4.1	4.1	SNO 0477 (delimično)
5.	Principi sistema kvaliteta	4.2	4.2	4.2	SNO 0477 (delimično)
5.4	Proveravanje sistema kvaliteta (interno)	4.17	4.16	—	propisi VKK SNO 0477
6.	Ekonomika-razmatranje troškova kva- liteta	—	—	—	—
7.	Kvalitet u marketingu (preispitivanje ugovora)	4.3	4.3	—	SNO 0477 SNO 8196
8.	Kvalitet u specifikaciji i projektu (kon- trolla projekta)	4.4	—	—	UPRF-1, SNO 8196, SNO 0477, SNO 1096 i TPR, SNO 4264
9.	Kvalitet u nabavci (nabavka)	4.6	—	—	SNO 0477, UPRF-1, SNO 8196
10.	Kvalitet u proizvodnji (kontrola pro- cesa)	4.9	4.8	—	propisi VKK
11.	Kontrola proizvodnje	4.9	4.8	—	propisi VKK SNO 8196
11.2	Kontrola materijala i sledljivost (iden- tifikacija i sledljivost proizvoda)	4.8	4.7	4.4	UPRF-1, SNO 8196, SNO 0477, SNO 1096
11.7	Kontrola statusa verifikacije (status kontrolisanja i ispitivanja)	4.12	4.11	4.7	SNO 0477, SNO 8196, SNO 1096, propisi SiM
12.	Verifikacija proizvoda (kontrolisanje i ispitivanje)	4.10	4.9	4.5	propisi VKK propisi TOC
13.	Kontrola merne i ispitne opreme (op- reme za kontrolisanje, merenje i ispi- tivanje)	4.11	4.10	4.6	propisi SiM
14.	Neusaglašenost (kontrola neusaglašeno- sti proizvoda)	4.13	4.12	4.8	SNO 0477, SNO 1096, SNO 8196, UPRF-1
15.	Korektivna mera	4.14	4.13	—	SNO 0477, SNO 1096, UPRF-1
16.	Rukovanje i funkcije posle proizvod- nje (rukovanje, skladištenje, pakovanje i isporuka)	4.15	4.14	4.9	SNO 0477
16.2	Servisiranje posle prodaje	4.19	—	—	UPRF-1, SNO 0477, SNO 1096, SNO 8196
17.	Dokumentacija i zapisi o kvalitetu (kon- trolla dokumenata)	4.5	4.4	4.3	SNO 0477, UPRF-1

1	2	3	4	5	6
17.3	Zapisi o kvalitetu	4.16	4.15	4.10	UPRF-1 (delimično)
18.	Kadrovi (stručno osposobljavanje)	4.18	4.17	4.11	—
19.	Bezbednost proizvoda i odgovornost za proizvod	—	—	—	—
20.	Korišćenje statističkih metoda (statističke metode)	4.20	4.18	4.12	propisi VKK
—	Isporučeni proizvod od dobavljača	4.7	4.6	—	SNO 0477, UPRF-1, SNO 1096, SNO 8196

NAPOMENE: 1. Zahtevi elemenata sistema kvaliteta po pojedinim standardima su identični, ali ne u svakom slučaju.
 2. Odgovarajući zahtevi po tačkama i podtačkama se razlikuju po strogosti.
 3. Regulasnost standardima ili propisima za NVO ili TMS nije uvek potpuna (kreće se od načelnosti, metodologije i sl., pa do propisa-standarda).

se primeni i onda kada se ne radi o uslugama koje su vezane za tehnička sredstva već za bilo koju vrstu usluge.

Zaključak

Međunarodni standardi, prihvaćeni i kod nas, koji se odnose na sistem kvaliteta nabavki i usluga, za potrebe VJ mogu se i moraju prihvatiti kao minimalni zahtevi i moraju se realizovati kroz sistem nabavki i usluga. Pod uslugama se, pri tome, podrazumeva širi pojam od pojma usluga koje se odnose na tehnička sredstva i tehničke sisteme (zdravstvene, saobraćajne, ugostiteljske, administrativne, energetske, finansijske i sl.).

Identifikacija propisa ili standarda kojim se propisuje način (metodologija) realizacije elemenata (nomenklatura) sistema kvaliteta, u ovom radu nije detaljna i zahteva dalju precizniju razradu i izdavanje odgovarajućih uputstava za primenu datih propisa i standarda VJ.

Deo elemenata sistema kvaliteta (nomenklatura) nije pokriven standardom niti propisom, što znači da nije definisana metodologija za njegovu realizaciju. To se, naročito, odnosi na oblast usluga za koju postoji vrlo malo regulative. Za elemente sistema kvaliteta koji nisu pokriveni standardima ili propisima VJ, treba uraditi propise ili, ako postoje, prihvatiti inostrane.

Međunarodni standardi sistema kvaliteta predstavljaju minimum zahteva, te za potrebe NVO i usluga za VJ treba ostvarivati šire zahteve i posebno ih regulisati.

Postojeće propise i standarde VJ u oblasti sistema kvaliteta treba proširivati i prilagođavati međunarodnom sistemu standardizacije.

Metodologija ITOb-a mora se dalje razvijati i usavršavati kao specifična metodologija za tehnička sredstva (i usluge) za potrebe VJ, koja obuhvata i kvalitet, ali definiše i ostale podatke vojnog sistema koji se odnose na tehnička sredstva i usluge.

Literatura:

- [1] Standardi JUS ISO 8402, 9000, 9001, 9002, 9003, 9004, 9004-1, 9004-2, 10011, 10012 i 10013.
 [2] Kodžopeljić, J.: Kvalitet i Integralno tehničko obezbeđenje tehničkih sredstava i sistema, VTG br. 5/94.

- [3] Propisi, preporuke i standardi Vojske Jugoslavije: SNO 1096, UPRF-1, SNO 8196, TPR 1783, 1766, 1780, 1781, 1767, 1769, 1770, SNO 4284, SNO 0477.

Uvod

U vojsci kao specijalnoj organizaciji, naglašena je potreba za obezbeđenjem zaliha svih vrsta materijalnih sredstava, kao i ostalih resursa neophodnih za njen nesmetan život i rad u miru, a posebno u ratu. Zalihe su značajne i u drugim neuobičajenim uslovima u kojima se može naći neka zemlja i njena vojska, na primer, u slučaju recesije proizvodnje, vanrednog stanja ili nepovoljnog uticaja međunarodnog okruženja do zavođenja zabrane uvoza i nametanja sankcija, kao što je trenutno slučaj sa našom zemljom.

Zalihe su problem sa kojim se sreću sve vojske u bilo kom periodu ljudske delatnosti. Tako je u zapisima starih Egipćana, koji datiraju od 2000. godine pre nove ere, zapisano da vojska vozi komoru sa 1000 kola, a Sun Cu Vu (V i IV vek pre nove ere) snabdevanje (a sa njim i komoru) tretira kao jedan od pet osnovnih faktora rata [1]. Čitaocu je nepotrebno obrazlagati kasnije ili današnje potrebe u obezbeđenju jedne savremene vojske. Zalihe (engleski: *inventory*, ruski: *znanacz*) jesu sve količine materijala i proizvoda, energije i informacija koje su obezbeđene i čuvaju se sa ciljem da se u određenom trenutku mogu upotrebiti za zadovoljenje nastalih potreba [7]. U našoj praksi često se koristi i

pojam rezerve, koji je sinonim sa pojmom zalihe, s tim što možemo reći da su rezerve širi pojam od pojma zaliha (rezerve osposobljenog ljudskog potencijala za vojsku, rezerve u borbi, rezerve stočnog fonda i sl.), mada neki autori [4] i rezerve tretiraju kao zalihe.

Prvi matematički model upravljanja zalihami definisao je 1915. godine Ford Harris kroz formulu veličine partije, a na problem upravljanja zalihami konkretno ju je primenio Wilson 1934. godine, pa se ovaj model često naziva Wilsonov model [2]. Do pedesetih godina u ovoj oblasti nije bilo većeg napretka, ali je otpočeto sa stohastičkim pristupom u razrešavanju matematičkih modela, uglavnom na osnovi teorije masovnog opsluživanja. Prvi izveštaj o upravljanju zalihami i hijerarhijskom stohastičkom sistemu, primenjeno na konkretan problem, objavljen je 1968. godine [6]. Tretirao je upravljanje zalihami u modelu razvijenom za opravljiva sredstva u ratnom vazduhoplovstvu SAD. Posle toga došlo je do masovnog bavljenja istraživanjima u oblasti operacionih istraživanja sa ovom problematikom, pa je u časopisima i knjigama do danas objavljeno mnoštvo matematičkih modela upravljanja zalihami.

U ovom članku uglavnom će se razmatrati mogućnosti primene teorije na zalihe materijalnih sredstava, podrazu-

mevajući i energente za vođenje borbe. Cilj je da se podstaknu ljudi u vojsci, koji se bave problemima pozadinskog obezbeđenja, da naučno pristupe upravljanju zaliham. U praksi JNA zaliham se upravljalo tako što su na osnovu empirije ili heuristički vršene određene procene, iz kojih je rezultiralo propisivanje normi u vidu operativno-proračunskih jedinica — dana rata, borbenog kompleta, dnevnog obroka, dnevnog utroška, norme sledovanja i sl. Prema njima su formirane i zalihe, a dalje su uglavnom tekle radnje znavljanja i povremenog obnavljanja u zavisnosti od raspoloživih novčanih sredstava i drugih ograničenja.

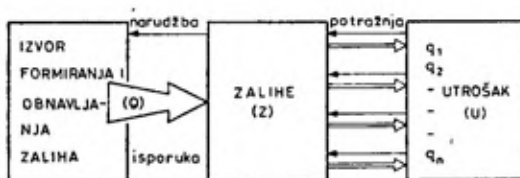
Metode, načini i postupci određivanja nivoa i strukture zaliha različito su utvrđivani ne samo po pozadinskim službama, već i u okviru same službe, a često ni zahtevi taktičkih nosilaca nisu bili precizni, pa je time i sama realnost (dovoljnost) formiranih zaliha dovedena u sumnju. U praksi, tokom izvršavanja zadataka jedinica, neke zalihe su veoma brzo utrošene, a za nekima čak nije bilo nikakve potrebe.

Savremena naučna misao uz masovnu i jednostavnu primenu računarske i druge informatičke tehnike i opreme dala je veoma moćnu i primenjivu teoriju upravljanja zaliham. To nam daje mogućnost da se u novom pristupu transformacije i oblikovanja organizacijsko-formacijske strukture Vojske Jugoslavije (VJ) i ovom problemu priđe na nov i stvaralački način u svim službama pozadine gde se formiraju zalihe, bilo u VJ bilo u drugim strukturama za potrebe VJ, kako za mir tako i za rat.

Uloga zaliha u snabdevanju

Zalihe materijalnih sredstava su otkosnica i temelj svakog sistema snabdevanja. Na pojednostavljenom šematskom prikazu izolovanog jednostepenog

sistema snabdevanja (slika 1) [3] vidi se mesto i uloga zaliha, koje su neka vrsta amortizera između isporučioaca ili dobavljača, odnosno izvora popune i korisnika, odnosno potrošača. Njima se osigurava zadovoljenje potreba krajnjeg korisnika — potrošača u slučajevima bilo kakvog kolebanja ili smetnji u nabavkama potrebnih sredstava u sistemu.



Sl. 1 — Model jednostepenog izolovanog sistema snabdevanja

Ako su jednom dobro procenjene i proračunate, i ako se ubuduće želi zadržavanje zaliha (Z) na tom nivou, onda je jasno da se nabavke i utrošak moraju dovesti u stacionarno stanje, odnosno da mora biti zadovoljen uslov

$$Q=U, \text{ odnosno } Q=\sum_{i=1}^n q_i \quad (1)$$

gde je:

q_i — potrebe i-tog potrošača,
 $i=1, \dots, n$ — redni broj potrošača.

Očito je da se, ukoliko je u nekom sistemu konstrukciono ili organizacijom eksploatacije u svakom trenutku moguće obezbediti da važi prethodni izraz, postavlja pitanje potrebe postojanja zaliha. One se tada mogu eliminisati, čime se postiže ekonomičnost u sistemu, jer svako ulaganje u zalihe predstavlja zamrzavanje sredstava, a u proizvodnji, koja živi od profita, umanjuje obrt kapitala. To je stalna težnja profitabilnih preduzeća i danas se u svetu razvijaju modeli proizvodnje bez zaliha (Kanban sistem u Tojoti) [5].

Ukoliko se unapred zna da je stacionarnost sa bilo koje strane u pret-

hodnom izrazu neizvesna, moraju se formirati zalihe iz kojih se upravo zadovoljavaju potrebe sistema snabdevanja u uslovima nestacionarnosti, pa se onda može postaviti sledeći odnos:

$$Q + Z - \sum_{i=1}^n q_i = 1 \quad (2)$$

To je granični slučaj kada zalihe mogu obezbediti zadovoljenje potreba u sistemu. Njegovim održavanjem obezbeđuje se nužan uslov da sistem funkcioniše na optimalan način, uz data ograničenja u nekom vremenu.

Odavde se vidi da se zalihe mogu proceniti, odnosno egzaktno odrediti uvek, kada se zna kakva će biti priroda dopune zaliha nabavkom od izvora snabdevanja, izraženo kroz količinu (Q), kao i potrebe utroška (U), a sve u određenom periodu za koji se razmatra sigurnost rada sistema snabdevanja.

U svakom racionalnom sistemu deluju ekonomski razlozi za čuvanjem minimalnih zaliha, ali tolikih da uz poznate uslove nabavke zadovolje potražnju. Normalno je da njihovo postojanje izaziva značajne troškove, koji su, u osnovi, uslovljeni sledećim:

- gubitkom dohotka zbog umrtvljenih novčanih sredstava koja su izdvojena za kupovinu sredstava na zalihama. U budžetskim organizacijama pogrešno uložena sredstva na zalihe značiće manje ulaganja u neke druge značajne poslove ili sisteme;

- troškovima za fizičko čuvanje, objekte za smeštaj, kontrolu, održavanje zaliha pri čuvanju, znavljanje i druge poslove njihovog uskladištenja;

- gubicima u količini zaliha tokom vremena zbog fizičko-hemijskih svojstava, a ponekad i uz smanjenje pouzdanosti čuvanog sredstva ili gubitke ako se zaliha ne može utrošiti ili prodati;

- direktnim gubitkom zbog neadekvatne politike nabavke i planiranja perspektivnosti ili mogućnosti pravovremenog plasiranja zaliha.

Da bi se pronašao racionalan odnos između stalne želje za povećanjem zaliha kod odgovornih za snabdevanje i želje za smanjenjem troškova koje inicira princip ekonomičnosti, pristupa se upravljanju zalihama iznalaženjem rešenja u odgovoru na sledeća pitanja:

- koliki nivo zaliha u sistemu treba da bude;

- kolika treba da bude narudžba prema dobavljaču radi obnavljanja zaliha da bi se postigli minimalni troškovi;

- kada (u kom vremenskom trenutku) treba ispostaviti narudžbu (trebovanje) za obnavljanje zaliha?

Ova pitanja rešavaju se putem pogodnih modela upravljanja zalihama koji treba da omoguće minimalne troškove čuvanja zaliha, uz maksimalno zadovoljenje zahteva potrošača.

Modeli upravljanja zalihama

U teoriji upravljanja zalihama s obzirom na raznovrsnost izučavanih problema, nema univerzalnih jedinstvenih modela. Za svaki poseban slučaj upravljanja zalihama moraju se razviti odgovarajući matematički modeli, koji treba da omoguće funkcionisanje sistema.

Da bi se došlo do odgovarajućeg modela koji se može primeniti na određeni problem upravljanja zalihama za neko sredstvo, potrebno je, na osnovu stvarnih iskustava, uraditi sledeće:

- formirati odgovarajući istraživački tim, sastavljen od ekonomista, inženjera, matematičara, sistemanalitičara, psihologa, specijalista u istraživanoj oblasti (oficira pozadinskih službi za pozadinske probleme), programa i drugog pratećeg osoblja;

- svestrano analizirati, formalizovati i opisati sistem upravljanja zalihama koji se želi modelirati i defini-

sati željene strategije upravljanja zalihama;

— izraditi matematičke modele i pripremiti ih za praktičnu realizaciju, uključujući programiranja, simulacije, uputstva za korisnike, i sl.;

— proveriti i po potrebi, otkloniti greške i doraditi model, obučiti personal i proveriti pogodnost metodike analize rezultata;

— eksperimentisati primenu modela u praksi, uz potrebne popravke i dorade;

— analizirati rezultate modela i pripremiti uputstva radi predaje modela na praktično korišćenje naručiocu.

Da bi se moglo pristupiti izradi odgovarajućeg modela za konkretan problem upravljanja zalihama nekog sredstva treba posebno i detaljno istražiti uslove i ograničenja u sistemu snabdevanja koja se odnose na:

— prirodu, osobine i operativne zahteve u sistemu snabdevanja (da li je ešeloniran na više nivoa i hijerarhijski ili je decentralizovan, koja efektivnost se zahteva, kakva je otpornost zaštite zaliha, itd.);

— prirodu i karakteristike sredstava na zalihama;

— zahtev da li se formiranje zaliha rešava jednokratno ili se pojavljuje periodično ili je, pak, kontinuirano u vremenu, odnosno da li je priroda istraživanog procesa statična ili dinamična;

— ponašanje i osobine utroška ili potražnje, a time i da li je potražnja prema zalihama deterministička, odnosno poznata u svakom trenutku, ili stohastička, slučajna veličina;

— osobine pouzdanosti dobavljača i mogućnosti realizacije nabavki sredstava u zalihe u željenom trenutku, odnosno da li je vreme nabavke (popune zaliha) deterministička ili stohastička veličina, a u odnosu na kvantitet jednovremena ili kontinuirana isporuka;

— vrste i veličinu troškova čuvanja, rukovanja i manipulacije zalihama, odnosno u celini troškove vezane za zalihe;

— željeni sistem uslužnosti, odnosno da li je u procesu snabdevanja dozvoljen deficit (nedostatak sredstava) ili se on evidentira da bi se kasnije zadovoljio, odnosno, koja strategija upravljanja zalihama bi najviše odgovarala;

— moguća ograničenja koja se pojavljuju u sistemu (novčana sredstva — budžet, skladišni prostor, masa, itd.);

— utvrđivanje asortimana sredstava koja treba čuvati na zalihama, jer se razlikuju jednokomponentni sistemi kada se čuva samo jedna vrsta sredstava i višekomponentni sistemi, što je najčešći slučaj u vojsci. U slučaju višekomponentnog sistema potrebno je izvršiti svođenje ili grupisanje sredstava po klasama kako bi se dobio manji broj jednokomponentnih sistema. Za to postoji više mogućnosti, a kao prvo potrebno je, na primer, primenom metoda Pareto analize (ABC), odabrati sredstva od interesa za optimalizaciju zaliha, a onda ta sredstva, utvrđivanjem zajedničkih osobina, međuzavisnosti i korelativnosti razvrstati u i jednokomponentnih problema, koji se nezavisno rešavaju (konkretni primeri dati su u [3]).

Kada se istraže ili definišu ove karakteristike, u fazi matematičkog modeliranja treba prvo istražiti da li se neki problem može rešiti primenom već razrađenih modela, kojih je do sada mnogo urađeno za različite uslove i različite strategije upravljanja zalihama. Ako to nije moguće, model se u celini iznova razrađuje prema stvarnim uslovima.

Za opštu ilustraciju problema upravljanja zalihama objasniće se prvi deterministički dinamički Wilsonov model [2].

Matematička postavka modela zasniva se na optimizaciji troškova u

sistemu upravljanja zalihama u odnosu na prosečan nivo zaliha u vremenu T .

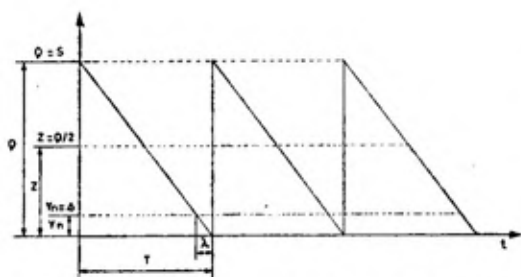
Optimalna veličina za naručivanje dobija se iz sledećeg izraza:

$$Q = \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot q}{i \cdot c}} \quad [\text{j m}] \quad (3)$$

gde je:

- Q — optimalna narudžba koju treba obezbediti u jednom periodu uz minimalne troškove,
 K — fiksni troškovi naručivanja [din/narudžba],
 q — potražnja [j m/vreme],
 i — koeficijent troškova upravljanja zalihama,
 c — vrednost (cena) jedinice sredstva [din/j m],
 [j m] — jedinica mere.

Grafički prikaz ponašanja zaliha u ovom modelu prikazan je na slici 2.



Sl. 2 — Ilustracija strategije $\langle s, S \rangle$ upravljanja zalihama

U najprostijem slučaju zalihe se tokom vremena ravnomerno troše (deterministička potražnja) i u momentu kada je preostali nivo Y_n dovoljan da se obezbedi potražnja u sistemu do stizanja naredne isporuke za vreme λ , ispostavlja se narudžba prema dobavljaču (izvoru snabdevanja) u optimalnom iznosu Q . Te zalihe treba da stignu upravo u trenutku kada prethodne padnu na nulu, ali tako da u sistemu nema deficita.

Prosečan (srednji) nivo zaliha Z u sistemu u vremenskom periodu T je, kao i u modelu, u celini:

$$Z = \frac{Q}{2} \quad [\text{j m}] \quad (4)$$

Nivo Y_n je kontrolna tačka ili tačka naručivanja i bira se u zavisnosti od opšte politike upravljanja zalihama koja je odabrana u skladu sa uslovima konkretnog problema. Za determinisanu potražnju veličine q i vreme isporuke λ :

$$Y_n = q \cdot \lambda \quad [\text{j m}] \quad (5)$$

U skladu sa razvojem matematičkih modela upravljanja zalihama razvijeni su i modeli politike upravljanja zalihama, često u literaturi nazvane strategijama upravljanja zalihama. Definišu se maksimalnim nivoom zaliha i nivoom zaliha u tački naručivanja. Tako, na primer, u strategiji $\langle s, S \rangle$, simbolom s označava se nivo zaliha kod koga se vrši naručivanje, a simbolom S maksimalni nivo zaliha. Ova strategija se u literaturi javlja i kao $\langle r, Q \rangle$ strategija.

Na lici 2. prikazan je slučaj strategije $\langle s, S \rangle$, a modeli se međusobno razlikuju prema dužini vremena nabavke.

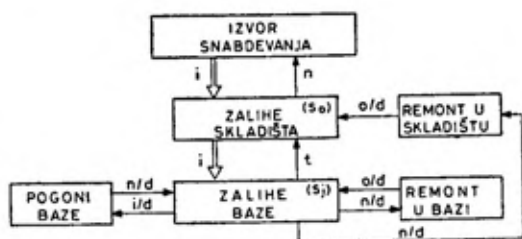
Iz ove strategije izvedene su razne varijante, kao što su $\langle s, Q \rangle$, $\langle S, S \rangle$, $\langle S-1, S \rangle$ i tako dalje. [3]

Takođe, postoji čitava lepeza modela koji uzimaju u obzir stohastičnost procesa upravljanja zalihama. Pri razradi ovih modela široko su korišćena razna područja matematike, od primene teorije verovatnoće, preko aplikacije procesa Markova, uz korišćenje dinamičkog programiranja, teorije masovnog opsluživanja (repova), itd.

Prikazani Vilsonov model je primenjiv na deterministički sistem snabdevanja prikazan na slici 1. Međutim, u praksi se, najčešće, sreću složeni stohastički sistemi snabdevanja sa hijerar-

hijskom strukturom za koje je razrada matematičkog aparata složena i gde se simulacionim tehnikama može obezbediti skup podataka za optimizaciju sistema upravljanja zalihama ili, pak, približnu optimizaciju.

U modelu Sherbrooka [6] razrađena je metodologija određivanja optimalnog nivoa zaliha za dvoešelonski sistem snabdevanja i održavanja, prikazan načelno na slici 3. Svaka lokacija u tom sistemu može imati zalihe ispravnih sredstava, ali i mogućnost opravke neispravnih sredstava.



Sl. 3 — Ilustracija modela dvoešelonskog sistema upravljanja zalihama za opravljive delove

U modelu je pretpostavljeno da trebovanja potrošača slede složenu Puasonovu (Poisson) raspodelu sa poznatim srednjim intenzitetom dolaska zahteva korisnika.

U ovom sistemu može biti više baza. Pri dolasku u bazu radi trebovanja dela (podsklopa, modula, sklopa) za zamenu, korisnik uvek donosi neispravan deo. Ovaj deo se popravlja u pogonima baze, a ako ne može šalje se u radionicu glavnog skladišta na remont. Popravljeni delovi po nivoima vraćaju se u sistem snabdevanja.

Takođe je utvrđeno da će se slanje sredstava na remont u radionicu skladišta pokoravati složenoj Puasonovoj raspodeli. Raspodela (pristizanje) zahteva u skladištu od više baza takođe je složen (logaritamski) Puasonov proces. Primenjena je $\langle S-1, S \rangle$ strategija upravljanja zalihama, odnosno na-

čelo zamene jedan za jedan ili ispravno za neispravno.

U samom modelu polazi se od unapred određenog ili zadatog nivoa rezerve skladišta S_0 , i zaliha baza S_1 , a onda se utvrđuje očekivani nivo ispunjenih narudžbi pridruženih datom skupu nivoa rezervi sistema $S = (S_0, S_1, S_2 \dots S_j)$.

Neispunjena trebovanja u slučajnom vremenskom trenutku u bazi j dobijaju se iz izraza

$$B_j(S_j) = \sum_{x=S_j+1}^{\infty} (x - S_j) p(x/\lambda_j, T_j) \quad [6]$$

gde je:

$p(x/\lambda_j, T_j)$ — složena Puasonova verovatnoća sa srednjim intenzitetom zahteva korisnika (λ_j, T_j) ,

x — broj zahteva korisnika.

Očekivani broj sredstava za koje neće biti ispunjena trebovanja baza u glavnom skladištu određuje se slično iz izraza:

$$B_0(S_0/\lambda_D) = \sum_{x=S_0+1}^{\infty} (x - S_0) p(x/\lambda_D) \quad [7]$$

gde je:

S_0 — zadati nivo zaliha skladišta,

λ_D — srednji intenzitet zahteva korisnika u vremenu D ,

x — broj zahteva korisnika.

Očekivano kašnjenje skladišta po jedinačnom zahtevu baze, odnosno očekivano trajanje deficita (nedostatka potrebnog dela) određuje se iz odnosa:

$$\delta(S_0) D = \frac{B_0(S_0/\lambda_D)}{\Theta} \quad [8]$$

gde je:

$\Theta = \lambda_j D_j f_j$,

f_j — broj zahteva korisnika prema skladištu,

$\delta(S_0)$ — srednje vreme kašnjenja skladišta.

Na osnovu ovog matematičkog aparata sam model je, u vreme kada je urađen, u upravljanju zalihama omogućavao sledeće akcije:

— ocenu efikasnosti snabdevanja u odnosu na pridruženi nivo rezervi u sistemu ili zatečene rezerve u skladištima;

— distribuciju datog broja sredstava (sklopova) na mesta čuvanja u sistemu;

— proračun optimalnih nivoa rezervi po mestima čuvanja u odnosu na ograničena investicijska (budžetska) sredstva.

Kasnije, na bazi ovog modela, razvijeno je mnogo drugih modela za različite uslove i ograničenja i uz različite matematičke pristupe, što se u objavljenoj literaturi koja je dostupna može pronaći.

U VJ do sada je, uglavnom, za potrebe tehničke službe, rađeno nekoliko istraživačkih zadataka na konkretnim primerima, gde su korišćeni postojeći modeli i razvijeni neki novi matematički modeli upravljanja zalihama. U nastavne programe Vojnotehničke akademije uključena je i oblast upravljanja zalihama. Na stranicama VTG povremeno se pojavljuju radovi iz ove oblasti [10]. Zapaženi su radovi u kojima se skupovi parametara potrebnih za optimalizaciju sistema određuju simulacijama na računaru.

Zaključak

Problemu upravljanja zalihama savremene armije pridaju izuzetan značaj, što se može zaključiti po broju objavljenih članaka u stručnim časopisima.

U ovom članku učinjen je pokušaj da se kratkim prikazom mogućnosti i tendencija u području upravljanja zalihama ukaže na put kojim moraju ići i naše pozadinske službe u transformaciji VJ ukoliko žele da svoje odluke o

čuvanju rezervi donose ekonomično, u skladu sa potrebama i raspoloživim budžetskim sredstvima.

Prikazana su, načelno, samo dva istražena i testirana modela objavljena u dostupnoj literaturi. Prvi, pokazan preko formule Wilsona koji zadovoljava prost deterministički odnos u sistemu snabdevanja, kada je potražnja sredstava u vremenu kontinuirana i u svakom trenutku konstantna (npr. utrošak goriva u kotlarnici ili skladišnih artikala hrane za poznati broj abonata, i sl.).

Preko delimičnog prikaza, drugog modela »METRIC«, koji je krajem šezdesetih i početkom sedamdesetih godina razrađen i uveden u ratno vazdoplovstvo SAD, želelo se ukazati na mogućnost, ali i složenost istraživanja hijerarhijskih snabdevačkih sistema jer su upravo ovakvi sistemi karakteristični za vojnu organizaciju.

U domaćoj literaturi ([10], [11], [12], itd.) mogu se naći i radovi pripadnika VJ, koji specifične probleme optimizacije sistema rešavaju simulacijom primene modela upravljanja zalihama. U tu svrhu koriste već razvijene matematičke modele, kreiraju simulacione modele za određivanje potrebnih parametara i razvijaju originalne modele u skladu sa prirodom problema.

Očito je da inventivni pojedinci iz svih pozadinskih službi VJ mogu već sada, parcijalno u granicama svoje nadležnosti, prilagoditi neke od razrađenih modela upravljanja zalihama na praksu i olakšati sebi planiranje i sve drugo vezano za raspolaganje bilo mirnodopskim zalihama bilo ratnim rezervama. Za svaki dalji i ozbiljniji pomak u ovoj oblasti potrebno je angažovanje stručnih timova kroz realizaciju naučnoistraživačkih zadataka, koje definišu nadležne institucije vojske, kao i želja i entuzijazam svih zaposlenih u pozadinskim strukturama na što bržem uvođenju ekonomskih faktora u ovu

oblast. Za to već sada postoje osnovni preduslovi: školovani kadar, informatička baza, statističke analize ponašanja

u proteklom periodu, kao i iskustva u izradi projekata naučnoistraživačkog rada.

Literatura:

- [1] Grupa autora: Rasprave o ratnoj veštini, VINC, Beograd, 1991. god.
- [2] Hadley, G. and Whitin, T. M.: Analysis of inventory systems, prevod na ruski, Nauka, Moskva, 1969.
- [3] Pantelić, V.: Snabdevanje tehničkim materijalnim sredstvima, CVTŠ KoV JNA, Zagreb, 1986.
- [4] Stojiljković, M., Vukadinović, S.: Operaciona istraživanja, VIZ, Beograd, 1984.
- [5] Shigeo, Sh.: Nova japanska proizvodna filozofija, PIS, Beograd, 1986.
- [6] Sherbrooke, C. C.: METRIC: A multi-echelon technique of recoverable item control, Operations Research, 16, 1968.
- [7] Vukićević, S.: Upravljanje zalihama u uslovima stohastičke potrošnje i stohastičkog snabdevanja sa aplikacijom u oblasti održavanja i opravki motornih vozila, doktorska disertacija, Beograd, 1975.
- [8] Negovetić, E. i M.: Minimiziranje zaliha rezervnih delova primenom metoda ABC, OMO VI, 1977.
- [9] Christian Albrisht, S. and Sonl, A.: Markovian Multiechelon Repairable inventory system, Naval Research Logistics, vol. 35, 1988.
- [10] Mišković, V., Kerec, Z., Lukić, D.: Primena simulacija računarom za analize u sistemu sa više nivoa, VTF 5/89.
- [11] Maksić, R.: Simulacioni model za određivanje resursa kod upravljanja zalihama sa tekućim odlukama o naručivanju, zbornik radova, XXI SYMOPIS, 1994.
- [12] Mišković, V.: Određivanje karakteristika funkcionisanja višeečalonskog nesimetričnog sistema zaliha, zbornik radova, XXI SYMOPIS, 1994.

Dr Svetomir Minić,
potpukovnik, dipl. inž.

Dr Živan Arsenić,
profesor, dipl. inž.

PRIMENA FUZZY LOGIKE U UPRAVLJANJU PROCESOM PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA TEHNIČKIH SISTEMA PREMA STANJU

Predložena je primena FUZZY logike za upravljanje procesom preventivnog održavanja tehničkih sistema prema stanju u uslovima neizvesnosti i subjektivnosti. Odluke o sprovođenju postupaka održavanja donose se na osnovu operacionih karakteristika modela EKRAN i razvijenog algoritma aproksimativnog rezonovanja.

Uvod

Proces POPS-preventivnog održavanja prema stanju (On-Condition Based Maintenance) zasniva se na pregledu stanja, odnosno na diskretnom ili kontinualnom praćenju promene parametra stanja koji jednoznačno i sigurno opisuje stanje sastavnog elementa tehničkog sistema.

Prema rezultatima izvršenog pregleda i konstatovanog stanja elementa, donose se odluke o sprovođenju postupaka POPS ili se nastavlja korišćenje sistema do sledeće provere stanja.

Zbog neizvesnosti podataka i subjektivnih procena donosioca odluke, proces POPS se može opisati kao fuzzy-problem. Kriterijumi za donošenje odluka o sprovođenju postupaka POPS, na osnovu rezultata »provere stanja« elementa (odnos izmerene i dozvoljene vrednosti posmatranog parametra stanja, prognozirano vreme do sledeće provere stanja i »stanje« sistema), transformisani su u fuzzy promenljive veličine i tretiraju se kao fuzzy skupovi za koje se definišu njihove funkcije pripadnosti. Na ovoj osnovi, i koristeći izlazne operacione karakteristike simuliranog modela EKRAN [1,5], razvijen

je algoritam aproksimativnog rezonovanja u vidu skupa pravila za odlučivanje u upravljanju procesom POPS.

Modeliranje procesa POPS

Proces POPS ilustrovan je na slici 1 na kojoj se vidi mogući slučaj zakonitosti promene parametra stanja $x(t)$ s dinamikom provere stanja, gde su definisani: nominalna vrednost parametra (x_n), dozvoljena vrednost parametra (x_d), granična vrednost parametra (x_g) i interval provere stanja (i_p). Dozvoljena vrednost parametra stanja određuje se kao operaciona karakteristika modela POPS, a označava stanje posle koga treba sprovesti odgovarajuće postupke POPS kako bi se sprečila pojava stanja sistema »u otkazu«. Granice upozorenja i otkaza definišu signalizacionu toleranciju parametra stanja (Δx), koja obezbeđuje vreme (Δt) za preduzimanje postupaka POPS.

Model EKRAN uspostavlja direktne odnose između zakona pouzdanosti posmatranog elementa sistema, odnosno objekta održavanja i zakona promene odgovarajućeg parametra stanja. Modelom se određuje dozvoljena vred-

nost parametra stanja (x_d) i definiše se signalizaciona tolerancija (sa stano-
višta zadovoljenja funkcije cilja), od-

Konstruisanje fuzzy upravljačkog sistema za upravljanje procesom POPS

Predlaže se algoritam aproksimativnog rezonovanja za upravljanje procesom POPS, koji se sastoji od sledećih algoritamskih koraka:

KORAK 1: Definisanje fuzzy promenljivih

Kriterijumi odlučivanja o trenutku sprovođenja postupaka POPS mogu se iskazati u funkciji sledećih fuzzy promenljivih:

P — fuzzy promenljiva koja označava izmerenu vrednost parametra stanja u odnosu na dozvoljenu vrednost,

T — fuzzy promenljiva, koja označava vreme rada sistema do sledeće provere stanja,

X — fuzzy promenljiva koja predstavlja »stanje« sistema,

I — fuzzy promenljiva koja predstavlja jačinu (indeks) preferencije donosioca odluke o sprovođenju postupaka POPS.

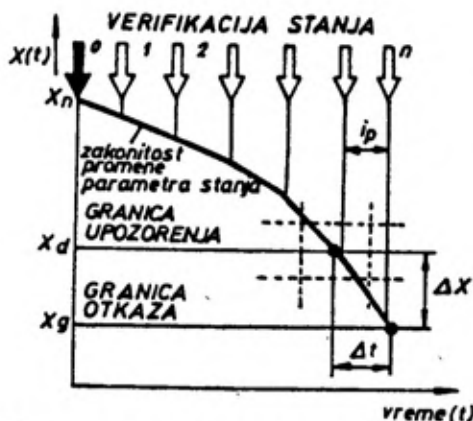
Fuzzy promenljive P, T i X predstavljaju ulazne promenljive na osnovu čijih vrednosti treba doneti odluku o vrednosti izlazne promenljive I.

KORAK 2: Definisanje funkcija pripadnosti

Fuzzy promenljive se iskazuju lingvističkim promenljivima koje se izražavaju fuzzy (rasplinutim) skupovima, pa se za svaku fuzzy promenljivu definišu odgovarajuće funkcije pripadnosti.

Pretpostavimo da se fuzzy promenljiva P može iskazati fuzzy skupovima kao »mnogo manja«, »manja«, »ista« i »veća«. Ove lingvističke promenljive su respektivno prikazane fuzzy skupovima P_1 , P_2 , P_3 i P_4 .

Fuzzy promenljivoj T bilo je moguće dodeliti vrednosti »malo«, »sred-



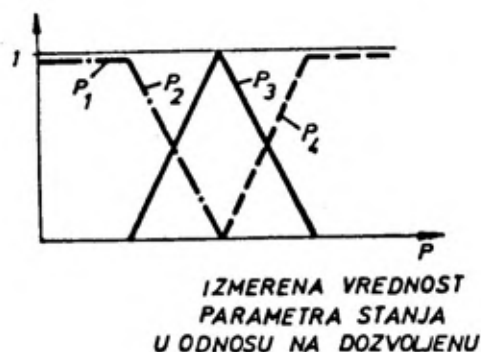
Sl. 1 — Proces POPS sa proverom parametra stanja

nosno dozvoljeno odstupanje u izlaznim performansama sistema, u iznosu $x = x_g - x_d$, što predstavlja područje u kome treba, u intervalu $t = t_2 - t_1$, sprovesti postupke POPS, kako bi se sistem ponovo vratio u stanje ispravnosti (tako da merodavni parametar stanja ima vrednost ispod dozvoljene vrednosti, odnosno $x < x_d$).

U procesu primene modela EKRAN obavlja se merenje parametra stanja i izmerena vrednost parametra upoređuje sa dozvoljenom vrednošću. Ukoliko je izmerena vrednost parametra stanja (x_i) u trenutku »prve« provere stanja (t_1), veća od dozvoljene vrednosti (x_d), tj. $x_i(t_1) > x_d$, pristupa se sprovođenju postupaka POPS, kako bi se element ponovo vratio u stanje ispravnosti. Ako je izmerena vrednost parametra manja od dozvoljene vrednosti, tj. $x_i(t_1) < x_d$, onda se nastavlja korišćenje sistema i određuje se trenutak sledeće, odnosno »druge« provere stanja (t_2). U trenutku t_2 ponavlja se isti postupak, kao i u trenutku t_1 .

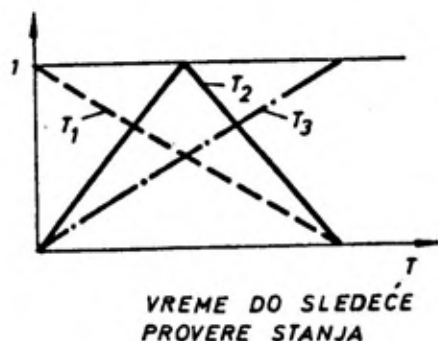
nje» i »veliko«. Ove kategorije su respektivno prikazane fuzzy skupovima T_1 , T_2 i T_3 . Pretpostavimo da se »stanje« sistema kod kontinualne promene parametra stanja može iskazati fuzzy skupovima »stanje u radu«, »međustanje« i »stanje u otkazu«. Ove kategorije prikazane su fuzzy skupovima X_1 , X_2 i X_3 .

Izlazna promenljiva I , koja označava jačinu preferencije donosioca od-



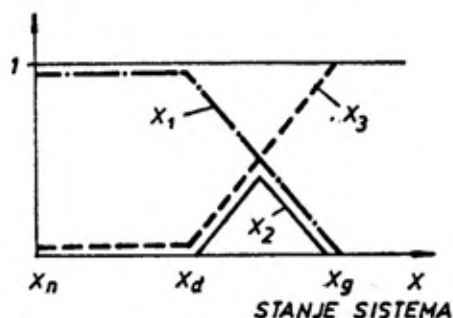
P_1 — mnogo manja	P_2 — manja
P_3 — ista	P_4 — veća

Sl. 2 — Funkcija pripadnosti fuzzy skupova P_1 , P_2 , P_3 i P_4



T_1 — malo	T_2 — srednje	T_3 — veliko
--------------	-----------------	----------------

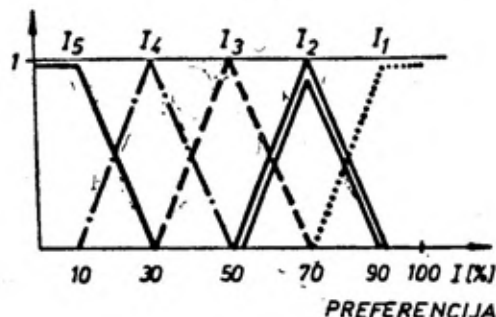
Sl. 3 — Funkcija pripadnosti fuzzy skupova T_1 , T_2 i T_3



X_1 — stanje "U RADU"
X_2 — MEĐUSTANJE
X_3 — stanje "U OTKAZU"

Sl. 4 — Funkcija pripadnosti fuzzy skupova X_1 , X_2 i X_3

luke, može da bude iskazana indeksom preferencije (I) čija je vrednost između 0 i 1. U slučaju kada je vrednost indeksa preferencije jednaka 1, donosilac odluke želi (bez ikakve dileme) da sprovede postupke POPS u datom trenutku »provere stanja«. Sa opadanjem vrednosti indeksa preferencije opada i »jačina« želje donosioca odluke o sprovođenju postupaka POPS. Pretpostavimo da jačina preferencije može da bude predstavljena fuzzy skupovi-



I_1 — vrlo jaka	I_2 — jaka	I_3 — srednja
I_4 — vrlo slaba	I_5 — slaba	

Sl. 5 — Funkcija pripadnosti fuzzy skupova I_1 , I_2 , I_3 , I_4 i I_5

ma »vrlo jaka«, »jaka«, »srednja«, »slaba« i »vrlo slaba«. Ove lingvističke promenljive predstavljene su respektivno fuzzy skupovima I_1, I_2, I_3, I_4 i I_5 .

Funkcije pripadnosti definisanih fuzzy skupova grafički su prikazane na slikama 2, 3, 4 i 5.

KORAK 3: Definisanje pravila aproksimativnog rezonovanja

Predlažu se sledeća pravila aproksimativnog rezonovanja za određivanje jačine preferencije donosioca odluke o sprovođenju postupaka POPS:

Pravilo 1: IF P mnogo manje, T malo, X u radu, THEN I srednja ELSE

Pravilo 2: IF P mnogo manje, T srednje, X u radu, THEN I slaba ELSE

Pravilo 3: IF P mnogo manje, T veliko, X u radu, THEN I vrlo slaba ELSE

Pravilo 4: IF P manje, T malo, X u radu, THEN I jaka ELSE

Pravilo 5: IF P manje, T srednje, X u radu, THEN I srednja ELSE

Pravilo 6: IF P manje, T veliko, X u radu, THEN I slaba ELSE

Pravilo 7: IF P isto, T malo, X međustanje, THEN I vrlo jaka ELSE

Pravilo 8: IF P isto, T srednje, X međustanje, THEN I jaka ELSE

Pravilo 9: IF P isto, T veliko, X međustanje, THEN I srednja ELSE

Pravilo 10: IF P veće, T malo, X međustanje, THEN I vrlo jaka ELSE

Pravilo 11: IF P veće, T srednje, X međustanje, THEN I jaka ELSE

Pravilo 12: IF P veće, T veliko, X međustanje, THEN I srednja ELSE

Pravilo 13: IF P veće, T malo, X u otkazu, THEN I vrlo jaka.

Uočimo, na primer, pravilo 10: IF P veće, T malo, X međustanje, THEN I vrlo jaka.

Ovo pravilo predstavlja fuzzy relaciju između P, T, X i I.

Izraz »IF P veće, T malo, X međustanje« predstavlja fuzzy frazu definisanu na skupu čiji su elementi $P \cdot T \cdot X$. Označimo ovu fuzzy frazu sa F. Funkcija pripadnosti fuzzy fraze F opisana je kao:

$$\mu_F(p, t, x) = \min \{ \mu_{\text{veće}}(p), \mu_{\text{malo}}(t), \mu_{\text{međustanje}}(x) \} \quad (1)$$

Implikacija »IF F, THEN I vrlo jaka« takođe je fuzzy fraza. Označimo ovu fuzzy frazu sa N. Fuzzy fraza N definisana je na skupu čiji su elementi $P \cdot T \cdot X \cdot I$. Funkcija pripadnosti fuzzy fraze N je:

$$\mu_N(p, t, x, i) = \min \{ \mu_F(p, t, x), \mu_{\text{vrlo jaka}}(i) \} \quad (2)$$

Dve ili više fuzzy fraze povezane rečju »ELSE« čine fuzzy rečenicu. Označimo respektivno sa $N_1, N_2, \dots, N_{13}$ fuzzy fraze koje predstavljaju prethodno definisana pravila. Fuzzy fraze $N_1, N_2, \dots, N_{13}$ čine fuzzy rečenicu (R). Funkcija pripadnosti fuzzy rečenice R je:

$$\mu_R = \max \{ \mu_{N_1}(p, t, x, i), \mu_{N_2}(p, t, x, i), \dots, \mu_{N_{13}}(p, t, x, i) \} \quad (3)$$

Za unapred zadate vrednosti fuzzy promenljivih P, T, X primenom definisanog algoritma aproksimativnog rezonovanja svakoj od mogućih vrednosti indeksa preferencije I dodeljuje se odgovarajući stepen pripadnosti. U sledećem koraku neophodno je izvršiti tzv. defazifikaciju, odnosno neophodno je izabrati jednu vrednost indeksa preferencije.

Konačni izbor vrednosti indeksa preferencije vrši se primenom metoda centra gravitacije ($\bar{i}$) koji se izračunava pomoću sledeće formule [2]:

$$\bar{i} = \frac{\sum_{n=0}^{13} i_n \mu(i_n)}{\sum_n \mu(i_n)} \quad (4)$$

Zaključak

Odluke o sprovođenju postupaka POPS treba zasnivati na bazi koncepta fuzzy logike. Na taj način uzimaju se u obzir inženjerske nedoumice i subjektivizam u vezi sa prisutnim neizvesnim ili nepreciznim veličinama koje

klasični model za upravljanje procesom POPS ne uzima u obzir.

Izloženi algoritam aproksimativnog rezonovanja omogućava utvrđivanje jačine (indeksa) preferencije koju ima donosilac odluke u pogledu sprovođenja postupaka POPS u datom trenutku »provere stanja« tehničkog sistema.

Literatura:

- [1] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema-Maintainability Engineering, JUMV, Beograd, 1993.
- [2] Teodorović, D., Kikuchi, S.: Fuzzy skupovi i primene u saobraćaju, Saobraćajni fakultet, Beograd, 1993.
- [3] Onisawa, T.: An Application of Fuzzy Concepts to Modeling of Reliability Analysis, Fuzzy Sets and Systems, 37, 1990.
- [4] Vasić, B., Todorović, J.: Primena teorije fuzzy skupova u upravljanju održavanjem, SYMOPIS 94, Kotor, 1994.
- [5] Minić, S.: Dinamički model preventivnog održavanja prema stanju motornih vozila, Doktorska disertacija, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [6] Todorović, J.: Održavanje tehničkih sistema-Nauka ili veština?, SYMOPIS 94, Kotor, 1994.

Mr Petar Stanojević,
kapetan, dipl. inž.

Vladimir Bukvić,
kapetan, dipl. inž.

MOGUĆNOST POBOLJŠANJA METODOLOGIJE PLANIRANJA KAPACITETA U ODRŽAVANJU

Uvod

Organizacija proizvodnje (rezultati postignuti u organizaciji proizvodnje mogu se primeniti i pri planiranju održavanja i upravljanja zalihama rezervnih delova, jer održavanje spada u pojedinačni ili maloserijski tip proizvodnje) jeste transformacioni proces kojim se od inputa dobijaju konačni proizvodi, usluge ili dobra kroz niz uzastopnih procesa i aktivnosti. Organizacija proizvodnje ili održavanja je faktor strateškog odlučivanja koji se ogleda kroz sledeće elemente:

- ostvarivanje efikasnog spoja materijala i sredstava za rad, kao izraza tehnologije, i čoveka što je komparativna prednost u odnosu na konkurente;

- stratezijsku orijentaciju radnog procesa na korisnika što, istovremeno, postavlja uslove pred ovaj proces radi ostvarivanja visokog kvaliteta, niskih troškova, kratkog vremena čekanja, fleksibilnog zadovoljavanja pojedinačnih potreba korisnika usluga;

- optimalan način stvaranja proizvoda ili usluge, o čemu treba voditi računa prilikom njihovog oblikovanja. U postojećoj organizaciji procesa proizvodnje ili pružanja usluga, o ovome se mora voditi računa kao o ograničavajućem faktoru, ali i prednosti;

- organizaciju proizvodnje i pružanje usluga, koje moraju zadovoljiti i imperative tehnologije koji se ispoljavaju u automatizaciji i upotrebi računara u raznim oblicima integracije (Computer Aided) u procesu proizvodnje;

- prostorni, kvalitativni i kvantitativni raspored i razmeštaj proizvodnih radnih faktora koji, takođe, utiču na sistemsku integraciju procesa proizvodnje ili pružanja usluga;

- uticaj ljudskog faktora.

S obzirom na postavljene uslove i ograničenja, razvijene su sledeće tehnike u planiranju [1]:

- Material Requirement Planning (MRP),

- Manufacturing Resources Planning MRPII),

- Just-in-time (JIT) planiranje,

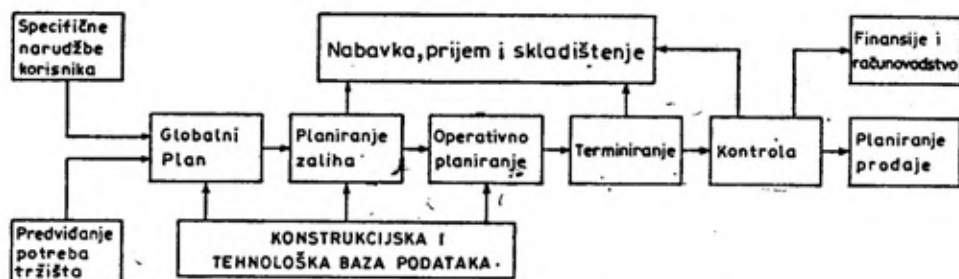
- Upravljanje projektom (Project Management).

Opšta sistemska šema tehnike MRPII prikazana je na slici 1.

Kompjuterski sistem MRP na osnovu rokova i podataka o potrebnim materijalima, stanju zaliha materijala i delova, u stanju je da izračuna optimalan odnos stanja zaliha i potreba, i da omogućiti uvid u potrebe određenih materijala, vremena isporuke itd. Svi ovi sistemi omogućavaju jednostavnu

izmenu plana u slučaju izmene prioriteta, ali isuviše česte izmene plana izazivaju kontraefekte pošto se stvaraju

Upravljanje projektom obuhvata skup aktivnosti neophodnih za proizvodnju jednog proizvoda i omogućuje



Sl. 1 — Pregled sadržaja koje obuhvata MRPII

međuoperacijske zalihe polugotovih proizvoda. U poslednje vreme ovi sistemi su prošireni na planiranje ne samo materijala već i svih drugih resursa, tako da im se funkcija proširuje na upravljanje i kontrolu.

Sistem za planiranje proizvodnih resursa (Manufacturing resources planning MRPII) uključuje nabavku, računovodstvo, prodaju, inženjering, konstrukciju i druge poslovne funkcije. Upotrebom savremene informacione tehnologije MRPII omogućava efikasniju organizaciju proizvodnje, ali i bolje korišćenje finansijskih i ljudskih resursa.

Sistem planiranja Just-in-time omogućuje smanjenje troškova i skraćivanje vremena tokova materijala i proizvoda. Dovođenjem materijala na radno mesto u »pravom trenutku« smanjuju se troškovi skladištenja, povećava iskorištenost prostora i povećava kvalitet. Mora se napomenuti da je za efikasnu primenu ovog sistema planiranja potrebno ispuniti sledeće uslove: geografsku koncentraciju radi skraćivanja puteva do kooperanata i prodaje, visoki kvalitet isporučene robe, upravljivu mrežu nabavljača, kontrolisan i pouzdan transportni sistem, efikasan prijem i rukovanje materijalima.

jednostavan uvid da li su različite faze završene na vreme odgovarajućim redosledom i sa odgovarajućim kvalitetom, kao i praćenje, stanje raspoloživosti i zauzetosti finansijskih, proizvodnih i drugih resursa. Tehnike upravljanja kakvi su Ganttovi dijagrami, PERT i CPM omogućuju da se predvide posledice kašnjenja ili zastoja na nekoj od aktivnosti, efekti predisliranja resursa sa jednog zadatka na drugi, itd.

Optimizacija i ocenjivanje rezultata planiranja

Osnovno pitanje ocene uspešnosti procesa planiranja je u nalaženju kriterijuma za optimalno raspoređivanje poslova po kapacitetima i vremenu [2]. Raspon rezultata na osnovu kojih se meri uspešnost nekog procesa je veliki, pa u primeni postoje bolja i lošija pravila. Za optimizaciju i ocenjivanje kvaliteta procesa koji se izvode na planirani način i njihovih alternativa, razrađen je veliki broj metoda i kriterijuma, čija je primena uglavnom ograničena na:

— »problem raspoređivanja« (nedostatak — obuhvat do 3 mašine — radna mesta),

— »metodi značajnih razlika« (za različite mašine koje proizvode isti proizvod),

— »Heller-Logermanov algoritam« (za optimalni redosled aktivnosti pri terminiranju više paralelnih mrežnih dijagrama — tabelarno rešava problem, izuzetno je komplikovan i praktično nije primenjivan),

— analitičkoj metodi za optimalni raspored operacija, zasnovanoj na Gray-Kiddovoj grafičkoj metodi (koja omogućava maksimalno skraćivanje vremena protoka — ciklusa proizvodnje, ujednačavanjem tj. neprekidnim odvijanjem operacija na jednom proizvodu).

Prilikom snimanja vremena protoka — ciklusa proizvoda pokazalo se da postoji određena zavisnost vremena protoka od vremena obrade [4]. Koeficijent protoka u pojedinačnom i maloserijskom tipu proizvodnje smatra se povoljnim ako iznosi 2 do 3, a kreće se i od 10 do 15 u uslovima loše organizacije [4]. Iz toga proističe da veličina protoka — ciklusa i zastoja u izvršavanju rada predstavljaju važne parametre uspešnosti funkcionisanja organizacije. Zbog toga je do sada primenjivano pravilo najkraćeg vremena trajanja operacije ili najkraćeg vremena trajanja protoka — ciklusa — »Shortest Operation Time — SOT« [2, 4].

To nije jedini parametar uspešnosti metodologije planiranja, jer se uspešnost mora ocenjivati na nivou funkcionisanja organizacije kao celine. Orijentacijom na skraćivanje vremena trajanja protoka — ciklusa smanjuje se mogućnost ravnomernog opterećenja svih kapaciteta tokom vremena, i njihovog ukupnog angažovanja korišćenjem preostalih vremenskih rezervi.

Uspešnost funkcionisanja organizacije, uobičajeno se ocenjuje na osnovu ekonomskih i neekonomskih pokazatelja. Postoji i mogućnost određivanja tipa i toka tehnološkog proce-

sa, odnosno njegovih kvalitativnih osobina [5]. Neekonomski pokazatelji, kao što su efikasnost, organizovanost, zadovoljstvo zaposlenih, zadovoljstvo korisnika proizvoda ili usluga i zadovoljstvo okoline, veoma se teško mere i iskazuju. Ekonomski pokazatelji uspeha organizacije su dohodak-profit (razlika prihoda i troškova), produktivnost (odnos učinka i uloženog rada — mera je efikasnosti živog rada), ekonomičnost (odnos učinka i troškova) i rentabilnost (odnos dohotka i angažovanih sredstava).

Sagledavanjem suštine merljivih-ekonomskih pokazatelja uspešnosti vidi se da svi oni sadrže veličinu učinka iskazanu kroz fizički obim proizvodnje ili kroz dohodak. Obim proizvodnje govori indirektno i o delu tržišta kojim je »ovladala« posmatrana organizacija, što uključuje i izvoz. Druge značajna veličina koju sadrži većina ekonomskih pokazatelja su troškovi. Oni predstavljaju obim angažovanja živog i minulog rada (ljudski rad, mašine, alati, energija, materijal itd.) u dobijanju proizvoda ili usluga odgovarajućeg kvaliteta. Troškovi, u suštini, imaju značenje obima angažovanih kapaciteta i finansijskih sredstava za izvršenje nekog posla.

Problem uspešnosti efikasno se može rešiti povećanjem obima proizvodnje ili pružanja usluga i smanjivanjem troškova, odnosno obima angažovanja potrebnih kapaciteta i njihovim što boljim iskorišćenjem. Problem povećanja produktivnosti rešava se na isti način, što je, u svojoj suštini, promena tipa proizvodnje. Povećanje broja zaposlenih, odnosno veličine organizacije i razne godišnje stope rasta, koje su parametri uspešnosti organizacije, takođe su posledica povećanja obima proizvodnje i smanjenja troškova.

Iz tih razloga merila uspešnosti organizacije su, količina prodatih proizvoda ili povećanje proizvodnje i smanjenje troškova [6]. Količina proizvo-

da ili usluga se naglašava jer dohodak-profit dobrim delom zavisi od stanja na tržištu, reputacije konkretne organizacije, odnosa sa okolinom, itd.

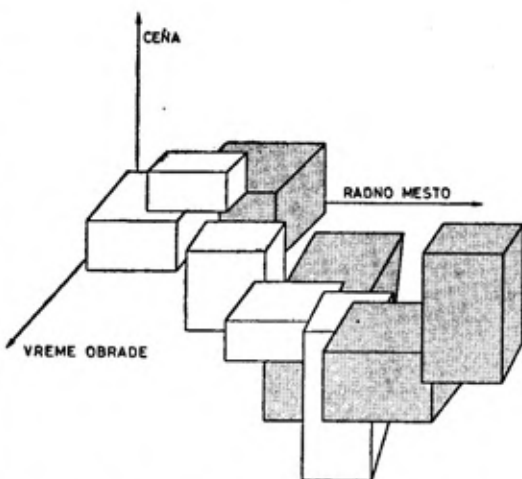
Povećanje obima proizvodnje ili pružanja usluga rešava se na dva načina: smanjenjem tehnološkog vremena za dobijanje jedinice proizvoda ili usluge, ili skraćanjem protoka — ciklusa za dobijanje jedinice proizvoda ili usluge (čime se utiče na kvalitet toka procesa preko smanjenja raznih kategorija zastoja). Povećanje obima proizvodnje ili pružanja usluga ima ograničenje u obimu postojećih kapaciteta, koje treba što bolje iskoristiti, a koji predstavljaju i osnovno ograničenje sistema održavanja [8]. Skraćenje protoka — ciklusa održavanja imalo bi za posledicu povećanje gotovosti tehničkih sredstava, što je glavni do sada korišćeni pokazatelj uspešnosti sistema održavanja. Smanjenje obima angažovanja kapaciteta direktno znači smanjenje troškova.

Sušтина uspešnog funkcionisanja svake organizacije jeste da treba obaviti što veći obim posla, za što kraće vreme i sa što manje angažovanih potencijala. Kvalitet obavljenog posla u ovom slučaju neće se razmatrati ali će se podrazumevati.

Mogući postupak optimizacije prikazan je modifikovanim »Trodimenzijskim sistemom za planiranje proizvodnje«, slika 2 [7].

Ovakav prikaz je izabran, jer je proizvodni sistem višedimenzijski, a izbor relevantnih dimenzija zavisi od ugla posmatranja i ciljeva analize. U okviru dimenzija javljaju se faktori proizvodnje i gubitaka, koji utiču jedan na drugi sa različitim stepenom i na različite načine [7]. Posmatrani problem se nalazi u prostoru trougla veličina vreme-troškovi-kapaciteti. Osnovni problem je u izboru kriterijuma i ograničenja.

U toku analize, za razliku od osnovnog modela, došlo se do zaključka da bi uputnije bilo korišćenje sledećih dimenzija:



Sl. 2 — Trodimenzionalni model

- a) radno mesto (x-osa),
- b) vreme kao termini — npr. 1. dan, 17. dan, itd. (y-osa),
- c) troškovi elementa sastavnice (z-osa) — u slučaju održavanja to bi bila cena operacije održavanja i rezervnog dela ili materijala koji se u njoj koristi.

Veličine na x i y-osi iskazuju se u vremenskim jedinicama, a na z-osi u novčanim. Preko karakteristika i rasporeda radnih mesta prelama se uticaj kapaciteta sredstava za rad, tehnologije i elemenata organizacione strukture na organizaciju. Dimenzija troškovi elementa sastavnice sadrži karakteristike proizvoda (kategorije rada na održavanju), i cilj koji organizacija želi da postigne preko izrade (održavanja) određenog broja elemenata (tehničkih sredstava). Vreme, preko terminskih jedinica, ukazuje na ciljeve koje organizacija želi da postigne, a sadrži karakteristike toka proizvodnog procesa (procesa održavanja). Na

ovaj način se proizvod ili usluga, kao osnovni pokretački mehanizam i svrha svake organizacije, postavlja u centar posmatranja. Sve veličine se posmatraju samo za potrebiti period terminiranja, posle čega se, ako nastupe promene, vrši ponovno terminiranje za sledeći period. Dimenzije se, na ose koordinatnog sistema, nanose na sledeći način:

a) na x-osi se za prvo radno mesto nanese vremenska dimenzija koja odgovara veličini njegovog kapaciteta iskazanog vremenskim jedinicama, počev od koordinatnog početka, pa se zatim na tu dimenziju nadodaje dimenzija kapaciteta za drugo radno mesto i tako do kraja da bi svako radno mesto dobilo svoj deo na x-osi u neprekidnom nizu,

b) na z-osi se sprovodi isti postupak kao kod x-ose, s tim da se nanose ukupni troškovi elemenata sastavnice (operacija održavanja i rezervnih delova) od prvog do poslednjeg, po redosledu koji određuje mrežni plan izrade jednog proizvoda (mrežni plan postupaka održavanja),

c) na y-osi se nanose terminske jedinice redosledom od prve do poslednje, za period za koji se vrši terminiranje.

Na ovaj način se postiže da svaki element sastavnice (operacija održavanja) u nekom vremenskom trenutku ima svoje prostorno odredište (pomaknuto u odnosu na druge), zauzima »deo zapremine« u trodimenzionalnom koordinatnom sistemu koja se karakteriše terminom početka i kraja njegove obrade, angažovanjem određene veličine kapaciteta na nekom radnom mestu i troškovima. Veliki broj proizvoda ili usluga na kojima se rad istovremeno obavlja stvaraju, prvo svaki za sebe, a potom svi zajedno, trodimenzionalnu mrežu koja delimično ispunjava zapreminu trodimenzionalnog modela. Projekcije ovih veličina na koordinatne ose daju veličine angažovanja kapaciteta

pojedinih radnog mesta, vremena izvršenja i troškova rada. Kao radna mesta treba posmatrati i ona koja su namenjena vršenju unutrašnjeg transporta, kontroli itd., a ne samo radna mesta na kojima se nešto obrađuje ili montira, zbog sveobuhvatnijeg uključivanja svih vremenskih komponenti, vezanih za određene nužne događaje.

Uočava se da ravan x-y predstavlja mogućnosti iskorišćenja kapaciteta u vremenu i područje tehnološkog procesa, odnosno mogućnosti toka proizvoda (tehničkog sredstva) po radnim mestima. Ravan y-z predstavlja područje vremenskog angažovanja novčanih sredstava. Ravan x-z predstavlja područje veličine ukupnih troškova. Kumulativni zbir »zauzetih« površina (projekcije na ravni), sa veličinama nane-tim na ose kao nezavisnim promenljivim, daju vremenske rasporede angažovanosti ukupnih kapaciteta, finansijskih sredstava i ukupnih troškova za period terminiranja.

Optimizacija se postiže minimiziranjem dimenzija na x, y i z-osi i maksimiziranjem »korisne« zapremine. Ocena uspešnosti varijanti plana zasniva se na upoređivanju optimiziranih veličina »korisnih« zapremina. Postupak optimizacije ima za cilj maksimalno moguće smanjenje veličine potrebitih kapaciteta, troškova i perioda proizvodnje i maksimalno iskorišćenje kapaciteta.

Uvako definisan trodimenzionalni model omogućio je koncipiranje procedure operativnog planiranja i terminiranja proizvodnje (održavanja) koja će biti iskazana u »pseudo jeziku« (pogodno zbog programiranja). Zbog toga se prvo mora definisati hijerarhija pojmova u kojoj posao predstavlja proizvodnju (održavanje) više istih proizvoda-serija, proizvod predstavlja element posla (npr. jedno tehničko sredstvo), element sastavnice deo proizvoda (operaciju ili kategoriju radova na održavanju), a aktivnost radnju koja se na jednom radnom mestu izvodi na

jednom elementu sastavnice (u okviru operacije ili kategorije radova).

Procedura raspoređivanja poslova po vremenu i radnim mestima ima sledeće korake:

1. Raspoređivanje poslova po vrednosti prioriteta (Simplex ili nekom drugom metodom).

2. Formiranje načelnog mrežnog dijagrama po CPM metodi za proizvod najvećeg prioriteta.

3. Određivanje elemenata sastavnice sa kojima započinje proizvodnja (održavanje).

4. Formiranje mreže mogućeg kretanja po radnim mestima u sklopu trodimenzionalnog modela za jedan od »početnih« elemenata i definisanje aktivnosti po ceni i vremenu.

5. Određivanje najkraćeg vremena protoka za konkretan element sastavnice metodom Branch and Bound, (čime se dobija vreme najranijeg početka rada po radnim mestima, što predstavlja praktično rešavanje Job shop problema 1 x m).

6. Rezervisanje »potrebne zapremine« za element sastavnice po radnim mestima (aktivnost).

7. Ponavljanje koraka 4, 5 i 6 za ostale »početne elemente« s tim da se ne mogu zauzimati »zauzete zapremine«.

8. Ponavljanje koraka 4, 5, 6 i 7 za naredne elemente, prema mrežnom planu, do poslednjeg koji se sadrži u proizvodu.

9. Formiranje mrežnog plana za proizvod po CPM metodi na osnovu dosadašnjih rezultata raspoređivanja.

10. Optimiziranje mrežnog plana po vremenu trajanja i troškovima [9].

11. Izmene u rezervisanim zapreminama i mrežnom planu na osnovu rezultata 10. koraka.

12. Ponavljanje koraka 2 do 11 za proizvod sa sledećim najvišim prioriteta, i tako do poslednjeg posla (ako su poslovi istog prioriteta treba ih pro-

pustiti kroz proceduru, pa onome koji ima kraći period proizvodnje dodeliti viši prioritet, a ako ni tada nema razlike uzeti ih po proizvoljnom redosledu).

13. Izvršiti lokalno usklađivanje po radnim mestima i vremenskim terminima s obzirom na vremenske rezerve (za celokupno prostorno — »globalno« rešenje), a u slučaju da to izaziva pomake, na »globalnom planu« izvršiti i globalne pomake radi smanjenja i najboljeg iskorišćenja zapremine modela.

Poslednji korak (13), praktično znači rešavanje problema trodimenzionalnog Transplana, gde će broj iteracija biti jednak broju aktivnosti. Na ovaj način može se doći do optimalnog rešenja [10, 11, 12].

Stvoreni su karakteristična metodologija i mogući pristup rešavanju konkretnih problema planiranja, i određeni realni kriterijumi uspešnosti procesa planiranja vezani za celinu uspeha organizacije. Ovakvim načinom optimizacije i ocenjivanja postiže se i ravnomernost intenziteta toka radnog procesa. Suština ovakvog načina optimizacije i ocenjivanja je usaglašavanje korišćenja mikro kapaciteta radi dobijanja optimalnog plana proizvodnje (održavanja). Procedura i trodimenzionalni model zasnivaju se na heurističkom pristupu, odnosno znanju o procesima koji se odvijaju u stvarnosti. Metodologija i pristup rešavanju problema direktno ukazuju na uska grla i na druge organizacijske propuste, što treba da dovede do inovativnog procesa rešavanja postojećih problema.

Karakteristike programskog paketa za podršku planiranju

U prikazu mogućnosti poboljšanja organizacije proizvodnje i održavanja najuputnije je upotrebiti AutoCad okruženje i Lisp programski jezik.

Predlog za razvoj programa za potrebe planiranja organizacije proizvodnje dobara i usluga sastoji se u tome da se na već postojeću aplikaciju, koja se koristi za smeštaj podataka o materijalima, proizvodima, tehničkim sredstvima i tehnološkim postupcima, doda i modul za planiranje, umesto razvoja ili kupovine posebnih već postojećih, na tržištu raspoloživih programa.

AutoCad okruženje pruža takve mogućnosti. Programiranjem u C-u i Lisp-u, ovaj paket je zaokružen kao jedna od mogućnosti spremanja podataka o proizvodima. Mora se konstatovati da se u našim uslovima, uglavnom, koristi samo njegova glavna funkcija.

Lisp programski jezik razvijen je šezdesetih godina, prvenstveno kao jezik veštačke inteligencije i okruženja za razvoj ekspertnih sistema. Njegove prednosti su:

- jednostavnost rada sa pojedinačnim i kolekcijom heterogenih objekata, što je osnovni oblik podataka u CAD sistemima,

- izrazito je povoljan za nestrukturiranu interakciju kakav je proces konstruisanja,

- jednostavan je za učenje i upotrebu, i raspolaže jednostavnim strukturama,

- razvijen je za potrebe istraživanja u području veštačke inteligencije,

- ima jednostavnu sintaksu, pa su Lisp interpreteri jednostavni i zauzimaju mali prostor.

Lisp je proceduralni programski jezik. Osnovnu strukturu podataka čine lista, indeksirane liste, i funkcije. Listama se predstavljaju složenije strukture B-stabla, binarnog stabla i druge koje se primenjuju u sistemima veštačke inteligencije. Definisanjem rekurzivnih i iterativnih funkcija ostvaruju se operacije na listama i realizuje algoritam.

Sintaksa Lisp-a je nešto drugačija od uobičajene kod drugih programskih jezika (Pascal, C), tako da se sve prikazuje u vidu lista. Ako se ne spreči izračunavanje, prvi element liste je ime funkcije, a naredni elementi su argumenti te funkcije. Funkcija uvek vraća listu.

Na osnovu navedenih karakteristika programskih jezika trebalo bi izraditi originalnu programsku aplikaciju za planiranje proizvodnje i održavanja. Konkretni zadaci programskog paketa za podršku planiranju bili bi:

1. Povezano planiranje izvođenja najsitnijih operacija i radova na sklopovima i agregatima proizvoda ili tehničkog sredstva, tako da se osigura poštovanje rokova.

2. Modularnost koja treba da omoguću primenu modela za planiranje na tri nivoa: nivo izvođenja pojedinačnih operacija, nivo radova na jednom radnom mestu i nivo celine kategorije rada na održavanju ili u proizvodnji.

3. Definisanje rokova početka i završetka za svaki posao.

4. Definisanje različitog vremena rada za sve okolnosti izvođenja poslova (24, 16, 12, 10, 8, 6 i 4 sata rada dnevno).

5. Izrada varijanti plana promenom resursa i prioriteta.

6. Izrada plana kooperacije — ispomoci, materijala, rezervnih delova i alata.

7. Zadržavanje maksimalno mogućeg kontinuiteta operacija, čime se postiže povoljnije angažovanje sredstava i kraće vreme angažovanja sredstava po kategoriji radova.

8. Izrada planova prema postojećem planu i stanju izvršenja plana.

9. Izrada plana resursa (radnika po specijalnostima i kvalifikacionoj strukturi, kapaciteta po radnom mestu

i grupama radnih mesta, specijalnog alata, mašina i postrojenja, itd.).

10. Unos i priprema podataka na dva nivoa. Prvi nivo čine podaci o proizvodnji ili tehničkom sredstvu, tehnologiji izvođenja radova i raspoloživim resursima. Drugi nivo čine podaci koji se unose tokom izrade plana (rokovima završetka, prioriteti, itd.).

11. Izrada plana u svakom trenutku za »novi posao«, prema postojećem planu i zauzetosti kapaciteta.

12. Pretvaranje raznih terminskih jedinica u radne dane po kalendaru.

13. Projektovanje optimalne opreme za realizaciju potrebnih radova u traženoj količini i potrebnom vremenu.

14. Definisanje sadržaja aktivnosti prema dobijenim terminima obaveza u obliku rokova za sve radove koji se javljaju u planu.

Računarski program omogućuje:

- planiranje rada na sva tri nivoa (operacije, radna mesta, vrsta radova),

- rebalans plana i promene u izvođenju operacija,

- izradu plana za razna ugovaranja i davanja ponuda,

- izradu plana na već postojeći plan i delimično zauzete kapacitete,

- izradu planova kooperanata — ispomoci,

- izradu planova materijala, rezervnih delova i alata,

- planiranje poslova u »inženjerskim organizacijama« i projektnim biroima,

- analizu tehnološkog viška ili manjka radnika i kapaciteta prema planovima upotrebe i namene organizacija,

- optimalni izbor kapaciteta za nove planove upotrebe i namene.

Rešenju ovog programskog paketa mora se prići preko sledećih koraka:

- definisanja funkcionalnog toka informacija,

- definisanja ili redefinisivanja šifarskog sistema,

- definisanja matematičkog modela,

- pripreme ulaznih podataka,

- standardizacije oblika izlaznih rezultata,

- definisanja celokupnog softverskog sistema.

Zaključak

Postojeća metodologija planiranja održavanja u Vojski Jugoslavije nije sveobuhvatna i ne odgovara sadašnjem stepenu naučnog i organizaciono-tehničkog razvoja. U poboljšavanju metodologije planiranja preko prikazanog algoritma planiranja, odnosno raspoređivanja poslova u vremenu i po kapacitetima, nove metodologije optimizacije i ocenjivanja alternativnih planova, preko modifikovanog »Trodimenzijskog sistema za planiranje proizvodnje« i stvaranjem softverskog paketa za podršku planiranju, nalaze se velike mogućnosti za povećanje gotovosti tehničkih sredstava i smanjenje troškova održavanja, a time i poboljšanja uspešnosti postojećeg sistema održavanja.

Na Katedri TOB-a Vojnotehničke akademije obavljena su, uglavnom, neophodna prethodna istraživanja ovog problema. Potrebno je obaviti i eksperimentisanje radi dokazivanja uspešnosti, opravdanosti i primenljivosti teoretski prikazanog heurističkog metoda za optimizaciju i ocenjivanje planskih varijanti.

Literatura:

- [1] Schermerhom, J. R.: Management for Productivity, John Wiley & Sons Inc. New York, 1989.
- [2] Vila, A. i dr.: Modeli planiranja proizvodnje u industriji, Informator, Zagreb, 1982.
- [3] Majdandžić, N.: Upravljanje proizvodnjom — informacijski sistem planiranja, ISOT, Zagreb, 1988.
- [4] Vila, A., Leicher, Z.: Planiranje proizvodnje i kontrola rokova, Informator, Zagreb, 1972.
- [5] Đukić, B.: Projektovanje organizacije za tržišnu preorijentaciju namenske proizvodnje, magistarski rad, Mašinski fakultet, Beograd, 1993.
- [6] Woodward, J.: Industrial organization — theory and practice, Oxford University Press, Amen House, London E.C.4, 1965.
- [7] Klarin, M.: Planiranje i praćenje proizvodnje u automatskim proizvodnim sistemima, Tehnika br. 1 i 2, 1994.
- [8] Smiljanić, N.: Planiranje održavanja tehničkih sredstava, magistarski rad, VVTš KoV JNA, Zagreb, 1989.
- [9] Petrić, J.: Operaciona istraživanja, Naučna knjiga, Beograd, 1989.
- [10] Bratko, I.: Prolog programming for artificial intelligence, Addison-Wesley, London, 1990.
- [11] Nilsson, N. J.: Principles of Artificial Intelligence, Tioga, Palo Alto, 1980.
- [12] Pirlot, M.: Heuristic Search Methods, Zbornik radova sa XIII EURO OR, Glasgof, 1994.

Saša Kukilo,
potporučnik, dipl. inž.

Dr Vasilije Mišković,
major, dipl. inž.

IZBOR TRANSPORTNIH VOZILA ZA SNABDEVAČKE JEDINICE

Uvod

Ekonomično korišćenje transportnih sredstava u ratu je od velikog značaja. Zato je potrebno, u skladu sa transportnim zadacima, birati odgovarajuća vozila, puteve i grupisati teret.

Transportna i teretna motorna vozila različitih upotrebnih karakteristika osnova su pokretljivosti jedinica. Namenjena su za prevoz ljudstva, municije, MES i drugih materijala. Od velikog broja tipova motornih vozila koja se mogu koristiti za ove potrebe, treba izabrati ona koja će najbolje da ispune postavljene zahteve za izvršenje transportnih zadataka.

Prikazan je postupak rangiranja vozila za različite snabdevačke jedinice u kojem su osnova za izbor taktičko-tehničke karakteristike, kvalitativne osobine vozila, potrebe jedinica i raspoloživi fond davalaca, odnosno vojni park. Prikazan je način izbora kriterijuma za rangiranje vozila za različite jedinice, određivanje njihove vrednosti i relativne važnosti.

Ovaj postupak može biti primenjen pri izboru transportnih vozila za popunu jedinica ili izboru vozila iz popisnog fonda. On omogućava da se za snabdevačke jedinice biraju vozila primerenih taktičko-tehničkih karakteristika.

Izbor i opis metode za rangiranje vozila

Donošenje odluke o izboru odgovarajućeg transportnog sredstva povezano je sa protivrečnim zahtevima. Obuhvatanje svih značajnih činjenica logičkim i intuitivnim putem je vrlo složeno, a pogrešno donesena odluka može imati teže posledice.

Razvoj određenih područja operacionih istraživanja omogućuje da se iz oblasti višekriterijumske analize odaberu pouzdane metode za višekriterijumsko odlučivanje (ELECTRE I do IV, IKOR, PROMETHEE I do IV, i dr.). Ove metode su razrađene za jedan nivo rangiranja i ne uvode direktno u model vrednosti parametara složenih karakteristika varijanti, već ih intuitivnim putem objedinjuju ili se u modelu javlja prevelik broj kriterijuma (čak i preko 30).

Mada u teoretskom pogledu za većinu metoda višekriterijumske analize nije ograničen broj kriterijuma, a savremena informatička tehnologija omogućuje brzo dobijanje rezultata, poteškoće nastaju pri vrednovanju uticaja velikog broja kriterijuma i određivanja njihove relativne važnosti. Zato se preporučuje da ne bude više od 12 osnovnih kriterijuma, što usložava postupak dobijanja rang-liste varijanti prema njihovom kvalitetu [3].

Ako se definišu osnovni kriterijumi za izbor najpovoljnije varijante, svaki od njih obuhvata niz važnih karakteristika i parametara. Zato je potrebno sve te parametre, izražene u kvantitativnom ili kvalitativnom obliku, na adekvatan način vrednovati i uključiti u matematički model za određivanje najpovoljnije varijante ili najpovoljnijih varijanti po zadanim kriterijumima.

Za rešavanje ovakvih problema može se primeniti metoda normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa (MENOR), koja je nastala iz potrebe da se postupak rangiranja varijanti pojednostavi, kako bi se donosiocima odluke pomoglo u pravilnom izboru najpovoljnije varijante, uz istovremeno uvažavanje velikog broja karakteristika i parametara. U ovakvom pristupu problemu rangiranja javlja se više nivoa značajnosti kriterijuma, a time i više nivoa rangiranja prema tim kriterijumima — potkriterijuma (preporučuje se da to ne bude više od 3 nivoa). Na svakom nivou se određuje koeficijent relativne važnosti kriterijuma — potkriterijuma, koji ispoljava svoj uticaj na dalji tok rangiranja.

Za sprovođenje postupka rangiranja varijanti metodom MENOR formira se početna matrica $C^{(r)}$ sa elementima $c_{i,j,s_j,r}^{(r)}$ koja predstavlja vrednosti potkriterijumskih funkcija na r -tom nivou rangiranja. To su vrednosti bitnih karakteristika i parametara ili ekspertnih ocena kvalitativnih karakteristika varijanti a_i ($i=1, 2, 3, \dots, m$).

Nivoi rangiranja $d=0, 1, 2, 3, \dots, k, \dots, r$, određuju se zavisno od vrste značaja i složenosti karakteristika koje uslovljavaju kriterijumi $K_j^{(o)}$ ($j=1, 2, 3, \dots, n$) na nultom nivou rangiranja.

Broj nivoa rangiranja ne mora biti isti za sve kriterijume, ali postupak obuhvata sve nivoe.

Relativne važnosti svakog kriterijuma $K_j^{(o)}$ i potkriterijuma $K_{j,s_j,k}^{(k)}$ date su preko koeficijenata relativne važnosti $W_j^{(o)}$ i $W_{j,s_j,k}^{(k)}$ sa pripadnim predznakom » + « ili » - «, zavisno od toga da li je za donosioca odluke bolje ako je vrednost kriterijumske — potkriterijumske funkcije veća ili manja. Indeks » $s_{j,k}$ « ($s_{j,k}=1, 2, \dots, p_{j,k}$) predstavlja oznaku parametra potkriterijumske funkcije u okviru kriterijuma $K_j^{(o)}$ gde je:

— $p_{j,k}$ — ukupan broj potkriterijuma $K_{j,s_j,k}^{(k)}$ na k -tom nivou rangiranja. Broj potkriterijuma u početnoj matrici $C^{(r)}$ i matrici $C^{(r)'}$ određen je prema ukupnom broju bitnih karakteristika varijanti obuhvaćenih kriterijumima.

Formalizovani zapis početne matrice prikazan je u tabeli 1, a postupak sprovođenja metode na slici 1.

Vrednosti potkriterijumskih funkcija izražavaju se različitim mernim jedinicama ili su to ocene kvalitativnih karakteristika.

Sa postojećim vrednostima elementa matrice $C^{(2)}$ metoda MENOR sprovodi se u četiri osnovna koraka:

1. KORAK

Određuje se matrica $C^{(r)'} = [C_{i,j,s_j,r}^{(r)'}]$ sa elementima koji predstavljaju korigovane vrednosti potkriterijumskih funkcija na r -tom nivou po svim varijantama i kriterijumima — potkriterijumima:

$$C_{i,j,s_j,r}^{(r)'} = \frac{C_{i,j,s_j,r}^{(r)}}{\sum_{j=1}^m C_{i,j,s_j,r}^{(r)}} \cdot W_{j,s_j,r}^{(r)} \quad (1)$$

Time je izvršena normalizacija kriterijumskih funkcija na r -tom nivou, njihovo svodenje na bezdimenzionalne

Nivoi kriter. — potkrit.				Varijante			Rel. važ. krit. — potkrit.			
0	1	...	r	a_1	...	a_m	$W_{j,s_j}^{(r)}$	...	$W_{j,s_j}^{(1)}$	$W_j^{(0)}$
$K_1^{(0)}$	$K_{1,1}^{(1)}$	...	$K_{1,1}^{(r)}$	$c_{1,1,1}^{(r)}$	...	$c_{m,1,1}^{(r)}$	$W_{1,1}^{(r)}$	...	$W_{1,1}^{(1)}$	$W_1^{(0)}$
	$\vdots$	...	$\vdots$				$\vdots$	...	$\vdots$	
	$K_{1,p}^{(1)}$	...	$K_{1,p}^{(r)}$	$c_{1,1,p}^{(r)}$	...	$c_{m,1,p}^{(r)}$	$W_{1,p}^{(r)}$	...	$W_{1,p}^{(1)}$	
$\vdots$	$\vdots$	...	$\vdots$				$\vdots$	...	$\vdots$	$\vdots$
$K_n^{(0)}$	$K_{n,1}^{(1)}$	...	$K_{n,1}^{(r)}$	$c_{1,n,1}^{(r)}$	...	$c_{m,n,1}^{(r)}$	$W_{n,1}^{(r)}$	...	$W_{n,1}^{(1)}$	$W_n^{(0)}$
	$\vdots$	...	$\vdots$				$\vdots$	...	$\vdots$	
	$K_{n,p}^{(1)}$	...	$K_{n,p}^{(r)}$	$c_{1,n,p}^{(r)}$	...	$c_{m,n,p}^{(r)}$	$W_{n,p}^{(r)}$	...	$W_{n,p}^{(1)}$	

veliĉine i korekcija s obzirom na koeficijente relativne važnosti potkriterijuma $W_{j,s_j}^{(r)}$.

Primenom izraza (1) dobijene su korigovane vrednosti $c_{i,j,s_{j,1}}^{(2)'}$, tako da je zadovoljena jednaĉina:

$$\sum_{i=1}^m c_{i,j,s_{j,r}}^{(r)'} = W_{j,s_{j,r}}^{(r)} \quad (2)$$

2. KORAK

Određuje se matrica normalizovanih indeksa $v_i^{(r)}$ sa elementima ĉije su vrednosti:

$$v_{i,j,s_{j,r-1}}^{(r)} = \frac{p_{j,r}}{\sum_{s_{j,r-1}} c_{i,j,s_{j,r}}^{(r)'}} , \text{ za } s_{j,r} : p_{j,r} > 1 \quad (3)$$

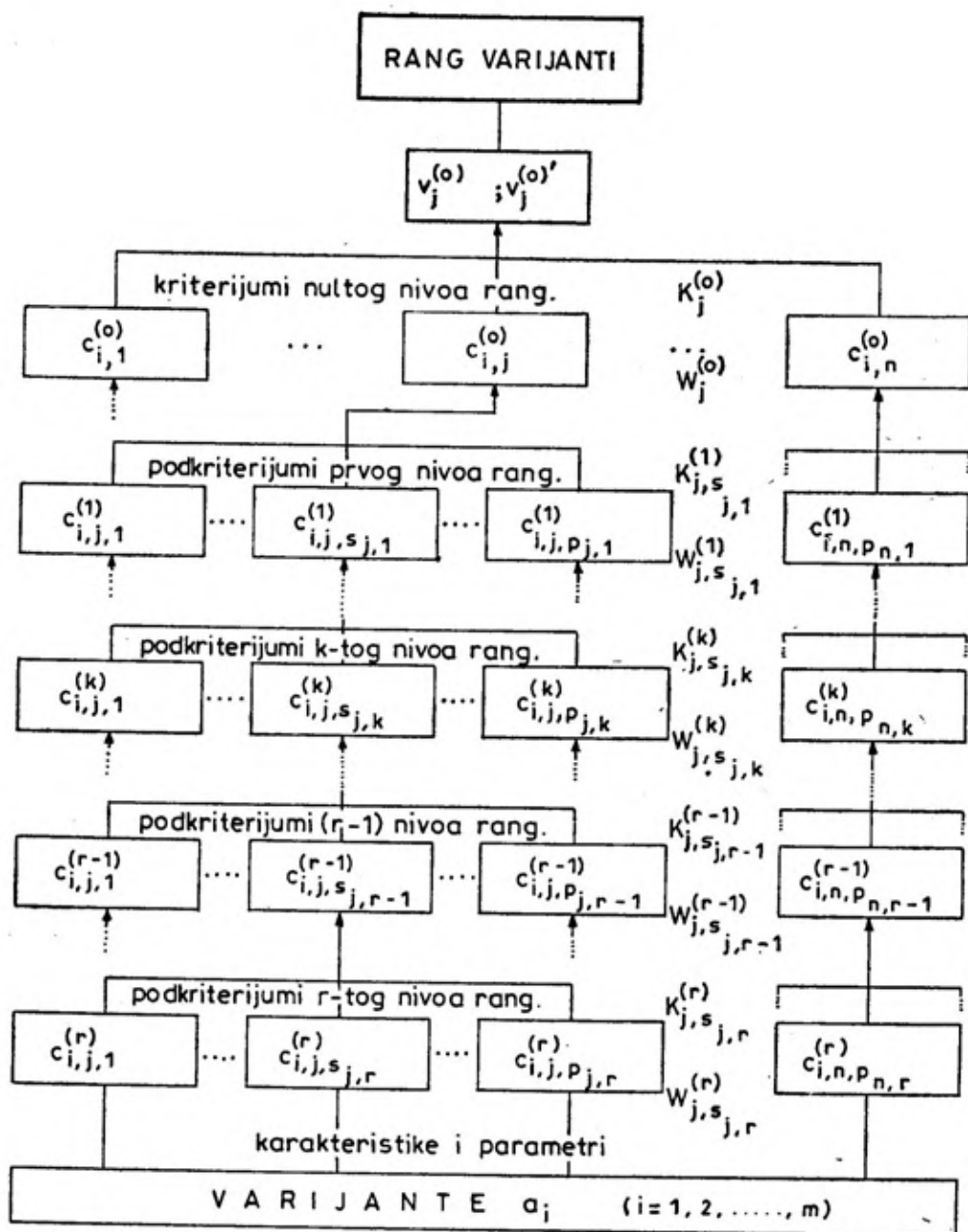
Normalizovani indeksi su elementi skupa realnih brojeva (0, pozitivni ili negativni).

U opštem sluĉaju, kada je $r=1$ i $r-1=0$, indeks $s_{j,r-1}$ nije potrebno posebno prikazivati, jer je $s_{j,r-1} = s_{j,1-1} = s_{j,0} = j$.

S obzirom na to da se rešenje rangiranja varijanti po metodi MENOR zasniva na odnosima normalizovanih indeksa $v_i^{(o)}$ i $v_i^{(o)'}$ na nultom nivou

rangiranja, moguće je od svih elemenata bilo kog reda matrice $v^{(r)}$ odzeti proizvoljan realan broj $b_j \leq 0$, čiji

se pravilnim izborom dobijaju negativne vrednosti normalizovanih indeksa i olakšava sprovođenje metode.



Sl. 1 — Postupak rangiranja varijanti

Ako se izabere da je $b_j = \min v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}$ i ta vrednost oduzme od svih vrednosti $v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}$ u redu $s_{j,r-1}$ u kome postoji makar jedna negativna vrednost $v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}$, dobija se apsolutna razlika vrednosti svakog elementa i najmanje vrednosti svakog elementa u tom redu. Vrednosti $v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}$ u ostalim redovima ostaju nepromenjene ($b_j=0$), odnosno:

$$v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)'} = \begin{cases} v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}, & \text{za } s_{j,r-1} : v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)} \geq 0, \\ v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)} - \min v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}, & \text{za ostala } s_{r-1}. \end{cases} \quad (4)$$

Vrednosti potkriterijumskih funkcija na $(r-1)$ nivou rangiranja su:

$$c_{i,j,s_j,r-1}^{(r-1)} = v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)'} \quad (5)$$

3. KORAK

Koraci 1 i 2 ponavljaju se r puta, uz neznatne razlike. U sledećem ponavljanju određuju se korigovane vrednosti potkriterijumskih funkcija:

$$c_{i,j,s_j,r-1}^{(r-1)'} = w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)} \cdot \frac{c_{i,j,s_j,r-1}^{(r-1)}}{\sum_{i=1}^m c_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}} \cdot w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)} \quad (6)$$

gde je:

— $w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)}$ — faktor korekcije. Nji-

me se postiže ravnomerni uticaj svih kriterijuma — potkriterijuma sa pri-

padnim relativnim važnostima na rang-varijanti i onemogućava promena uticaja na rang-varijante onih kriterijuma — potkriterijuma za koje vredi da je makar jedna vrednost $v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)} < 0$. Faktor korekcije ima vrednost prema izrazu (7).

Izraz (2) se, takođe, neznatno menja, tako da glasi:

$$\sum_{i=1}^m c_{i,j,s_j,r-1}^{(r-1)'} = w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)} \cdot w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)} \quad (8)$$

U r -tom ponavljanju karaka 1 i 2 dobijaju se vrednosti $v_i^{(o)}$ i $v_i^{(o)'}$ kao osnova za rangiranje varijanti a_i .

Izrazi dati za r -ti nivo rangiranja važe i za sve k -te nivoe rangiranja, uvažavajući faktor korekcije, a primenom izraza za $k=0$ olakšava se grafička interpretacija rezultata rangiranja varijanti.

4. KORAK

Rangiranje varijanti vrši se prema nizu padajućih vrednosti $v_i^{(o)}$. Rang »1« pridružen je varijanti a_1 za koju je $v_i^{(o)} = \max v_i^{(o)}$, rang »2« varijanti a_2 sa sledećom manjom vrednošću $v_i^{(o)}$, itd., a rang »m« varijanti a_m za koju je $v_i^{(o)} = \min v_i^{(o)}$.

Donosiocu odluke stavljaju se na dalju obradu tri skupa varijanti:

$$w_{j,s_j,r-1}^{(r-1)} = \begin{cases} 1, & \text{za } s_{j,r-1} : v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)} \geq 0 \\ 1 + \frac{\min v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)'}}{\sum_{i=1}^m v_{i,j,s_j,r-1}^{(r)}}, & \text{za ostala } s_{j,1}. \end{cases} \quad (7)$$

- skup povoljnih varijanti A
- skup prihvatljivih varijanti B
- skup nepovoljnih (rizičnih) varijanti C

Ako se radi o izboru povoljnije varijante iz skupa A, moguće je uraditi još jednu komparativnu analizu sa mogućnošću preispitivanja objektivnosti relativnih važnosti kriterijuma — potkriterijuma ili razmatranjem »dopunskih« kriterijuma (potrebne su i neke nove informacije).

Izbor i opis kriterijuma

Moguće je definisati veliki broj kriterijuma za ocenu i upoređivanje transportnih motornih vozila. Po kojim kriterijumima će se motorna vozila rangirati zavisi od cilja koji se želi postići rangiranjem. Način prikaza kriterijuma zavisi od izabrane metode za rangiranje. S obzirom na to da je u ovom slučaju izabrana metoda MENOR, a da je cilj rangiranje transportnih motornih vozila za jedinice za snabdevanje municijom, izabrani su sledeći kriterijumi:

- K^0_1 — prilagođenost održavanju
 - $K^{1,1}_{1,1}$ — pogodnost održavanja
 - $K^{1,2}_{1,2}$ — pouzdanost
- K^0_2 — potrošnja goriva
- K^0_3 — nosivost
 - $K^{1,1}_{3,1}$ — nominalna nosivost
 - $K^{1,2}_{3,2}$ — iskorišćenje nosivosti municije u sanducima
 - $K^{1,3}_{3,3}$ — iskorišćenje nosivosti municije na paletama
- $K^{1,4}_{3,4}$ — gabariti
 - $K^{2,4}_{3,4}$ — dužina tovarnog sanduka
 - $K^{2,4}_{3,4}$ — širina tovarnog sanduka
 - $K^{2,4}_{3,4}$ — visina tovarnog sanduka

K^0_4 — brzina

- $K^{1,1}_{4,1}$ — puno vozilo
 - $K^{2,1,1}_{4,1,1}$ — na auto-putu
 - $K^{2,1,2}_{4,1,2}$ — na magistralnom putu
 - $K^{2,1,3}_{4,1,3}$ — na makadamu
 - $K^{2,1,3}_{4,1,3}$ — na zemljanom putu
- $K^{1,2}_{4,2}$ — prazno vozilo
 - $K^{2,2,1}_{4,2,1}$ — na auto-putu
 - $K^{2,2,2}_{4,2,2}$ — na magistralnom putu
 - $K^{2,2,3}_{4,2,3}$ — na makadamu
 - $K^{2,2,4}_{4,2,4}$ — na zemljanom putu

K^0_5 — prohodnost

- $K^{1,1}_{5,1}$ — koeficijent prijanjanja
 - $K^{2,1,1}_{5,1,1}$ — asvalt
 - $K^{2,1,2}_{5,1,2}$ — makadam
 - $K^{2,1,3}_{5,1,3}$ — zemljani put

$K^{1,2}_{5,2}$ — klirens

$K^{1,3}_{5,3}$ — najmanji radijus zaokreta

$K^{1,4}_{5,4}$ — broj pogonskih točkova

$K^{1,5}_{5,5}$ — uređaj za centralnu regulaciju pritiska u pneumatima

$K^{1,6}_{5,6}$ — stabilnost

$K^{2,6,1}_{5,6,1}$ — maksimalni uspon

$K^{2,6,2}_{5,6,2}$ — maksimalni poprečni nagib

K^0_6 — neophodan manipulativni prostor van objekta

$K^{1,6,1}_{6,1}$ — dužina

$K^{1,6,2}_{6,2}$ — širina

K^0_7 — specijalni zahtevi

$K^{1,7,1}_{7,1}$ — atest za prevoz municije

$K^{1,7,2}_{7,2}$ — prilagođenost teretu

Održavanje je skup svih postupaka čiji je zadatak da obezbede ispravan rad tehničkog sistema. Ovako posmatrano, održavanje predstavlja složen funkcionalan sistem, objedinjen jedinstvenim ciljem. Kvalitet održavanja određenog tehničkog sistema zavisi od više faktora. Njihovo sumarno dejstvo ogleda se u vremenu da se sistem iz stanja »u otkazu« dovede u stanje »u radu«.

Konstrukcija tehničkog sistema utiče na njegovo održavanje na više načina. Osobine vozila koje utiču na održavanje su pogodnost za održavanje i pouzdanost.

Pogodnost za održavanje se definiše kao skup konstrukcionih karakteristika koje utiču na vreme otklanjanja otkaza ili vreme obavljanja drugih postupaka održavanja.

Pod pojmom pouzdanosti podrazumeva se verovatnoća da će tehnički sistem uspešno obavljati svoju funkciju u određenom vremenu. Treba imati u vidu i specifičnosti uslova u kojima tehnički sistem radi. Može se odrediti kao odnos između uspešno obavljenih zadataka tehničkog sistema do određenog trenutka »t« i ukupnog broja svih zadataka u određenom vremenu.

Potrošnja goriva, kao kriterijum, značajna je kako sa stanovišta ekonomičnosti tako i sa stanovišta potrebe snabdevanja snabdevačkih jedinica pogonskim sredstvima. Ovde će se za ocenu koristiti specifična potrošnja goriva (g/kW).

Prilikom prevoza municije u sanducima ili paletama, količina koja može da se preveze zavisi od broja, težine, dimenzija sanduka i dimenzija tovarnog sanduka vozila. Zato je bitno da pored nominalne nosivosti vozilo ima i visok koeficijent iskorišćenja nosivosti.

Brzina dotura municije i MES-a veoma je značajna u toku izvođenja borbenih dejstava, a zavisi od: vrste vozila, njegove opterećenosti, vrste puta, uslova na putu, itd.

Prohodnost vozila kao kriterijum može se razložiti na više potkriterijuma. Maksimalna vučna sila koju neko vozilo može da ostvari zavisi od sile pritanjanja pneumatika na podlogu (asfalt, makadam, zemlja), a da tom prilikom ne dođe do proklizavanja.

Što je veći koeficijent pritanjanja to su i mogućnosti vozila za brže kretanje i savlađivanje uspona veće.

Najmanje rastojanje između podloge i najniže tačke na vozilu naziva se klirens. Klirens određuje veličinu neravnina koje vozilo može nesmetano da savlada.

Mogućnost vozila da se okrene na što manjem prostoru povećava njegove manevarske sposobnosti, a samim tim i njegovu prohodnost.

Prilikom kretanja po putevima sa velikim nagibom i po mekim podlogama, gde postoji propadanje vozila, dolazi do povećanja otpora kretanju. Pri ovakvim uslovima obavezno se pojavljuje i proklizavanje. Savlađivanje ovih otpora kretanju postiže se povećanjem broja pogonskih točkova.

Sva novija rešenja transportnih vozila koja se koriste u Vojsci Jugoslavije imaju uređaj za centralnu regulaciju pritiska u pneumaticima. Njime je omogućeno da se u toku kretanja menja pritisak u pneumaticima, što bitno povećava prohodnost po mekim podlogama, a u slučaju da je pneumatik u toku borbenih dejstava probijen, omogućava korišćenje vozila dok se ne dođe na pogodnije mesto radi otklanjanja neispravnosti.

Pod stabilnošću se podrazumeva mogućnost vožnje bez klizanja ili prevrtanja. Razmatraju se uzdužna i poprečna stabilnost. Kada vozilo gubi uzdužnu stabilnost dolazi do prevrtanja oko prednje ili zadnje osovine, ili vozilo klizi u smeru uzdužne ose. Gubitak bočne stabilnosti ogleda se u bočnom klizanju ili bočnom prevrtanju vozila. Bočno klizanje samo jedne osovine je, takođe, gubljenje bočne stabilnosti. Vozila sa većom uzdužnom i bočnom stabilnošću mogu da savladaju veće uspone, što je važno prilikom dotura municije i minsko-eksplozivnih sredstava na brdskom i planinskom zemljištu.

Manipulativni prostor, kao kriterijum, definisan je prostorom koji je neophodan motornom vozilu za manevar na mestu utovara ili istovara municije i MES-a.

Zbog prevoza specijalnih tereta, kao što su municija i MES, javljaju se i neki specijalni zahtevi koji moraju da se ispune. Jedan od tih zahte-

va je atest za prevoz opasnih materija (municije i MES-a). Isto tako, vozilo mora da bude prilagođeno odgovarajućem teretu.

Tabela 2

Rang			Vrednost kriterijuma po varijantama									
0	1	2	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
K1	K1,1		7	5	5	6	7	7	7	6	6	6
	K1,2		8	6	7	7	8	7	7	6	7	7
K2			190	210	230	250	250	230	230	210	220	220
K3	K3,1		5000	4000	10000	6920	6340	8135	8550	19500	25750	26050
	K3,2		0,675	0,637	0,389	0,50	0,64	0,79	0,943	0,74	0,81	0,83
	K3,3		0,8	0,74	0,55	0,54	0,81	0,82	0,95	0,75	0,84	0,85
	K3,4	K3,4,1	3470	4170	4250	5150	6200	7150	6100	8200	12550	12550
		K3,4,2	1980	2120	2290	2634	2364	2364	2430	2430	2430	2430
		K3,4,3	500	500	400	500	500	500	800	800	800	800
K4	K4,1	K4,1,1	70	80	75	70	70	75	70	65	60	60
		K4,1,2	60	65	70	50	50	55	50	50	50	50
		K4,1,3	30	35	30	30	30	35	30	35	30	30
		K4,1,4	25	25	25	25	25	25	25	25	20	20
	K4,2	K4,2,1	70	90	80	85	85	90	80	90	90	90
		K4,2,2	50	75	65	70	70	75	70	75	70	70
		K4,2,3	35	50	40	50	50	50	50	50	40	40
		K4,2,4	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30
K5	K5,1	K5,1,1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
		K5,1,2	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
		K5,1,3	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
	K5,2		268	305	305	258	258	258	258	290	290	290
	K5,3		15,5	15,7	22	15,7	15,7	15,7	15,7	23	20,2	20,2
	K5,4		4	6	6	2	2	2	2	4	2	2
	K5,5		0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	K5,6	K5,6,1	48,1	71	60	28	28	39	57	60	39	39
		K5,6,2	30	37	20	10	10	10	13	15	8	8
K6	K6,1		10	12	12	15	18	20	18	25	30	30
	K6,2		25	25	35	25	25	25	25	40	40	40
K7	K7,1		1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	K7,2		7,5	7	6	2	7	8	9	7,5	8	8,5

Težine kriterijuma

Rang kriterijuma			Težine kriterijuma																							
			Jedinica 1			Jedinica 2			Jedinica 3			Jedinica 4			Jedinica 5			Jedinica 6			Jedinica 7			Jedinica 8		
			W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3	W1	W2	W3
K1	K1,1				1	1,5					1	1,5									1	1,5			1	1,5
K1	K1,2				1						1										1				1	
K2						-1					-1															-1
K3	K3,1			2							2										2				3	
	K3,2			2							2										2			3		
	K3,3										3										2			3		
	K3,4,1					1					1,5										1			2		
K3	K3,4				1,5						2										2			2		
	K3,4,2										2												2			
	K3,4,3										2												2			
	K3,4,4																						2			
K4	K4,1				1																					
	K4,1,1										1,5										1			1		
	K4,1,2										1,5										1,5			3		
	K4,1,3										1,5										2			1,5		
K4	K4,1,4										2										1,5			3		
	K4,2,1										1,5										1			3		
	K4,2,2										1,5										1,5			3		
	K4,2,3										1,5										2			1,5		
K4	K4,2,4										2										1,5			1		
	K5,1,1										1										1			2		
	K5,1,2										1,5										1			1		
	K5,1,3										2										1			1		
K5	K5,2										2															
	K5,3										-2															
	K5,4										2															
	K5,5										2															
K5	K5,6,1										2,5															
	K5,6,2										2,5															
	K6,1										1															
	K6,2										1															
K7	K7,1										1															
	K7,2										2															

Kao primer izabrano je deset tipova vozila različitih karakteristika, a vrednosti kriterijuma za njih prikazane su u tabeli 2.

Relativna važnost kriterijuma i rangiranje vozila po jedinicama

Kriterijumi i njihovi potkriterijumi nemaju isti značaj pri rangiranju

vozila. Za donosioca odluke značaj kriterijuma je različit, a menja se i u zavisnosti od jedinice za koju vrši rangiranje. Na primer, pri rangiranju transportnih vozila za potrebe pozadinske baze kriterijum prohodnosti i kriterijum nosivosti nemaju isti značaj. Za donosioca odluke kriterijum nosivosti ima veći značaj ili veću relativnu važnost u odnosu na kriterijum prohodnosti. Kriterijum nosivosti dobija veću

Tabela 4

Jedinice	Vrednost normalizovanih indeksa									
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
1	573	820	799	499	499	526	574	555	599	606
2	690	785	733	558	641	677	750	677	740	749
3	626	687	669	538	585	620	688	645	707	710
4	730	796	766	623	699	727	797	737	808	816
5	622	710	694	506	583	614	671	647	723	731
6	625	670	655	510	590	623	682	657	740	748
7	724	757	736	630	702	732	803	748	829	837
8	980	889	873	857	974	1041	1151	1133	1293	1309

Tabela 5

Jedinice	Rang varijanti									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	V2	V3	V10	V9	V7	V1	V8	V6	V5	V4
2	V2	V7	V10	V9	V3	V1	V8	V6	V5	V4
3	V7	V2	V3	V10	V9	V8	V1	V6	V5	V4
4	V10	V9	V7	V2	V3	V8	V1	V6	V5	V4
5	V10	V9	V2	V3	V7	V8	V1	V6	V5	V4
6	V10	V9	V7	V2	V8	V3	V1	V6	V5	V4
7	V10	V9	V7	V2	V6	V3	V6	V5	V1	V4
8	V10	V9	V7	V8	V6	V1	V5	V2	V3	V4

relativnu važnost, jer se u ovom slučaju vozila kreću po relativno dobrim putevima, a prevoze se velike količine municije.

Međutim, s obzirom na zadatke, uslove puta i količine tereta koji se prevozi, relativna važnost navedena dva kriterijuma se menja ako se rangiranje transportnih vozila vrši za snabdevačku jedinicu brigade. Odabrano je osam različitih jedinica za čije je potrebe vršeno rangiranje odabranih vozila. Relativna važnost kriterijuma prikazana je u tabeli 3.

Rezultati rangiranja po izabranoj metodi prikazani su:

— u tabeli 4 — vrednosti normalizovanih indeksa vozila za svaku jedinicu posebno,

— u tabeli 5 — rang vozila za svaku jedinicu.

Prema podacima iz tabela 4 i 5 može se zaključiti da se za deo jedinica, kao dominantna, pojavljuju vozila visoke prohodnosti, dok u drugim jedinicama dominiraju vozila velike nosivosti. Prema vrednosti normalizovanih indeksa razlikuju se tri grupe vozila — povoljna, prihvatljiva i nepovoljna vozila.

Umesto zaključka

Osnova u rešavanju problema izbora transportnih vozila za snabdevačke jedinice je pravilno određivanje

kriterijuma, njihove relativne važnosti i izbor metode za određivanje najpovoljnije vrste transportnih sredstava.

Posle izvršene višekriterijumske analize i analize dobijenih rezultata došlo se do zaključka da su varijante grupisane u tri grupe: povoljne, prihvatljive i nepovoljne.

Kriterijumi su uzimani dosta široko, a posebno relativne važnosti kriterijuma, jer se odnose na reprezentativna transportna sredstva i jedinice. U obzir nisu uzimani meteorološki uslovi, konfiguracija terena, mogućnost prekida snabdevačkog lanca, obuka vozača i razlike između jedinica.

Postoje razlike između istih jedinica, npr. između artiljerijskih divizionara, u njihovom položaju u odnosu na liniju dodira u borbi (bliže — dalje), kao i u masi municije (veličina i težina sanduka i broj sanduka) koja se mora transportovati jedinicama iste vrste.

Dobijeni rezultati su uopšteni, tako da se, kada bi se radilo za konkretnu jedinicu na određenom terenu, mogu očekivati drugačiji rezultati.

Prikazani postupak može da se primeni u izboru transportnih vozila iz popisa konkretne jedinice, uz korekciju relativnih važnosti koje bi odgovarale toj jedinici. Prema potrebi, moguće je uvesti i dodatni kriterijum koji je specifičan za jedinicu koja se obrađuje.

Literatura:

- [1] Maksić, R.: Istraživanje organizacijsko-formacijskih struktura jedinica za tehničko snabdevanje operativnih grupacija i operativnih sastava, magistarski rad, CVTS KoV JNA, Zagreb, 1984.
- [2] Kukilo, S.: Izbor i raspored transportnih vozila za snabdevačke jedinice, diplomski rad, VTA VJ, Beograd, 1994.

- [3] Đukić, R.: Rangiranje alternativa metodom normalizacije kriterijumskih funkcija na više nivoa, NTP, Beograd, 1989.
- [4] Vinš, Z.: Programski paket — MENOR, seminarski rad, VVTS KoV JNA, Zagreb, 1990.

Mr Zoran Ristić,
pukovnik, dipl. inž.
Sc Milišav Jakovljević,
potpukovnik, dipl. inž.

ANALIZA RADA LANSIRNOG ARTILJERIJSKOG SISTEMA

Uvod

Elastična veza između trzajuće mase i nepokretnog dela artiljerijskog oruđa omogućuje da se u toku procesa opaljenja kratkotrajni impuls ogromne sile pritiska barutnih gasova P_z transformiše u dugotrajni impuls znatno manje sile otpora trzanju R . Na taj način se smanjuje opterećenje lafeta, što omogućava smanjenje njegovih dimenzija i mase.

Smanjenje sile otpora trzanju R ograničeno je ukupnom dužinom trzanja. U težnji da se dejstvo sile pritiska barutnih gasova P_z na lafet oruđa još više smanji, došlo se na ideju da se pre izvršenja opaljenja, cevi artiljerijskog sistema »saopšti« izvesna brzina kretanja u smeru kretanja projektila, tj. suprotno smeru trzanja. Na taj način bi u procesu opaljenja došlo do preraspodele ukupnog impulsa sile barutnih gasova, pri čemu bi se jedan deo trošio na zaustavljanje trzajuće mase, a drugi, smanjeni deo, na samo trzanje cevi. Pri tome se smanjuje i ukupna energija koju artiljerijski sistem treba da apsorbira na pripadajućoj ili raspoloživoj dužini trzanja. Time se stvara mogućnost da se smanje krutost sistema, dimenzije i masa nepokretnih delova pa, prema tome, i ukupna masa oruđa.

Artiljerijski sistem koji radi na ovom principu predstavlja »lansirni artiljerijski sistem« (LAS).

Pokušaji primene ovakvih sistema vršeni su u nekim zapadnim zemljama, ali kao takav još uvek nije doživeo afirmaciju u savremenim artiljerijskim konstrukcijama. Bez obzira na to, neka istraživanja i objavljeni radovi u svetu upućuju na ideju da su teorijska razmatranja ove problematike svakako aktuelna, s obzirom na mogućnost kompromisa u zahtevima za moćnim artiljerijskim sistemima i njihovom pokretljivošću.

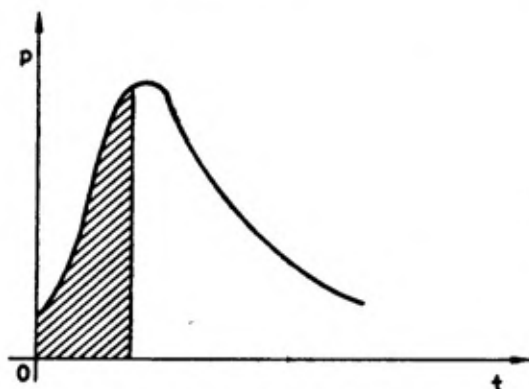
Teorijske osnove principa rada LAS, kao i važnije preporuke za određivanje elemenata lansiranja i trzanja cevi objašnjene su u literaturi [1]. Polazeći od toga, u ovom radu je bez većih objašnjenja, osim gde je neophodno, dat matematički model LAS-a u obliku koji omogućuje primenu numeričkih metoda. Matematički model, formalizovan preko diferencijalnih jednačina kretanja cevi u fazi lansiranja i trzanja, rađen je za uslove koje LAS mora obezbediti primenom na postojećim konstrukcijama artiljerijskih oruđa. Pri tome su definisane neophodne minimalne konstruktivne izmene klasičnog artiljerijskog sistema, uz definisanje trenutka opaljenja i obezbeđenje stabilnosti LAS.

Za razmatrani model LAS razrađen je algoritam za programsko rešenje modela i određivanje svih relevantnih veličina i parametara. Simulacijom prikazanog modela, za definisane

polazne podatke izvedenog lafetnog oruđa, dobijeni su rezultati koji su potpuno saglasni sa podacima u široj literaturi.

Princip rada LAS

Lansiranjem trzajuće mase u smeru kretanja projektila vrši se raspodela impulsa pritiska barutnih gasova u cevi na dva dela (sl. 1):



Sl. 1 — Sema raspodele impulsa pritiska barutnih gasova

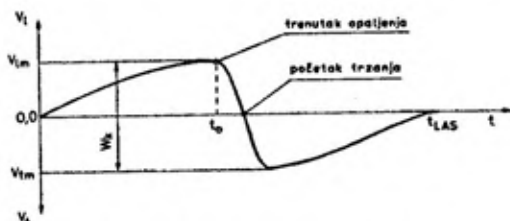
- manji deo koji zaustavlja kretanje trzajuće mase (šrafirano područje),
- veći deo koji ubrzava trzajuću masu u smeru trzanja.

Da bi se to ostvarilo, potrebno je da cev, pre opaljenja metka, bude u zadnjem položaju, tj. da bude »zapeta«. U taj položaj cev se može dovesti neposredno pre gađanja ili da to bude stalni položaj cevi (čak i pri transportu).

Energija potrebna za pokretanje — lansiranje cevi, može da bude akumulirana u povratniku koji je sastavni deo klasičnog protivtrzajućeg uređaja (PTU) oruđa. U željenom trenutku, cev se otpušta i, posle izvesnog pređenog puta, kada se dostigne određena brzina kretanja unapred (lansiranje), izvrši se opaljenje. Dejstvom

sile pritiska barutnih gasova na dno cevi prvo se vrši zaustavljanje lansirane trzajuće mase, a zatim nastupa njeno pokretanje u smeru trzanja, tj. nastupa period klasičnog trzanja.

Karakter promene brzine lansiranja prikazan je šematski na slici 2.



Sl. 2 — Promena brzine lansiranja

gde je:

V_{lm} — brzina lansiranja u trenutku opaljenja (maksimalna brzina lansiranja),

V_{tm} — maksimalna brzina trzanja,

$$|W_k| = |V_{lm}| + |V_{tm}|$$

W_k — brzina slobodnog kretanja cevi na kraju perioda isticanja barutnih gasova.

U slučaju kada nema lansiranja, za dato barutno punjenje, maksimalna brzina trzanja bila bi jednaka brzini slobodnog trzanja $|W_k|$, ali, s obzirom na proces lansiranja (energije potrebne za lansiranje i druge otpore, smanjena je na $|V_{tm}|$). Naravno, to вреди ukoliko LAS ima istu konstruktivnu šemu kočnice lansiranja, odnosno trzanja, kao i pripadajući klasičan artiljerijski sistem.

Iz teorije klasičnih lafeta poznato je da ukupna masa oruđa zavisi od energije trzajućih delova [3]. Pošto se procesom lansiranja brzina kretanja trzajuće mase praktično smanjuje, realizacijom principa LAS može se očekivati znatno smanjenje energije trzanja.

Energija trzanja se, inače, smanjuje principijelno na dva načina: pove-

ćanjem mase trzajućih delova i ugradnjom gasne kočnice na cev oruđa. Praksa je pokazala da je najpogodniji odnos mase trzajućih delova prema masi oruđa [3]:

$\chi = 0,4$ do $0,5$ za vučna oruđa sa dvokrakim lafetom.

Za razmatranja koja slede mnogo značajniji je »koeficijent iskorišćenja mase lafeta«, koji je jednak odnosu kinetičke energije trzanja prema ukupnoj masi lafeta:

$$\eta_l = \frac{E_t}{M} = \frac{0,5 \cdot M \cdot V_{tm}^2}{M}$$

Uspešnost konstrukcije ogleda se upravo u tome da koeficijent η_l bude što je moguće veći, uz obezbeđenje potrebne stabilnosti oruđa.

Za jedan idealni LAS, kod koga nema gubitaka usled trenja i koji nema kočnicu lansiranja i trzanja, tj. postoji samo delovanje barutnih gasova na trzajuću masu i dejstvo sile povratnika na celom putu lansiranja i trzanja, može se uspostaviti »ravnoteža«, odnosno jednakost dužine lansiranja prema dužini trzanja. U tom slučaju može se pretpostaviti da je:

$$V_{lm} = V_{tm} = \frac{W_k}{2}$$

Znači da se idealni LAS može praktično rešiti tako da proces lansiranja i proces trzanja budu potpuno inverzni. U tom slučaju odnos između energija trzanja LAS i klasičnog artiljerijskog sistema bio bi:

$$\eta_E = \frac{E_t}{E_k} = \frac{M \cdot (0,5 \cdot W_k)^2}{M \cdot W_k^2} = 0,25$$

To znači da je kod LAS energija trzanja svedena na 25% energije trzanja klasičnog sistema, tj. teorijski smanjena za 75%.

U realnim uslovima kada postoji sila trenja na klizačima kolevke koja se ne može zanemariti i kada se kori-

sti dvodelni metak sa različitim punjenjima (različite početne brzine projektila), gde je potrebna kočnica lansiranja, smanjenje energije trzanja u odnosu na klasični artiljerijski sistem će biti manje od 75%. S druge strane, rad LAS-a kod kojeg je $V_{lm} > \frac{V_k}{2}$ bio bi

nestalan, i zahtevao bi znatno komplikovanje rešenje elemenata PTU. Pri proračunu LAS treba težiti idealnoj granici (od 75%), uz obezbeđenje stabilnosti sistema. U tom smislu prihvatljivo rešenje su hidraulične kočnice sa konstantnim protočnim otvorima.

Prema tome, projektovanjem LAS omogućeno je smanjenje nepokretnih delova oruđa uz istu čvrstoću i krutost sistema, pojednostavljenje PTU, izbegavanje upotrebe gasne kočnice, i sl.

Zahtevi za izradu LAS

LAS mora da zadovolji nekoliko zahteva, kako bi njegova upotreba bila moguća i opravdana a to su:

a) stabilnost i nepomičnost

Uslov stabilnosti LAS, odnosno odsustvo pomeranja oruđa u vertikalnoj ravni, biće ispunjen ako pri lansiranju i trzanju uvek postoji kontakt prednjeg oslonca oruđa (točkova ili podloge za gađanje) i tla. Uslov nepomičnosti odnosno odsustvo pomeranja oruđa u horizontalnoj ravni, biće ispunjen ako je reakcija tla na lafet (sila trenja) veća od horizontalne komponente sile otpora pri lansiranju, odnosno trzanju;

b) »ravnoteža« lansiranje — trzanje

Odnosi se na zahtev jednakosti pređenih puteva pri lansiranju i trzanju. Ukoliko bi dužina lansiranja bila veća od dužine trzanja, trzajuća masa ne bi mogla da dođe do položaja za zapinjanje, dok bi u suprotnom slu-

čaju trzajuća masa imala veću kinetičku energiju, što znači da bi režim rada bio nestalan.

Ovaj uslov može se ispuniti ugradnjom hidraulične kočnice lansiranja (HK₁) i hidraulične kočnice trzanja (HK₂) koje će obezbediti da dužina lansiranja i dužina trzanja budu u ε₀ okolini zahtevane dužine za konkretni LAS. Pri tome je važno da brzina lansiranja u trenutku opaljenja mora biti:

$$V_{lm} \leq \frac{W_k}{2}$$

Za uslov ravnoteže neophodan je proračun odgovarajućih površina otpora HK₁ i HK₂.

Izbor trenutka opaljenja na određenoj dužini lansiranja od izuzetne je važnosti za pravilnu funkciju LAS, a ujedno i veoma delikatna operacija, s obzirom na postojanje slobodnih hodova u mehanizmima za okidanje, inertnost procesa pripaljivanja osnovnog punjenja, itd. Navedena razmatranja ravnopravno se odnose za slučajeve oruđa sa i bez gasne kočnice, s tim što je učinak delovanja gasne kočnice na proces trzanja poznat. Međutim, gasnu kočnicu treba izbeći svuda gde je efekat lansiranja sasvim dovoljan;

c) minimalne konstruktivne izmene klasičnog artiljerijskog sistema

S obzirom na to da se LAS projektuje na osnovu izvedenog klasičnog artiljerijskog sistema, a imajući u vidu minimalne i ekonomski opravdane zahteve, daju se sledeće preporuke [1]:

- koristiti povratnik istog tipa kao kod klasičnog artiljerijskog sistema, uz mogućnost povećanja početne sile (promenu početne sile),

- za kočnicu lansiranja i trzanja koristiti kočnicu trzanja i vraćanja klasičnog artiljerijskog sistema sa konstantnim protočnim otvorima, čija je veličina utvrđena proračunom LAS,

- ako postoji, gasna kočnica se koristi bez izmene na LAS,

- masa trzajućih delova je ista kao kod klasičnog artiljerijskog sistema ili sa što manjim izmenama,

- ugraditi uređaj za »zapinjanie« trzajuće mase u početnom — zadnjem položaju,

- konstruktivnim izmenama obezbediti automatsko okidanje na određenoj (proračunatoj) dužini lansiranja,

- smanjiti masu lafeta, uz obezbeđenje potrebne čvrstoće i krutosti njegovih elemenata i uslova stabilnosti i nepomičnosti.

Opis matematičkog modela LAS

Matematičkim modelom opisano je dinamičko ponašanje LAS u procesu lansiranja i trzanja, kao i uslovi stabilnosti i nepomičnosti LAS-a za vreme opaljenja. U slučaju neizvršenja opaljenja, razmotren je uticaj dejstva sile amortizera na stabilnost LAS za vreme lansiranja trzajuće mase (lansiranje cevi).

Zbog obimnosti izvođenja izostavljen je detaljan opis modela, a radi lakšeg razumevanja prikazan je sistem diferencijalnih i algebarskih jednačina u konačnom obliku sa neophodnim objašnjenjima za numeričko rešavanje.

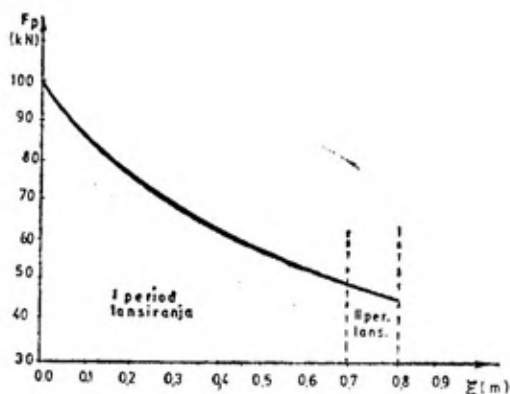
Proces lansiranja cevi

Lansiranje cevi vrši se iz zapetog položaja preko akumulirane energije hidropneumatskog povratnika. Za promenu sile povratnika važe isti zakoni kao i kod klasičnog povratnika oruđa [4]. Proces lansiranja obuhvata dva perioda (sl. 3):

- prvi period od početka lansiranja do trenutka opaljenja,

- drugi period od trenutka opaljenja do zaustavljanja cevi.

Na osnovu analize sila za LAS sa hidropneumatskim povratnikom i hi-



Slika 3 — Promena sile povratnika u procesu lansiranja

drauličnom kočnicom lansiranja, diferencijalna jednačina kretanja trzajuće mase u procesu lansiranja glasi:

$$M \frac{d^2 \xi}{dt^2} = F_p - F_{tr} - Q_0 \sin \varphi - F_{kl} - C_1 \cdot F_b \quad (1)$$

gde je:

M — masa trzajućih delova,

ξ — put lansiranja,

$$F_p = F_{p0} \cdot \left(\frac{S_0}{S_0 - X} \right)^n \text{ — sila povratnika}$$

(ubrzava trzajuću masu),

$$F_{tr} = Q_0 \cdot (f \cdot \cos \varphi + v) \text{ — sila trenja (usporava trzajuću masu),}$$

$Q_0 \cdot \sin \varphi$ — komponenta sile težine trzajuće mase,

$$F_{kl} = \frac{V_1^2}{A_1} \text{ — sila kočnice lansiranja,}$$

$$F_b = S \cdot b_1 \cdot p(t) \text{ — sila pritiska barutnih gasova na trzajuću masu u drugom periodu lansiranja,}$$

C_1 — koeficijent uključenja (isključenja) delovanja sile F_b ($C_1=0$ za pr-

vi period i $C_1=1$ za drugi period lansiranja).

Oznake navedenih veličina su:

$$F_{p0} = Q_0 \cdot (f \cdot \cos \varphi_m + v + \sin \varphi_m) + \frac{V_{1m}^2}{A_1} \text{ — početna sila povratnika,}$$

$$S_0 = L \cdot m / m^n - 1 \text{ — početna visina gasnog stuba povratnika,}$$

L — ukupni put lansiranja,

X — trenutna udaljenost trzajuće mase od prednjeg (zapetog) položaja (za lansiranje $X=L-\xi$, za trzanje $X=\lambda$),

m, n — stepen kompresije i koeficijent politrope za povratnik,

f, v — koeficijenti mehaničkog i hidrauličnog trenja PTU,

φ — ugao elevacije cevi (φ_m — max. ugao),

V_1 — brzina lansiranja,

A_1 — karakteristika kočnice lansiranja,

S — površina poprečnog preseka kanala cevi,

$p(t)$ — srednji pritisak barutnih gasova u cevi,

b_1 — konstanta, zavisi od izraza za pritisak na dno cevi [4].

Proces trzanja cevi

Proces trzanja cevi počinje u trenutku zaustavljanja lansirane mase i obuhvata tri perioda, analogno šemi usvojenoj u teoriji lafeta [3]. Prvi period trzanja traje od trenutka zaustavljanja cevi pri lansiranju do trenutka kada projektil napusti cev, drugi period traje za vreme isticanja barutnih gasova iz cevi i treći je period trzanja koji obuhvata kretanje po inerciji do zaustavljanja cevi.

Uzimajući u obzir karakteristike promene pritiska barutnih gasova u cevi $p(t)$ za vreme trzanja, kao i sve relevantne sile, diferencijalna jednačina kretanja za celi proces trzanja može se napisati u obliku:

$$M \frac{d^2\lambda}{dt^2} = C_2 \cdot F_b + Q_0 \cdot \sin\varphi - F_p - F_{tr} - F_{kt} - C_3 \cdot F_{gk} \quad (2)$$

gde je:

λ — put trzanja,

$F_{gk} = \frac{(1-\alpha) \cdot \beta}{\beta-0,5} F_b(\tau)$ — sila gasne kočnice [2],

α — konstruktivna karakteristika gasne kočnice,

β — koeficijent naknadnog dejstva barutnih gasova,

$F_b(\tau) = S \cdot b_1 \cdot p(t)$ — sila pritiska barutnih gasova na cev u periodu isticanja.

Za zakon promene pritiska gasova $p(t)$ u toku isticanja iz cevi usvojen je eksponencijalni oblik Bravina [2]:

$$p(t) = p_u \cdot e^{-t/b}$$

gde je:

p_u — pritisak barutnih gasova na ustima cevi,

b — parametar isticanja,

t — vreme isticanja barutnih gasova.

Ugradnja hidraulične kočnice trzanja u sklopu LAS, s obzirom na obezbeđenje uslova »ravnoteže« lansiranja — trzanje, predstavlja jedno od mogućih rešenja. U tom smislu, ovakva kočnica treba da bude projektovana tako da zadovolji sledeće zahteve:

— da u periodu lansiranja ne dejstvuje,

— da u prvom i drugom periodu trzanja protočni otvori budu toliko veliki da je sila kočenja F_{kt} zanemarljiva,

— da na putu kočenja, u trećem periodu, protočni otvori budu konstantni.

Sa ovakvim otvorima zakon promene sile hidraulične kočnice trzanja, slično kočnici lansiranja, dat je izrazom [4]:

$$F_{kt} = \frac{k\rho}{2} \cdot \frac{A_k^3}{a_\lambda^2} V_t^2 = V_t^2 / A_t$$

gde je:

k — koeficijent otpora proticanja,

ρ — gustina hidraulične tečnosti,

A_k — efektivna površina klipa kočnice,

a_λ — promenljiva protočna površina,

V_t — brzina trzanja,

A_t — karakteristika kočnice trzanja.

Oznake ostalih veličina prema (2) iste su kao i u relaciji (1) sa datim objašnjenjima. Važno je napomenuti da su koeficijenti delovanja sila u procesu trzanja C_2 i C_3 definisani na sledeći način:

$C_2=0$ za treći period trzanja i $C_2=1$ za prvi i drugi period trzanja, $C_3=0$ za prvi i treći period trzanja i $C_3=1$ za drugi period trzanja.

Jednačine kretanja (1) i (2) za proces lansiranja i trzanja date su u generalizovanom obliku. Njihovo transformisanje u oblik pogodan za numeričko rešavanje, vodeći računa o periodima za oba procesa, podrazumeva definisanje potrebnih vremena u kojima se celi proces realno odvija.

Ako se pretpostavi delovanje pritiska barutnih gasova $p(t)$ u celom ciklusu rada LAS (proces lansiranja i trzanja), njegova se promena može definisati u sledećem obliku:

$$p(t) = \begin{cases} 0 & \text{za } t < t_0 \\ p(t) & \text{za } t_0 \leq t < t_u + t_0 + \tau \\ 0 & \text{za } t \geq t_0 + t_u + \tau \end{cases}$$

gde je:

t — trenutno vreme od početka lansiranja (tekuće vreme),

t_0 — vreme trenutka opaljenja,

t_1 — vreme od trenutka opaljenja do zaustavljanja lansirane cevi (trzajuće mase),

τ — vreme naknadnog dejstva barutnih gasova,

$t_u = t_1 + t_2$ — ukupno vreme kretanja projektila u cevi,

t_2 — vreme od trenutka zaustavljanja lansirane cevi do trenutka kad projektil izađe iz cevi,

$t_t = t_2 + \tau + t_3$ — ukupno vreme trzanja,

t_3 — vreme od kraja dejstva barutnih gasova do zaustavljanja trzajuće mase,

$t_l = t_0 + t_1$ — ukupno vreme lansiranja cevi,

$t_{LAS} = t_l + t_t$ — vreme trajanja ciklusa rada LAS.

Na osnovu toga, vrednosti koeficijenta delovanja sila su:

$$C_1 = \begin{cases} 0 & \text{za } t < t_0 \\ 1 & \text{za } t_0 \leq t \leq t_1 \end{cases}$$

$$C_2 = \begin{cases} 0 & \text{za } t_0 + t_u + \tau < t \leq t_{LAS} \\ 1 & \text{za } t_1 < t \leq t_0 + t_u + \tau \end{cases}$$

$$C_3 = \begin{cases} 0 & \text{za } t < t_0 + t_u \\ 1 & \text{za } t_0 + t_u \leq t \leq t_0 + t_u + \tau \\ 0 & \text{za } t_0 + t_u + \tau < t \leq t_{LAS} \end{cases}$$

Ako se u jednačinama (1) i (2) uvedu izrazi za sile i ostale navedene veličine, a brzina lansiranja i trzanja izrazi preko odgovarajućih puteva, onda se konačni sistem diferencijalnih jednačina kretanja za proces lansiranja dobija u sledećem obliku:

$$M \cdot \frac{dV_1}{dt} = F_{po} \cdot [S_0 / (S_0 - L + \zeta)]^n - Q_0$$

$$\cdot (f \cdot \cos \varphi + v + \sin \varphi) - V_1^2 / A_1 - C_1 \cdot S \cdot b_1 \cdot p(t) \quad (3)$$

$$V_1 = d\zeta / dt \quad (4)$$

a za proces trzanja:

$$M \cdot \frac{dV_t}{dt} = C_2 \cdot S \cdot b_1 \cdot p(t) [1 - C_3 \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta / (\beta - 0,5)] - F_{po} \cdot (S_0 / (S_0 - \lambda))^n - Q_0 \cdot (f \cdot \cos \varphi + v - \sin \varphi) - \frac{V_t^2}{A_t} \quad (5)$$

$$V_t = \frac{d\lambda}{dt} \quad (6)$$

Sistem jednačina (3) do (6) podešan je za rešavanje numeričkom integracijom pomoću metode Runge-Kutta sa promenljivim koeficijentima. Kao rešenje dobijaju se parametri kretanja trzajuće mase: $V_1(t)$, $\zeta(t)$, $V_t(t)$, $\lambda(t)$, uz uslov jednakosti dužine lansiranja i dužine trzanja, kao i potrebne stabilnosti LAS.

Vremena za određivanje koeficijenta delovanja sila (C_1 do C_3) dobijaju se UB proračunom, osim vremena trenutka opaljenja t_0 . Trenutak opaljenja može se rešiti iz uslova maksimalnog smanjenja energije trzanja i pretpostavku da je otpor kočnice pri lansiranju i trzanju jednak. Analizom odnosa impulsa trzajuće mase za proces trzanja i lansiranja, približno vreme opaljenja određuje se relacijom:

$$t_0 = t_l - t_1.$$

Važno pitanje u analizi rada LAS jeste problem uslova stabilnosti LAS za vreme lansiranja i trzanja. Treba napomenuti da se stabilnost LAS određuje istom metodologijom kao u slučaju klasičnog artiljerijskog oruđa [3].

Sa stanovišta stabilnosti, bitne su sledeće karakteristike veličine lafeta i sile na lafet oruđa (sl. 4):

D_0 — rastojanje težišta oruđa od oslonca ašova pre opaljenja,

D_k — rastojanje tačke oslonca točkova do oslonca ašova,

$h_a = H_o \cdot \cos\varphi - L_c \cdot \sin\varphi$ — krak inercijalne sile trzajuće mase,

$H_o = H + \Delta H$ — krak sile ukupnog otpora trzanju pri uglu elevacije $\varphi = 0$ rad,

L_c — horizontalno rastojanje ose ramena klevke do oslonca ašova,

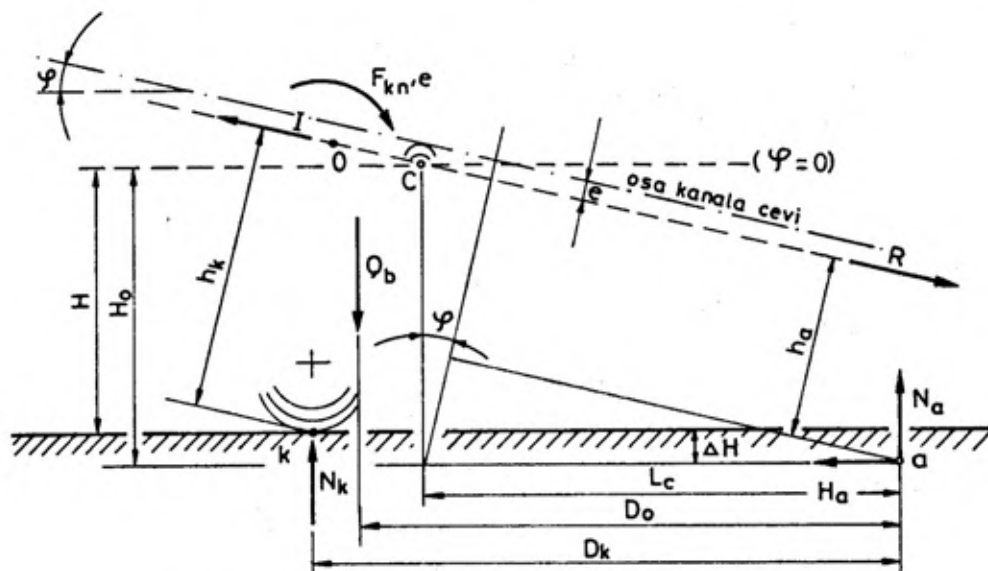
Stabilnost i nepomičnost lafeta u procesu lansiranja

Ako se sila ukupnog otpora R za proces lansiranja definiše u obliku:

$$R = F_p - Q_o \cdot (f \cdot \cos\varphi + v) - V^2/A_1$$

onda se moment stabilnosti oruđa oko ašova određuje izrazom:

$$M_{sta} = Q_b \cdot D_o - Q_o \cdot X \cdot \cos\varphi - C_1 \cdot F_{kn} \cdot e - (R - Q_o \cdot \sin\varphi) \cdot h_a \quad (7)$$



Sl. 4 — Dejstvo sila na lafet pri lansiranju — trzanju

F_{kn} — rezultatna sila u kanalu cevi za vreme dejstva barutnih gasova,

Q_b — sila težine oruđa u borbenom položaju,

R — ukupna sila otpora kretanju trzajuće mase,

$I = M \cdot d^2x/dt^2 = F_{kn} - R$ — inercijalna sila trzajuće mase,

N_k, N_a, H_a — sile reakcija tla u oslonim tačkama oruđa.

Uslov stabilnosti je zadovoljen ako je $M_{sta} > 0$.

Slično, u odnosu na tačku oslanjanja točkova oruđa, može se postaviti uslov stabilnosti oruđa $M_{stik} > 0$, tj.

$$M_{stik} = C_1 \cdot F_{kn} \cdot e + (R - Q_o \cdot \sin\varphi) \cdot h_k + Q_b \cdot (D_k - D_o) + Q_o \cdot X \cdot \sin\varphi + H_a \cdot \Delta H \quad (8)$$

gde je:

h_k — krak inercijalne sile trzajuće mase u odnosu na oslonac točka,

$H_a = (R - Q_0 \cdot \sin\varphi) \cdot \cos\varphi$ — komponenta sile reakcije tla na ašov.

Nepomičnost oruđa u procesu lansiranja osigurana je ako je zadovoljen uslov $H_a > 0$, odnosno pošto je $\varphi < \pi/2$ rad sledi da je $R - Q_0 \cdot \sin\varphi > 0$.

Za pozitivan smer sile R usvojen je onaj u čijem pravcu sila R teži da lafet oruđa pomeri suprotno od smeru opaljenja.

Stabilnost i nepomičnost lafeta u procesu trzanja

Za vreme trzanja, inercijalna sila trajuće mase LAS ima smer delovanja u pravcu opaljenja (pozitivan smer), a sve ostale sile su iste kao i za proces lansiranja.

Sila ukupnog otpora trzanju ima oblik:

$R = F_p + Q_0 \cdot (f \cdot \cos\varphi + v) + V^2/A_1$, a moment stabilnosti oko oslonca ašova iznosi:

$$M_{sta} = Q_b \cdot D_0 - Q_0 \cdot X \cdot \cos\varphi - C_2 \cdot F_{kn} \cdot e \cdot (1 - C_3 \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta / (\beta - 0,5)) - (R - Q_0 \cdot \sin\varphi) \cdot h_a \quad (9)$$

Relacija (9) slična je izrazu (7), s tim što je uzeta u obzir i sila gasne kočnice.

Analogno tome može se definisati i moment stabilnosti za tačku oslanjanja točkova koji glasi:

$$M_{stk} = C_2 \cdot F_{kn} \cdot e \cdot [1 - C_3 \cdot (1 - \alpha) \cdot \beta / (\beta - 0,5)] + (R - Q_0 \cdot \sin\varphi) \cdot h_k Q_b \cdot (D_k - D_0) + Q_0 \cdot X \cdot \cos\varphi + (R - Q_0 \cdot \sin\varphi) \cdot \cos\varphi \cdot \Delta H \quad (10)$$

Uslov nepomičnosti pri trzanju isti je kao u slučaju lansiranja.

S obzirom na značajnu razliku sile ukupnog otpora R za proces lansiranja i trzanja, u trenutku »prelaska« iz faze lansiranja u trzanje, dolazi do porasta sile $R(t)$. Ovakva promena sile

$R(t)$ može biti uzrok moguće nestabilnosti oruđa, o čemu treba voditi računa pri projektovanju LAS.

Stabilnost pri dejstvu amortizera lansiranja

Amortizer lansiranja treba da apsorbuje energiju lansiranja u slučaju neopaljenja ili »laganja metka«, kako cev ne bi velikom brzinom naletela na telo kulevke.

Amortizer lansiranja ne treba da deluje u prvom periodu lansiranja, niti u drugom periodu ako je došlo do opaljenja. Pošto je trajanje drugog perioda lansiranja dosta kratko u odnosu na ukupnu dužinu lansiranja (L), to je i pređeni put lansirane mase u ovom periodu relativno mali, tj. svakako će biti neposredno iza tačke gde je trebalo doći do opaljenja (dakle u ε_0 -okolini »zahtevane« dužine lansiranja). Na osnovu iznetog, usvaja se da se na dužini $l = 1,1 \cdot L$ od tačke početka lansiranja postavi graničnik koji će izvršiti aktiviranje amortizera.

Radi jednostavnosti i kompaktnosti konstrukcije treba nastojati da se amortizer izvede u obliku kočnice sa konstantnim ili promenljivim protočnim otvorima, sa što kraćim putem dejstva. To podrazumeva povećanu silu otpora amortizera, što utiče na smanjenje stabilnosti oruđa u procesu lansiranja.

Na osnovu navedenog, diferencijalna jednačina kretanja lansirane mase za period dejstva amortizera ima oblik:

$$M \cdot \frac{dV_1}{dt} = F_{p0} \cdot (S_0 / (S_0 - L + \zeta))^n - Q_0 \cdot (f \cdot \cos\varphi + v + \sin\varphi) - V_1^2/A_1 - V_1^2/A_A \quad (11)$$

gde je:

$A_A = 2 \cdot a^2/k \cdot \rho \cdot A_{KA}^3$ — karakteristika amortizera,

a_A, A_{kA} — površina protočnih otvora amortizera i radna površina klipa amortizera lansiranja.

Relacija (11) može jednostavno da se ugradi u programsko rešenje za numeričku integraciju, kao u slučaju jednačina (3) do (6).

Iterativnim približavanjem može se odrediti površina protočnih otvora amortizera kojom se obezbeđuje zaustavljanje lansirane mase na potrebnoj dužini dejstva amortizera.

Ako se proračun vrši po ovakvom modelu, stabilnost sistema LAS sa amortizerom može se odrediti po praktično istim relacijama kao u slučaju stabilnosti LAS u procesu lansiranja (8).

Pri tome se jedino menja sila ukupnog otpora lansiranju zbog delovanja amortizera, i ona glasi:

$$R = F_p - Q_0 \cdot (f \cdot \cos \varphi + v + \sin \varphi) - (V^2/A_1 + V^2/A_A)$$

Ako su mogućnosti obezbeđenja uslova stabilnosti ograničene s obzirom na druge zahteve LAS, treba razmotriti ugradnju trećeg kraka lafeta oruđa.

Na kraju teorijskog dela razmatranja problematike LAS, treba napomenuti da su pre pristupa projektovanju LAS nužna obimna eksperimentalna ispitivanja i uporedna analiza dobijenih rezultata sa proračunskim veličinama.

Organizacija programskog modela LAS

Na osnovu matematičkog modela principa rada LAS izrađeno je odgovarajuće programsko rešenje za određivanje proračunskih veličina i parametara pomoću personalnog računara [5]. Organizacija programskog modela prikazana je na slici 5.

Programsko rešenje čine glavni program UBIP za unutrašnjebalistički proračun sa potprogramima:

POMVRP — za određivanje priraštaja zavisnih i nezavisnih promenljivih, metodom Runge-Kutta sa promenljivim korakom,

FUNKP — za definisanje jednačina unutrašnje balistike (UB).

Potrebni ulazni podaci za UB proračun definišu se na ulaznoj datoteci ULUB, a proračunske veličine na datotekama IZUB i IZGB.DAT.

Osnovni program za proračun parametara LAS sadrži sledeće potprograme:

POMVAR — slično je kreiran kao u slučaju UBIP,

FUNK — za definisanje diferencijalnih jednačina LAS,

HMIN — za traženje minimuma zadatog niza brojeva,

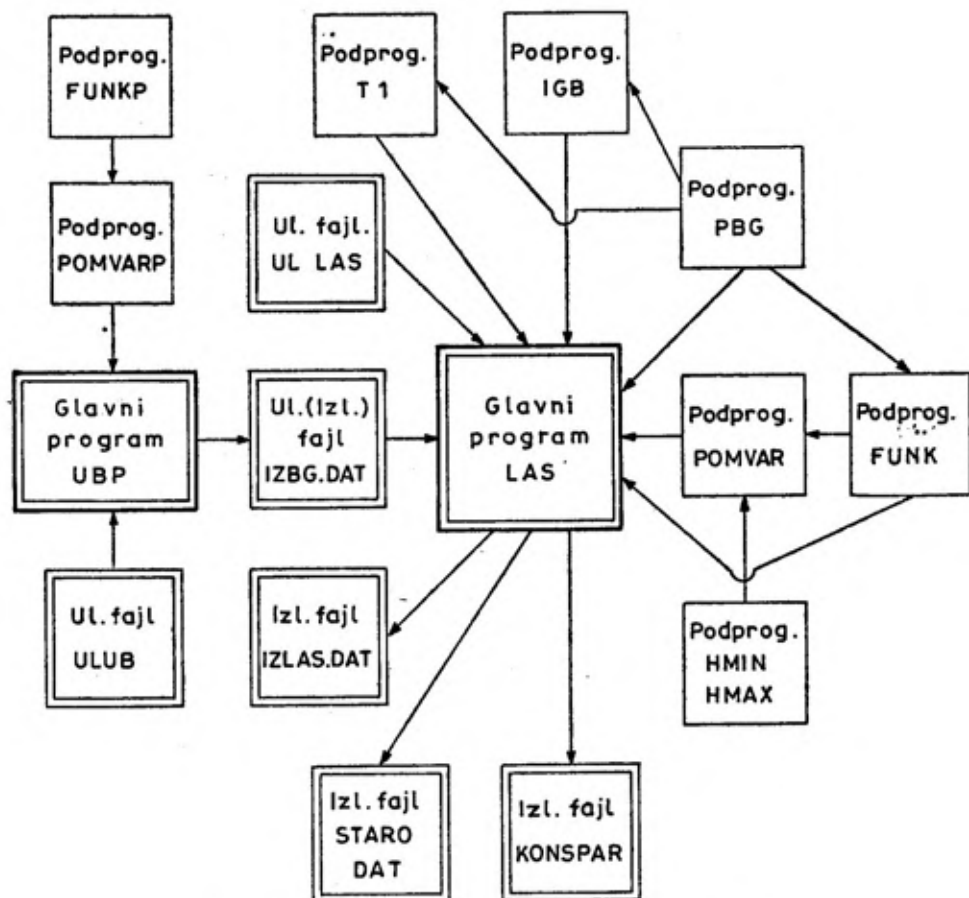
HMAX — za traženje maksimuma zadatog niza brojeva,

PBG — za linearnu interpolaciju podataka za pritisak barutnih gasova u zavisnosti od vremena,

IBG — za određivanje ukupnog impulsa gasova, uključujući period naknadnog dejstva i gasnu kočnicu,

T1 — za određivanje vremena za koje impuls barutnih gasova dostigne veličinu impulsa potrebnog za zaustavljanje lansirane mase.

Polazni podaci za proračun LAS definisani su na ulaznoj datoteci ULAS, a izlazni rezultati proračunskih veličina na izlaznim datotekama: IZLAS.DAT (za parametre kretanja), STARO.DAT (za momente stabilnosti i sile ukupnog otpora trzanju za svaki



Sl. 5 — Organizacija modela za proračun LAS

trenutak procesa lansiranja — trzanja) i KONSPAR (vrednosti konstruktivnih parametara dobijenih proračunom LAS za odabrani primer oruđa).

Primer proračuna LAS

Testiranje programskog modela i proračun potrebnih veličina LAS izvršeno je na odabranom primeru lafetnog oruđa. Usvojeno je da se LAS projektuje na bazi PT topa kalibra 100 mm sa polaznim podacima koji su uzeti prema [5]. Dabijeni rezultati nekih od proračunatih veličina i karakteri-

stika LAS dati su u tabeli 1 i grafički prikazani na slikama 6 do 11. Vrednost koeficijenta iskorišćenja gasne kočnice bila je 35%.

Energija trzanja LAS, prema podacima u tabeli 1 iznosi oko 39% energije slobodnog trzanja kod klasičnog artiljerijskog sistema za istu masu lafeta.

Koeficijent iskorišćenja mase lafeta (η_l) ili energija trzanja po jedinici mase lafeta takođe je smanjen, što pruža mogućnost da se i masa lafeta smanji u adekvatnom odnosu, a time znatno poboljša pokretljivost oruđa.

Veličine	Jedinica mere	PT top 100 mm
$M_l = M_b - M$, masa lafeta	kg	1380
$E_t = MV_{tm}^2/2$, energija trzanja LAS	J	20911,15
$V_{km} = I_w/M$, brzina slobodnog trzanja	m/s	8,65
$\eta_l = E_t/M_l$, koeficijent iskorišćenja mase lafeta	J/kg	15,13
$\eta_k = E_t/M_l$, koeficijent iskorišćenja pri slobodnom trzanju	J/kg	38,49
$\eta_e = E_t/E_k \cdot 100$, koeficijent energije trzanja	%	39,37
$\eta_i = (V_{im}/(V_{im} + V_{tm})) \cdot 100$, impuls barutnih gasova za zaustavljanje trzajuće mase	%	36,60

Oznake upotrebljene u tabeli 1 su:

M_b — ukupna masa oruđa,

M — masa trzajućih delova,

E_k — kinetička energija trzajuće mase klasičnog sistema oruđa pri slobodnom trzanju,

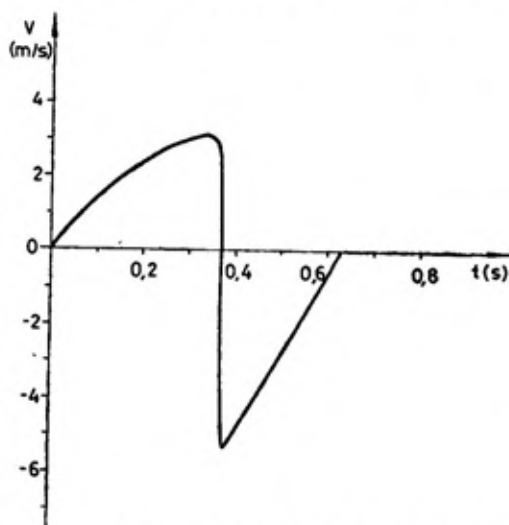
I_w — ukupni impuls barutnih gasova (uključujući period naknadnog dejstva gasova i gasnu kočnicu).

Proračunati parametri kretanja trzajuće mase, brzina i put u procesu lansiranja i trzanja prikazani su na slikama 6, 7 i 8.

Tok promene ovih parametara je u potpunoj saglasnosti sa podacima u literaturi. Maksimalna brzina lansiranja LAS ($V_{lm} = 3,13$ m/s) manja je od maksimalne brzine trzanja ($V_{tm} = 5,43$ m/s). U odnosu na maksimalnu brzinu trzanja za klasičan sistem $V_{km} = 8,65$ m/s, veličine V_{tm} i V_{lm} su manje, što znači da je u sistemu LAS deo energije trzanja »utrošen« na lansiranje.

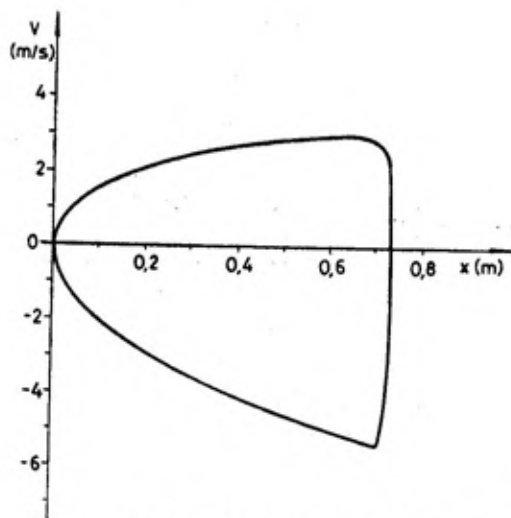
Dobijena vrednost za $V_{lm} = 3,13$ m/s iznosi približno 72% od vrednosti $V_{km}/2 = 4,32$ m/s, što je saglasno postavljenom zahtevu od $\approx 75\%$. Istovremeno, ukupno smanjenje energije trzanja LAS, u odnosu na klasičan artiljerijski sistem (PT top 100 mm), iznosi oko 61%.

Iz dobijenih rezultata za uslove stabilnosti LAS prema grafičkim prikazima na slikama 9, 10 i 11, vidi se da

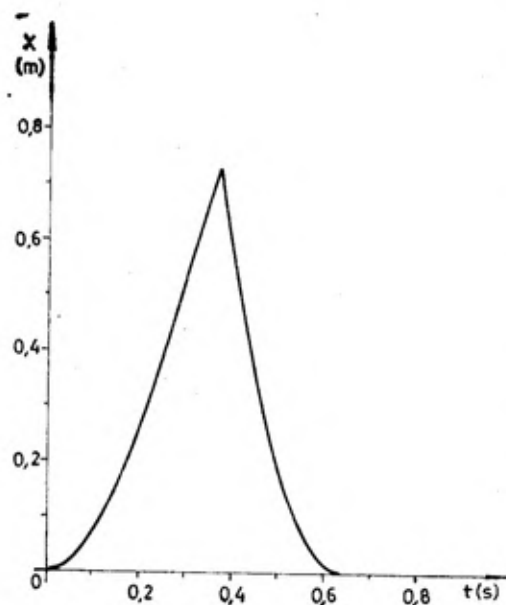


Sl. 6 — Brzina kretanja u funkciji vremena

je sistem stabilan u celom procesu lansiranja i trzanja.



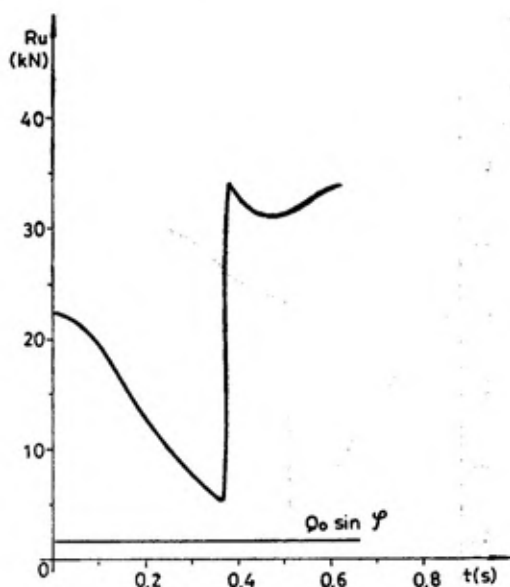
Sl. 7 — Brzina kretanja u funkciji puta



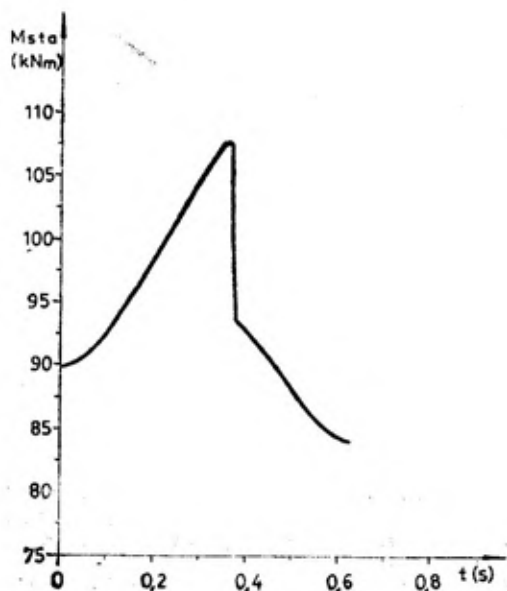
Sl. 8 — Put lansiranja i trzanja cevi

Stabilnost LAS najviše je ugrožena za vreme dejstva sile pritiska barutnih gasova, kao i zbog nagle pro-

mene smera sile koje su konstitutivni članovi ukupnog otpora trzanju $R(t)$.

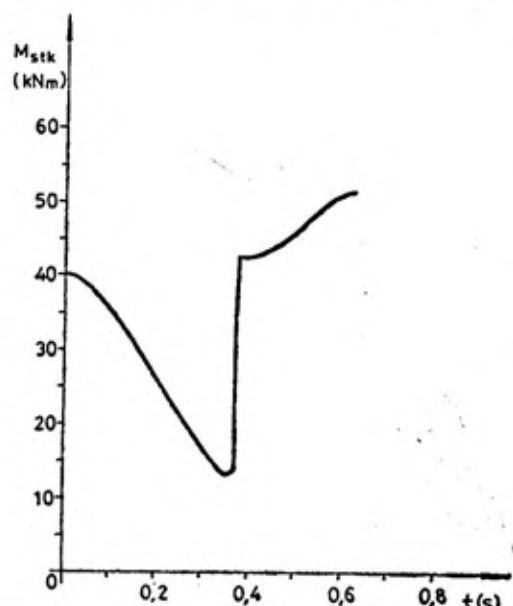


Sl. 9 — Promena ukupne sile otpora trzanja



Sl. 10 — Moment stabilnosti oko oslonca ašova

Upoređivanjem vrednosti granične sile otpora trzanju $R_{gr}=119,3$ kN klasičnog artiljerijskog sistema na osnovu kojeg je proračunat LAS, u najnepovoljnijem slučaju ($F_{kn}=F_{kn\max}$) i maksi-



Sl. 11 — Moment stabilnosti oko oslonca točkova

malne sile ukupnog otpora za pripadajući LAS, tj. $R_m=34,5$ kN, lako se zaključuje da je sa projektovanim LAS postignuto znatno smanjenje sile otpora $R(t)$, pa, prema tome, i znatno rasterećenje lafeta oruđa.

Zaključak

Simulacijom programskog modela LAS na konkretnom primeru oruđa do-

bijeni su proračunski rezultati najvažnijih veličina LAS, koji omogućavaju dalji rad na ovom problemu. Ostale karakteristične veličine potrebne za projektovanje LAS su:

- zahtevana dužina lansiranja (trzanja): 0,74 m,
- proračunska dužina lansiranja (trzanja): 0,73 m,
- put lansiranja u trenutku opaljenja: 0,72 m,
- brzina lansiranja u trenutku opaljenja: 3,13 m/s (maksimalna),
- vreme do trenutka opaljenja: 0,36 s,
- površina protočnih otvora kočnice lansiranja: 5,18 cm²,
- površina protočnih otvora kočnice trzanja: 9,90 cm²,
- ukupan impuls sile barutnih gasova: 12281,15 Ns,
- impuls sile barutnih gasova za zaustavljanje trzajuće mase: 6084,7 Ns,
- početna sila povratnika: 11,36 kN.

Prikazani rezultati na osnovu teorijskog razmatranja principa rada LAS, upućuju na opravdanost daljeg istraživanja ovog problema u okviru modifikacije postojećih rešenja lafetnih artiljerijskih oruđa i povećanja njihovih borbenih mogućnosti.

Iako primena LAS ima nedostataka, o čemu nije bilo reči, izneta ideja uz primenu razvijenog programskog modela pruža solidnu osnovu za dalju analizu radi dolaska do optimalnog i svrsishodnog rešenja.

Literatura:

- [1] Paligorić, A.: Teorijske osnove principa rada LAS, NTP br. 9-10 (161-182), Beograd, 1970.
- [2] Kalezić, M.: Projektovanje vučnih art. oruđa, VTI, Beograd, 1984.
- [3] Toločkov, A.: Teorija lafetov artiljerijskih ustanov, Oborogniz, Moskva, 1960.

- [4] Gordienko: Teorija i rasčot artiljerijskih orudij, Oborogniz, Penza, 1967.

- [5] Davidović, M.: Diplomski rad, VTA, Beograd, 1993.

EFIKASNOST NAGAZNIH PROTIVPEŠADIJSKIH MINSKO- EKSPLOZIVNIH PREPREKA

Uvod

Pod minsko-eksplozivnim preprekama podrazumevaju se prepreke izrađene od formacijskih protivoklopnih i protivpešadijskih mina i drugih eksplozivnih sredstava.

Prema osnovnoj nameni, minsko-eksplozivne prepreke mogu biti: protivoklopne, protivpešadijske, protivtransportne i prepreke protiv plovniha objekata i desantnih sredstava. Mogu se izrađivati u obliku minskih (fugasnih) polja, grupa mina (fugasa), pojedinačnih mina (fugasa) i mina iznenađenja.

Protivpešadijskim minsko-eksplozivnim i drugim preprekama neposredno se štite jedinice od dejstva protivničke pešadije i nanose efektivni gubici pri pokušaju prelaska preko prepreka bez izrade prolaza. Načelno, primenjuju se na zemljištu na kojem nije moguća upotreba oklopnih jedinica ili se kombinuju sa protivoklopnim preprekama.

Pod nagaznim protivpešadijskim minsko-eksplozivnim preprekama podrazumevaju se minska polja, grupe mina i prepreke od pojedinačnih protivpešadijskih mina koje se aktiviraju na pritisak (nagaz) tj. protivpešadijske minsko-eksplozivne prepreke izrađene od nagaznih protivpešadijskih mina.

U poznatoj literaturi nije do sada teorijski obrađivana efikasnost nagaz-

nih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka, već je opisno definisana kao *zaprčna vrednost*, bez jasnih kvantitativnih merila, izuzev u [1], gde je zaprčna vrednost definisana kao verovatnoća uništenja pešaka pri napadu preko minsko-eksplozivne prepreke bez izrade prolaza.

Pošto minsko-eksplozivna prepreka zaprčava i određenu površinu zemljišta, u kvantitativnu meru njene efikasnosti moraju se uvrstiti verovatnoća uništenja pešaka i veličina zaprčene površine zemljišta.

Prema opštoj klasifikaciji minsko-eksplozivnih sredstava i prepreka one spadaju u ubojna sredstva, što se mora uvažavati pri definisanju i matematičkom modeliranju efikasnosti nagaznih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka.

Cilj rada je teorijsko definisanje i matematičko modeliranje efikasnosti nagaznih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka u obliku koji je praktično upotrebljiv za najširi krug interesenata — korisnika.

Matematički model efikasnosti ubojnih sredstava

Verovatnoća uništenja pojedinačnih i grupnih objekata bilo koje vrste, pri dejstvu ubojnih sredstava (UbS), zavisi od karaktera i jačine UbS, kara-

teristika tla, lokacije objekata i njihove otpornosti prema dejstvu pojedinih vrsta UbS. Verovatnoća se može predstaviti opštim izrazom [2, 3]:

$$M(P(x, y)) = P_{sr}^u = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} P(x, y) f(x, y) dx dy \quad (1)$$

gde je:

$M(x, y)$ — matematičko očekivanje verovatnoće uništenja objekata,

P_{sr}^u — srednja verovatnoća uništenja objekata,

$P(x, y)$ — koordinatni zakon uništenja objekata pri dejstvu UbS,

$f(x, y)$ — gustina raspodele objekata u ravni Oxy.

Neke od navedenih vrsta UbS mogu simultano ispoljiti različite oblike (efekte) dejstva po napadnutim objektima (fizičke, hemijske i sl.), a time i različite zakone uništenja objekata $P(x, y)$. Poznato je, na primer, da nuklearne bombe, projektili i mine pri eksploziji ispoljavaju: razorno dejstvo (udarnog talasa), toplotno dejstvo (toplotnog talasa i toplotno zračenje) i radioaktivno dejstvo (neutronske i gama zračenje i kontaminacija alfa, beta i gama česticama), pa mogu imati tri različite zakonitosti uništenja koje se, zbog simultanog delovanja mogu superponirati, a to su:

- razorno dejstvo $P_1(x, y)$,
- toplotno dejstvo $P_2(x, y)$,
- radioaktivno dejstvo $P_3(x, y)$.

Kod UbS parčadnog, kumulativnog i razornog dejstva i sl., pored tih osnovnih dejstava, redovno se javlja i dejstvo vazdušnog udarnog talasa, a time i dva različita zakona simultanog dejstva: $P_1(x, y)$ i $P_2(x, y)$.

U raspoloživoj literaturi gotovo redovno se uzima u obzir samo dejstvo koje ostvaruje najveće efekte po objektima, dok se ostala dejstva u pot-

punosti zanemaruju. Međutim, teorijski je jedino ispravna i praktično neophodna superpozicija svih vrsta dejstava. Za nuklearna UbS koordinatni zakon superponiranih dejstava ima oblik:

$$P(x, y) = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (2)$$

a za klasičnu municiju i MES:

$$P(x, y) = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 \quad (3)$$

Kada se u izrazima (2) i (3) uvrste realne vrednosti verovatnoća P_1 , P_2 i P_3 za nuklearna UbS, i P_1 i P_2 za klasičnu municiju i MES, tek tada će se dobiti realni superponirani zakoni uništenja $P(x, y)$, u kojima će svaki oblik dejstva imati odgovarajući udeo.

Matematički model efikasnosti minsko-eksplozivnih prepreka

Opšti matematički model efikasnosti UbS važi za sve vrste minsko-eksplozivnih prepreka. U zavisnosti od oblika koordinatnog zakona uništenja $P(x, y)$ i gustine raspodele objekata (tenkova, plovni objekata, živih ciljeva) $f(x, y)$ u ravni Oxy, iz opšteg matematičkog modela mogu se izvesti partikularni matematički modeli za različite vrste minskoeksplozivnih prepreka. Tako, na primer, pri dejstvu protivoklopnih minskih polja po oklopnim i drugim vozilima, koordinatni zakon uništenja ima konstantnu vrednost u celom minskom polju, pa je

$$P_{sr}^u = P(x, y) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx dy = P(x, y) = \text{const.} \quad (4)$$

za bilo koju gustinu raspodele borbenog poretka tenkova i ostalih vozila, jer je po definiciji teorije verovatnoće

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx dy = 1,0$$

Kod protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka parčadnog dejstva je

$$P(x, y) \neq \text{const. i } f(x, y) \neq \text{const.}$$

tako da ne važi izraz (4), već opšti izraz (1) za $U_b S$.

Efikasnost nagaznih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka

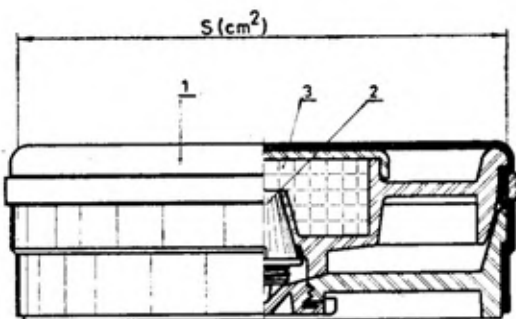
Protivpešadijske minsko-eksplozivne prepreke mogu biti izrađene od jedne mine, grupe mina, u obliku jednog reda mina i minskog polja od više redova ili grupa mina. Minsko polje može se sastojati i od većeg broja mina postavljenih bez posebnog pravila (šeme).

Nagazne protivpešadijske mine, od kojih se izrađuju nagazne minsko-

na efikasnost minsko-eksplozivnih prepreka, i to:

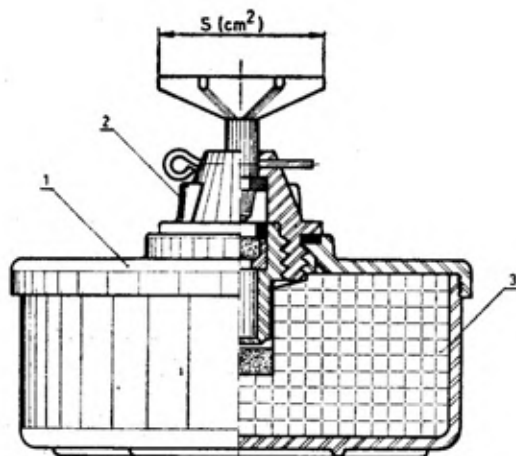
a) mine razornog (rušecćeg) dejstva sa upaljačem izvan (najčešće iznad) tela (eksplozivnog punjenja) mine (sl. 1),

b) mine razornog dejstva sa upaljačem unutar tela mine (sl. 2),



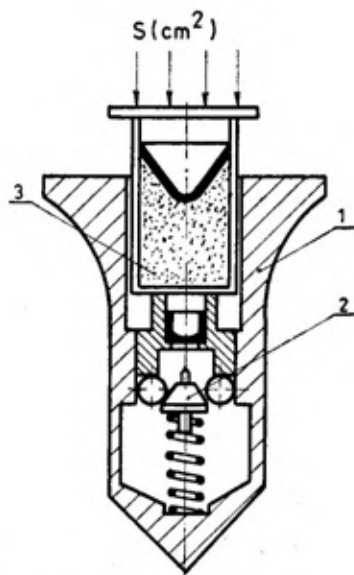
Sl. 2 — Protivpešadijska mina razornog dejstva sa upaljačem u telu

1 — telo, 2 — upaljač, 3 — eksplozivno punjenje



Sl. 1 — Protivpešadijska mina razornog dejstva sa upaljačem iznad tela

1 — telo, 2 — upaljač, 3 — eksplozivno punjenje



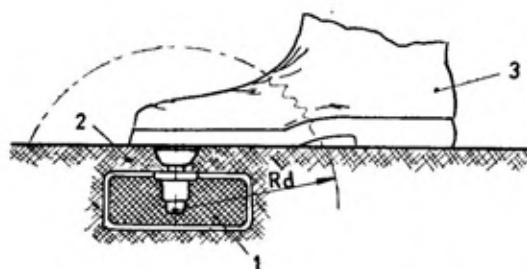
Sl. 3 — Protivpešadijska mina kumulativnog dejstva sa upaljačem u telu

1 — telo, 2 — upaljač, 3 — eksplozivno punjenje

-eksplozivne prepreke, mogu se svrstati u tri osnovna tipa, čiji konstrukcioni parametri mogu značajnije uticati

c) mine kumulativnog dejstva sa upaljačem unutar tela mine (sl. 3).

Na sl. 4 prikazano je aktiviranje nagazne protivpešadijske mine tipa a. Kada eksplozivno punjenje detonira, kroz maskirni sloj iznad mine i vazduh, rasprostire se snažni udarni talas koji razara tlo i prepreke iznad tla. Pri nailasku udarnog talasa na no-



Sl. 4 — Aktiviranje i dejstvo razorne nagazne protivpešadijske mine

1 — mina, 2 — maskirni sloj, — 3 stopalo pešaka

gu pešaka, dolazi do većeg ili manjeg oštećenja stopala i drugih delova noge, zavisno od mase i vrste eksplozivnog punjenja, debljine maskirnog sloja i stepena zaštićenosti stopala (čvrstoće obuće).

Razorno (rušeće) dejstvo može se iskazati preko više različitih parametara. Pogodno je da se dejstvo razorne protivpešadijske mine izrazi jednim opštim parametrom, kao što je radijus razornog dejstva R_d .

Pošto je količina eksploziva u razornim protivpešadijskim minama relativno mala (maksimalno 200 grama), radijus razornog dejstva najčešće se svodi na neposrednu okolinu eksplozivnog punjenja. To znači da protivpešadijske mine razornog dejstva mogu onesposobljavati pojedinačne ciljeve pri njihovom neposrednom kontaktu — najčešće nagazom na elemente za aktiviranje mine.

Kod mina kumulativnog dejstva kumulativni mlaz probija obuću i stopalo i nanosi veoma teška telesna oštećenja.

Aktiviranje mina tipa a) vrši se neposredno preko upaljača, koji se najčešće nalazi u centru mine (eksplozivnog punjenja), što znači da stopalo pešaka u trenutku aktiviranja mine prekriva oko polovinu površine eksplozivnog punjenja, usled čega je verovatnoća težeg ranjavanja velika i iznosi oko 100%.

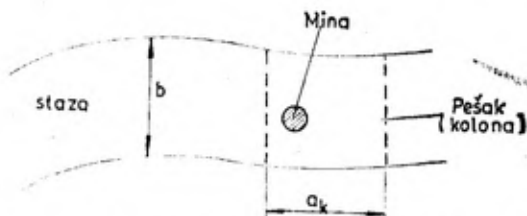
Aktiviranje mina tipa b) vrši se preko tela mine u kome se nalaze upaljač i eksplozivno punjenje. Kod nekih konstrukcija prečnik eksplozivnog punjenja je manji od aktivne nagazne površine mine, pa u slučajevima kada stopalo nagazi na ivicu aktivne nagazne površine ne dolazi do preklopa sa eksplozivnim punjenjem, usled čega može izostati ozbiljnije ranjavanje, što se može desiti u oko 5% slučajeva.

Aktiviranje mina tipa c) takođe se vrši preko tela mine. Da bi kumulativni mlaz teže ošteti stopalo, centar eksplozivnog punjenja sa kumulativnim levkom mora biti preklopljen sa stopalom. Pošto je eksplozivno punjenje kumulativnih protivpešadijskih mina malo (oko 10 grama), njegovo razorno dejstvo je slabije, tako da ozbiljnije ranjavanje može da izostane u oko 10% slučajeva.

Efikasnost prepreka izrađenih od jedne nagazne mine

Minsko-eksplozivne prepreke koje se sastoje od jedne nagazne protivpešadijske mine (sl. 5) u praksi se retko primenjuju. Koriste se na veoma uskim prolazima i stazama, na ulazima u objekte i sl. Od većeg interesa je teorijsko definisanje njihove efikasnosti, kao elementarnih minsko-eksplozivnih prepreka, i dalje uopštavanje problema pri definisanju efikasnosti prepreka koje se sastoje od većeg broja mina.

Kod minsko-eksplozivne prepreke, izrađene od jedne nagazne protivpe-



Sl. 5 — Minsko-eksplozivna prepreka izrađena od jedne nagazne mine

šadijske mine, uvek je verovatnoća uništenja $P(x, y) = \text{const.}$, pa je

$$P_{sr}^u = P(x, y) \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) dx dy = \\ = P(x, y) = \text{const.}$$

Ako se postavljena mina nalazi na stazi (prolazu, prilazu) širine b , verovatnoća da će pešak nagaziti na tako postavljenu minu i biti onesposobljen za dalji pokret i dejstvo, jeste:

$$P_{sr}^u = P(x, y) = p_a \cdot p_u = p \quad (5)$$

gde je:

p_a — verovatnoća da će mina biti aktivirana,

p_u — verovatnoća da će pešak biti onesposobljen.

Verovatnoća aktiviranja mine proizlazi iz geometrijskih odnosa parametara pešaka, mine i staze (prolaza, prilaza) i iznosi:

$$p_a = \frac{S + S_s}{b \cdot a_k} \quad (6)$$

gde je:

S — aktivna nagazna površina mine (m^2),

S_s — površina stopala (obuće) pešaka (m^2),

a_k — dužina koraka pešaka (m),

b — širina staze (prolaza, prilaza) (m).

Standardna dužina pešačkog koraka iznosi $a_k = 0,75$ m, prosečna površina stopala (obuće) $S_s = 0,03$ m^2 , što su standardne veličine u formuli (6).

Aktivna nagazna površina mine (upaljača) iznosi:

— kod mina tipa a) $S = 3$ do 8 cm^2 ,

— kod mina tipa b) $S = 50$ do 100 cm^2 ,

— kod mina tipa c) $S = 8$ do 10 cm^2 .

Sa navedenim vrednostima parametara nagaznih protivpešadijskih mina izračunate su verovatnoće onesposobljavanja pešaka pri kretanju stazom širine $b = 0,5$ m na kojoj je postavljena jedna od navedenih tipova mina (tabela 1). Radi ilustracije uticaja aktivne nagazne površine mine, prikazani su i rezultati proračuna za veličinu aktivne nagazne površine $S = 0$.

Tabela 1

Verovatnoća onesposobljavanja $P_{sr}^u = p$ (%)

Mina \ Verovatnoća	tip a)	tip b)	tip c)	$S = 0$
p_a	8,1 do 8,2	9,3 do 10,7	8,2 do 8,3	8,0
p_u	1,0	0,95 do 1,0	0,9	1,0
p	8,1 do 8,2	8,8 do 10,7	7,4 do 7,5	8,0

Kada opisanom stazom preko postavljene mine prelazi kolona od N pešaka, verovatnoća da će bar jedan pešak iz kolone aktivirati minu i biti onesposobljen iznosi:

$$P_{sr}^u = P(x, y) = 1 - \exp(-Np) \quad (7)$$

U tabeli 2 prikazani su računski dobijeni rezultati verovatnoće onesposobljavanja kolone od $N=10$ pešaka prema izrazu (7).

Tabela 2

Verovatnoća onesposobljavanja P_{sr}^{u} (%)

Mina Verovat- noća	tip a)	tip b)	tip c)	S=0
P_{sr}^{u}	55 do 56	58 do 64	52 do 53	56

Iz tabela 1 i 2 proizlazi da i prepreke od samo jedne nagazne protivpešadijske mine (u nedostatku dovoljnog broja) mogu biti efikasne na uskim stazama, prolazima i prilazima objektima, naročito protiv kolona pešaka.

Efikasnost prepreka izrađenih od grupe nagaznih mina

Minsko-eksplozivne prepreke izrađene od grupa nagaznih protivpešadijskih mina primenjuju se radi zaprečavanja prolaza i staza (sl. 6), oko porušenih objekata i napuštenih TMS, borbi u naseljenim mestima, u rejonima rasporeda vatrenih položaja artiljerije, raketnih lansera i sl., na pravcima

pogodnim za razvoj manjih taktičkih desanata, za zaštitu pozadinskih jedinica i ustanova, za ojačanje prirodnih i veštačkih prepreka, protivoklopnih minsko-eksplozivnih prepreka i sl.

Kada je staza širine b zaprečena grupom od M mina, verovatnoća da će pešak aktivirati jednu od postavljenih mina iznosi:

$$P_i = 1 - \exp(-f \cdot p) \quad (8)$$

gde je:

$$f = \frac{M}{b} \text{ — srednja gustina mina,}$$

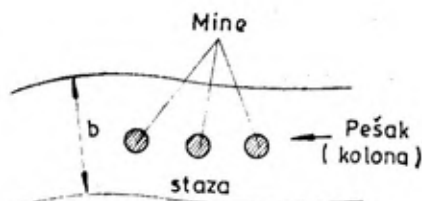
p — verovatnoća da će pešak biti onesposobljen pri gustini mina na stazi $r=1$ mina/m.

Ako preko grupe od M mina prolazi kolona od N pešaka, verovatnoća da će bar jedan pešak aktivirati jednu minu iznosi:

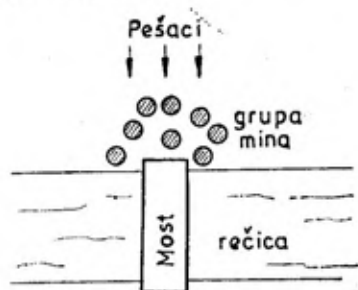
$$P_{sr}^{u} = 1 - (1 - P_i)^N \quad (9)$$

gde je verovatnoća P_i definisana izrazom (8).

U tabeli 3 prikazani su računski dobijeni rezultati verovatnoće onesposobljavanja bar jednog pešaka P_{sr}^{u} , dobijeni prema izrazu (9), u slučaju pokušaja prolaza kolone od $N=10$ pešaka stazom širine $b=0,5$ m, na kojoj je postavljeno $M=5$ nagaznih protivpešadijskih mina.



a)



b)

Sl. 6 — Minsko-eksplozivne prepreke izrađene od grupa nagaznih mina
a) — zaprečavanje staze, b) — zaprečavanje prilaza objektu

Tabela 3

Verovatnoća onesposobljavanja $P_{u, sr}$

Mina Verovat- noća	tip a)	tip b)	tip c)	S=0
$P_i(\%)$	55 do 56	58 do 64	52 do 53	56
$P_{u, sr}$	0,999	0,9999	0,999	0,999

S obzirom na to da su minsko-eksplozivne prepreke od grupe nagaznih protivpešadijskih mina koje su postavljene na uskim stazama i prolazima, namenjene da spreče prikriven prolaz ubačenih manjih izviđačkih i diverzantskih grupa, iz tabele 3 sledi da će pod definisanim uslovima sa verovatnoćom od skoro 100% bar jedan pešak iz grupe aktivirati bar jednu od postavljenih mina.

Ako se grupom od M nagaznih protivpešadijskih mina štiti prilaz mostu (sl. 6), verovatnoća onesposobljavanja bilo kojeg pešaka pojedinačno ili iz grupe, pri pokušaju da pređe preko prepreke bez uklanjanja mina, iznosi:

$$P_{u, sr} = P_i = 1 - \exp(-f \cdot p) = 1 - \exp\left(f \cdot \frac{S + 0,03}{0,75} \cdot p_u\right) \quad (10)$$

gde je:

$f = \frac{M}{b}$ srednja gustina mina u grupi,

b — širina prepreke.

U tabeli 4 prikazana je računski dobijena verovatnoća onesposobljavanja pešaka $P_{u, sr}$ prema izrazu (10), za različite gustine mina u grupi.

Na verovatnoću onesposobljavanja pešaka, pri prelasku preko minsko-ek-

Tabela 4

Verovatnoća onesposobljavanja $P_{u, sr}$ (%)

Mina Gustina mina	tip a)	tip b)	tip c)	S=0
$f=1$	4,0	4,4 do 5,2	3,6	3,9
$f=2$	7,8	8,5 do 10,1	7,2	7,7
$f=3$	11,5	12,5 do 14,8	10,6	11,3
$f=4$	15,0	16,3 do 19,2	13,8	14,8
$f=5$	18,4	20,0 do 23,4	17,0	18,1

splozivne prepreke izrađene od grupe mina, znatno više utiče gustina mina f nego veličina aktivne nagazne površine S . To znači da su konstrukciona rešenja protivpešadijskih nagaznih mina razornog dejstva sa relativno malom aktivnom nagaznom površinom, kao što je slučaj kod mine tipa a, sasvim zadovoljavajuća.

Efikasnost protivpešadijskih minskih polja izrađenih od nagaznih mina

Protivpešadijska minska polja, bilo da su izrađena od nagaznih protivpešadijskih mina ili od protivpešadijskih mina parčadnog dejstva, predstavljaju osnovnu vrstu veštačkih prepreka za zaprečavanje pravaca pogodnih za dejstvo protivničke pešadije, prvenstveno kada ona dejstvuje samostalno i van oklopnih sredstava, kao i za zaprečavanje prostorijske (rejon) pogodnih za spuštanje vazdušnih desanata.

Dubina protivpešadijskih minskih polja načelno ne treba da bude manja od 40 do 50 metara.

Širina protivpešadijskih minskih polja načelno ne treba da bude manja od njihove dubine, osim kada se zaprečavaju uski prolazi, tesnaci, šumski prosci, planinske staze i sl.

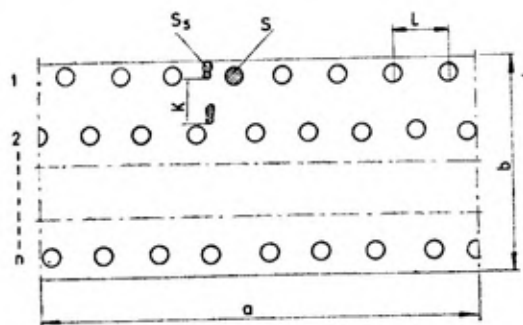
Protivpešadijska minska polja, izrađena od nagaznih mina, najmasovnije se primenjuju na prostoru između prednjeg kraja prvog položaja (rova prve linije) i pretpostavljenog jurišnog položaja protivničke pešadije koji se obično nalazi na 100 do 400 m ispred prednjeg kraja.

Nagazne protivpešadijske mine u minskim poljima najčešće se postavljaju po pravim paralelnim redovima. Ako su mine raspoređene po pravim paralelnim redovima (sl. 7), sa razmakom L između susednih mina, verovatnoća nailaska pešaka na minu, pri prelasku preko jednog reda mina iznosi:

$$P_a = \frac{S + 0,03}{0,75 \cdot L} \quad (11)$$

gde je:

S — aktivna nagazna površina mine.



Sl. 7 — Minsko polje sa minama postavljenim po pravim paralelnim redovima

Ako se minska polja sastoje od n -redova mina, verovatnoća onesposobljavanja pešaka pri prelasku preko celog minskog polja iznosi:

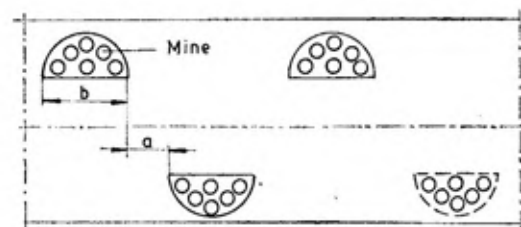
$$P_{sr}^u = 1 - \exp(-f \cdot p) \quad (12)$$

gde je:

$$f = \frac{n}{L} \text{ — gustina mina.}$$

Izraz (12) važi i za sve varijante postavljanja mina po koordinatnom konopcu, a takođe i za sve slučajeve razbacivanja mina iz vazduha.

Ako su mine u minskom polju postavljene po grupama, kao što je prikazano na sl. 8, tada gustina mina nije ujednačena, tako da izraz (12) ne važi.



Sl. 8 — Minsko polje sa minama postavljenim po grupama

Kada su grupe mina jednake i sa jednakim međusobnim razmacima, verovatnoća onesposobljavanja pešaka u celom minskom polju iznosi:

$$P_{sr}^u = \frac{b}{a+b} (1 - \exp(-f_g \cdot p)) \quad (13)$$

gde je:

f_g — srednja gustina mina u grupi.

Poređenjem izraza (12) i (13) može se uočiti da verovatnoća onesposobljavanja pešaka u minskim poljima sa grupisanim minama ne može biti veća od verovatnoće u minskim poljima sa ravnomerno raspoređenim minama. To, praktično, znači da u slučajevima kada je zemljište ravno i prohodno za pešake (bez prirodnih i neeksplozivnih veštačkih prepreka) grupisanje mina u minskim poljima nije celishodno, jer umanjuje njihovu efikasnost. Međutim, kada na zemljištu postoje prirodne ili veštačke prepreke druge vrste, grupisanje mina povećava efikasnost minsko-eksplozivnih prepreka.

Ako je širina prirodnih ili neeksplozivnih veštačkih prepreka h , tada

se verovatnoća onesposobljavanja pešaka pri prelasku preko minsko-eksplozivne prepreke može predstaviti izrazom:

$$P_{sr}^u = \frac{b}{a+b-h} (1 - \exp(-f_g \cdot p)) \quad (14)$$

koji se može smatrati opštim za verovatnoću onesposobljavanja pešaka P_{sr}^u pri prelasku preko minsko-eksplozivnih prepreka, izrađenih od nagaznih protivpešadijskih mina, jer sadrži parametre koji usaglašavaju raspored mina sa prirodnim i veštačkim preprekama.

Kada na zemljištu nema prirodnih i drugih veštačkih prepreka, tada je $h=0$, pa je regularan izraz (13), a ako su mine dobro grupisane, tada je $a=0$ pa je važeći izraz (12).

Kada na zemljištu postoje prirodne i druge veštačke prepreke, a minsko-eksplozivne prepreke su u potpunosti usaglašene sa tim preprekama, tada je $a=h$, pa izraz (14) dobija oblik izraza (12).

Time je i indirektnim putem pokazano da grupisanje mina na ravnom i za pešake prohodnom zemljištu nije svrsishodno, dok je na ispresecanom zemljištu i u kombinaciji sa drugim (prirodnim i veštačkim) preprekama veoma korisno.

Izraz (14) važi i za minsko-eksplozivne prepreke na uskim stazama i prolazima, jer dobija oblik izraza (8). Efikasnost svih tipova nagaznih minsko-eksplozivnih prepreka može se prikazati izrazom:

$$P_{sr}^u = \frac{b}{a+b-h} (1 - \exp(-f \cdot p)) \quad (15)$$

U svim do sada definisanim izrazima za određivanje verovatnoće onesposobljavanja pešaka P_{sr}^u (izuzev izraza (9) koji sadrži i broj pešaka N) po-

stoje samo dva parametra od kojih zavisi efikasnost:

— parametar minsko-eksplozivne prepreke — gustina mina f ,

— parametar mine — $p = S \cdot p_u$, gde je S — aktivna nagazna površina, p_u — verovatnoća onesposobljavanja pešaka pri aktiviranju mine.

U tabeli 4 prikazana je računski dobijena verovatnoća uništenja pešaka P_{sr}^u (%) pri prelasku preko minsko-eksplozivne prepreke od grupe mina, za različite vrednosti parametara f i $p = S \cdot p_u$. Sve vrednosti iz tabele 4 važe i za ostale tipove minsko-eksplozivnih prepreka, kao što su: prepreke od pojedinačnih mina, prepreke od grupa mina drugačijih karakteristika i svi tipovi minskih polja — koja su izrađena od istih tipova mina i čija prosečna gustina odgovara gustinama navedenim u tabeli 4.

Zaprečna vrednost nagaznih protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka

Zaprečna vrednost minsko-eksplozivnih prepreka postoji kao opšta mera efikasnosti, koja nije definisana egzaktno, već samo opisno, osim u literaturi [1] gde je definisana kao verovatnoća uništenja pešaka.

Zaprečna vrednost minsko-eksplozivne prepreke predstavlja proizvod između zaprečene površine i verovatnoće uništenja (onesposobljavanja) protivnikovih pešaka pri pokušaju savlađivanja zaprečene površine bez otvaranja prolaza.

Matematički model definisane zaprečne vrednosti glasi:

$$Z_v = A_p \cdot P_{sr}^u \quad (16)$$

Izraz (16) za zaprečnu vrednost predstavlja zaprečinu paralelopipeda čija je osnovica zaprečena površina A_p , a visina verovatnoća uništenja P_{sr}^u .

Zaprečna vrednost predstavlja meru potencijalne efikasnosti minsko-eksplozivne prepreke, pa se izraz (16) može izvesti iz opšteg izraza (1) za efikasnost ubojnih sredstava, pod pretpostavkom da su pešaci pri prelasku preko zaprečene površine A_p ravnomerno raspodeljeni, tj. da je $f(x, y) = 1/A_p = \text{const.}$ Tada je

$$P_{sr}^u = \frac{1}{A_p} \iint_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dx dy = \frac{V}{A_p}$$

gde je:

$V = \iint_{-\infty}^{\infty} P(x, y) dx dy$ — zapremina ispod površine $P(x, y)$.

$$Z_v = A_p \cdot P_{sr}^u = V \quad (17)$$

Izraz (16) važi i za zaprečnu vrednost minsko-eksplozivnih prepreka par-

čadnog dejstva kada se uvrsti odgovarajuća vrednost verovatnoće $P(x, y) \neq \text{const.}$, za razliku od nagaznih minsko-eksplozivnih prepreka kod kojih je verovatnoća $P(x, y) = \text{const.}$

Zaprečna vrednost minsko-eksplozivnih prepreka parčadnog dejstva bročano je jednaka tzv. »površini efikasnosti E « projektila parčadnog dejstva [3]:

$$Z_v = A_p \cdot P_{sr}^u = V = E \quad (18)$$

Time je zaprečna vrednost protivpešadijskih minsko-eksplozivnih prepreka egzaktno definisana i neposredno povezana sa merilima efikasnosti drugih ubojnih sredstava, na primer projektilima parčadnog dejstva.

Prema postojećim pravilima kod nas i u svetu razmak između susednih

Tabela 5

Mina		tip a)	tip b)	tip c)	S=0
Gustina mina	Površina Zaprečna vrednost	a=100 m			
f=1	A_p Z_v	100x50 200	100x50 220 do 260	100x50 180	100x50 195
f=2	A_p Z_v	100x75 585	100x75 638 do 758	100x75 540	100x75 578
f=3	A_p Z_v	100x100 1150	100x100 1250 do 1480	100x100 1060	100x100 1130
a=250 m					
f=3	A_p Z_v	250x150 4312	250x150 4688 do 5550	250x150 3975	250x150 4238
f=4	A_p Z_v	250x200 7500	250x200 8150 do 9600	250x200 6900	250x200 7400
f=5	A_p Z_v	250x250 11500	250x250 12500 do 14625	250x250 10625	250x250 11312

Matematičko očekivanje $M(N^u)$

Gustina mina Mina	tip a)	tip b)	tip c)	S=0
f=1	0,4	0,44 do 0,52	0,36	0,39
f=2	0,78	0,85 do 1,01	0,72	0,77
f=3	1,15	1,25 do 1,48	1,06	1,13
f=4	1,50	1,63 do 1,92	1,38	1,48
f=5	1,84	2,00 do 2,34	1,70	1,81

mina u istom redu iznosi 2 do 2,5 m, razmak između redova mina 20 do 25 m, a prosečna gustina mina u minskom polju $f=3$ do 5 mina/m širine minskog polja. Sa ovim vrednostima uticajnih parametara dubina minskih polja izrađenih od nagaznih protivpešađijskih mina kreće se u granicama $b=100$ do 250 m. U tabeli 5 prikazana je računski dobijena zaprečna vrednost minskog polja širine $a=100$ m ispred položaja streljačkog odeljenja, i $a=250$ m ispred položaja streljačkog voda.

$Z_v = A_p \cdot P_{sr}^u$ (m^2); $A_p = a \cdot b$ (m^2);

$P_{sr}^u = f(f)$ prema tabeli 4.

Matematičko očekivanje broja onesposobljenih (uništenih) pešaka

Verovatnoća onesposobljavanja pešaka P_{si}^u i zaprečna vrednost Z_v predstavljaju meru potencijalne efikasnosti nagaznih minsko-eksplozivnih prepreka. Stvarna efikasnost zavisi od broja pešaka N koji pređu preko prepreke za vreme njenog postojanja i izražava se, prema teoriji verovatnoće, »matematičkim očekivanjem broja onesposobljenih (uništenih) pešaka«:

$$M(N^u) = N \cdot P_{sr}^u \quad (18)$$

Ako, na primer, preko minskog polja širine $a=100$ m napada odeljenje od $N=10$ pešaka, tada će, zavisno od gustine mina f , matematičko očekivanje broja onesposobljenih pešaka imati vrednosti prikazane u tabeli 6.

Može se uočiti da se tek pri gustini mina $f=3$ do 5 mina/m može očekivati uništenje 1 do 2 protivnikova pešaka iz sastava odeljenja koje vrši napad preko minskog polja širine $a=100$ m, izrađenog od nagaznih protivpešađijskih mina. Kako minsko polje navedenih karakteristika sadrži 300 do 500 mina, proizlazi da je za onesposobljavanje (uništenje) jednog pešaka iz sa-

stava odeljenja potrebno angažovati (ukopati) 250 do 300 nagaznih protivpešađijskih mina.

Zaključak

Potvrđena je hipoteza da opšti matematički model efikasnosti nagaznih protivpešađijskih minsko-eksplozivnih prepreka predstavlja partikularnu varijantu opšteg matematičkog modela efikasnosti ubojnih sredstava.

Matematički modeli efikasnosti raznih tipova nagaznih protivpešađijskih minsko-eksplozivnih prepreka izvedeni su iz opšteg matematičkog modela efikasnosti ovih prepreka u obliku koji omogućuje njihovu praktičnu primenu pri rešavanju tehničkih i taktičkih problema.

Analiza izvedenih modela efikasnosti pokazuje da su na ravnom zemljištu efikasnije prepreke u vidu minskih polja, a na neravnom (ispresenom) zemljištu prepreke u vidu grupa mina, a u izuzetnim uslovima i pojedinačnih nagaznih mina.

Kvantitativne analize izvedenih modela efikasnosti pokazuju da presudan uticaj na efikasnost nagaznih minsko-

-eksplozivnih prepreka ima frontalna gustina mina, a ne veličina nagazne površine postavljenih mina, što omoguću-

je primenu veoma jednostavnih i jeftinih konstrukcija nagaznih protivpešadijskih mina.

Literatura:

- [1] Novaković, M.: Zaprečna vrednost protivpešadijskih i mešovitih minskih polja, Vojni glasnik 1/1979.
- [2] Novaković, M.: Doprinos teoriji konstruisanja protivpešadijskih mina parčadnog dejstva, doktorska disertacija, VTA, 1993.
- [3] Novaković, M.: Osnovni parametri efikasnosti protivpešadijskih mina i projektila parčadnog dejstva, Naučno-tehnički pregled 3/1995.
- [4] Zaprečavanje i saviđivanje veštačkih prepreka, VIZ, 1976.
- [5] Inženjerijski priručnik I, VIZ, 1975.
- [6] Ventcelj, E.: Teorija verovatnostej, Nauka, Moskva, 1964.

Mr Vlado N. Radić,
major, dipl. inž.

PRIMENA OBRADJE MATERIJALA EKSPLOZIJOM U INDUSTRIJI

U mnogim granama industrije neprekidno se povećava potreba za materijalima koji objedinjavaju visoka mehanička svojstva sa, na primer, povećanom otpornošću u agresivnim sredinama. Najprihvatljiviji za rad u takvim uslovima su višeslojni ili kompozitni materijali sa osnovom od jeftinih konstrukcionih čelika, a sloj (ili slojevi) koji je u kontaktu sa agresivnom sredinom, izrađen je od visokolegiranog čelika, legura ili obojenih metala. Za dobijanje bimetalnih ili višeslojnih materijala u praksi se već dugo primenjuje zavarivanje eksplozijom. To je proces u kome se eksploziv koristi za generisanje visokog pritiska kratkovremenog dejstva, pri čemu se metalne ploče dovode u direktan kontakt i zavaruju delovanjem međuatomskih sila rešetke. Tako formiran bimetal poseduje izuzetna termomehanička svojstva i pogodan je za dalje klasične postupke prerade, obrade i zavarivanja.

Uvod

Obrada materijala eksplozijom datira od početka četrdesetih godina. U SSSR-u ona je započeta radovima na ispitivanju mehanizma protivoklopnih kumulativnih punjenja, koje je izvodila grupa istraživača u Kijevu pod rukovodstvom akademika *Lavrentijeva*. Uporedo sa razradom hidrodinamičke teorije kumulacije, otkriveno je zavarivanje eksplozijom u nekoliko oblika — šema, čije su kasnije modifikacije dobile široku primenu [1]

Polovinom četrdesetih godina započeti su radovi sa eksplozivnim oblikovanjem kojima je rukovodio prof. *Pihtovnikov*. Sredinom pedesetih godina prof. *Rjabinin* u Institutu hemijske fizike u Moskvi, počeo je ispitivanje sabijanja praškastih materijala eksplozijom, radi ostvarenja sinteze dijamanta eksplozijom [2].

Radovi na ojačavanju čelika sa povećanim sadržajem mangana pomoću

eksplozije započeti su 1960. godine u Novosibirsku [1]. Na istom mestu, posle dužeg zastoja, nastavljena su ispitivanja zavarivanja eksplozijom (započeta 1961. godine), a sredinom šezdesetih godina sistematska ispitivanja proširena su na presovanje prahova eksplozijom. U to vreme počela su prva ispitivanja čvrstoće detonacionih komora, koja su omogućila da u kratkom roku počnu praktično da se koriste (u laboratorijama i na poligonima) za izvođenje procesa obrade metala eksplozijom.

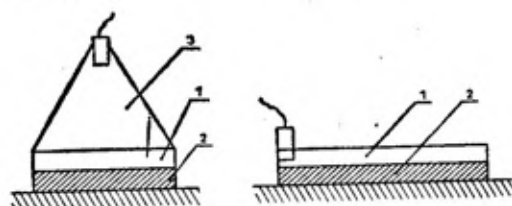
Danas se obrada materijala eksplozijom izvodi u nizu naučno-istraživačkih ustanova, laboratorija, proizvodnih pogona, kako u zemljama bivšeg SSSR-a, tako i u zapadnim zemljama, prvenstveno u SAD, Francuskoj i Japanu. Organizovana je potpuno različita primena tih procesa u različitim granama industrije i mašinogradnje.

Tehnologija obrade materijala eksplozijom primenjuje se u: mašinskoj

industriji, brodogradnji, petrohemij-skoj i hemijskoj industriji, prehrambe-noj industriji, građevinarstvu, elektro-industriji.

Ojačavanje čelika eksplozijom

Ojačavanje čelika sa povećanim sa-držajem mangana ($>12\%$) patentirano je 1951. godine u SAD. U većini radova za ojačavanje se koriste kontaktna eks-plozivna punjenja od plastičnih eksplo-ziva čija je brzina detonacije $D=7000$ do 8000 m/s, a gustina $\rho=1,5$ g/cm³. Pri tome, pritisak na frontu detonacionog talasa dostiže oko 20 GPa, a u zavisno-sti od načina iniciranja detonacije, u delu koji se ojačava, generiše se udar-ni talas (UT) sa pritiskom na frontu od 20 do 40 GPa. Prostiranje udarnog talasa po metalu izaziva povećanje tvr-doće, granice kidanja i tečenja, ali i smanjenje udarne viskoznosti i plasti-čnosti. U tabeli 1 navedena je prome-na mehaničkih svojstava čelika sa po-većanim sadržajem mangana pri razli-čitim šemama ojačavanja prikazanim na slici 1.



Sl. 1 — Šeme ojačavanja eksplozijom

1 — eksplozivno punjenje, 2 — metal koji se ojačava, 3 — generator ravnog talasa.

Pri ojačavanju delova složenih oblika potrebno je izvršiti pravilan iz-bor geometrijskog rasporeda eksploziv-nog punjenja, tako da se obezbedi rav-nomerno opterećenje detonacionim ta-lasom površine koja se ojačava.

Korišćenje snažnih plastičnih ek-splzivna, za ostvarivanje efekata oja-

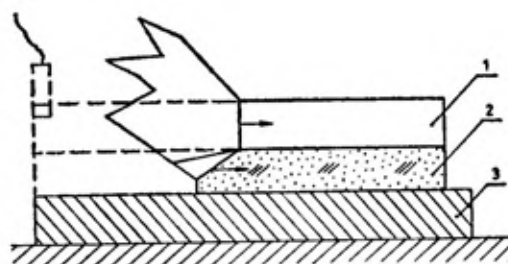
Tabela 1

Promena mehaničkih svojstava čelika sa po-većanim sadržajem mangana pri različitim šemama ojačavanja

Stanje materijala	σ_m (MPa)	$\sigma_{0.2}$ (MPa)	δ (%)	ψ (%)	HV
Početno	875	435	36	33	200
20 GPa	1025	730	31	28	390
ETO*	975	475	46	31	240

* ETO — eksplozivnotermička obrada (20 GPa + kaljenje na 1050°C u vodi).

čavanja, nije uvek povoljno iz ekonom-skih razloga. U poslednje vreme reali-zovana je ideja o korišćenju međusloja od poroznog materijala između eksplo-ziva i površine koja se ojačava. Ako se, pri prostiranju detonacije eksplo-zivnog punjenja, u poroznom materija-lu realizuje mahovska konfiguracija UT, pruža se mogućnost korišćenja jeftinijih niskoimpulsnih eksploziva za ojačavanje [3] — slika 2.



Sl. 2 — Ojačavanje eksplozijom sa međuslojem

1 — eksplozivno punjenje, 2 — međusloj, 3 — metal koji se ojačava.

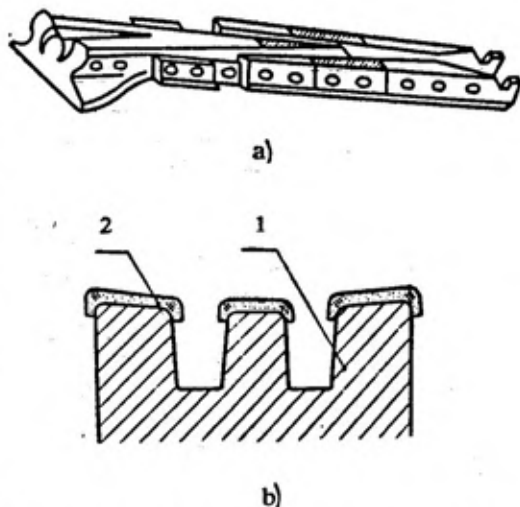
Eksplozivnotermička obrada (ETO)

Početkom sedamdesetih godina u tehnologiji ojačavanja metala eksplo-zijom predložene su bitne dopune. Pri-

kaz prvih ispitivanja izvršenih u tom pravcu dat je u radovima *Deribasa*. Kao što je već navedeno, dejstvo UT izaziva povećanje čvrstoće i smanjenje plastičnosti. Do promena mehaničkih svojstava dolazi zbog zasićenosti zapremine materijala koji se određuje defektima kristalne strukture. Da bi se izbeglo smanjenje plastičnosti, posle dejstva UT, predloženo je da se materijal podvrgne specijalnoj termičkoj obradi kako bi se dobila sitnozrnasta struktura, pošto defekti moraju postati embrioni novih zrna i obezbediti povećanje plastičnosti i udarne viskoznosti pri niskim temperaturama. Za čelike sa povećanim sadržajem mangana, pokazano je da se pri takvoj termičkoj obradi javlja rekristalizaciono žarenje na temperaturi od 1045°C. Očigledno je da ETO omogućava optimizaciju mehaničkih svojstava čelika sa povećanim sadržajem mangana i ostvarenje znatno boljih eksploatacionih svojstava obrađenih delova.

Konkretna primena ojačavanja

Od široko primenjenih ojačavanja najviše je razrađena tehnologija ojačavanja jezgara železničkih skretnica. Na slici 3 prikazana je šema ojačavanja jedne vrste skretnice. U ovom slučaju istovremeno se iniciraju tri eksplozivna punjenja, razmeštena na površinama koje su izložene maksimalnom habanju u toku eksploatacionih opterećenja zbog »preskakanja« točkova sa jedne površine na drugu, usled čega nastaje udarno-abraziono habanje. U početku eksploatacije dolazi do plastičnog sabijanja, koje izaziva smanjenje visine površine kotrljanja (valjanja). Nakon toga ostvaruje se ojačavanje površine kotrljanja (valjanja), pa osnovni doprinos habanju daju abrazivni procesi. Ojačavanje eksplozijom omogućava da se eliminiše početna zona sabijanja i na taj način period upotrebe poveća za četiri puta. Ov-



Sl. 3 — Šema ojačavanja eksplozijom železničkih skretnica

a) — skretnica, b) — šema rasporeda eksplozivnog punjenja

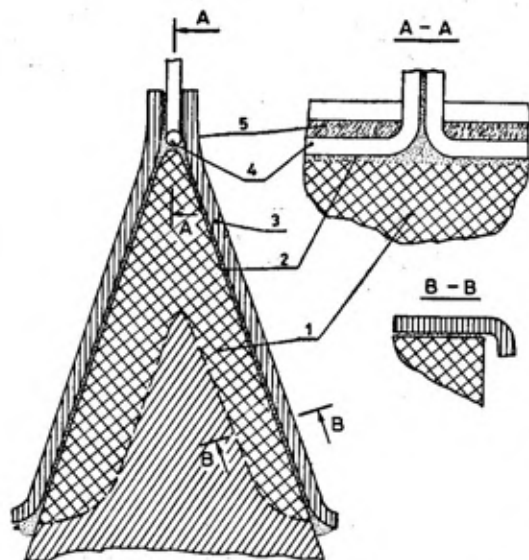
1 — telo skretnice, 2 — eksplozivno punjenje.

de je važno da materijal skretnica bude što kvalitetniji, pa će i efekat ojačavanja biti izraženiji.

Razrađena je i uspešno se koristi tehnologija ojačavanja eksplozijom zubaca bagera različitih vrsta i namena. Šema ojačavanja prikazana je na slici 4.

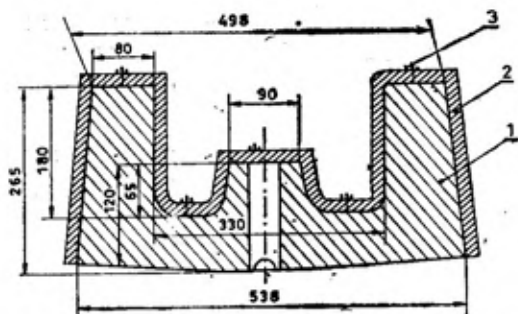
Taj metod povećanja perioda upotrebe brzohabajućih delova našao je široku primenu u rudarstvu. Ojačavanje eksplozijom omogućava da se period upotrebe zubaca bagera, poveća za 1,5- do 2 puta. Stene u rudnicima imaju različitu tvrdoću, što određuje preovladavanje udarnog ili abrazionog habanja na radnim površinama zubaca pa ostvareni efekat ojačavanja može biti različit.

Za delove složene geometrijske konfiguracije, kao što su obloge (oplate) drobilica, razrađena je posebna tehnologija ojačavanja. Jedna od šema takvog ojačavanja prikazana je na slici 5.



Sl. 4 — Sema ojačavanja eksplozijom zubaca bagera

1 — zona zupca koji se ojačava, 2 — »solidol« (mineralno ulje), 3 — plastični eksploziv, 4 — nasipni heksogen, 5 — detonirajući štapin.



Sl. 5 — Sema ojačavanja eksplozijom obloga drobilica

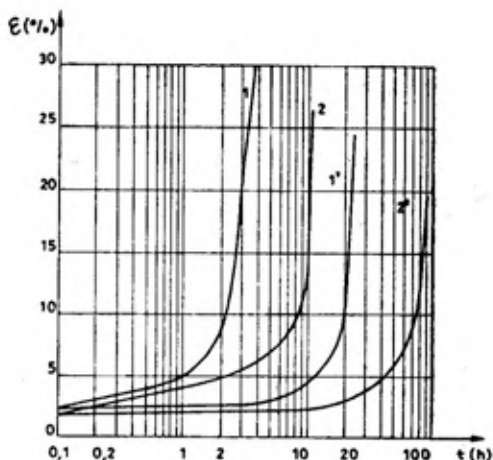
1 — oplata drobilice, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — mesta inicijacije eksploziva.

Pri tako složenoj geometriji radne površine, korišćenje »obuhvatne« šeme razmeštaja eksplozivnog punjenja mora da se izvodi pažljivo, kako bi se izbegle neželjene posledice uzajamnog

dejstva međusobno suprotstavljenih elemenata eksplozivnog punjenja, što može prouzrokovati destrukciju delova koji se ojačavaju.

U nizu naučnoistraživačkih ustanova i laboratorija izvode se istraživački radovi u kojima se proučava uticaj dejstva UT na mehanička svojstva različitih metala i legura. Početak tih radova utemeljili su američki autori [4]. Vrlo detaljno su proučeni niskougljenični čelici, kao i disperziono ojačane superlegure na bazi nikla [5]. Za niskougljenične čelike feritne klase proučavana je mogućnost primene ETO radi sniženja praga loma na hladno, pri niskim temperaturama. Dobijeni podaci prikazani su u tabeli 2.

Ispitivan je efekat ojačavanja nerđajućeg i hemijski postojanog čelika



Sl. 6 Krive puzanja superlegura na bazi nikla
1 i 2 — puzanje bez ojačavanja, 1' i 2' — puzanje posle ojačavanja.

Č. 4572, a rezultati su prikazani u tabeli 3. Za superlegure na bazi nikla utvrđeno je znatno smanjenje brzine puzanja, što je prikazano na slici 6.

Tabela 2

Promena mehaničkih svojstava niskougleničnih čelika pri ojačavanju eksplozijom

Stanje čelika	$\sigma_{0.2}$ (MPa)		σ_m (MPa)		δ (%)	
	+20°C	-50°C	+20°C	-50°C	+20°C	-50°C
Početno	32,5	405	540	670	21	19
5 GPa + termička obrada	390	570	610	810	19,5	13,5
10 GPa + termička obrada	365	585	565	840	24	22
Sitnozrnasto stanje + 10 GPa	473	680	600	865	15	13

Tabela 3

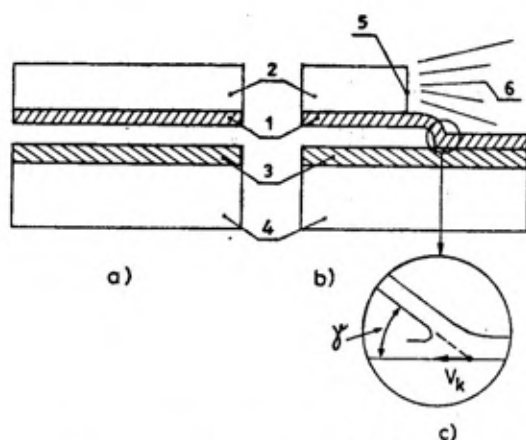
Promena mehaničkih svojstava nerđajućeg čelika Č.4572 pri ojačavanju eksplozijom na sobnoj i povišenim temperaturama

Pritisak, GPa	Temperatura ispitivanja (°C)	σ_m (daN/mm ²)	$\sigma_{0.2}$ (daN/mm ²)	δ (%)	ψ (%)
Početno valjanje	20	60 do 70	35 do 45	40 do 30	39
	600	35 do 40	20 do 25	20	10
	700	30 do 33	19 do 23	16	18 do 32
	800	21 do 24	15 do 19	16	20
9 GPa	20	72	61	35	31
	600	40	35	13	39
	700	26	23	20	33
	800	16,2	14,6	42	40
12 GPa	20	88	79	20	25
13 GPa	20	88	79	20	30
20 GPa	20	120	112	10	10
	600	48	38	12	12
	700	41	35	12	12
	800	32	29	5	15
40 GPa	20	154	144	6	—
	600	49	43	12	12
	800	19	14	50	70
5 GPa + 8% tečenja	20	86	83	4	—
	800	28	24	24	—

NAPOMENA: 12 GPa — kosi udarni talas
13 GPa — ravan udarni talas

Fizičko-mehaničke osnove procesa zavarivanja eksplozijom

Najrasprostranjenija šema zavarivanja eksplozijom prikazana je na slici 7.



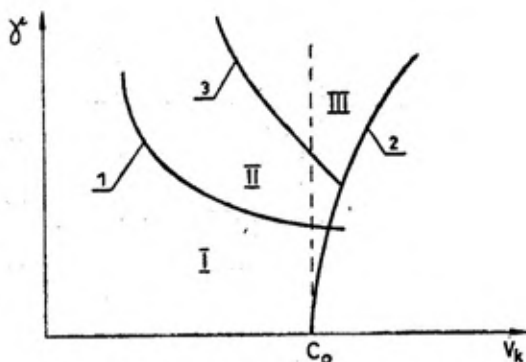
Sl. 7 — Šema zavarivanja eksplozijom

1 — ploča koja se ubrzava i/ili odbacuje, 2 — eksplozivno punjenje, 3 — nepokretna ploča, 4 — oslonac, 5 — front detonacije, 6 — produkti detonacije.

Ovde su, uporedo sa početnim parametrima — masom eksplozivnog punjenja, zazorom između ploča koji određuje kretanje metalne ploče ubrzane i/ili odbacene eksplozijom, uglom pod kojim su postavljene metalne ploče jedna prema drugoj, prikazani osnovni kinematski parametri koji određuju režim sudara dve metalne ploče, a to su brzina tačke kontakta V_k i dinamički ugao sudara γ . Danas se ti parametri eksperimentalno mere sa dovoljnom tačnošću, a povezani su određenim relacijama sa početnim parametrima šeme zavarivanja.

Ispitivanjima je pokazano da je poznavanje veličina V_k i γ u prvoj aproksimaciji dovoljno za određivanje oblasti zavarivanja određenog metalnog para, kao što je prikazano na slici 8.

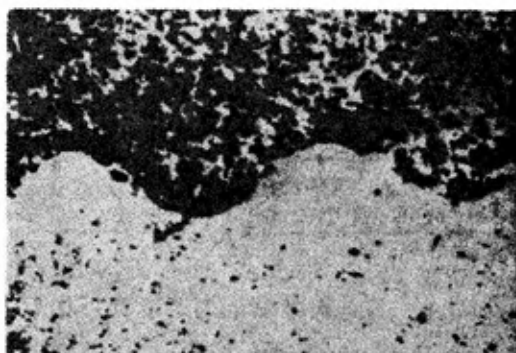
Prema savremenim shvatanjima o zavarivanju eksplozijom postoji donja granica zavarivanja u čijoj se okolini



Sl. 8 — Šema oblasti zavarivanja eksplozijom u ravni $\gamma - V_k$

1 — donja granica zavarivanja, 2 — granica nadzvučne oblasti, 3 — gornja granica zavarivanja.

ostvaruje najkvalitetnije zavarivanje sa minimalnom količinom rastopa. Struktura zavarenog spoja može biti talasna (slika 9) i bez talasa (slika 10). U oba slučaja čvrstoća spoja prevazilazi čvrstoću slabijeg materijala u spoju. Ukoliko je eksplozija bliže donjoj granici zavarivanja, ekonomski troškovi su najmanji. U prvom redu minimalna je količina eksploziva koja je sposobna da generiše najveće opterećenje na ploču.



Sl. 9 — Struktura zavarenog spoja sa talasima.

Veliki broj istraživača bavio se određivanjem položaja donje granice zavarivanja, a najveći doprinos dali su



Sl. 10 — Struktura zavarenog spoja bez talasa

Zaharenko i Simonov [6]. Simonov i Ogolihin otkrili su deo krive koja određuje donju granicu zavarivanja pri većim brzinama tačke kontakta, i predložili hipotezu koja određuje ovu pojavu. Po njihovom mišljenju, pri većim brzinama tačke kontakta, javlja se višak energije koji je prouzrokovan pojavom rastopa i smanjenjem čvrstoće spoja. U radovima Zaharenka predložena je hipoteza koja uslovljava položaj donje granice zavarivanja pojavom toka mase materijala ispred tačke kontakta, određenog procesom samочишćenja površina koje se sjedinjavaju. U poslednje vreme Zaharenko i Fomin uspeali su da teoretski odrede položaj donje granice zavarivanja i postignu zadovoljavajuću korelaciju proračuna sa eksperimentalnim podacima niza spojenih metala. Zadaci drugih ispitivanja svode se na otkrivanje osnovnih fizičkih parametara određenih u toku procesa spajanja u okolini tačke kontakta, kao što su pritisak, temperatura i drugi, koji su na bilo koji način povezani sa parametrima V_k i γ . Ta ispitivanja omogućiće da se objasne neki još nepoznati činioci koje su otkrili razni autori u procesu istraživanja zavarivanja eksplozijom.

Metalurška ispitivanja

U periodu ispitivanja zavarivanja eksplozijom dobijeno je nekoliko stotina spojeva različitih metala i legura. Metalurška ispitivanja zone spoja pokazala su da se ukupna količina dobijenih spojeva može podeliti u dve velike grupe. Klasifikacija je određena prema svojstvima prelaznog (intermedijarnog) sloja koji se prostire duž granice podele, a obrazuje se u toku vremena zavarivanja od nekoliko μs i ima dubinu od nekoliko stotina μm . Ispitivanje tog spoja je, zbog njegove vrlo male debljine, vrlo teško i u sadašnje vreme se bazira na ispitivanjima pomoću mikrosondi [1].

U slučaju kada spojeni materijali ne obrazuju hemijsko jedinjenje, u međusloju se primećuje samo koncentracija jednog elementa u drugom, nezavisno od njihove uzajamne rastvorljivosti u običnim uslovima. Spojevi se obrazuju kako pri veoma ograničenoj uzajamnoj rastvorljivosti spojenih materijala (čelik + bakar), tako i pri praktičnom odsustvu rastvorljivosti (bakar + molibden).

U slučaju kada spojeni materijali obrazuju hemijsko jedinjenje, koncentracija elemenata u međusloju približno odgovara spektru mogućih spojeva (gvožđe + Al, gvožđe + Ti, itd.). U tom slučaju, kao po pravilu, spajanje metala klasičnim postupcima je teško ukoliko su prelazni hemijski spojevi — intermetalidi krti (lomljivi) i pogoršavaju mehanička svojstva spoja. Pri zavarivanju eksplozijom duž šava vrlo tanak i neravnomeran intermetalni sloj ne pokazuje toliko negativan uticaj na čvrstoću kao kod klasičnih postupaka zavarivanja. U nizu praktičnih slučajeva, npr. za spojeve čelik + Ti ili čelik + Al, može se postići čvrstoća koja prevazilazi čvrstoću slabijeg metala iz para metala koji se spajaju. Konačno, pri kasnijim termičkim obradama eliminiše se porast intermetala.

Struktura međusloja pri zavarivanju eksplozijom do sada nije objašnjena. Postojeće pretpostavke o tome da se u tom sloju metal nalazi u amorfnom stanju, zbog nesavršenstva korišćene aparature, ne mogu se smatrati potpuno relevantnim. U sadašnje vreme u literaturi se intenzivno razmatra pitanje da li se zavarivanje eksplozijom ostvaruje u čvrstom ili u tečnom stanju. Treba smatrati nepobitno utvrđenim da proces zavarivanja eksplozijom traje nekoliko μ s u toku kojih se metal, u okolini tačke kontakta, nalazi u plastičnom stanju. Tada je metal, ukoliko opterećenje od eksplozije znatno prevazilazi njegovu čvrstoću, sposoban da teče kao tečnost. Očigledno, u toku tog vremena, kristalna rešetka se može sačuvati, premda u vrlo izobličenom stanju koje je slično obliku kristalne rešetke u kumulativnom punjenju. Na taj način, zavarivanje eksplozijom je prelazna faza između različitih vrsta zavarivanja u čvrstom i tečnom stanju.

Treba naglasiti da višak energije sudara može izazvati topljenje, delimično ili potpuno, površinskih slojeva i da se ostvarena struktura spoja ne razlikuje od zavarivanja u tečnom stanju. Međutim, takvo topljenje, očigledno se javlja kao sekundarni činilac koji ne određuje suštinu pojave. Posebno komplikovan slučaj za ispitivanje nastaje kada se pri optičkom povećanju ne primećuje nikakav međusloj. Najbolje je pretpostaviti da on, pri svemu tome, postoji. Primenom diskretnih metoda merenja i analize radi se na njegovom proučavanju, postepeno se približavajući rastojanjima koja su uporediva sa parametrom rešetke. Ta ispitivanja će dati konačan odgovor na pitanje o prirodi zavarivanja eksplozijom.

Višeslojni materijali

Sredinom šezdesetih godina u SSSR-u je osvojena proizvodnja raznih višeslojnih materijala pomoću zavarivanja eksplozijom. Najveći interes predstavlja proizvodnja troslojnih listova od niskougljeničkih čelika (npr. Č.0145, Č.0146 i Č.0147) sa obe strane plakiranih nerđajućim čelikom (npr. Č.4572) [7]. Pri proizvodnji tog trimetala, ploča od niskougljeničnog čelika debljine 120 mm, dimenzija 4 m x 1,2 m, posle dve naizmenične eksplozije plakirana je sa obe strane listovima (pločama) od nerđajućeg čelika debljine 15 mm. Dobijeni troslojni materijal obrađuje se valjanjem na debljinu 2 do 4 mm, a debljina slojeva nerđajućeg čelika varira u dijapazonu 0,15 do 0,18 mm. Dobijeni materijal koristi se, npr. u poljoprivrednoj mašingradnji. Antikoroziorna otpornost plakiranja u tim uslovima potpuno obezbeđuje potrebna eksploataciona svojstva. U savremenim tehnološkim sistemima mnogih zemalja (SSSR, SAD, Nemačka, Japan, Francuska) osvojena je tehnologija dobijanja bimetala mase do 40 t i površine 16,5 m². Serijska proizvodnja tog materijala u zemljama bivšeg SSSR-a planirana je u obimu od 15000 tona, u SAD oko 50000 tona, a u Švedskoj i Nemačkoj godišnja proizvodnja kreće se oko 10000, odnosno 20000 tona.

Izrada kliznih ležajeva primenom zavarivanja eksplozijom

U mnogim zemljama osvojena je proizvodnja pripremaka za klizne ležajeve, gde se kao osnovni materijal koristi čelik, na koji se eksplozijom nanosi antifrikcioni sloj od mesinga debljine 0,6 do 1,5 mm. Zavarivanje eksplozijom, umesto tradicionalne anodne prevlake, omogućava znatno povećanje produktivnosti rada i za neko-

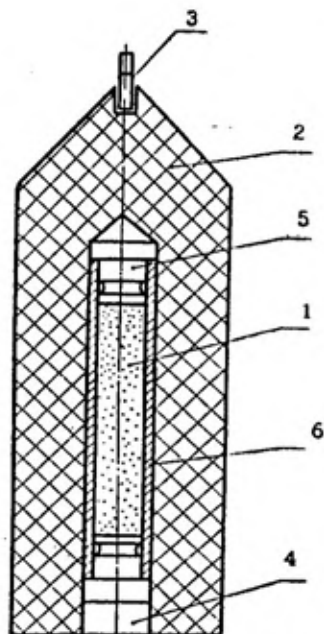
liko puta smanjuje utrošak skupocених i deficitarnih legura bakra. Korišćenje čelika kao osnovnog materijala omogućava da se ostvari povećana čvrstoća ležajeva, a ravnomerna debljina nanesenog sloja mesinga omogućava svođenje mehaničke obrade pri izradi ležajeva na minimum. Osvojena tehnologija dobijanja, kako ravnih, tako i cilindričnih pripremaka, omogućila je dobijanje pripremaka za ležajeve različitih prečnika, od 40 do 300 mm.

Od ostalih antifrikcionih materijala osvojeno je zavarivanje eksplozijom za dobijanje ležajeva koji se koriste u transportnoj industriji, od bimetalna čelik + aluminijum + legura olova. Može se koristiti i kombinovana tehnologija, kada se bimetal, dobijen valjanjem, eksplozijom zavaruje na čeličnu osnovu potrebne debljine.

Presovanje prahova

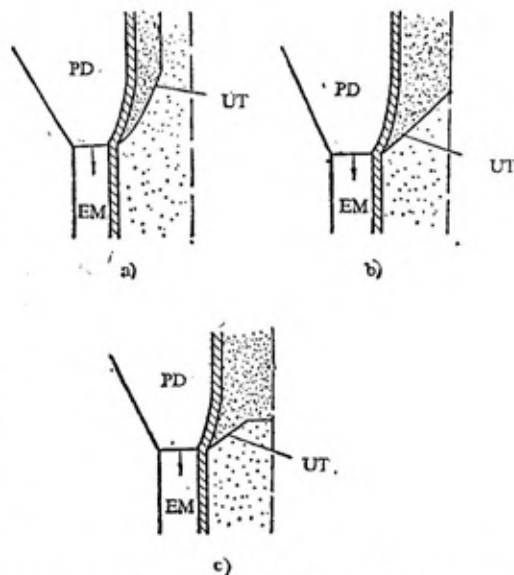
Posle pionirskih radova sredinom pedesetih godina, sistematska istraživanja presovanja prahova eksplozijom produžena su do sredine šezdesetih godina. Najintenzivnije je ispitivana shema presovanja u cilindričnom kontejneru, koja je prikazana na slici 11. Konfiguraciju UT, pri različitim odnosima mase eksplozivnog punjenja i kontejnera, detaljno je razmatrao Staver [5]. Moguće konfiguracije UT prikazane su na slici 12.

Treba napomenuti da se takvi slučajevi primećuju i pri presovanju prahova u ravanskoj geometriji, ali u tom slučaju je komplikovano neutralisati dejstvo talasa rasterećenja, koji teže da razore kontejner. Očigledno, za ravnomernije presovanje praha potrebno je generisati konfiguraciju UT koja ima konusni oblik. Teoretski proračun režima UT zahteva da se koriste izuzetno moćni računari velikih performansi (brzine, memorije), a on je najpotpunije ostvaren u istraživanjima Vilkinsa [8].



Sl. 11 — Cilindrična shema presovanja eksplozijom

1 — prah koji se presuje, 2 — eksploziv, 3 — elektrodetonator, 4 i 5 — donji i gornji čep kontejnera, 6 — spoljašnja obloga kontejnera.



Sl. 12 — Konfiguracije UT pri presovanju poroznih materijala eksplozijom u cilindričnoj geometriji

PD — produkti detonacije, UT — udarni talas, EM — eksplozivna materija.

Mehanizam spajanja čestica pri presovanju prahova eksplozijom ispitivan je u radovima *Stavera*, *Nesterenka* [9] i drugih autora. Osnovni proces koji upravlja obrazovanjem monolitnih struktura i velika plastična deformacija određuje oslobađanje toplote po granicama zrna. Vrlo bitan parametar je karakteristična veličina praha u odnosu na širinu fronta. Pri suviše maloj veličini čestica, oslobađanje toplote iza fronta UT postaje ravnomerno i specifični efekti, koji određuju presovanje prahova eksplozijom, iščezavaju.

Interes za presovanje prahova eksplozijom pobuđen je zbog nekoliko razloga. Među prvima, trebalo je savladati ograničenja zbog kojih zavarivanje eksplozijom ne može biti korišćeno za spajanje krtih nemetalnih materijala, i pokušati spojiti, npr. metal i keramiku. Danas su dobijene, i u proizvodnji se uspešno koriste, kompozicije metal+keramika+metal. Takođe, interes je predstavljalo poboljšanje svojstava nekih materijala. Izvršena je serija ispitivanja sa presovanjem čvrste legure WC (volfram karbid+kobalt), u kojima je pokazano da se ostvaruje ojačavanje kobaltne veze, a utvrđena je i plastična deformacija zrna volfram karbida. Primećeni efekti pružaju mogućnost za pretpostavku da se obradom čvrste legure eksplozijom poboljšavaju eksploataciona svojstva izrađenih delova. *Matjicin* je ostvario sintezu nekih superprovodljivih materijala i ispitivao njihova svojstva. *Deribas* i *Staver* su iz smeše prahova u cilindričnom kontejneru sintetizovali barijum titanat, pri čemu je jednovremeno sa sintezom primećena polari-zacija dobijenih kristala.

Amorfni materijali

U poslednje vreme među istraživačima je izražen interes za probleme obrade eksplozijom amornih materijala, takozvanih »metalnih stakala«. Te

legure, različitog hemijskog sastava, dobijaju se u laboratorijskim i industrijskim aparaturama u uslovima ekstremno brzog hlađenja iz rastopa, kada u procesu otvrdnjavanja ne uspeva da se formira kristalna rešetka. Materijali imaju unikalna antikorozijska i magnetna svojstva, kao i svojstva čvrstoće, ali specifičnost njihovog nastajanja omogućava da se dobiju samo tanki listovi (folije) ili prahovi, što ograničava mogućnosti realizacije prednosti koje imaju ti materijali. Dobijanje uzoraka klasičnim načinima zavarivanja ili sinterovanja, u principu, nije moguće, ukoliko nastala pregrevanja neizbežno izazivaju stvaranje kristalne strukture. Izvršena ispitivanja obrade »metalnih stakala« pomoću UT generisanih eksplozijom pokazala su da obrada eksplozijom omogućava utvrđivanje amornog stanja u obrazovanim monolitnim uzorcima. Taj način pokazao se vrlo perspektivnim za buduću tehničku primenu.

Zaključak

Kontinuirani tehnološki razvoj i unapređenja koja se ostvaruju u različitim granama industrije zahtevaju korišćenje novih ili materijala poboljšanih mehaničkih i drugih svojstava. Sve veću primenu imaju kompozitni materijali, keramike, amorfni i višeslojni materijali, kao i tradicionalni materijali kojima su radikalno promenjena svojstva. Potreba za materijalima koji objedinjavaju visoka mehanička svojstva sa, na primer, povećanom otpornošću u agresivnim sredinama, neprekidno se povećava. Najprihvatljiviji za rad u takvim uslovima su višeslojni materijali. Kod njih je osnovni (bazni) materijal od jeftinih konstrukcionih čelika, a sloj (ili slojevi) koji je u kontaktu sa agresivnom sredinom, od visokolegirano čelika, legura ili obojenih metala.

Za dobijanje bimetalnih ili višeslojnih materijala u praksi se već du- go i sve češće primenjuje zavarivanje eksplozijom. Ovom tehnologijom spajaju se metali koji se drugim tehnologijama ne mogu spojiti ili se to izvodi u vrlo otežanim uslovima. Postupak dobijanja bimetala je izuzetno ekonomičan i brz, a dobijaju se i poboljšane karakteristike termo i elektroprovodljivosti. Ostvaruje se ravnomerna debljina spojenih materijala, a čvrstoća metalne veze osnovnog i plakiranog materijala je veća od čvrstoće manje kvalitetnog materijala u spoju.

Pored operacija spajanja — zavarivanja eksplozijom, sve više se izvode

operacije ojačavanja posebnih elementa konstrukcije. Ojačavanje ima za cilj da se habanje tih elemenata svede na manju meru, kako bi se što efikasnije produžio period upotrebe. Ojačavanje se izvodi primenom plastičnih eksploziva, zbog promenljive geometrije elemenata koji se ojačavaju. Ukoliko je polazni materijal elemenata koji se ojačavaju kvalitetniji, utoliko je efikasnost ojačavanja eksplozijom veća. Ojačavaju se čelični elementi konstrukcija, mašina i uređaja, ali se to odnosi i na druge materijale koji se nalaze u kontaktu sa agresivnom radnom sredinom, tamo gde su izuzetna udarna opterećenja, kao i klizni kontakti.

Literatura:

- [1] Deribas, A. A.: Fizika uproćenija i svarki vzrivom, Novosibirsk, Nauka, 1980.
- [2] Rjablinin, Ju. N.: Sublimacija kristaličeskoj rešetki pod dejstvijem silnoj udarnoj volny, DAN SSSR, 1956, T. 109.
- [3] Kostjukov, N. A.: Rolj poristoi prokladki pri obrabotke metallov vzrivom, Trudi II Sovešč. po obrabotki materialov vzrivom, Novosibirsk, 1982, s. 275—278.
- [4] Response of Metals to High Velocity Deformation, New York, Interscience, 1960.
- [5] Deribas, A. A., Staver, A. A.: Udarное sžatie poristih cilindričeskih tel, Fizika gorenja i vzriva, 1974, T.10, № 4, s. 568—578.
- [6] Zacharenko, I. D.: Calculation of the Lower Boundary of the Explosive Weld Area, 8th Int. Conf. of High Energy Rate Fabrication, San Antonio, 1984.
- [7] Konon, Ju. A., Fedorov, V. N., Pervuhin, L. B., Bjikov, A. A.: Korrozionostojkii bimetalli dlja seljhozmašinstroenija, Mašinstroenie, 1984.
- [8] Wilkins, M., Kusubov, A., Cline, C.: Dynamic Compaction of Aluminium Nitride Powder, Int. Conf. »Explomet — 85«, Portland, 1985.
- [9] Nesterenko, V. F.: Vozmožnosti udarno-volnovijh metodov polučenija i kompaktirovanija bistozakalennih materialov, Fizika gorenja i vzriva, 1985, T.21, № 6, s. 85—98.
- [10] Deribas, A. A., Staver, A. A.: Udarное sžatie smesi poroškov $TiO_2 + BaCO_3$, Fizika gorenja i vzriva, 1970, T.6, № 1, s. 122—123.
- [11] Deribas, A. A., Pai, V. V., Simonov, V. A.: Osobenosti soudarenija krupnogabaritnih plastin i nekotorie dopolniteljnije ograničenija oblasti i svarki, Obrabotka metallov vzrivom, Marianske Lazni, 1976, T.1, s. 117—130.
- [12] Deribas, A. A., Gavriljev, I. N., Zubkov, E. E., Kiseljev, A. N., Sobolenko, T. M., Teslenko, T. S.: Vzrivnoe uproćenie nekotoryh klassov stalei, Trudi II Sovešč. po obrabotki materialov vzrivom, Novosibirsk, 1982, s. 78—85.

ELEKTRONSKI SISTEM ZA INTEGRISANU TEHNIČKU ZAŠTITU VOJNIH OBJEKATA

U radu se analizira koncepcija integrisane zaštite vojnih objekata i prostora korišćenjem elektronskih sistema zasnovanih na primeni računara i programskog upravljanja. Opisana je struktura sistema i njegove funkcije. Dat je pregled elemenata jednog našeg sistema za integrisanu zaštitu, kao što su: računar, senzorski terminal, kartični terminal, različiti tipovi senzora, i navedene njihove bitne tehničke karakteristike. Takođe su analizirana neka pitanja primene elektronskih sistema (projektovanje, nivo zaštite, ekonomičnost, uloga fizičkog obezbeđenja). Naglašen je značaj elektronskih sistema u zaštiti vojnih objekata, kao i mogućnosti njihovog razvoja i domaće proizvodnje.

Uvod

Korišćenje elektronskih sistema za integrisanu tehničku zaštitu vojnih objekata kod nas se, ponegde, postavlja kao dilema. U inostranim armijama takva dilema ne postoji. Elektronskim sistemima pridaje se izuzetna važnost u zaštiti vojnih objekata, a od njih se zahteva da zadovolje dva osnovna zahteva i to:

- da obezbede maksimalni stepen zaštite vojnog objekta ili prostora,
- da potrebe za fizičkim obezbeđenjem, odnosno broj vojnika na straži svedu na minimum (patrola, grupa za intervencije).

U uslovima povećane opasnosti od terorističkih akcija ili neposredne ratne opasnosti, zaštita prioriternih objekata, kao što su: skladišta municije, skladišta goriva, komande jedinica, centri veze, vojni aerodromi, lokacije razmeštaja raketnih sistema i sl. može biti dovedena u pitanje zbog propusta

i nepovoljnog uticaja ljudskog faktora. Takvi problemi mogu se izbeći korišćenjem elektronskih sistema. Iskustva u nekim inostranim armijama pokazala su da opasnost ne preti samo od ulaza uštićeni objekat ili prostor spolja, već postoji opasnost od neovlašćenog izlaza iz objekta. Problem postoji ako lica iz fizičkog obezbeđenja ne obavljaju dužnost po pravilu službe. Elektronskim sistemom taj problem se efikasno rešava uspešnim otkrivanjem prolaza krozštićeni prostor, bez obzira na smer kretanja.

Za razliku od elektronskih sistema koji se koriste za zaštitu civilnih objekata, optimalno rešenje za vojnu primenu (koje obezbeđuju najveći stepen bezbednosti) predstavljaju sistemi za integrisanu tehničku zaštitu. Pod integrisanom zaštitom podrazumeva se zaštita od svih pojava koje mogu dovesti do narušavanja bezbednostištićenog objekta (protivprovalna zaštita, kontrola ulaza/izlaza osoba, detekcija

požara, pojava opasnih tečnosti i gasova, pasivna i aktivna zaštita, identifikacija uzročnika narušavanja bezbednosti).

Elektronski sistem za integrisanu zaštitu, u suštini, jeste informacioni sistem koji prikuplja, obrađuje, pamti i prikazuje informacije o stanju bezbednosti određenog objekta. Na osnovu tih informacija preduzimaju se mere za fizičku zaštitu štićenog objekta. Elektronski sistem je pouzdaniji i efikasniji od fizičkog obezbeđenja. Stražar može biti dekoncentrisan, umoran, pospan, uplašen, itd., a i ugrožen od napadača, posebno u nepovoljnim atmosferskim uslovima (magla, sneg, kiša i sl.). Elektronski sistem, po pravilu, efikasno deluje u svim vremenskim uslovima i teško može biti ugrožen.

U ovom radu razmatraju se koncepcija, struktura i elementi jednog našeg elektronskog sistema, kao i karakteristike i mogući pravci njegove nadgradnje i mogućnosti vojne primene.

Koncepcija zaštite

Elektronski sistemi za integrisanu zaštitu moraju zadovoljiti vrlo stroge zahteve, a dva osnovna su: prvi — da svaki pokušaj narušavanja bezbednosti objekta (pojedinačni ili grupni upad) mora da detektuje elektronski sistem, a drugi — da šteta koja može zbog toga nastati bude minimizirana upotrebom fizičkih prepreka i grupa za intervenciju.

To znači da fizičke prepreke (ograde raznih tipova) moraju biti tako izvedene da je vreme koje napadač (ili grupa napadača) utroši za njihovo savladavanje, duže od vremena potrebnog da grupa za intervencije (grupa vojnika, patrola i sl.) stigne na mesto napada na štićenom objektu. To se može izraziti sledećom relacijom:

$$T_N \geq T_i \quad (1)$$

gde je:

T_N — vreme potrebno za savladavanje fizičke prepreke, prilazak objektu na kritično rastojanje,

T_i — vreme potrebno grupi za intervencije da stigne do mesta napada koje indicira elektronski sistem.

Analiza vremena T_N , koje je potrebno napadaču da savlada fizičke prepreke, pokazuje da to vreme zavisi od velikog broja parametara, kao što su: broj napadača, kvalitet prepreke, oprema kojom napadač raspolaže, tačka i mesto napada, i sl.

Imajući to u vidu, dominantno je pitanje realizacije elektronskog sistema koji treba pouzdano i blagovremeno da detektuje ugrožavanje bezbednosti štićenog objekta. Civilni objekti se, najčešće, štite samo jednom senzorskom linijom, što za vojne objekte nije prihvatljivo. U zaštiti vojnih objekata prema iskustvima inostranih armija, najčešće se preporučuje upotreba četvorostepenog sistema za detekciju narušavanja bezbednosti štićenog objekta. Koncepcija takvog sistema zaštite prikazana je na primeru objekta koji je prikazan na sl. 1.

Četvorostepeni sistem detekcije sačinjavaju:

- predalarmna linija bezbednosti (sa mogućnošću uključivanja i predalarmne zone);

- alarmna linija postavljena na prvoj ogradi oko objekta (gledano spolja prema objektu);

- linija sigurnosti postavljena na drugoj ogradi oko objekta;

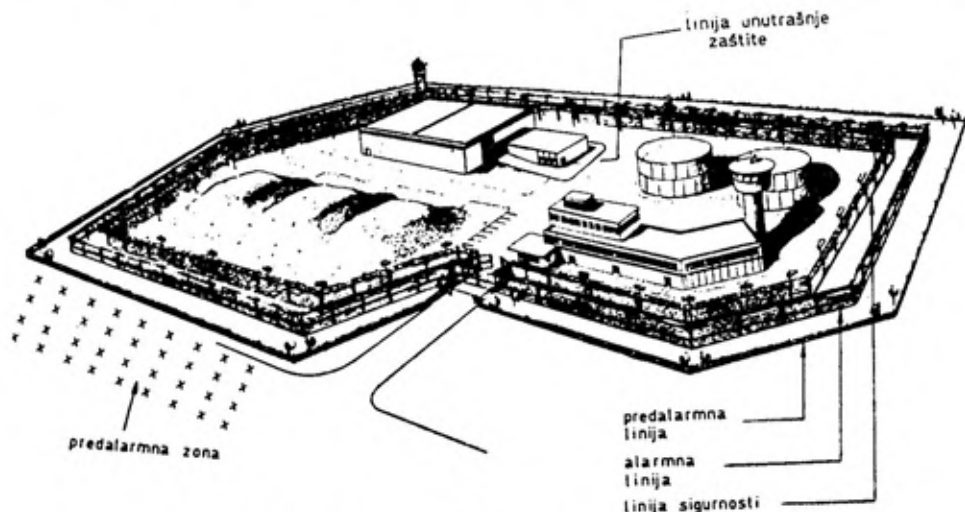
- linija zaštite pojedinih zgrada unutar štićenog objekta, uključujući protivprovalnu unutrašnju zaštitu pojedinih prostorija ili delova zgrada.

Štićeni objekat u primeru sa sl. 1 ima jedan ulaz koji se, takođe, štiti sa tri stepena detekcije, s tim da njima prethodi podsistem za kartičnu

identifikaciju zaposlenih, odnosno posetilaca objekta. Štićeni objekat može imati više ulaza koji se štite po istom principu.

Idući prema štićenom objektu napadač će naići na prvu liniju zaštite, odnosno na predalarmnu liniju elek-

Ako se sa T_p označi vreme potrebno napadaču da prođe kroz predalarmnu zonu i predalarmnu liniju, sa T_a vreme potrebno da pređe put od predalarmne do alarmne senzorske linije i savlada prvu ogradu, i sa T_s vreme potrebno napadaču da pređe put od alar-



Sl. 1 — Konceptija zaštite vojnog objekta

tronskog sistema. Pristup objektu pored predalarmne linije, može biti štićen predalarmnom zonom koja se realizuje postavljanjem senzora u zemljište oko objekta ili u jednoj određenoj zoni. Predalarmna zona omogućava da se detektuje kretanje napadača i odredi njegova putanja kretanja. Iza predalarmne linije postavlja se žičana ograda od bodljikave žice na koju se postavljaju senzori. Na taj način se oko objekta formira druga linija zaštite, odnosno alarmna linija. Iza ograde sa alarmnom senzorskom linijom sledi tzv. linija sigurnosti sa sensorima koji omogućavaju da se precizno definiše mesto i tačka napada na objekat. Iza linije sigurnosti postavlja se, obično, još jedna žičana ograda bez senzora. Pristup ovoj ogradi obično se kontroliše aktiviranjem televizijskih kamera, čime se omogućava vizuelna identifikacija napadača.

mne linije do linije sigurnosti savlađujući drugu ogradu, tada ukupno vreme od pojave alarma do ulaska napadača u štićeni objekat iznosi:

$$T_N = T_p + T_a + T_s \quad (2)$$

Vreme potrebno grupi za intervenciju od trenutka prijema prvog alarmnog signala (iz predalarmne zone ili sa predalarmne linije) do dolaska na mesto, odnosno tačku napada, mora biti:

$$T_i \leq T_p + T_a + T_s \quad (3)$$

Ukoliko je ova relacija zadovoljena, grupa za intervencije može da spreči napadača u njegovim namerama.

Četvrti stepen zaštite predstavlja linija, odnosno podsistem za unutrašnju zaštitu. Time se sprečava da neo-

vlašćene osobe pristupaju zgradama ili prostorijama u određenim zgradama. Na ulaze u zgrade, ili određene prostorije, uz vrata se postavljaju senzori koji generišu alarmne signale u slučaju otvaranja vrata ako se osoba pre ulaska nije identifikovala (korišćenjem identifikacione kartice ili unošenjem broja — lozinke preko tastature elektronske brave).

Pojedine prostorije mogu se štititi senzorima koji detektuju kretanje osoba u štićenom prostoru. U zaštiti vojnih objekata u nekim stranim armijama primenjuju se, pored fizičkih prepreka, i aktivne mere da bi se sprečio pristup štićenom materijalu. U takvim slučajevima, alarmnim signalima se aktiviraju dimne bombe ili bombe sa suzavcem.

Struktura sistema i njegove funkcije

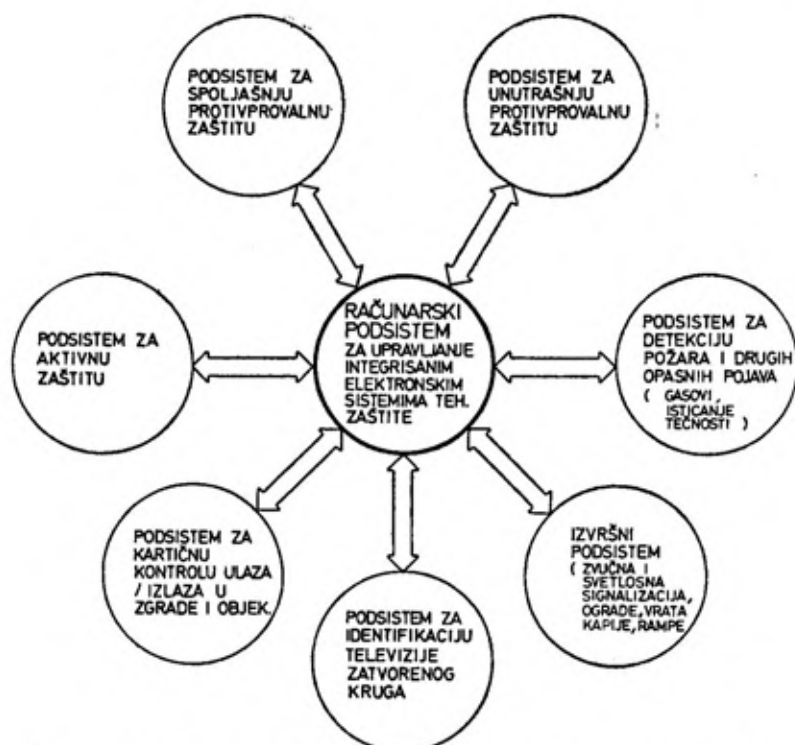
Zahtevani stepen zaštite nekog objekta može se ostvariti ako se pojedinačni sistemi za spoljašnju zaštitu, unutrašnju zaštitu, protivpožarnu zaštitu i dr. međusobno povežu, tj. integrišu u jedinstveni sistem.

Struktura elektronskog sistema za integrisanu tehničku zaštitu prikazana je na sl. 2.

Integrirani sistem sačinjavaju:

1. Računarski podsistem ili centralna alarmna stanica (CAS) koji prikuplja podatke, obrađuje ih, pamti podatke o alarmnim stanjima i upravlja aktivnostima ostalih podsistema.

2. Podsistem za spoljašnju protivprovalnu zaštitu je pasivan sistem koji



Sl. 2 — Struktura elektronskog sistema za integrisanu tehničku zaštitu

CAS-u prosleđuje podatke o alarmnim stanjima kao i informacije o svojoj ispravnosti.

3. Podsystem za unutrašnju zaštitu prosleđuje CAS-u podatke o alarmnim stanjima koja se javljaju pri aktiviranju senzora za unutrašnju protivprovalnu zaštitu. Ovaj podsystem u komunikaciji sa CAS-om otprema podatke o svojoj ispravnosti.

4. Podsystem za pasivnu zaštitu ili izvršni podsystem sačinjavaju ograde, vrata, rampe, barijere i dr. koje se mogu aktivirati (otvoriti ili zatvoriti) komandama koje operator upućuje preko CAS-a. U ovaj podsystem spadaju i drugi izvršni organi koji se aktiviraju preko CAS-a. To su sirene, zvučnici, izvori svetlosti (reflektori) preko kojih se generišu zvučni i svetlosni alarmni signali.

5. Podsystem za aktivnu zaštitu sa drži, pored pomenutih aktivnih elemenata, i elektronske module preko kojih prima komande od senzora. Te komande generišu direktno senzori u alarmnom stanju ili ih upućuje operator preko CAS-a.

6. Podsystem za kartičnu kontrolu ulaza i izlaza osoba u objekte, zgrade ili prostorije, uz korišćenje mehaničkih sredstava (vrata, rampe, barijere), omogućavaju kontrolu osoba koje žele da uđu u određeni prostor. Pod kontrolom se podrazumeva identifikacija preko kartica sa upisanim kodom (najčešće se koristi bar-kod). Očitavanjem identifikacionog koda podsystem sa CAS-om proverava pravo vlasnika da uđe u štićeni prostor, uz istovremeno evidentiranje ulaza/izlaza.

7. Podsystem televizije zatvorenog kruga (TVZK) omogućava identifikaciju stanja na mestu gde je generisan alarm. TVZK omogućava operatoru u CAS-u da podsystem koristi kao senzor.

Elementi sistema

Osnovni elementi jednog našeg elektronskog sistema za integrisanu tehničku zaštitu stacionarnih vojnih objekata prikazani su na slici 3. Centralnu alarmnu stanicu sačinjavaju: personalni računar (PC 486), monohromatski LCD, grafički videoterminal ili grafički kolor CRT video-terminal. Personalni računar je mehanički ojačan, tako da izdržava rad u temperaturnom području od -5°C do $+50^{\circ}\text{C}$. Pojedini podsystemi (sl. 2) priključuju se na personalni računar preko senzorskog terminala (TES) i kartičnog terminala (TEK). CAS sa pomenutim uređajima omogućava:

a) automatski prijem i obradu alarmnih poruka sa senzora (odnosno uređaja TES i uređaja TEK) za spoljašnju zaštitu, unutrašnju zaštitu, pristupnu kontrolu osoba, i dr.;

b) automatsko daljinsko upravljanje elementima za aktivnu i pasivnu zaštitu, kao i ostalim elementima izvršnog podsystema;

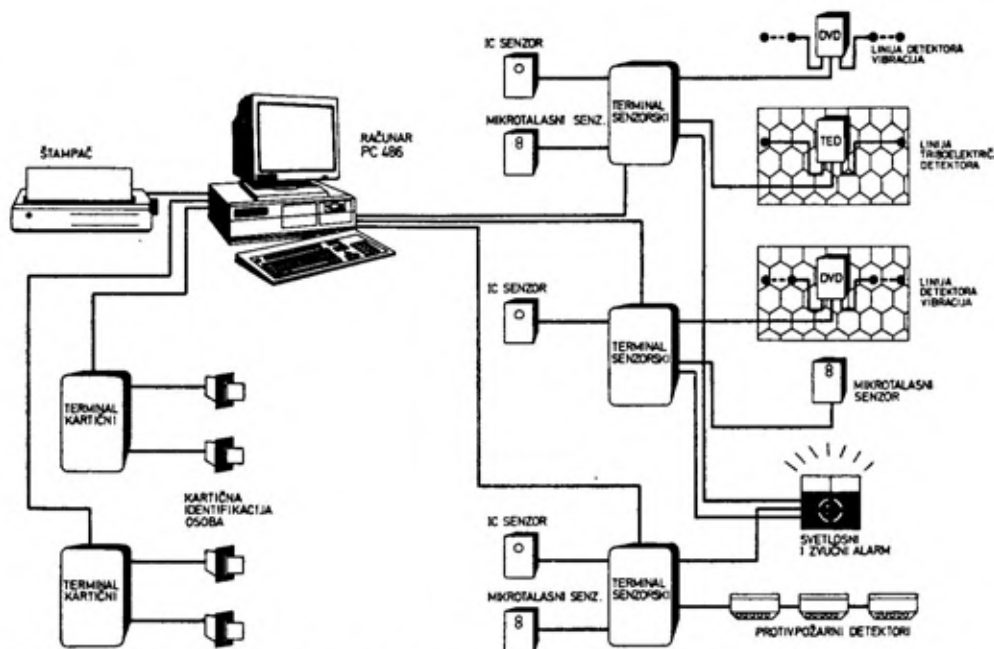
c) grafičko i tekstualno prikazivanje i evidentiranje svih funkcionalnih (alarmi, otkazi elemenata u sistemu) i statusnih procesa i podataka koje dobija od pojedinih podsystema;

e) formiranje baze podataka o alarmnim stanjima (liste nepotvrđenih i potvrđenih alarma) i upravljanje bazom podataka;

f) nadgledanje elektronskog sistema za integrisanu zaštitu u smislu kontrole funkcionalnosti i ispravnosti elemenata (otkazi, sabotažne akcije), kao i sistema kao celine.

Neovlašćeno rukovanje računarom sprečava se obaveznim legitimisanjem operatora pomoću numeričke šifre u više nivoa.

SENZORSKI TERMINAL — TES, namenjen je za prijem alarmnih signala, obradu alarmnih signala i upravljanje elementima podsystema izvršnog



Sl. 3 — Elektronski sistem za integrisanu zaštitu stacioniranih objekata i prostora

podсистема, podсистема za aktivnu zaštitu, kao i podсистemom za identifikaciju (televizija zatvorenog kruga). Uređaj TES može da funkcioniše samostalno kao 12-kanalna alarmna centralna stanica. Svi alarmni ulazi prema senzoriima zaštićeni su od prenapona, a linije prema senzoriima od sabotaže, prekida ili kratkog spoja time što se ove pojave automatski dojavljaju CAS-u. Veza uređaja TES sa senzoriima ili senzorskim linijama ostvaruje se preko dvožičnog ekranizovanog kabla dužine do 150 m. Uređaj TES koristi se za rad u stacionarnim uslovima i to ugrađen u zgrade, pričvršćen na spoljnu ogradu ili ukopan u zemlju.

KARTIČNI TERMINAL — TEK koristi se autonomno ili u sistemu integrisane tehničke zaštite, a omogućuje kontrolu kartica (propusnica) sa bar-kodom pri čemu omogućava ili zabranjuje pristup određenom objektu, zgradi ili prostoriji. Bar-kod na kartici

čita se korišćenjem optoelektronskih čitača. Oni se montiraju na zidovima pored ulaza ili vrata ili na posebne stubove unutar objekta. U osnovnoj konfiguraciji jednog integrisanog sistema može se koristiti do 10000 identifikacionih kartica (propusnica). Uređaj TEK omogućava očitavanje lične šifre sa identifikacione kartice sa brojevima kodovanim bar-kodom. Čitač kartica uređaja TEK ima ugrađene LED indikatore koji omogućavaju:

- indikaciju ispravnosti kartice, odnosno dozvoljenog prolaza osobi čija je šifra ispisana bar-kodom na kartici;

- identifikaciju neispravnosti kartice u slučaju pokušaja da se osoba identifikuje korišćenjem neodgovarajuće kartice (sa identifikacionim brojem kome se ne dozvoljava ulaz u objekat).

Čitači kartica povezuju se sa procesorom (mikroračunar) uređaja TEK dvožičnim kablom dužine do 20 m.

Uređaj TEK omogućava komunikaciju sa personalnim računarom centralne alarmne stanice, preko kabla dužine do 1000 m.

SENZORI koji se koriste za detekciju kretanja ili prisustva napadača, funkcionišu na veoma različitim fizičkim principima. Senzori su elementi koji bitno određuju funkcije i performanse sistema za integrisanu zaštitu. Zbog toga se za praktičnu primenu izbor senzora mora obaviti veoma pažljivo, posebno ako se ima u vidu njihov veoma širok asortiman. Izbor senzora za vojnu primenu je relativno ograničen zbog toga što takvi senzori prolaze strogu verifikaciju i atestiranje.

U zavisnosti od primene razlikuju se senzori za spoljašnju i unutrašnju zaštitu. Pregled najčešće korišćenih tipova senzora i njihova klasifikacija prikazani su na sl. 4.

Linijski senzori koriste se za nadgledanje linije ili površine duž neke linije. Najčešće se kao linijski senzori koriste: mikrotalasne senzorske linije ili senzorske linije sa detekcijom promene električnog polja. Takođe se ponekad koriste linijski senzori sa aktivnim infracrvenim zračenjem, zatim senzorske linije sa detekcijom promena

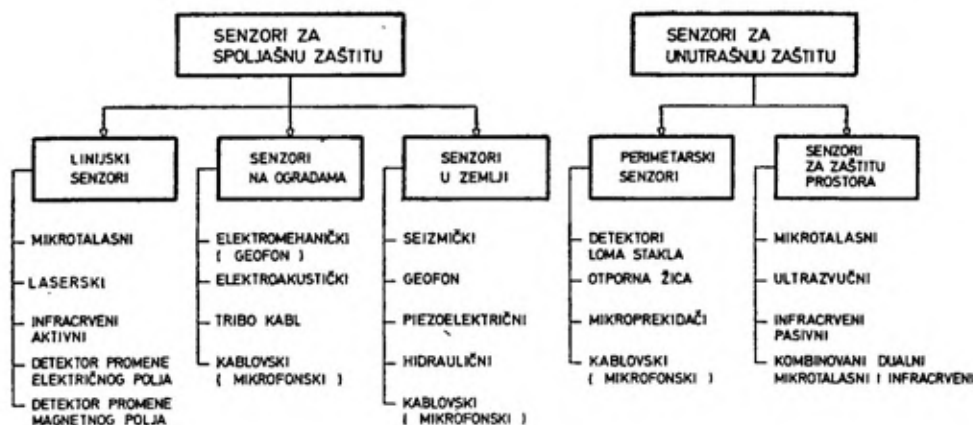
magnetnog polja, kao i senzorske linije sa laserom.

Kod mikrotalasne linije predajnik i prijemnik se postavljaju na rastojanju od oko 100 m. Detekciona površina za različite tipove mikrotalasnih senzora ima različite dimenzije koje se, po potrebi, mogu podešavati.

Princip rada detektora na bazi električnog polja zasniva se na detekciji promene kapaciteta između predajne i prijemne žice, do koga dolazi pri prolazu osobe. Ovaj tip senzora je relativno skup s obzirom na to da zahteva veliki broj mehaničkih delova (stubovi, nosači, žice, i dr.). Detektor promene električnog polja koristi radnu frekvenciju od 10 kHz, tako da je ovaj tip senzora osetljiv na lažne alarme do kojih može doći usled uticaja smetnji. Jednom senzorskom linijom, na bazi promene električnog polja, može se štititi linija dužine do 150 m.

Laserska senzorska linija, u poređenju sa mikrotalasnim senzorom, nije osetljiva na radarsko zračenje. Laserski zrak nije moguće ometati elektromagnetnim poljem. Laserska senzorska linija je osetljiva na pojavu guste magle, jakog snega ili kiše.

Senzorska linija koja se zasniva na principu promene magnetskog polja (u



Sl. 4 — Tipovi senzora

koje ulazi osoba) ima slične prednosti i nedostatke kao detektor promene električnog polja.

Senzorska linija sa aktivnim infra-crvenim (IC) senzorom, zavisno od podešavanja nivoa osetljivosti, može detektovati osobu koja prilazi liniji, odnosno kada prolazi kroz IC liniju. IC senzorska linija najčešće se koristi za zaštitu ulaza u objekte. IC senzor je osetljiv na gustu maglu.

Mikrotalasna, laserska i IC senzorska linija osetljive su na uticaj žbunja, trave i drugih prepreka duž linije zaštite.

Senzori postavljeni na ogradi detektuju šumove i signale koji se javljaju pri mehaničkom delovanju (penjanju, sečenju, pomeranju) na ogradu. Problem predstavljaju udari vetra koji mogu izazvati šumove i lažne alarme. Da bi se to izbeglo, pre postavljanja senzorskih linija na ogradu ona mora biti dobro učvršćena i osigurana od vibracija na vetru. Na različitim tipovima ograda može se koristiti više tipova senzora. Kod nas se koristi senzor na principu detekcije vibracija DVD. Radi na principu detektovanja vibracija žičane ograde (pletena žica) na koju se postavlja. Detektori mehaničkih vibracija su pasivni senzori koji su konstrukciono tako izvedeni da reaguju na vertikalno usmerene vibracije, a na horizontalne ne reaguju.

Time je značajno izbegnut uticaj vibracija izazvanih vetrom ili drugim uzročnikom horizontalnog kretanja. DVD se sastoji od elektronskog modula za obradu signala i dve linije detektora vibracija. Linija detektora vibracija sadrži 25 kapsula (vodonepropusna kućišta u koja su ugrađeni elektrodinamički senzori — detektori vibracija) međusobno povezanih ekranizovanim kablom. Kapsule se montiraju na žičanoj ogradi, a mogu se ukopavati u zemljištu na dubini do 20 cm. Osetljivost DVD na vibracije je jednaka po celoj dužini

štićenog prostora (bez nepokrivenih zona). DVD je zaštićen od nedozvoljenih intervencija (sabotaža) na njegovim sklopovima i instalacijama.

Na ograde se, takođe, mogu postavljati triboelektrični detektori TED. Ovaj tip senzorske linije pokušaj prelaza detektuje na principu triboelektričnog efekta u detektorskom kابلu postavljenom na žičanoj ogradi. Mehaničke vibracije žičane ograde (izazvane penjanjem osobe ili sečenjem žice) u detektorskom kابلu, pretvaraju se u električne signale. Obraduju se u elektronskom modulu i preko senzorskog terminala otpremaju centralnoj alarmnoj stanici (CAS). Elektronski modul konstrukciono je tako izveden (ugrađen u kutiju) da generiše alarm pri pokušaju otvaranja kutije u koju je ugrađen. TED generiše alarmni signal pri pokušaju penjanja, sečenja žice, preskakanja i drugim načinom savladavanja ograda. Zaštićen je od nedozvoljenih intervencija na sklopovima i instalacijama, a neosetljiv je na prolaze malih životinja, ptica i sl. Osetljivost TED-a na vibracije jednaka je po celoj dužini žičane ograde, odnosno nema nepokrivenih zona.

Pored pomenutih tipova senzora na ograde se postavlja tzv. kablovski senzor, koji po celoj dužini prima akustičke signale koji se generišu penjanjem ili sečenjem žičane ograde. Ovaj tip senzora funkcioniše kao mikrofoni.

Senzori koji se postavljaju (ukopavaju) u zemlju veoma su osetljivi na uticaje okoline (seizmički šum, struktura zemljišta, vlažnost, uticaj atmosferskih tonskih pobuda i dr.). Zbog toga se ovi senzori koriste samo u kombinaciji sa drugim tipovima senzora. Ovi tipovi senzora (elektroakustički, piezoelektrični, senzori promene pritiska, kablovski senzori) reaguju na kretanje pešaka i vozila tako što generišu alarmne signale. Primena ovih tipova senzora povezana je sa problemom obezbeđenja zahtevane osetljivosti i površine koja se mora »pokrivati«, a i sa

problemom sastava zemljišta, odnosno brzinom prostiranja talasa nastalih kretanjem pešaka i vozila.

Za zaštitu ulaza u prostorije (vrata, prozori) koristi se nekoliko tipova senzora, kao što su: detektori loma stakla-DLS, magnetni prekidači, elektronske brave, mreža provodnika («otpor-na» žica), kablovski (žičani) mikrofoni.

DLS senzor postavlja se na staklu prozora, a detektuje frekvenciju zvučnog signala koji nastaje lomljenjem stakla. Bistabilni magnetni prekidači detektuju položaj prozora ili vrata, odnosno indiciraju da li su prozor ili vrata (na koje se postavljaju) otvoreni.

Mreža od provodne žice sa odgovarajućom elektronikom, koja detektuje promenu njene otpornosti, generiše alarmni signal u slučaju sečenja žice na mestu gde je postavljena.

Za unutrašnju zaštitu prostorija koriste se senzori koji otkrivaju kretanje osoba ili nekih objekata u štićenom prostoru. Mikrotalasni ili ultrazvučni detektori kretanja utvrđuju veličinu Doplerovog pomaka frekvencije emitovanog signala i signala koji je reflektovan od osobe koja se kreće. Pasivni IC senzor pri radu meri toplotnu energiju u štićenom prostoru i to koristi kao referentni podatak sa kojim upoređuje sve nastale toplotne promene. Pri ulasku osobe u štićeni prostor, toplota koju zrači telo remeti početno »snimljeno stanje«, što registruje senzor koji generiše alarmni signal. Alarmni signal se prosleđuje prema senzorskom terminalu koji obrađuje alarmne signale i upravlja nekim od elemenata izvršnog podsistema (uključuje sirenu i reflektor ili naprave za aktivnu zaštitu). Podatke o alarmu senzorski terminal prosleđuje centralnoj alarmnoj stanici koja ih registruje, pamti, prikazuje i generiše određene upravljačke aktivnosti. Pasivni IC senzori prevashodno su namenjeni za zaštitu unutrašnjeg prostora, a u slučaju montaže na otvorenom

prostoru moraju se zaštititi od meteoroloških padavina i direktnog uticaja sunca.

Mikrotalasni i ultrazvučni senzori kretanja reaguju na male leteće insekte, kao što su leptiri koji lete u blizini predajnika i prijemnika. Ostali izvori smetnji mogu biti jaka strujanja vazduha i kretanje objekata, kao što je pomeranje zavese na prozorima i sl. Sijalica kao izvor toplotne energije kada se uključuje ili isključuje može ometati IC pasivni senzor kretanja. Pomenute smetnje, koje mogu delovati na pojedine tipove senzora za unutrašnju zaštitu, često ne mogu biti otklonjene. Zbog toga se senzori koji se baziraju na različitim fizičkim principima detekcije, ugrađuju u ista kućišta, pa se formira senzor (na primer dualni mikrotalasni-pasivni IC) koji reaguje samo ako oba tipa senzora detektuju kretanje u štićenom prostoru.

Senzori za spoljašnju zaštitu posebno su osetljivi na lažne alarme koji nastaju usled smetnji izazvanih uticajima okoline. Pod tim se podrazumevaju klimatske promene (oluja, grmljavina, snežne padavine, kiša, magla i dr.) koje se ispoljavaju kao akustične i elektromagnetske smetnje. Oba pomenuta tipa smetnji imaju veoma važnu ulogu u projektovanju i funkcionisanju elektronskih sistema za zaštitu vojnih objekata. Teška borbena i neborbena vozila (transporteri, tenkovi i dr.), vazdušni saobraćaj na aerodromima, snažni radarski sistemi, nepovoljno utiču na funkcionisanje elektronskih sistema za tehničku zaštitu, pa se taj uticaj mora uzeti u obzir kada se projektuju elementi sistema, posebno podsistemi za spoljašnju protivprovalnu zaštitu, odnosno kada se vrši izbor tipova senzora koji će se primeniti. Projektanti sistema za tehničku zaštitu mogu odabrati elemente i korektno primeniti elektronski sistem za tehničku zaštitu samo ako poseduju ekspertsko znanje o tome kako funkcionišu

različiti sistemi i senzori u konkretnim uslovima okoline.

Da bi se to ostvarilo, potrebno je:

- precizno definisati projektni zadatak i zahteve koje elektronski sistem treba da zadovolji;

- proceniti uslove rada sistema u konkretnom okruženju;

- definisati metode ispitivanja karakteristika sistema u realnim uslovima rada;

- obaviti proveru karakteristika sistema u dugotrajnom radu.

Neka iskustva iz operativne upotrebe sistema pokazala su da izbor tipova i instaliranje senzora, prema karakteristikama koje deklarišu proizvođači, može dovesti do grešaka i problema u eksploataciji. Razlog za to jeste u tome što se ne uzimaju u obzir specifični uslovi primene i mogući uticaji akustičkih, elektromagnetskih i drugih smetnji.

Imajući u vidu ove probleme kod nas je uspešno realizovan računarski ekspertni sistem [1] koji omogućava:

- pomoć u projektovanju elektronskih sistema za integrisanu zaštitu i izradu tehničke dokumentacije;

- simulaciju projektovanog ili realizovanog sistema tehničke zaštite radi analize funkcionisanja u realnim uslovima. Pri tome se programski simuliraju alarmna stanja ili otkazi sistema i donose zaključci o ponašanju i kvalitetu sistema za integrisanu zaštitu, analizom »odgovora« sistema na pobude i otkaze;

- proračun pouzdanosti sistema i analizu njegove efikasnosti u poređenju sa efikasnošću i troškovima zaštite objekta kada se on fizički obezbeđuje;

- obučavanje kadrova za rukovanje, osnovno i tehničko održavanje elektronskog sistema za tehničku zaštitu.

Ideja je da se primenom metoda veštačke inteligencije [1], odnosno ek-

spertnog sistema sa bazom znanja, efikasno reše problemi optimalnog projektovanja sistema za integrisanu tehničku zaštitu, kao i drugi problemi vezani za njegovo funkcionisanje i održavanje (analiza uticaja otkaza, pouzdanost, efikasnost, ekonomičnost, obuka u rukovanju i održavanju).

Primena elektronskih sistema u zaštiti vojnih objekata

Primena elektronskog sistema u zaštiti konkretnog vojnog objekta ili prostora mora biti dobro osmišljena i proučavana. Pod osmišljavanjem se podrazumevaju aktivnosti koje moraju obaviti organi, odnosno jedinice zadužene za bezbednost konkretnog objekta. To se, pre svega, odnosi na procenu ugroženosti, tj. ko i na koje načine može narušiti bezbednost objekta. Ova aktivnost se u literaturi često zove studija pretnji konkretnom objektu. Na osnovu procene bezbednosti, odnosno zaključaka iz studije pretnji, treba izraditi (uz pomoć budućeg projektanta sistema) detaljne tehničke i projektne zahteve za elektronski sistem, na osnovu kojih će projektant izraditi projekat. Izrađeni projekat podleže strogoj stručnoj recenziji i overi nadležnog organa. Elektronski sistem izrađen po projektu mora biti detaljno ispitan i proveren u realnim uslovima u dugotrajnom radu, pre puštanja u eksploataciju.

Kada je reč o primeni elektronskih sistema za integrisanu tehničku zaštitu vojnih objekata, nameće se pitanje poverljivosti posebno kada se radi o prioritetnim objektima za koje se zahteva najviši stepen bezbednosti. Sigurno da podaci o elementima sistema kao što su senzori, mikroračunari, terminali i sl. ne predstavljaju tajnu. Ti podaci su kod nas i u svetu svima dostupni [2].

U svetu se štite (smatraju se poverljivim) projektni zahtevi, projekat, kao i konkretna realizacija elektronskog sistema. Drugim rečima, tajna je kako je i čime konkretni objekat zaštićen. Mora se pretpostaviti da sistem, kojim se neki objekat štiti, može biti osmatran, ometan, obmanjivan lažnim alarmima, odnosno izložen sabotazi. Konkretni elektronski sistem ne bi smeo da ima slaba mesta osetljiva na pomenute aktivnosti, a ako ih ima, ona se moraju fizički štititi stražom, a podaci o tome takođe predstavljaju tajnu. Veoma je važno da elektronski sistem bude testiran na lažne alarme, obmanjivanje, ometanje, sabotazne aktivnosti i sve ono što može uticati na njegovu pouzdanost, odnosno raspoloživost. Ipak, pred savremene elektronske sisteme za zaštitu vojnih objekata postavlja se zahtev da moraju omogućiti otkrivanje napadača (jednog ili grupe) i uz pretpostavku da on raspolaze svim podacima o elektronskom sistemu kojim se objekat štiti. Drugim rečima, elektronski sistem uvek mora obezbediti informaciju o tome na koji je način ugrožena bezbednost štićenog objekta. Pri tome se fizičkim preprekama napadač primorava da »troši« vreme i time stvaraju uslovi da grupa za intervencije stigne u ugroženu zonu i tako spreči moguću štetu.

U konkretnoj primeni elektronskih sistema za zaštitu vojnih objekata pažnju zaslužuju dva pitanja: koncepcija sistema i dostupnost (mogućnost opremanja) uređaja, opreme i elemenata za realizaciju sistema.

Koncepcija zaštite prethodno je objašnjena. U konkretnoj primeni mora se ići na maksimalni (četvorostruki) stepen zaštite. Pored toga, ukoliko ekonomske mogućnosti investitora to dozvoljavaju, sistem treba udvajati. Po pravilu, udvajaju se centralne alarmne stanice, posebno ako se radi o velikim objektima. Uz svaku stanicu stacioni-

ra se po jedna grupa vojnika za intervencije. Obe centralne alarmne stanice međusobno razmenjuju podatke, tako da su isti podaci prisutni na dva mesta. Takođe, udvajaju se senzori na pomenutim senzorskim linijama. U primeni senzora važi pravilo da se u pojedinim linijama zaštite moraju koristiti senzori koji funkcionišu na različitim fizičkim principima. Na primeru objekta koji je prikazan na sl. 1, to bi, praktično, značilo:

- da predalarmnu liniju treba realizovati korišćenjem mikrotalasnih senzora koja se može udvojiti laserskom senzorskom linijom;

- da se alarmna linija može realizovati korišćenjem kablovskog senzora ili tribo-kabla, a udvajati senzorskom linijom tipa DVD;

- da se linija sigurnosti može realizovati senzorom na principu električnog polja, a alternativno linijom koja se bazira na detektoru promene magnetskog polja;

- da se četvrti stepen zaštite mora realizovati udvajanjem senzora, na primer, upotrebom dualnih mikrotalasnih i pasivnih IC senzora, itd.

Udvajanjem nekih elemenata sistema povećava se pouzdanost funkcionisanja sistema i, praktično, onemogućava da bude ometan ili obmanut.

Opremanje elementima, uređajima i opremom za tehničku zaštitu moguće je iz domaće proizvodnje. Uspešno obavljen razvoj i pripremljenost proizvođača [2] omogućavaju da se u zaštiti koriste savremena tehnička rešenja.

Zaključak

Elektronski sistemi za integrisanu tehničku zaštitu dobijaju sve veći značaj u zaštiti vojnih objekata s obzirom na to da mogu ostvariti maksimalni stepen bezbednosti vojnog objek-

ta. Njihovim uvođenjem umanjuju se potrebe za fizičkim obezbeđenjem, odnosno broj vojnika na straži svodi se na najmanju meru. Kod nas postoje

mogućnosti opremanja elementima, uređajima i opremom za tehničku zaštitu iz domaćeg proizvodnog programa.

Literatura:

[1] Kantardžić, M., Jevtović, M.: A COMPREHENSIVE ENVIRONMENT FOR COMPUTER AID IN TECHNICAL SECURITY SYSTEM DESIGN; Proceedings of the International Conference in Vienna, Austria, 1990. str. 417—420.

[2] Prospektni materijali za elemente, opremu i uređaje elektronskih sistema za tehničku zaštitu, EI HOLDING Co. DD, Profesionalna elektronika iz Niša.



prikazi iz inostranih časopisa

INTEGRISANI RAKETNO- -ARTILJERIJSKI SISTEM TUNGUSKA*)

Krajem šezdesetih godina u svetu je bilo dosta PVO sredstava koja su bila u stanju efikasno da vode borbu protiv aviona koji lete na velikim i srednjim visinama. Ta činjenica, kao i pojava novih vazduhoplovnih sredstava za obezbeđivanje leta omogućili su avijaciji da koristi nove taktičke poteze — savlađivanje PVO na malim i granično malim visinama leta sa praćenjem reljefa zemljišta. To je omogućilo da se avioni taktičke avijacije iznenada pojave u zoni PVO i da u njoj ostanu neko vreme.

U isto vreme, u nizu zemalja pojavili su se naoružani borbeni helikopteri za vazдушnu podršku koji su bili u stanju da napadaju »iskakanjem«, gađajući vođenim raketnim projektilima čiji je domet do 6 km, što je predstavljalo novu opasnost za protivnika. U tim uslovima od PVO sredstava za neposrednu zaštitu jedinica na bojištu zahtevalo se da obezbede veliku brzi-

nu gađanja, kratko vreme reagovanja, dobre manevarske osobine, mobilnost i mogućnost dejstva iz pokreta.

Ranije generacije PVO sredstava to nisu mogle da obezbede u potpunosti zbog sledećih osnovnih ograničenja:

- nedovoljni domet, tako da su helikopteri mogli da dejstvuju van zone PVO,

- duže vreme reagovanja, zbog čega je izostajalo dejstvovanje protiv ciljeva u vazдушnom prostoru koji se iznenadno pojave,

- niski stepen borbene efikasnosti prilikom gađanja savremenih ciljeva.

U zemljama zapadne Evrope radilo se na razvoju PVO sredstava nove generacije te klase u Francuskoj (raketni sistemi »ROLAN« i »CROTAL«) i Nemačkoj (artiljerijski »GEPARD«).

Ovi sistemi imali su skoro identičnu opremu: autonomne radare za otkrivanje i akviziciju ciljeva, radare za praćenje ciljeva, kao i dovoljno efikasno raketno naoružanje sa dometom 6 do 8 km i topovsko (3,5 do 4 km), koje je činio švajcarski top 35 mm »Erlikon«.

*) Prema podacima iz časopisa **MILITARY PARADE**, novembar—decembar 1994.

Namera je bila da se na bojištu zajedno koriste raketni i artiljerijski sistemi u mešovitim baterijama, jer svaki od ova dva PVO sistema prema svome dometu ne bi mogao da rešava kompleksne zadatke u borbi sa avionima i borbenim helikopterima protivnika kada se oni iznenada pojave.

Rusija je prihvatila smelo rešenje da se u jednom borbenom vozilu objedine raketno i topovsko naoružanje sa kombinovanim radarsko-optičkim sistemom upravljanja za obe vrste naoružanja. Ostvarivanje ovog rešenja u sistemu TUNGUSKA obezbeđuje da se na kvalitativno viši nivo podigne rešavanje zadataka bliske PVO i zauzme vodeće mesto u svetu u ovoj klasi naoružanja.

PVO sistem TUNGUSKA namenjen je za PV odbranu mehanizovanih i tenkovskih jedinica na maršu i svim oblicima borbe, a obezbeđuje uništavanje ciljeva na malim visinama, uključujući i helikoptere u fazi lebdenja, iz pokreta i sa mesta. Ovaj sistem ima niz karakteristika koje ga čine superiornim nad analognim sistemima, a pored ostalih, to su:

- kompaktna zona dejstva (bez nepokrivenih zona koje su karakteristične za protivavionske raketne sisteme). To se postiže uzastopnim gađanjem cilja na nekoliko linija raketnim i topovskim naoružanjem, i njegovo garantovano uništenje;

- mogućnost korišćenja u svim vremenskim uslovima;

- obezbeđenje gađanja u pokretu paralelnim radom u radarskom i optičkom režimu i realizacijom automatskog prelaska iz režima u režim, zavisno od ometanja;

- velika brzina gađanja obezbeđena je malim vremenom reagovanja, velikom brzinom rakete, i automatizacijom procesa gađanja;

- velika efikasnost raketnog i topovskog naoružanja, koja je ostvarena preciznim sistemom upravljanja, rea-

lizacijom specijalnih algoritama i jedinstvenim karakteristikama raketa i automatskih topova;

- mogućnost borbe protiv lako oklopljenih ciljeva na zemlji i protiv žive sile u optičkom režimu korišćenjem topovskog naoružanja.

PVO sistem TUNGUSKA sastoji se od borbenog vozila 2S6, vozila za transport i punjenje 2F77, vođenog raketnog projektila vazduh-vazduh 9M311, sredstava za održavanje i remont, i sredstava za obuku i trenaz.

Borbeno vozilo nalazi se na šasijski GM-352 sa gusenica, sa podešavajućim klirensom. Hidromehanička transmisija i hidropneumatsko oslanjanje obezbeđuju visoku prohodnost, dobre manevarske osobine i ravnomernost kretanja preko ispresecanog zemljišta. Maksimalna brzina kretanja po putevima sa tvrdom podlogom je 65 km/h.

Borbeno vozilo ima kupolu sa dva dvocevna automatska topa kalibra 30 mm 2A38 i osam lansera sa vođenim projektilima zemlja-vazduh. Navođenje se vrši pomoću uređaja sa hidrauličkim pogonom i to po horizontali kružno, a po vertikali od -10° do $+67^{\circ}$.

U kupoli su smeštena informaciona, radarska i optronička sredstva, komandne table članova posade, digitalni računar, sredstva za vezu i obezbeđenje normalnog rada članova posade. U oklopnom telu smešteni su autonomni sistem za napajanje električnom energijom, sredstva za navigaciju i druga oprema.

PVO sistem TUNGUSKA prikazan je na sl. 1.

U radarska sredstva borbenog vozila spadaju radar za otkrivanje i pokazivanje ciljeva, sistem za identifikaciju cilja i radar za praćenje cilja i prenos komandi u raketu sa dometom do 16 km. Prvi radar obezbeđuje domet, protiv aviona sa efektivnom refleksionom površinom od 1 m^2 , do 20 km. Brzina kružnog osmatranja je



Sl. 1 — PVO sistem TUNGUSKA

1 s^{-1} , a koeficijent prigušivanja odraza od lokalnih predmeta je do 60 dB. Time su potpuno eliminisani signali od površine zemlje čime se efikasno izdvajaju pokretni ciljevi.

Optronički sistem TUNGUSKE sastoji se od optičke nišanske sprave i sistema za navođenje i stabilizaciju vizirne linije cilja sa osmostrukim uvećanjem i uglom vidnog polja od 8° , kao i uređaja za određivanje koordinata vođenog raketnog projektila zemlja-vazduh koji automatski izračunava koordinate rakete u odnosu na vizirnu liniju cilja. Ovaj uređaj obezbeđuje prelazak na poluautomatsko praćenje cilja na daljinama do 16 km, i vođenje raketnog projektila na daljinama do 10 km.

Svi procesi rada sistema TUNGUSKA su automatizovani. Digitalni računar prema specijalnim algoritmima, bira vrstu naoružanja (raketno ili to-

povsko) i režim rada sistema upravljanja (radarsko, optičko ili inercijalno praćenje, zavisno od meteorološke situacije ili vrsta ometanja). Računar obezbeđuje upravljanje raketnim i topovskim naoružanjem, rešavanje zadataka navođenja i stabilizacije naoružanja, optičkih i radarskih sredstava, indikaciju parametara kretanja cilja i vremena za koje se cilj nalazi u zoni raketnog ili topovskog naoružanja, dijagnostičku kontrolu pojedinih podsistema ili sistema u celini.

Protivavionski vođeni projektil sistema TUNGUSKA 9M311 je dvokali barni dvostepeni sa odvajajućim startnim motorom, (sl. 2), a koristi čvrsto gorivo. Raketa poseduje visoke letno-tehničke karakteristike, malu masu i male dimenzije.

Dugačka bojna glava efikasno uništava cilj razaranjem njegove konstrukcije i zapaljivim dejstvom raketnog

motora. Poluprečnik efikasnog uništenja cilja je 5 m. Aktiviranje bojne glave vrši se kontaktim ili nekontaktim aktivnim laserskim upaljačem.

Raketa ima visoke manevarske sposobnosti (maksimalno raspoloživo

mala masa (do 55 kg sa kontejnerom) moguće je i ručno popunjavanje.

U topovsko naoružanje PVO sistema TUNGUSKA spadaju dva dvocevna automatska topa kalibra 30 mm 2A38 sa sistemom za upravljanje va-



Sl. 2 — Vođeni projektil 9M311 sistema TUNGUSKA

Tabela 1

Taktičko-tehničke karakteristike vođenog raketnog projektila 9M311

Masa (kg)	42
Dužina (mm)	2630
Kalibar (mm):	
— sa kontejnerom	152
— marševskog stepena	76
Maksimalna brzina (m/s)	900
Vreme leta do 8 km (s)	12
Masa bojne glave (kg)	9

preopterećenje je 32-g), pa može uspešno da napada brze ciljeve koji manevrišu. Vođenje raketnog projektila do cilja obavlja se preko radio-komandi. Korišćenje optičkog režima vođenja omogućava uništenje ciljeva u vazдушnom prostoru bez obzira na visinu njihovog leta, a i ciljeva na zemlji. U početnoj fazi leta raketa se prati prema zračenju buster-motora, a kada se on odvoji — prema specijalnom izvoru ugrađenom u raketu.

Vođeni raketni projektil 9M311 isporučuje se u transportno-lansirnom kontejneru tako da je odmah spreman za lansiranje, a nije mu potrebno tehničko održavanje u toku 10 godina. Popunjavanje borbenog kompleta raketa obavlja se uz pomoć vozila za transport i popunjavanje, a pošto im je

trom. Velika brzina gađanja (5000 metaka/min) omogućava efikasno uništa-

Tabela 2

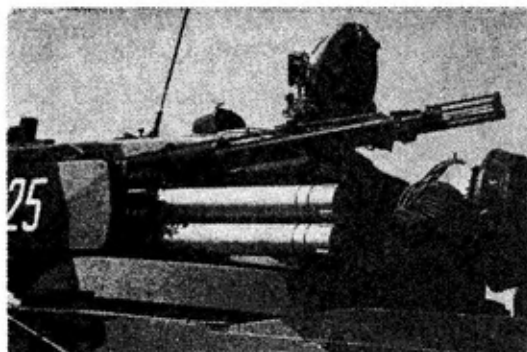
Taktičko-tehničke karakteristike protivavionskog topa 30 mm 2A38

Kalibar (mm)	30
Brzina gađanja (projektila/min)	2500
Sistem punjenja	sa karikama
Tip municije	parčadno-razorno-zapaljiva, parčadno-osvetljavajuća
Početna brzina projektila (m/s)	960
Vek cevi topa (metaka)	8000
Masa (kg)	186
Davač promene početne brzine	postoji

vanje brzih ciljeva koji se nađu u dometu. U kombinaciji sa preciznim nišanjenjem, zahvaljujući stabilizaciji linije gađanja i automatskom praćenju cilja, topovsko naoružanje omogućava vrlo efikasno dejstvo protiv ciljeva u vazдушnom prostoru.

Na sl. 3 prikazano je naoružanje PVO sistema TUNGUSKA.

Borbeno vozilo PVO sistema TUNGUSKA ima sistem za navigaciju, to-



Sl. 3 — Sistem naoružanja PVO sistema TUNGUSKA

pografsko vezivanje i orijentisanje radi određivanja koordinata vozila i kursa kretanja, a takođe i za povezivanje sa drugim borbenim elementima na bojištu. Električnom energijom napa-

Tabela 3

Taktičko-tehničke karakteristike protivavionskog sistema »TUNGUSKA«

Vrsta naoružanja	raketno-topovsko
Daljina uništenja cilja (km):	
— raketama	2,5 do 8
— topovima	0,2 do 4
Visina uništenja cilja (km):	
— raketama	0,01 do 3,5
— topovima	0 do 3
Borbeni komplet municije (komada):	
— raketa	8
— metaka 30 mm	1904
Sistem vođenja	radarsko-optički
Vreme reagovanja sistema (s)	6 do 8
Masa (t)	34
Posada (članova)	4

ja se pomoću autonomnog sistema koji može da pogoni turbinski motor ili izvod snage sa dizel-motora vozila.

Za dijagnostiku i pronalaženje neispravnosti u borbenu vozilo je ugrađen sistem funkcionalne kontrole, čime je vreme potrebno za otklanjanje neispravnosti bitno smanjeno.

Smatra se da je PVO sistem TUNGUSKA za sada najbolji u svojoj klasi, a moguća su poboljšanja tehničkih karakteristika, kako naoružanja tako i sistema za upravljanje vatrom.

Krajem osamdesetih godina u sistem TUNGUSKA uvedeno je niz tehnološko-konstruktivnih mera za poboljšanje pouzdanosti i eksploatacionih karakteristika sistema, i tehnologije proizvodnje (TUNGUSKA-M).

Početkom devedesetih godina preduzet je niz aktivnosti radi poboljšanja resursa rada sistema, poboljšanja preciznosti topovskog naoružanja modernizovanjem sistema za stabilizaciju, i na uvođenju režima automatske razmene informacija preko kanala telekomunikacija sa komandnim mestom baterije i drugim elementima na bojištu. To će poboljšati borbenu efikasnost PVO sistema TUNGUSKA u sastavu automatizovanog sistema komandovanja pukovskom PVO za 1,3 do 1,5 puta.

Završeni su radovi na usavršavanju sistema TUNGUSKA-M automatizovanjem procesa praćenja cilja u optičkom režimu, povećavanjem preciznosti pogona uređaja za praćenje cilja, modernizacijom rakete i sistema upravljanja. Kao rezultat tih radova sistem TUNGUSKA-M1 obezbediće efikasno gađanje ciljeva malih dimenzija i ciljeva koji na sebi imaju optičke ometače, kao što su impulsni izvori svetlosti koji su ugrađeni u raketi i kojima se upravlja sa zemlje, kao i strobranjem prijemnika u uređajima za upravljanje na zemlji. Doradama na uređajima vođenog raketnog projektila povećana je zona uništenja sa 8 na 10 km.

Uporedne tehničke karakteristike protivavionskih sistema

	TUNGUSKA-M (Rusija)	GEPARD (Nemačka)	ROLAND-2 (Francuska)	ROLAND-3 (Francuska)
Vozilo	guseničar GM-352	tenk LEOPARD	tenk AMX	tenk AMX
Masa (t)	34	45,6	30	30
Daljina otkrivanja (km)	18	15	16,5	16,5
Daljina automatskog praćenja (km)	16	14	15	15
Vreme reagovanja (s)	6 do 8	6 do 10	4 do 10	6 do 8
Domet (km):				
— raketama	8,0	—	6,3	8,0
— topovima	4,0	3,5	—	—
Verovatnoća uništenja aviona				
— jednom raketom	0,6 do 0,7	—	0,5 do 0,6	0,5 do 0,6
— rafalom topova	0,5 do 0,6	0,3 do 0,5	—	—
— naizmenično raketama i topovima	0,8 do 0,9	—	—	—
Naoružanje	raketno-topovsko	topovsko	raketno	raketno
Borbeni komplet (kom):				
— raketa	8 po lanseru	—	10 (na 2 lansera)	4 po lanseru
— municija 30 mm	1904	600	—	—
Mogućnost gađanja iz pokreta	da	ne	ne	ne
Relativni koeficijent borbene efikasnosti	3	1	2	2,5

Na osnovu konstruktivno-tehničkih rešenja, ostvarenih u sistemu TUNGUSKA, mogu se razviti i njegove druge modifikacije prema specijalnim za-

htevima korisnika, kao što su ugradnja na drugim vrstama vozila, izmena uređaja sistema za upravljanje i slično.

P. Marjanović

USAVRŠAVANJE SREDSTAVA ZA PRELAZ PREKO VODENIH PREPREKA*)

Pri napadnim i odbrambenim operacijama taktička pokretljivost jedinica jedan je od odlučujućih faktora za postizanje uspeha. Na manevarske sposobnosti većine vojnih formacija KoV bitno utiču karakteristike zemljišta.

Tenkovi koji se nalaze u naoružanju vodećih zemalja Zapada imaju snažno naoružanje i oklopnu zaštitu ali nisu u stanju da iz pokreta savladaju protivoklopne rovove širine 7 m ili strme obale vodenih prepreka bez pomoći inženjerskih jedinica koje za te potrebe raspolažu odgovarajućim sredstvima. Treba napomenuti da se protivtenkovske i prirodne prepreke po pravilu pokrivaju vatrom protivoklopnih sredstava. Zbog toga i najmanje usporavanje kretanja tenkova povećava verovatnoću njihovog uništenja. Pored toga, borbena situacija može da zahteva savlađivanje prepreka za najkraće vreme radi postizanja iznenađenja ili održavanja tempa operacije.

Nosivost postavljenih prelaza preko vodenih prepreka mora da odgovara masi najtežih tenkova.

Da bi borbene jedinice bile sposobne da iz pokreta savladaju mnogobrojne prirodne i veštačke prepreke, potrebno je da imaju na raspolaganju odgovarajući broj sredstava za prelaz preko prepreka odgovarajuće nosivosti stalno spremnih za primenu.

Analizirajući uslove za eventualna borbena dejstva u Srednjoj Evropi, došlo se do zaključka da bi jedinice u svome pokretu nailazile na prepreke širine 10 do 20 m na svakih 25 km puta; širine 50 do 100 m — na 100 km; preko 100 m — na svakih 150 km puta. Za teška borbena vozila i uska vo-

dena prepreka sa blatnjavim obalama i muljevitim dnom može da bude neprelazna. U srednjoj Evropi ovakve prepreke susreću se na svakom trećem kilometru puta po geografskoj širini i na svakom petom kilometru po geografskoj dužini. Vodene prepreke širine 18 m imaju prosečnu dubinu od 1,4 m, širine 30 m — 2,5 m, a širine 100 m — 4 m.

Na osnovu karakteristika prepreka može se zaključiti da u nedostatku stalnih mostova savremena borbena vozila nisu u stanju da savladaju 80% postojećih vodenih prepreka bez sredstava za ojačanje. Zbog toga je potrebno da se isturene jedinice snaga u napadu ili u manevru opreme sredstvima za savlađivanje vodenih prepreka za brzo i višekratno korišćenje.

Takve jedinice opremaju se mehanizovanim i jurišnim mostovima namenjenim za savlađivanje rovova, jurga i strmina.

Za obezbeđenje neprekidnog snabdevanja jedinica neophodnim sredstvima za izvođenje borbenih dejstava, na saobraćajnicama se postavljaju privremeni i stalni formacijski mostovi ili mostovi izrađeni od priručnih sredstava. Široke vodene prepreke mogu se savladavati uz angažovanje samohodno-desantnih sredstava (samohodnih skela) i plovnih neoklopljenih i oklopljenih vozila specijalne ili opšte namene.

To su tradicionalna dobro poznata sredstva odavno razvijena i masovno korišćena u toku borbenih dejstava i vojnih vežbi. U oružanim snagama zemalja NATO uveliko se praktikuje izvođenje zajedničkih vežbi u forsiranju vodenih prepreka, pri čemu se ljudstvo detaljno upoznaje sa sredstvima za savlađivanje vodenih prepreka savezničkih armija i stiče praktične navike njihovog korišćenja.

Većina tehničkih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka, koja se nalaze u armijama zapadnih zemalja,

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ ВОЕННОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 8/1994.

razvijena je u prvim posleratnim decenijama bez, do sada, ozbiljnih promena.

Prema raspoloživim podacima formacijska sredstva za savlađivanje vodenih prepreka u većini armija su zastarela i ne omogućuju inženjerskim jedinicama da rešavaju zadatke obezbeđivanja mobilnosti u toku pripreme i izvođenja borbenih dejstava u potrebnim razmerama i tempu. To se naročito potvrdilo u toku operacije »pustinjska oluja« kada je i u uslovima pustinjskog zemljišta, gde su osnovne prepreke bile protivtenkovski rovovi, zemljani bedemi, jaruge i zemljišta slabe nosivosti i gde praktično vodenih prepreka nije ni bilo, kod formacijskih sredstava za savlađivanje prepreka otkriven niz nedostataka zbog kojih nije bilo moguće ostvariti potrebnu pokretljivost.

Osnovna sredstva za savlađavanje prepreka savezničke koalicije sačinjavali su jurišni mostovi koji omogućuju postavljanje prelaza širine do 12 m i tenkovi nosači mostova za prepreke širine 18 do 22 m. Najozbiljnije pretenzije polagane su u američke tenkove nosače mostova na osnovi tenka M60 ili M48 koji su ispoljili sledeće nedostatke:

- nedovoljna nosivost mosne konstrukcije (54 t) onemogućuje prelazak osnovnog borbenog tenka M1 AB-RAMS;

- niska transportna brzina dovedi do zaostajanja tenkova nosača mostova za borbenim vozilima čiji prelaz preko prepreka treba da obezbede;

- složeno održavanje vozila zbog zastarele koncepcije i nedostatka specijalnih rezervnih delova.

Došlo se do zaključka da postojeća sredstva za prelaz preko vodenih prepreka mogu da osujete dejstva trupa pri realizovanju koncepcije »vazdušnokopnene operacije (bitke)«, gde se velika pokretljivost smatra jednom od najvažnijih komponenata. Glavni ne-

dostaci postojećih sredstava su glomaznost i zahtevaju mnogo rada i vremena za razvijanje, što utiče na uspešnost dejstava.

Krajem sedamdesetih godina više zemalja je objedinilo napore na usavršavanju sredstava za prelaz preko vodenih prepreka. Između SAD, Velike Britanije i Nemačke zaključen je sporazum za rad na programu »Sredstva za prelaz preko vodenih prepreka u osamdesetim godinama« (BR80 — Bridging in 80's). Međutim, nije uspeo pokušaj da se smanji utrošak snaga i sredstava za razvoj, proizvodnju i obuku u korišćenju jednog zajedničkog sredstva sa uzajamno zamenjivim komponentama zbog ozbiljnih razmimoilaženja u ocenjivanju izrađenih probnih primeraka. Pozitivan rezultat ovih zajedničkih aktivnosti je usaglašavanje jedinstvenog načina projektovanja i ispitivanja probnih primeraka sredstava za savlađivanje vodenih prepreka, kao i uzajamna razmena informacija o mogućnostima svake zemlje u određenoj oblasti. Prihvaćeni način projektovanja i ispitivanja kasnije je našao primenu i u mnogim drugim zemljama koje su se bavile razvojem sopstvenih sredstava za savlađivanje vodenih prepreka.

Bez obzira na raniji neuspeh, 1986. godine SAD, Velika Britanija i Nemačka su pristupile realizaciji programa »Sredstva za savlađivanje vodenih prepreka u devedesetim godinama« (BR90). Predviđene su kompleksne mere za modernizaciju postojećih i razvoj novih sredstava.

Prema programu BR90 sva sredstva za savlađivanje vodenih prepreka dele se na tri kategorije:

- jurišni mostovi (Assault Bridges) na transportnom sredstvu točkašu ili guseničaru koji mogu da premoste prepreke širine do 24 m;

- mostovi na krutim osloncima (Dry Support Bridges), koji se prevoze i postavljaju pomoću vozila točkaša, a dužina im je 24 do 52 m;

— pontonski mostovi (Wet Support Brigdes) sa opremom za sastavljanje mostova, i prevoznih skela sa sopstvenim brodskim motorima a koje imaju osnovu na točkovima.

Danas su i u drugim evropskim zemljama aktivirani radovi koji potvrđuju težnje da se u najskorije vreme oružane snage opreme savršenijim sredstvima za savlađivanje vodenih prepreka.

Jurišni mostovi

Namenjeni su za isturene jedinice koje su izložene protivničkim vatrenim dejstvima. Izrađuju se na osnovu tenkova ili kao prikolice sa sopstvenim hodnim delom na točkovima, koje do vodene prepreke dovlače oklopna vozila. Najširu primenu dobili su tenkovi nosači mostova a njihovo usavršavanje se kreće sledećim osnovnim pravcima:

— povećanje klase nosivosti mostova sa 50 do 60 na 70, što je uslovljeno povećanom masom novih borbenih vozila. Prema klasifikaciji, koja je usvojena u okviru NATO, klasa nosivosti odgovara masi vozila koje se prebacuje preko vodene prepreke u američkim takozvanim »kratkim tonama«. Jedna kratka tona je ravna 0,9 metričkih. Na primer, klasa nosivosti 70 označava nosivost od 63 t;

— povećanje dužine mosne konstrukcije korišćenjem novih materijala i šematskih rešenja. Zahvaljujući tome povećana je širina prepreka koje se mogu savladati sa 15 do 18 m na 22 do 24 m;

— zamena osnovnih vozila šasijama savremenih osnovnih borbenih tenkova. Bez obzira na porast cene tenka nosača mosta, time se dobijaju sledeće prednosti: sposobnost vozila da se kreće zajedno sa jedinicama koje podržava, pojednostavljivanje održavanja i snabdevanja rezervnim delovima, kao i olakšanje obuke posada;

— stvaranje kompleta koji bi se sastojao od šasije sa nekoliko mosnih konstrukcija različite dužine koje bi se prevozile prevoznim sredstvima na točkovima sa velikom prohodnošću. To bi omogućavalo da se za savlađivanje određene prepreke koristi mosna konstrukcija određene dužine. U perspektivi predviđa se da će na jednom vozilu biti dva mosta koji bi se polagali preko prepreka jedan za drugim.

Opis nekoliko načina usavršavanja tenkova nosača mostova može da posluži kao prikaz sadašnjeg stanja u ovoj oblasti.

Američki jurišni most HAB (Heavy Assault Bridge) izrađen je na osnovi osnovnog borbenog tenka M1 ABRAMS. Dužina njegove mosne konstrukcije je 26 m, a opterećenje klase 70. Taktičko-tehnički zahtevi za njegov razvoj su:

— mogućnost premošćavanja prepreka širine do 24 m;

— vreme za polaganje mosta ne sme da bude duže od 5 minuta, a za skidanje sa prepreke (sa bilo koje obale) — 10 minuta;

— mogućnost obezbeđenja prelaza preko vodene prepreke, čije obale imaju uzdužni nagib 1:10 a poprečni 1:10 do 1:20;

— konstrukcija i čvrstoća mosta treba da omoguće prelazak borbenih vozila brzinom 13 do 16 km/h, i broj prelazaka vozila klase 70 — ne manje od 5000;

— maksimalno trajanje eksploatacije bez stacionarnog održavanja treba da bude 104 časa;

— pokretljivost i zaštićenost treba da bude na nivou osnovnog borbenog tenka M1 ABRAMS i borbenog vozila pešadije M2 BREDLI;

— vozilo sa posadom od 2 člana mora da ima sistem za kolektivnu zaštitu od hemijskog i bakteriološkog oružja, sistem za blokiranje upravljanja, sistem koji omogućava polaganje mos-

ta i iz drugog vozila, sistem za postavljanje dimne zavese i sredstva za dvo-kanalnu vezu;

— mogućnost da se 1997. godine ugradi sistem za kopnenu navigaciju, a 1999. godine termovizijski uređaji za noćno osmatranje.

Razvoj ovog jurišnog mosta počeo je 1983. godine, ali je nekoliko puta prekidano zbog više razloga (administrativni problemi, prekid finansiranja), a aktivno je nastavljen posle podnošenja rezultata rata u Persijskom zalivu. Pomenuti taktičko-tehnički zahtevi postavljeni su 1992. godine, a predstavljali su osnovu za razvoj jurišnog mosta uz maksimalno korišćenje već postojećih sklopova i celina.

Krajem 1992. godine KoV SAD pristupio je konkursnim ispitivanjima tri varijante jurišnog mosta različitih firmi iz različitih zemalja:

— američko-nemačkog predloga na osnovi američkog tenka M1 AB-RAMS, sa nemačkom mosnom konstrukcijom mehanizovanog mosta LE-GUAN;

— izraelsko-američkog predloga koji u svojoj osnovi ima izraelski jurišni most ranije izrađen prema ugovoru sa KoV SAD;

— britansko-američkog predloga na osnovi tenka »CIFTEN (Chieftain) sa mosnom konstrukcijom No. 10.

U toku ispitivanja koja su obuhvatala po dva primerka svakog predloga, osnovna pažnja je posvećena radnoj sposobnosti mehanizma za polaganje konstrukcije preko prepreke, čvrstoći mosne konstrukcije, zaštiti nosećeg vozila i stepenu složenosti remonta i održavanja. Ispitivanja su se sastojala od 6 zadataka uređivanja prelaza preko vodene prepreke u punom obimu, 30 operacija razvijanja mosnih konstrukcija i vraćanja na noseće vozilo, vožnju jednog od dva vozila u dužini od 350 km, proveravanje čvrstine mosta prelaskom tereta klase 70, i to

preko jednog 2100 prelaza a preko drugog 5000 prelaza. U drugoj etapi ispitivanja planirano je da se izvrši još 2900 prelaza preko svakog mosta, proveri način opsluživanja svih vozila u punom obimu, uzimajući u obzir unesene korekcije i otklanjanje nedostataka otkrivenih u toku prve etape ispitivanja.

Konačna odluka o najboljoj varijanti trebalo je da bude doneta sredinom 1993. godine. Bilo je predviđeno da se 1995. godine izrade dva predserijska primerka, a da se u jesen 1998. godine isporuči prva serijski izrađena partija od 20 jurišnih mostova HAB. Pretpostavlja se da će se u naredne tri godine naručivati po 25, 30 i 31 jurišni most HAB godišnje. Snagama KoV potrebno je ukupno 106 ovih jurišnih mostova koji će biti uvedeni u naoružanje oklopnih divizija.

Nemački jurišni most PzBz(K) izrađen je na osnovi tenka LEOPARD-1 koja se koristi i kao nosač polagača mosta BIBER. Jurišni most ima dve mosne konstrukcije dužine 12 m za opterećenja klase 70, koje se polažu preko prepreke jedna za drugom. Mostovi se ne rastavljaju i imaju mehanizam za razvijanje na navlačenje. Kolovozi su širine 1,55 m, a ukupna širina mosta je 4 m. Korišćenje kratkih mostova je rezultat procene da je veći deo prepreka u Evropi (oko 85%) širine do 10 m. Predviđa se da će se PzBz(K) koristiti u oklopnim inženjerskim četama u brigadama (po tri vozila sa 6 mostova u svakoj brigadi).

Nemački jurišni most PzFstBz 2000 je perspektivno sredstvo za savlađivanje vodenih prepreka širine 10 do 40 m za opterećenja klase 60. PzFstBz 2000 smatra se međusredstvom između jurišnih mostova i pontonskih parkova. Osnova ovog sredstva biće tenk LEOPARD-2, a nosiće višedelnu mosnu konstrukciju navlačećeg tipa. Planirano je da njegov razvoj počne 1995. godine i traje do 2005.

Osnovni tehnički podaci za jurišne mostove

Model (zemlja)	Osnova (tenk)	Masa (t) (klasa nosivo- sti mosta)	Dimenzije (m)	Širina prepre- ke (m)	Vreme polaga- nja (min)	Brzina (km/h)
HAB (SAD)	M1 ABRAMS	64,6 (70)	13,4x4x3,9	24	5	72
PzBz (K) (Nemačka)	LEOPARD-1	(70)	11,2x4x3,5	20	5	60
PzFs tBz 2000 (Nemačka)	LEOPARD-2	(60)	11,2x4,4x3,9	10 do 40	5 do 10	60
TMB (Engleska)	ČIFTEN	54,1; 48,1 ili 46,8 (70)	13x4x3,9	24,5; 14,5 ili 12	3	40
VAB*) (Engleska)	VIKERS	43,9 (60 i 70)	13,7x4,2x3,3	12	5	48
»Aligator« (Izrael)	AMX-13	20,3 (30)	9x3,2x3,6	20	8	51

*) Razvijen radi prodaje u inostranstvu.

Britanski jurišni most IMB razvija se po programu BR90, a sastoji se od osnove neznatno modernizovanog jurišnog mosta FV4205 sa garniturom mostova različite dužine, za opterećenje klase 70 koju čine:

— No. 10 — dvodelni rasklapajući, ukupne dužine 26 m, sa kolovoznim blokovima tri tipa — srednji 4 m, na rampama 8 m i na zglobovima 2 m. Takođe, moguće je polaganje mosta dužine 21 m sa međuosloncem;

— No. 11 — sa kolovoznim blokovima dužine 8 m, ukupne dužine 16 m;

— No. 12 — sklapa se od neunificiranih kolovoznih blokova dužine 13 m. Relativno mala visina (70 cm) i masa kolovoznih blokova omogućava prevoženje dva mosta na jednoj šasiji, tako da se mogu polagati jedan za drugim na dve prepreke, ili se može premostiti jedna šira prepreka.

Po potrebi, za izradu prelaza preko vodene prepreke velike širine može

se polagati nekoliko mostova različite dužine. U komplet jurišnog mosta takođe ulazi transporter rezervnih mostova TBT na četvoroslovnoskom vozilu velike prohodnosti, opremljenom sredstvima za pretovar.

Izraelski jurišni most ALIGATOR sastoji se od tri celine: dve mosne konstrukcije dužine 22 i 15 m za opterećenja klase 30, i osnove lakog francuskog tenka AMX-13. Mostovi sa odvojitivim kolovoznim blokovima na rampama izrađeni su od legure aluminijuma velike čvrstoće. Polaganjem mosta može se upravljati ručno i automatski. Ispitivanja su završena tako da je jurišni most spreman za proizvodnju.

Osnovni tehnički podaci za jurišne mostove prikazani su u tabeli 1.

— nastaviće se —

P. Marjanović

TAKTIČKI LOVAČKI AVION MIRAGE 2000D*)

Krajem marta 1994. godine u sastav RV Francuske uveden je taktički lovački avion MIRAGE 2000D. To je prvi francuski lovački avion namenjen za savlađivanje protivničke PVO na malim visinama i za napade na ciljeve na zemlji u svim vremenskim uslovima, danju i noću, korišćenjem nuklearnih i konvencionalnih ubojnih sredstava velike preciznosti sa laserskim sistemima vođenja. Od prethodne modifikacije MIRAGE 2000N on se razlikuje po usavršenoj elektronskoj opremi (uključujući sistem za upravljanje letom i napadno-navigacijski sistem), sredstvima za elektronska dejstva kao i po mogućnostima korišćenja perspektivnih vođenih raketa klase vazduh-zemlja APACHE, koje bi trebalo da budu uvedene u naoružanje 1997. godine.

Odluka o razvoju ove varijante aviona doneta je 1988. godine, radovi na razvoju bili su završeni 1991. godine, a prvi put je poleteo februara iste godine. Realizacija programa ispitivanja u vazдушnom prostoru počela je marta 1991. godine, a završena je u leto 1993. posle uspešnih lansiranja vođenih raketnih projektila vazduh-zemlja AS-30L sa laserskim glavama za samonavođenje.

Konstrukcija aviona

Avion ima nisko postavljeno trouglasto krilo (ugao strele napadne ivice krila je 58°) i jedan vertikalni stabilizator. Stajni trap je tipa tricikl, pritisak vazduha u pneumaticima glavnog stajnog trapa je 15 bara, a u pneumaticu prednjeg točka 8 bara. Specifi-

nost konstrukcije sačinjava snažna i razvijena mehanika krila sa automatski upravljanim pretkrilcima po celoj dužini prednje ivice krila i dvodelnim elevonima po celom razmahu krila. Korišćeni su kompozitni materijali, a bočni uvodnici vazduha imaju odvajajuće graničnog sloja. Sa gornje i donje strane krila postavljene su vazdušne kočnice.

Pogonska grupa i sistem za napajanje gorivom

Pogon avionu omogućava dvoprotočni jednoosovinski turbomlazni motor M53-P2 sa potiskom na maksimalnom režimu sa naknadnim sagorevanjem, od 95,15 kN. Motor ima osmostepeni kompresor, prstenastu komoru za sagorevanje, dvostepenu turbinu i podešavajući mlaznik. Sistem podešavanja motora je hidromehanički, a za puštanje u rad koristi se gasnoturbinski starter snage 110,4 kW. Osnovne karakteristike motora date su tabelarno.

Osnovne karakteristike motora M53-P2

Maksimalni potisak (kN):	
— bez naknadnog sagorevanja	63,76
— sa naknadnim sagorevanjem	95,15
Potrošnja vazduha (kg/s)	94
Stepen kompresije	9,8
Temperatura gasova ispred turbine (°C)	1275
Stepen dvoprotočnosti	0,3
Masa suvog motora (kg)	1450
Dimenzije (m):	
— dužina	4,85
— prečnik	1,08

Zamena motora od trenutka sletanja aviona do poletanja sa novim motorom ne sme da traje duže od 3 časa.

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ ВОЕННОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 8/1994.

Zapremina unutrašnjih rezervoara za gorivo (u kesonima krila i stabilizatora) je 3870 l. Pored toga, na potkrilnim nosačima avion može da ponesi jedan spoljašnji rezervoar za go-

Radio i elektronska oprema

Osnovu ove opreme sačinjava u-savršeni nišansko-navigacijski sistem sa korekcijama prema podacima sate-



Sl. 1 — Taktički lovački avion MIRAGE 2000D

rivo, zapremine 1700 l, i jedan ispod trupa zapremine 1300 l. Avion, takođe, ima sistem sa uvlačećom sondom za napajanje gorivom u vazдушnom prostoru.

Avionski sistemi

Sistem za upravljanje avionom je četverostruki elektrodaljinski. Pored toga, poseduje i uređaj za slučaj havarije koji se napaja iz odvojenog akumulatora. Ovaj sistem obezbeđuje stabilnost i upravljivost u celom dijazonu brzina i visina, uključujući letenje na granično malim visinama i sa velikim brzinama, a i u ekstremnim uslovima leta na malim brzinama i sa velikim napadnim uglovima.

Dva nezavisna hidraulička sistema, sa radnim pritiskom od 280 bara, obezbeđuju pokretanje komandnih površina aviona, izvlačenje i uvlačenje stajnog trapa i aktiviranje vazдушnih kočnica. Kao izvori električne energije služe dva generatora naizmjenične struje i akumulator kapaciteta 40 Ah.

litskog radio-navigacijskog sistema NAVSTAR. Navedeni sistem je udvostručen, a sastoji se od centralnog računara tipa 2084, višefunkcionalnog radara ANTILOPA-5, inercijalnog navigacijskog sistema ULIS-52, prijemnika sistema NAVSTAR, kontejnerizovanog optroničkog sistema ATLIS (Automatic Tracking Laser Illumination System), automatskog pilota tipa 605 i radio-visinomera. Za dejstvovanje u složenim meteoroloških uslovima i noću koristi se IC stanica za osmatranje prednje hemisfere RUBIS, koja je smeštena u podvešenom kontejneru.

Impulsno-doplerovski radar ANTILOPA-5 smešten je u nosnom delu trupa aviona i koristi se za otkrivanje ciljeva u vazдушnom prostoru, na zemlji i vodi, kao i za rešavanje navigacijskih zadataka. Ovaj radar obezbeđuje letenje u režimu praćenja reljefa zemljišta na malim i granično malim visinama. Funkcioniše u dijazonu od 10 do 20 GHz, a podatke prikazuje na višefunkcionalnim pokazivačima u kabinama pilota i pilota-operatora. Masa radara bez antene je 230 kg.

Optronički sistem ATLAS namenjen je za otkrivanje i automatsko praćenje ciljeva na zemlji i njihovo »osvetljavanje« laserskim snopom. Sastoji se od televizijske kamere koja radi u vidljivoj dijapazonu i delu spektra koji je bliži IC, laserskog daljinomera koji je istovremeno i pokazivač cilja (radne talasne dužine 1,06 μm) i žirostabilizovanog ogledala. Sve to smešteno je u pokretnoj tureli koja je zglobno povezana sa podvešenim kontejnerom. U tureli su, takođe, smešteni blok za napajanje električnom energijom i računar. Pored toga, u kabini pilota-operatora postavljen je pokazivač na kome se prikazuje televizijska slika zemljišta, i komandna tabla.

Domet otkrivanja ciljeva pomoću televizijske kamere je 10 km. Posle navođenja sistema na cilj i uključivanja lasera prelazi se na režim automatskog praćenja. Žirostabilizovano ogledalo obezbeđuje paralelnost laserskog snopa sa vizirnom linijom televizijske kamere. Računar daje komande za upravljanje položajem pokretne turele, a laserski snop se automatski drži na cilju nezavisno od položaja aviona.

Kontejnerski uređaj za IC osmatranje prednje hemisfere RUBIS koristi se za traganje i prepoznavanje ciljeva, kao i za pilotiranje u noćnim uslovima i pri ograničenoj vidljivosti. Radi u dijapazonu 8 do 12 μm i može da se prebacuje na jedno od četiri vidna polja sa četvorostrukim uvećanjem: široko ($24 \times 16^\circ$ ili $12 \times 8^\circ$) koje se koristi u režimu osmatranja, i usko ($6 \times 4^\circ$ ili $3 \times 2^\circ$) za raspoznavanje i automatsko praćenje cilja. Dužina podvešenog kontejnera je 2,65 m, prečnik 0,28 m, a masa 110 kg.

Nišansko-navigacijski sistem aviona MIRAGE 2000D omogućava letenje na maloj visini (do 60 m — ranije do 90 m) brzinom oko 1000 km/h u automatskom režimu praćenja konfiguracije zemljišta, i obezbeđuje prikazivanje ciljeva za potrebe primene ubojnih

sredstava sa laserskim glavama samonavođenja i inercijalnim sistemima navođenja. Tačnost vođenja (verovatno kružno skretanje) raketnog projektila sa laserskom glavom samonavođenja je 1 m, a vođenog projektila APACHE je manje od 10 m.

Radi smanjenja opterećenja članova posade informacijama predviđeno je prikazivanje najvažnijih na pokazivačima ugrađenim na šlemu VEM-130. Na usavršenim višefunkcionalnim pokazivačima u kabinama pilota i pilota-operatora mogu se prikazati informacije od avionskih radio-elektronskih sistema u automatskom i poluautomatskom režimu sa prikazivanjem digitalne karte zemljišta, kao i marš-ruta leta. Avionski modul automatizovanog zemaljskog sistema za planiranje letачkih zadataka sadrži navigacijske podatke o 100 mogućih marš-ruta, uključujući i letove na malim visinama, kao i digitalnu kartu zemljišta površine 1000000 km^2 .

Sistem za elektronska dejstva je važan elemenat za opstanak aviona u borbenim uslovima. Sinhronizovan je sa nišansko-navigacijskim sistemom i objedinjuje prijemnike upozorenja o ozračenosti aviona, sredstva za aktivno ometanje u radio-dijapazonu i uređaj za izbacivanje IC mamaca. Sredstva veze čine KT i UKT radio-stanice.

Naoružanje

Avion MIRAGE 2000D nema ugrađeno naoružanje. Za ubojna sredstva koja se postavljaju spolja predviđeno je devet držača (4 potkrilna i 5 podtrupnih). Avion može da ponese vođene rakete ASMP sa nuklearnom bojnog glavom, AS-30L i APACHE klase vazduh-zemlja, R.550 MAGIC-2 klase vazduh-vazduh malog dometa, vođene avionske bombe BGL mase 1000 kg, avionske kasete BELUGA — BIG-66, protivbetonske avionske bombe BAP-100, rasprskavajuće bombe BAT-120, bom-

Naziv ili oznaka i godina uvođenja u naoružanje	Tip	Masa (kg)	Tip bojne glave (masa — kg)	Maksimalni domet (km)	Sistem vođenja (verovatno kružno skretanje) (m)
ASMP, 1986.	vođena raketa	1000	nuklearna (150)	350	inercijalni (300)
APACHE 1997.	vođena raketa	1230	parčadno-razorna (770)	150	Isto (ispod 10)
AS-30L 1983.	vođena raketa	520	parčadno-razorna (240)	15	laserski poluaktivni (1)
R.550 MAGIC-2 1985.	vođena raketa	89	parčadna (12)	15	infracrveni (2—4)
BGL-1000 1984.	vođena avio-bomba	990	razorna (850)	8	laserski poluaktivni (1)
BAP-100 1980.	avio-bomba	36	razorna (20)	—	—
BAT-120 1982.	avio-bomba	36	parčadna (26)	—	—
EU2 SFA 1985.	avio-bomba	245	razorna (87)	—	—
BIG-66 BELUGA 1980.	avion-ska kasetna	285	kasetna bomba (151 po 1,2)	—	—
SNEB	nevođene rakete	68*)	parčadno-razorna (3) ili kumulativna (1,8)	2 do 4	—

* Kalibar (mm)

be opšte namene mase 250 kg i nevođene rakete SNEB, kalibra 68 mm. Maksimalni ubojni teret aviona je 6200 kg.

Vođeni raketni projektil vazduh-zemlja ASMP ima nadzvučnu brzinu ($M=3$), nuklearnu bojnu glavu od 300 kt a domet joj je oko 350 km, pa se

može lansirati van zone dejstva protivničke PVO. Inercijalni sistem vođenja ove rakete karakteriše se visokom otpornošću na ometanje, nema nikakvo zračenje, a može da dejstvuje u svim vremenskim uslovima. Ovaj sistem je povezan sa računarom rakete u koji se prethodno uvode parametri borbenog zadatka i leta vođenog projektila pre-

ma cilju (kurs, visina, brzina, profil putanje). Pred lansiranje vrši se popravka parametara pomoću nišansko-navigacijskog sistema aviona-raketonosca.

Za pogon vođene rakete ASMP koriste se kombinovani raketno-protočni motor. Dužina rakete je 5,38 m, prečnik 0,38 m, a razmah krila 1,2 m.

Vođena raketa AS-30L vazduh-zemlja sa laserskim poluaktivnim sistemom vođenja ima nadzvučnu brzinu i veliku preciznost pogađanja cilja. Posедуje snažnu parčadno-razornu bojnu glavu, koja je razvijena na osnovu avionske bombe opšte namene od 250 kg, dok je upaljač kontaktni sa usporenjem aktiviranja eksploziva, radi omogućavanja što dubljeg prodiranja bojne glave u cilj. Raketa ima normalnu aerodinamičku šemu sa krstastim krilom na cilindričnom telu i sa komandnim površinama u repnom delu rakete. Za njen pogon služi raketni motor na čvrsto gorivo sa dva mlaznika koji su postavljeni sa obe strane tela rakete. Dužina rakete je 3,65 m prečnik 0,34 m, razmah krila 1 m, a masa 520 kg.

Vođena raketa R.550 MAGIC-2 vazduh-vazduh malog je dometa, ima pasivnu IC glavu za samonavođenje koja obezbeđuje njenu kružnu primenu (zahvaljujući mozaičkom IC prijemniku velike osetljivosti). Maksimalna brzina ove rakete je $M=2$, a raspoloživo preopterećenje pri manevrisanju dostiže 50 jedinica.

U čeonom delu cilindričnog tela rakete postavljene su krstaste dvostruke površine — nepokretne i pokretne. Prve služe za stabilizaciju struje vazduha i povećanje efikasnosti pokretnih površina, tako da obezbeđuju velike manevarske sposobnosti rakete. U repnom delu smešteno je krstasto krilo koje se slobodno okreće oko bloka mlaznika. Pogon raketi obezbeđuje raketni motor na čvrsto gorivo, a bojna

glava ima kontaktni i IC nekontaktni upaljač. Dužina rakete je 2,75 m, prečnik tela 0,157 m, a razmah krila 0,66 m.

Vođena avionska bomba BGL-1000 razvijena je na osnovu razorne bombe mase 1000 kg, dodavanjem odvojivog kompleksa poluaktivnog laserskog vođenja EBLIS, i repnog aerodinamičkog modula. Upravljanje vođenom bombom, u toku njenog leta ka cilju, vrši se pomoću dva para diferencijalnih kormila ugrađenih u prednjem delu bombe, i repnim krstastim krilom sa konzolama koje se razvija posle odbacivanja. Daljina »hvatanja« cilja pomoću laserske glave za samonavođenje zavisi od meteoroloških uslova i kreće se od 4 do 8 km. Avion može da upotrebljava ove bombe iz horizontalnog leta, i iz propinjanja. Dužina bombe je 3,4 m, razmah krila 1,4 m, a komandnih površina 0,65 m.

Protivbetonska bomba BAP-100 namenjena je za rušenje poletno-sletnih staza na aerodromima a može se koristiti pri letu aviona na visinama do 60 m u dijapazonu brzina od 600 do 1000 km/h. Bomba ima cilindrično telo dužine 1,8 m, prečnika 0,1 m, i krakaste repne površine sa razmahom od 0,22 m. Može da probije betonsku podlogu debljine oko 40 cm. Aktiviranje eksploziva može biti praktično trenutno (kroz 5 ms) ili sa različitim vremenom usporenja (do nekoliko časova), zavisno od podešenosti upaljača. Bombe BAP-100 podvešavaju se na nosače bombi aviona pomoću specijalnih adaptera predviđenih za snopove od 6 ili 8 bombi.

Avionska bomba BAT-120 proizvodi se u dve varijante: AMV — opšte namene i ABL — za korišćenje protiv lakooklopljenih ciljeva. Posle odvajanja od aviona bomba se koči padobranom do trenutka dodira sa zemljom, tako da na kraju putanje ona praktič-

no dolazi u vertikalni položaj. Lovački avion MIRAGE 2000D može da ponese snop od 9 bombi ili 18 bombi u dva snopa, pri čemu može da uništava objekte na površini od 35000 m². Dužina bombe je 1,5 m, a prečnik 0,12 m.

Bomba opšte namene EU2 mase 250 kg ima kočioni padobran — usporivač SFA uz čiju pomoć se mogu bombardovati ciljevi sa granično malih visina (do 24 m) sa brzinama aviona u rasponu od 650 do 1200 km/h, sa uspo- renjem aktiviranja bombe u intervalu od 0 do 24 časa. Dužina bombe je 2,25 m, a prečnik 0,27 m.

Kasetna bomba BIG-66 BELUGA namenjena je za napad na površinske ciljeve sa visina od 60 do 120 m i u rasponu brzina aviona od 630 do 1000 km/h. Aerodinamičkog je oblika i po spoljašnjem izgledu podseća na običnu avionsku bombu sa četvorokrakim stabilizatorom. Kasetna sadrži 151 malokalibarsku bombu sfernog oblika (mase 1,2 kg i prečnika 66 mm). Bombe iz jedne kasete rasejavaju se po površini od 120 x 40 m ili 240 x 40 m. Dužina napadane zone od 120 ili 240 m bira se zavisno od borbenog zadatka, a određuje je pilot pre bombardovanja. Masa pune kasete je 285 kg, dužina 3,3 m, a prečnik 0,36 m.

U odnosu na vođene raketne projekte i vođene avionske bombe, nevođene rakete, koje se koriste za napade po ciljevima na zemlji, nemaju veliku preciznost, ali su veoma pouzdane i jeftine. Pored toga, avion može da ponese veliki broj nevođenih raketa smeštenih u 4 sačasta lansera za višekratnu upotrebu sa po 18 nevođenih raketa SNEB. Nevođene rakete imaju parčadno-razorne ili kumulativne bojne glave sa udarnim piezoelektričnim upaljačima. Ove rakete se stabilizuju na putanji pomoću rotacije, a broj o-

brtaja im je 30 min⁻¹. Obrtni moment ostvaruju repna peraja koja se šire posle lansiranja (8 peraja sa uvijanjem po prednjoj ivici). Dužina rakete je 0,925 m, masa pri lansiranju 5,05 kg, a masa bojne glave 1,8 kg.

Balističke proračune i zadatke vezane za primenu svih vrsta avionskog naoružanja obavljaju centralni i pomoćni računari aviona.

Isporuka serijski izrađenih aviona MIRAGE 2000D počela je jula 1993.

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike aviona MIRAGE 2000D

Posada (članova)	2
Masa (kg):	
— maksimalna u poletanju	16500
— maksimalni borbeni teret	6200
Maksimalna brzina (maha)	2,2
Praktični vrhunac leta (m)	18000
Borbeni radijus sa spoljašnjim rezervoarima (km):	
— pri letu na maloj visini	700
— pri letu na velikoj visini	1750
Vreme penjanja na visinu od 15000 m pri brzini M=2 (min)	4
Maksimalno opterećenje na krilo (kg/m ²)	230
Raspoloživo normalno preopterećenje	9
Dužina aviona (m)	14,6
Razmah krila (m)	9,1
Visina (m)	5,3

godine. U jedinicama zamenjuju zastarele avione MIRAGE-3. Komanda francuskog RV planirala je nabavku 75 aviona MIRAGE 2000D.

P. Marjanović

PERSPEKTIVNI EVROPSKI TAKTIČKI LOVAČKI AVION EF2000*)

Dve godine posle planiranog roka, marta 1994. godine, obavljen je prvi let prototipa evropskog taktičkog lovca EF2000 koji je trajao 45 minuta. Razvoj je poveren konzorcijumu nekoliko evropskih država EUROFIGHTER.

Projekt zajedničkog razvoja taktičkog lovca nove generacije, namenjenog za rešavanje zadataka PVO i napada na ciljeve na kopnu i moru, pokrenut je 1983. godine. Avion je dobio naziv EFA (European Fighter Aircraft), a njegove glavne karakteristike trebalo je da budu nadzvučna brzina krstarenja pri radu motora bez naknadnog sagorevanja, visoka upravljivost i manevarske osobine, primena »stealth« tehnologije radi smanjivanja radarskog odraza, smanjena dužina poletanja i sletanja, poboljšana pouzdanost i jednostavna eksploatacija. Planirano je da ovaj avion zameni lovce PVO u Velikoj Britaniji — LIGHTNING, PHANTOM EG. 1 i — FGR. 2; u Nemačkoj — F-4F; u Italiji — F-104S; u Španiji — F-4C, MIRAGE-3 i F-1. U ovaj projekt ušla je i Francuska 1985. godine.

Do kraja 1988. određeni su taktičko-tehnički zahtevi, tehnički oblik aviona (pogonska grupa, sastav avionske opreme i naoružanje), broj naručenih aviona, kao i pojedinačno učešće svake zemlje u projektu. Za osnovni model odabran je engleski dvomotorni eksperimentalni demonstracioni lovac EAP. Britanski i nemački proizvođači dobili su po 33% radova, Italija 21 i Španija 13. Po tome, svaka navedena zemlja obavezala se da nabavi po 250, 165, odnosno 100 aviona.

Za ispitivanja u vazдушnom prostoru, koja su prvobitno planirana u tra-

janju od 4800 časova, sa početkom sredinom 1992. godine, bilo je predviđeno da se izradi osam ispitnih aviona, uključujući i dva dvosedna. Predviđalo se da masovna proizvodnja otpočne u toku 1994. godine, a isporuka serijskih aviona u toku 1997. Međutim, u toku realizacije pojavile su se poteškoće uglavnom zbog nemogućnosti završetka razvoja nekih važnih sistema i avionskih uređaja, kao što su sistemi za upravljanje letom, avionski radar i slično, dok je glavni razlog bio porast troškova. To je i bio razlog što je Nemačka 1992. prestala da finansira ovaj projekt, pa su time bili poremećeni rokovi njegove realizacije.

Krajem 1993. godine postignut je međudržavni dogovor o nastavku programa i formulisani su novi, skromniji taktičko-tehnički zahtevi, koji su bili odraz izmena u vojno-političkoj situaciji u svetu, i potreba u uštedi do 30% sredstava koja su bila prvobitno određena. Kompromisnim rešenjem bila je predviđena delimična revizija projekta kome je dodeljen novi naziv — EF2000 (European Fighter 2000). Osnovu daljih radova predstavljali su prvobitno izabrana konstrukcija aviona i motora, a umesto skupih sistema lovca, uključujući i naoružanje, mogu se koristiti manje savremena ali jeftinija rešenja. Tako bi se omogućilo da svaka zemlja — učesnica u razvoju ostane u okviru sredstava koja su ranije određena za razvoj aviona EFA.

Nemačka je smanjila potrebe nabavke na 140 aviona, Italija na 130, Španija na 82, tako da je ukupna narudžbina smanjena sa 765 na 602 aviona. Takođe, odlučeno je da se broj ispitnih aviona smanji, kao i obim ispitivanja na 4500 časova. Do jeseni 1994. godine sklopljena su prva dva ispitna aviona DA-1 i DA-2. Umesto serijskih motora EJ-200 u ove avione su ugrađeni motori RB.199-34R. Predviđena je njihova zamena u toku 1996. godine. Do maja 1994. oba ispitna aviona imala su

*) Prema podacima iz časopisa ЗАРУБЕЖНОЕ БОЕНОЕ ОБОЗРЕНИЕ, 9/1994.

ukupni nalet od 10 časova na visinama do 6000 metara i sa brzinama do 760 km/h.

Konstrukcione karakteristike aviona EF2000 odražavaju težnju konstruktora da iskoriste poslednja dostignuća u oblasti aviogradnje i elektronike. Da bi obezbedili potreban nivo manevarskih sposobnosti, posebno na velikim napadnim uglovima, avion je projektovan sa nisko smeštenim trouglastim krilom sa uglom strele od 53° sa negativnom rezervom stabilnosti, dvodelnim zakrilcima i pretkrilcima, prednjim pokretnim komandnim horizontalnim površinama, vertikalnim stabilizatorom sa kormilom pravca bez

sa ugljenikom otpada 40%, na legure aluminijuma i litijuma — 20%, aluminijum — 18%, titan — 12% i plastične materijale sa staklenim vlaknima — 10%. U procesu sklapanja aviona koriste se tehnologije superplastičnog formiranja i difuznog zavarivanja. Zahvaljujući tome, masa aviona je smanjena za oko 30% u poređenju sa prvobitnim procenama. Za smanjenje radarskog odraza predloženo je korišćenje feritnih materijala koji apsorbuju radio-talase.

Predviđeno je da pogonsku grupu čine dva nova dvoprotočna turbomlazna motora sa naknadnim sagorevanjem. To su motori EJ.200 sa maksi-



Sl. 1 — Evropski taktički lovački avion

stabilizatora. Ovakva konstrukciona šema ima niz prednosti, a najvažnija je smanjivanje otpora aviona pri nadzvučnim brzinama.

U konstrukciji zmaya aviona EF2000 korišćeni su savremeni i perspektivni konstrukcioni materijali: kompozitni materijali na bazi ugljenika, plastični materijali sa staklenim vlaknima i metali kao što su titan i legure aluminijuma i litijuma. U ukupnoj površini trupa njihov sadržaj iznosi: 70, 12 i 18%. Od ukupne mase zmaya aviona na plastične materijale

malnim potiskom od 90 kN. Motor EJ.200 sastoji se od šest modula, uključujući trostepeni ventilator i petostepeni kompresor visokog pritiska koji dobijaju pogon od dve jednostepene hladene turbine, prstenaste komore sagorevanja isparivačkog tipa profilisanih nadzvučnih podešavajućih izduvnih mlaznika. Konstrukcione osobine motora imaju široke mogućnosti podešavanja za obezbeđivanje optimalnih parametara radnog procesa, liveni diskovi (zajedno sa lopaticama) radnih kola ventilatora i prvog stepena kompre-

sora visokog pritiska, monokristalne lopatice i diskovi turbina izrađeni od metalokeramike. Motor ima potpuni digitalni sistem podešavanja sa ugrađenom kontrolom i objedinjenim sistemom za dijagnostiku koji omogućava izvođenje radova održavanja »prema stanju«, čime se znatno smanjuju eksploatacioni troškovi. Stepenn tehnološkog rizika razvoja motora EJ.200 je vrlo mali zbog korišćenja poznatih tehnologija i konstrukcionih materijala.

U toku ispitivanja 11 eksperimentalnih motora na probnom stolu od 1988. godine ukupan broj časova rada bio je preko 2000, a od toga preko 1400 časova u fazi punog razvoja. Radi se na pripremi novog motora za ispitivanja u vazдушnom prostoru na ispitnom avionu DA-3.

Osnovne karakteristike motora EJ.200

Potisak (kN):	
— maksimalni bez naknadnog sagorevanja	60,037
— maksimalni sa naknadnim sagorevanjem	90,05
Ukupni stepen povećanja pritiska	26
Stepen dvoprotočnosti	0,4
Potrošnja vazduha (kg/s)	77
Maksimalna temperatura gasova ispred turbine (K)	oko 1900
Odnos potiska prema masi (kN/kg)	0,086
Masa motora (kg)	1038
Dužina (m)	4
Prečnik uvodnika vazduha (m)	0,74
Broj stepeni turbokompresora	10
Broj lopatica turbokompresora	1800

Gorivo se smešta u trupnim i integralnim rezervoarima koji potpuno zauzimaju prostore konzole krila.

Stajni trap je tipa tricikla, a sve noge stajnog trapa uvlače se unapred

u odnosu na pravac leta aviona, i to glavne u niše centropлана, a prednja u prostor ispod kabine pilota.

Avion EF2000 ima učetvorostručni digitalni elektrodaljski sistem upravljanja zajedno sa sistemom za upravljanje radom motora. Ovaj sistem obezbeđuje stabilnost, dobre manevarske sposobnosti aviona, optimalan aerodinamički kvalitet na svim režimima i u celom dijapazonu brzina i visina leta.

U sve uređaje, sisteme i podsisteme nezavisno od njihove funkcionalne namene, uvedeni su kablovi od optičkih vlakana koji su bolji od standardnih bakarnih provodnika po masi, propusnoj sposobnosti, otpornosti na ometanja, otpornosti na požar i neosetljivosti na elektromagnetsko delovanje nuklearne eksplozije.

Bilo je predviđeno da se borbenafikasnost aviona EF2000 poveća ugradnjom savremenih elektronskih sredstava čiji su osnovni elementi višefunkcionalni radar ECR 90, IC sistem IRST za otkrivanje i praćenje ciljeva i podsistem DASS za zaštitu aviona u uslovima elektronskog ometanja. Razvoj ovih sredstava nije završen, pa se ne može doći do tačnih podataka o njima.

Višerežimski impulsni doplerovski radar ECR 90 (European Collaborative Radar) proizvodi nekoliko evropskih zemalja, udruženih u konzorcijum EURORADAR. Kao osnova za njegov razvoj poslužio je radar britanskog lovca-jurišnika SEA HARRIER-FRS.2. Ovaj radar ima pljosnatu antensku rešetku kojom se upravlja po azimutu i mesnom uglu pomoću elektromehaničkog podsklopa vešanja. ERC 90 ima niz tehničkih novina kao, na primer, za pojačavač snage koristi se novi tip cevi progresivnog talasa sa spregnutim rezonatorima koja obezbeđuje povećanje snage na svim frekvencijama ponavljanja impulsa. Postojanje tri frekvencije

ponavljanja impulsa (niska, srednja i visoka) doprinosi da radar ima dodatne taktičke mogućnosti za otkrivanje i praćenje cilja.

Radar je optimiziran za borbu u vazдушnom prostoru i treba da rešava sledeće zadatke: otkrivanje (sa verovatnoćom od 0,8) ciljeva u vazдушnom prostoru koji imaju efektivnu refleksnu površinu 5 m² na daljinama do 150 km, registrovanje osam ciljeva uz jednovremeno praćenje jednog od njih na daljinama do 55 km, efikasno odvajanje ciljeva u vazдушnom prostoru od fona zemljine površine. Pored toga, ovaj radar treba da obezbedi let na maloj visini sa praćenjem reljefa zemljišta, da obavlja kartografisanje zemljišta (putem doplerovskog sužavanja zraka sa porastom doplerovskog pomaka cilja za vremenski period, kao i da obezbedi podatke o pokazivanju ciljeva na kopnu i na vodi, uključujući i režim selekcije pokretnih ciljeva.

Nekoliko firmi učestvuje u razvoju IC sistema IRST (Infra-Red Search and Track). On je pasivan, a namenjen je za rad u dva režima: protiv ciljeva u vazдушnom prostoru i ciljeva na zemlji. U režimu vazduh-vazduh sistem se koristi za pronalaženje i praćenje pojedinačnih i grupnih ciljeva na daljinama 7 do 9 km. U režimu vazduh-zemlja (voda) obavlja funkciju IC uređaja za osmatranje prednje hemisfere formiranjem toplotne karte zemljišta. Pored traganja za ciljevima omogućava rešavanje navigacijskih zadataka, pilotiranje i sletanje noću i pri ograničenoj vidljivosti.

IRST ima IC prijemnik sa dva dijapazona — 3 do 5 μ m i 8 do 14 μ m. Skaniranje prostora obavlja se pomoću obrtnog ogledala, a dobijena slika se uvodi u pokazivač na čeonom staklu pilotske kabine. Korišćenje ovakvog IC prijemnika povećava verovatnoću otkrivanja ciljeva.

Podsistem za elektronska dejstva DASS (Defensive Aids Sub-System)

predstavlja najskuplji elemenat avionske opreme. To je potpuno integrisani sistem (otkrivanje, klasifikacije ciljeva i ometanje) za borbu protiv protivničkih radarskih i IC sistema za vođenje raketa iz prednje i zadnje hemisfere.

Ovaj podsistem ima prijemnik radarskog ozračenja i uređaj za aktivno ometanje. Smešteni su u dva kontejnera na krajevima konzola krila i predstavljaju sastavni deo aerodinamičke šeme aviona. Pored toga, u DASS ulaze i prijemnik upozorenja laserskog ozračenja, uređaj za upozorenje o približavanju protivavionske rakete (doplerovski radar zaštite repa), ispuštajuća i vučna lažna radarska meta i uređaj za izbacivanje dipolnih reflektora i IC mamaca. Uređaj za elektronsko ometanje može jednovremeno da ometa nekoliko radara na osnovu prioriteta ugrožavanja koji određuje prijemnik za otkrivanje u režimu automatskog ili ručnog upravljanja sredstvima za priгуšivanje.

Visoka efikasnost ugrađenih avionskih sistema postignuta je korišćenjem velikog broja procesora, povećanjem brzine rada računara i kapaciteta njihovih memorija, kao i usavršavanjem softvera. Razmena informacija koje stižu od različitih navigacijskih i nišanskih davača i drugih elektronskih i radio-sredstava, obavlja se preko šest multipleksnih magistrala podataka, od kojih četiri zadovoljavaju standard MIL-STD-1553, a dve su izrađene od optičkih vlakana. To omogućava udvajanje obima rada softvera elektronske opreme aviona u odnosu na savremeni nivo lovačke avijacije.

Masovno korišćenje računarske tehnike omogućilo je da se automatizuje upravljanje avionom i realizuju nova tehnička rešenja iz oblasti uređaja za prikazivanje informacije i upravljanja. U pilotskoj kabini ugrađena su tri višefunkcionalna pokazivača (displeja) u boji i optronički pokazivač za prikazivanje informacija na čeonom staklu.

Pored toga, na šlemu pilota postoji nišan koji omogućava da glava za samo- navođenje rakete obavi brzi zahvat cilja. Okretanjem glave pilot poklapa oznaku nišana sa ciljem i pritiska dugme za koordinaciju. Nakon toga elektronski računar orijentiše glavu raket na antenu radara u pravcu cilja, kako bi se obezbedio zahvat cilja (prelazak na automatsko praćenje) a računar zatim vrši lansiranje vođene rakete.

U nove tehnologije koje su korišćene u razvoju ovog aviona, takođe spada i audio sistem sadejstva pilota sa avionskim sistemima koji omogućavaju pilotu da dobije informaciju i da upravlja letom služeći se svojim glasom. Ova mogućnost znatno smanjuje opterećenje pilota. Može se odabrati bilo koji pokazivač (displej), može se postaviti pitanje koliko je avion daleko od baze, koliko je ostalo goriva, na šta sistem odgovara ljudskim glasom. Pri tome nije potrebno pratiti instrumente niti pritiskati dugmad.

U naoružanje aviona spada ugrađeni automatski top kalibra 27 mm MAUSER, i do 8 vođenih raketa, avionske bombe i kasetne bombe, koji su podvešeni na 13 nosača (5 ispod trupa i 8 ispod krila). Predviđa se primena vođenih raketa AMRAAM AIM-120A ili ASPID italijanske proizvodnje klase vazduh-vazduh srednjeg dometa, SIDEWINDER AIM-9 ili ASRAAM AIM-132 kratkog dometa (nalazi se u fazi završnog razvoja u Velikoj Britaniji), a i MAVERICK AGM-65 klase vazduh-zemlja.

Važnu ulogu za odluku nemačke vlade o nastavku radova na razvoju lovca EF2000 odigrao je izveštaj stručnjaka ministarstva odbrane u kome je data ocena borbenih i finansijskih pokazatelja efikasnosti ovog aviona u odnosu na strane analoge. Borbena efi-

kasnost različitih aviona upoređivana je pomoću pokazatelja koji predstavljaju odnos opreme razmatranih aviona, koja je potrebna za rešavanje konkretnog borbenog zadatka, prema proračunatoj opremi lovca EF2000 za te is-

Osnovne taktičko-tehničke karakteristike lovca EF2000

Posada (članova)	1
Masa (kg):	
— praznog aviona	9750
— goriva u unutrašnjim rezervoarima	4000
— maksimalna poletna	21000
— ubojnog tereta (maksimalno)	6500
Maksimalna brzina (km/h):	
— na visini 11000 m	2200
— na nivou zemlje	1300
Radius dejstva sa spoljašnjim rezervoarima goriva (km)	do 1000
Dužina poletanja i sletanja (m)	do 500
Aerodinamički kvalitet	2,2
Maksimalno opterećenje na krilo (kg/m ²)	356
Dužina (m)	14,5
Razmah krila (m)	10,5
Visina (m)	oko 4
Površina krila (m ²)	50

te zadatke. Uporedna ocena po kriterijumu »troškovi-efikasnost« (cost-effectiveness) zasnovana je na primeni pokazatelja borbene efikasnosti i ceni serijskog aviona sa uzimanjem u obzir troškova za eksploataciju (podaci u tabeli).

Program ispitivanja ovog aviona u vazдушnom prostoru predviđa da svaki ispitni avion DA-1 i DA-2 obavi više od deset letova, zatim će se letenje obaviti radi pregleda i ugradnje standardne avionske opreme, čiji se razvoj nalazi u završnoj fazi. Za kraj prošle

Uporedna ocena borbenih i troškovnih pokazatelja efikasnosti savremenih i perspektivnih lovaca zapadnih zemalja

Oznaka i naziv aviona	Pokazatelj borbene efikasnosti	Pokazatelj troškovne efikasnosti
F-22 LIGHTENING-2	0,65	1,04
EF2000	1	1
F-15E EAGLE	1,1	1,17
RAFALE	1,23	1,23
TORNADO-ECR	2,35	2,35
F-16 FIGHTING FALCON	2,75	1,57
JAS.39 GRIPEN	3	1,92
F/A -18E HORNET	3,38	2,94
F/A -18C HORNET	3,86	2,82

godine bio je planiran početak ispitivanja u vazdušnom prostoru ispitnog aviona DA-3 u Italiji sa motorom EJ.200, a takođe i ispitivanja topa kalibra 27 mm gađanjem.

Što se tiče ostala 4 aviona, oni bi trebalo da polete do kraja 1995. godine. Avion DA-4 (prvi dvosed i prvi sa standardnom avionskom opremom) sklapaće se u Velikoj Britaniji, DA-5 u Nemačkoj, DA-6 (dvosed) u Španiji i DA-7 u Italiji.

Serijska proizvodnja lovca EF2000 trebalo bi da počne 1997. godine. Tekući plan predviđa isporuku aviona RV Velike Britanije i Italije u 2000. godini, Španiji u 2001. i Nemačkoj 2002. godini.

P. Marjanović

NIU »VOJSKA«, 11002 Beograd, Birčaninova 5
Telefoni: 645-020 i 656-122, lokali: 22-584 i 23-403
Telefax: 644-042, žirc-račun: 40823-849-0-2393

NARUDŽBENICA

Pretplaćujem(o) se na časopise za 1995. godinu, i to:

primeraka

1. VOJNOTEHNIČKI GLASNIK (stručni i naučni časopis VJ) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 30,00 dinara, polugodišnja pretplata 15,00 dinara;
2. NOVI GLASNIK (vojnostručni intervidovski časopis VJ), izlazi dvomesečno, u koloru, sa posebnim dodatkom uz svaki broj. Godišnja pretplata 60,00 dinara, polugodišnja pretplata 30,00 dinara;
3. VOJNO DELO (opštevojni teorijski časopis) izlazi dvomesečno. Godišnja pretplata 40,00 dinara, polugodišnja pretplata 20,00 dinara.

Broj primeraka časopisa koji se naručuje upisati u narudžbenicu i poslati na adresu: NIU »VOJSKA«, Birčaninova 5, 11002 Beograd.

Za pretplate fizičkih lica ne dostavljamo fakture. Poručioци uplaćuju iznos pretplate na žiro-račun NIU »VOJSKA«: 40823-849-0-2393 (sa naznakom za koji časopis) i šalju primerak uplatnice uz narudžbenicu.

U slučaju spora nadležan je Drugi opštinski sud u Beogradu.

Casopise slati na adresu:

Kupac
(prezime i ime, naziv ustanove i broj telefona)

Mesto ul. br.

Dana: 199..... god.

M.P.

.....
Potpis naručioca

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 novinskim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, sa jasnim mislima, bez daktilogrfskih 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, prof

KORICE

Milojko Milinković

KOREKTOR

Bojana Uzelac

Čena: 8,00 dinara

Tiraž: 1500 primeraka

