

VOJNOIZDAVAČKI ZAVOD

Direktor

Pukovnik
SLAVKO BRSTINA

UREĐIVAČKI ODBOR

Pukovnik
dr MILUN KOKANOVIĆ, dipl. inž.
(predsednik Odbora)

General-potpukovnik
BRANISLAV OBRADOVIĆ, dipl. inž.

General-potpukovnik
dr SINIŠA BOROVIĆ, dipl. inž.

General-potpukovnik
dr JUGOSLAV KODŽOPELJIĆ, dipl. inž.

General-major
dr SLOBODAN BURSAČ, dipl. inž.

General-major
MILAN UZELAC, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILENKO ŽIVALJEVIĆ, dipl. inž.
(zamenik predsednika Odbora)

Pukovnik
SRBOLJUB PETROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
RADOSLAV BABIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MOMČILO MILINOVIĆ, dipl. inž.

Profesor
dr MILIĆ STOJČIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr RADOVAN MAKSIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr MILOVAN ČIROVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr BRANKO ĐEDOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr DRAGUTIN JOVANOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr SVETOMIR MINIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
dr ILIJA ZAGORAC, dipl. inž.

Pukovnik
DRAGOMIR KRSTOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
VOJISLAV MILINKOVIĆ, dipl. inž.

Pukovnik
mr RADOMIR ĐUKIĆ, dipl. inž.

Potpukovnik
STEVAN JOSIFOVIĆ, dipl. inž.
(sekretar Odbora)

* * *

Zastupa glavnog i odgovornog urednika

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

Sekretar redakcije

Zora Pavličević
(tel. 641-795, vojni 22-431)

ADRESA REDAKCIJE: VOJNOTEHNIČKI
GLASNIK – BEOGRAD, Balkanska 53.
Pretpлата tel.-fax: 3612-506, žiro-račun: 40818-
637-9-6319 za VIZ/VTG, poziv na broj 963/054.
Rukopisi se ne vraćaju. Štampa: Vojna štampa-
rija – Beograd, Generala Ždanova 40b.

STRUČNI I NAUČNI ČASOPIS VOJSKE JUGOSLAVIJE

VOJNOTEHNIČKI

G L A S N I K

2

GODINA XLIX • MART–APRIL 2001.

S A D R Ź A J

Dr Vasilije Mišković, pukovnik, dipl. inž.	
Mr Milić Milićević, major, dipl. inž.	
Dr Petar Stanojević, major, dipl. inž.	
Dr Radovan Maksić, pukovnik, dipl. inž.	
Dr Mladen Pantić, potpukovnik, dipl. inž.	
Dr Dragan Lazarević, pukovnik, dipl. inž.	
Mr Zoran Popović, pukovnik, dipl. inž.	
Sc Slobodan Ilić, kapetan I klase, dipl. inž.	
Sladjan M. Svrzić, pukovnik, dipl. inž.	
Dragan I. Čosović, potpukovnik, dipl. inž.	
Dejan Živković, dipl. inž.	
Slavica Vukelić, dr med.	
Dr Vlado N. Radić, potpukovnik, dipl. inž.	
Dr Milorad Radetić, dipl. inž.	
	MODEL I OCENJIVANJA I RANGIRANJA VARIJANTNIH REŠENJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA 135
	LOGISTIČKI PRISTUP RASELJAVANJU REZERV I PO-KRETNIH STVARI 147
	NEKI PARAMETRI RELEVANTNI ZA PROJEKTOVA-NJE TENKOVA 158
	MODERNIZACIJA BORBENIH VOZILA U PROCESU TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG OSAVREMENJAVANJA VOJSKE 170
	MOGUĆNOSTI USAVRŠAVANJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SREDSTAVA STRELJAČKOG NAORU-ŽANJA NA NIVOU TEHNIČKOG ODRŽAVANJA ... 182
	VEROVATNOĆA OTKRIVANJA SIGNALA SA FRE-KVENCISKIM SKAKANJEM KORIŠĆENJEM SAVRE-MENIH IZVIĐAČKIH RADIO-PRIJEMNIKA 194
	ELEKTRIČNA I MAGNETSKA POLJA VEOMA NISKIH FREKVENCIJA OKO VIDEO DISPLEJ TERMINALA . 205
	RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA KVALITETOM U INDUSTRIJI 213
	PRAVCI DALJEG RAZVOJA BORBENIH VOZILA PE-ŠADIJE 225

PRIKAZI IZ INOSTRANIH ČASOPISA

Modernizacija raketnog sistema PVO Strelja-10M – M.K. . .	233
Nove mogućnosti modernizovanog samohodnog topa PVO ZSU-23-4 – M.K.	234
Mobilni sistem za uništavanje protivpešadijskih mina – M.K. .	235
Mehanizovani mostovi inženjerije – M.K.	237

Razvoj vozila sa autonomnom navigacijom – M.S.	237
Novi helikopter Cougar za francusko vazduhoplovstvo – M.K.	238

TEHNIČKE NOVOSTI I ZANIMLJIVOSTI

Teleskopski oružni sistem 40 mm – V.R.	240
Modernizacija samohodne haubice 155 mm MSTA-S – M.K.	241
Sistem Stinger za oružane snage Grčke – M.K.	241
Oklopno vozilo BPM-97 – S.V.	242
Prvi letovi aviona X-32A i X-35A – S.V.	243
Bespilotna borbena letelica X-45A – S.V.	244
Razvoj novog prenosnog minskog detektora – M.K.	245
Višenamensko vozilo GAZ 3937 – S.V.	245
Poboljšani kompaktni procesori slike – M.S.	246

SEDNICA UREĐIVAČKOG ODBORA

Redovna sednica Uređivačkog odbora stručnog i naučnog časopisa VJ VOJNOTEHNIČKI GLASNIK održana je 7. marta 2001. godine u Tehničkoj upravi GŠ VJ, sa sledećim dnevnim redom:

1. Analiza rada redakcije i Uređivačkog odbora u 2000. godini i težišni zadaci za naredni period.

2. Razno.

Sednicom je rukovodio predsednik Odbora pukovnik dr Milun Kokanović, a izveštaj o radu u 2000. godini podneo je zastupnik glavnog i odgovornog urednika potpukovnik Stevan Josifović. Izveštaj je bio svestran i analitičan, a posebno su izneti podaci o: tiražu, obimu i troškovima publikovanja časopisa; plasmanu časopisa; vrsti i broju objavljenih naslova, broju objavljenih članaka prema pripadnosti autora i broju objavljenih radova prema tematskim oblastima.

Nakon podnetog izveštaja članovi Odbora su diskutovali o:

– naučno-stručnom profilu časopisa i o njegovoj reputaciji u VJ i izvan Vojske;

– saradnji autora i redakcije u pripremi članaka za štampu;

– ostvarenom transferu naučnih informacija;

– zastupljenosti pojedinih naučnih oblasti u objavljenim radovima;

– zastupljenosti radova iz pojedinih oblasti NIR-a;

– praćenju teorijskih dostignuća iz savremenih vojnih tzv. up-to-date tehnologija;

– orijentaciji autora na naučne informacije i radove iz oblasti: operacionih istraživanja i softvera, višekriterijumske analize i optimizacije, ekspertnih sistema za podršku odlučivanju, fazi skupova i fazi logike, simulacija i modeliranja, matematičkog programiranja, stohastičkih procesa, kvaliteta proizvoda, menadžmenta i dr.;

– boljoj saradnji sa autorima sa tehničkih fakulteta Univerziteta u Beogradu;

– odgovornosti pojedinih institucija VJ za angažovanje stručnjaka iz njihovih sredina u pisanju članaka za časopis;

– objavljivanju radova koji na stručan način obrađuju iskustva TSI iz agresije NATO na našu zemlju;

– autorskim honorarima;

– mogućnosti objavljivanja određenog broja izabranih radova prezentiranih na naučno-stručnim skupovima u nekoj od verzija (skraćenoj, proširenoj ili modifikovanoj);

– mogućnostima za smanjenje troškova štampanja časopisa;

– značaju vojnotehničkog znanja u budućnosti u službi ITOB, namenskoj industriji i izvoznim poslovima;

– mogućnostima razmene sa sličnim časopisima iz drugih zemalja u okviru međuarmske saradnje;

– motivaciji autora da svoje radove prezentuju stručnoj i naučnoj javnosti i stiču odgovarajuće reference;

– aktivnosti Redakcije usmerene na proširivanje kruga saradnika;

– pripremi koncepta prototipa profila časopisa za 21. vek, u skladu sa svetskim standardima dizajna i sadržaja.

U okviru druge tačke dnevnog reda članovi Odbora su upoznati sa predlogom za racionalizaciju troškova izdavačke delatnosti VJ u 2001. godini, a time i VTG, koji se odnosi na promenu periodičnosti izdavanja časopisa i korekciju tiraža. Članovi Odbora se zalažu da sve promene koje se odnose na koncepciju časopisa treba da budu razmotrene i na Uređivačkom odboru pre nego što se donesu konačne odluke.

Predloženo je da se u narednom periodu razmotri uključivanje predstavnika VTI i sektora za VPD SMO u Uređivački odbor, pošto svojim delokrugom rada svakako mogu pružiti određenu pomoć časopisu. Takođe, aktuelizovan je predlog da se razmotri proglašavanje najuspešnijeg ili najangažovanijeg autora časopisa u prethodnoj godini, ako ne na nivou Vojnoizdavačkog zavoda onda na nivou Uređivačkog odbora, kao svojevrstan vid popularizacije časopisa i odavanje priznanja autorima.

U završnoj reči predsednik Odbora je konstatovao da je zacrtani izdavački plan Redakcije VTG u potpunosti ispunjen i da je Redakcija učinila maksimalan napor kako bi održala redovnu produkciju. Istakao je, takođe, da bi članovi Uređivačkog odbora trebalo više nego do sada da se angažuju na podizanju kvaliteta časopisa. Izneseni predlozi biće razmotreni i, u meri koliko je to moguće, biće primenjivani u radu.

Težišni zadaci u radu Redakcije i Uređivačkog odbora u 2001. godini biće:

- redovna produkcija časopisa prema zacrtanoj programskoj koncepciji;
- održavanje kvaliteta objavljivanih radova na stručnom i naučnom nivou;
- proširivanje kruga autora i saradnika,
- permanentna popularizacija časopisa u VJ i društvu.

Redakcija

Dr Vasilije Mišković,
pukovnik, dipl. inž.
Mr Milić Milićević,
major, dipl. inž.
Dr Petar Stanojević,
major, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

MODELI OCENJIVANJA I RANGIRANJA VARIJANTNIH REŠENJA ORGANIZACIONO-TEHNOLOŠKIH SISTEMA

UDC: 65.01.001.41

Rezime:

U ovom radu prikazana su dva modela ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema. Osnovna razlika između ova dva modela je da li su kriterijumi za ocenu i rangiranje varijanti unapred dati ili ne. Izbor modela ocenjivanja i rangiranja varijanti zavisi od cilja i namene ocenjivanja i rangiranja, ali i od svakog konkretnog slučaja.

Postupak ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema u fazi projektovanja ili reprojektovanja izuzetno je složen i nameće rešavanje niza specifičnih problema koji zavise od namene i cilja ocenjivanja. U radu je prikazan i način rešavanja specifičnih problema, kao što su: kako doći do kvantifikacije karakteristika sistema, problema velikog broja kriterijuma za ocenu, problema velikog broja varijanti, problema rangiranja (posebno višekriterijumskog rangiranja).

Ključne reči: ocena sistema, model, kriterijum, višekriterijumsko rangiranje.

MODELS FOR EVALUATING AND RANKING VARIANT SOLUTIONS OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL SYSTEMS

Summary:

For evaluating and ranking variant solutions of organizational and technological systems, the paper presents two models of which the basic difference is whether criteria for variants evaluation and ranking are predetermined or not. The model choice depends on the evaluation and ranking purpose as well as on a particular case itself. The procedure of evaluating and ranking variant solutions in the phases of design and redesign is extremely complex and implies solving a sequence of specific problems depending on the evaluation purpose. The paper presents the solving of specific problems such as: reaching the system characteristics quantification, great number of evaluation criteria, great number of variants and ranking (especially multicriteria ranking).

Key words: system evaluation, model, criterion, multicriteria ranking.

Uvod

Ocenjivanje organizaciono-tehnoloških sistema (OTS) može imati različitu namenu i ciljeve. Najčešći slučajevi koji se pojavljuju su:

- ocena postojećeg organizaciono-tehnološkog sistema;

- rangiranje varijanti organizacije organizaciono-tehnološkog sistema u fazi njegovog projektovanja;

- rangiranje varijanti organizacije organizaciono-tehnološkog sistema u fazi njegovog reprojektovanja.

U slučaju ocenjivanja organizaciono-tehnoloških sistema, ocenjivanje pred-

stavlja upoređivanje njihove uspešnosti sa željenom ili projektovanom uspešnošću, pa je potrebno razlikovati projektovanu i željenu uspešnost OTS-a. Projektovana uspešnost sistema ne mora biti i željena uspešnost. Projektovanjem se teži da se dostigne željena uspešnost OTS. U slučaju kad OTS realno postoji i funkcioniše, na primer, zbog promene uslova, željena uspešnost može da se promeni. To nužno dovodi do odstupanja željenog od projektovanog stanja, i u tom slučaju se, kao neminovnost, pojavljuje potreba za reprojektovanjem OTS-a. Željena uspešnost OTS-a definiše se uspostavljanjem sistema načela, principa, kriterijuma i ograničenja kojima se opisuju željene karakteristike OTS-a.

U prvom slučaju, kada se ocenjuje postojeći sistem, najčešće se utvrđuje u kojoj meri je postojeći sistem dobro realizovan u odnosu na projektovani sistem. Tada se, u stvari, upoređuje uspešnost postojećeg OTS sa njegovom projektovanom uspešnošću. Ocenjivanje se obavlja merenjem karakteristika postojećeg OTS i njihovim upoređivanjem sa projektovanim karakteristikama. U zavisnosti od mere odstupanja tih karakteristika i uzroka tih odstupanja vrše se zahvati da se postojeći OTS uskladi sa projektovanim ili, ako je uzrok odstupanja u samom projektu OTS, pristupa se reprojektovanju OTS-a.

U drugom slučaju, ocenjivanje u fazi projektovanja OTS predstavlja, u stvari, upoređivanje varijanti organizacije OTS sa željenim stanjem i njihovo rangiranje. Problem koji se pojavljuje u ovom slučaju jeste kako odrediti vrednosti karakteristika varijanti kada one postoje samo kao projekat, a postoji nužnost njihovog ocenjivanja i rangiranja sa krajnjim ciljem da se izabere jedna varijanta i da se realizuje.

O posledicama pogrešnog izbora nije potrebno ni govoriti, posebno kada su u pitanju veliki i složeni OTS.

U trećem slučaju problem je isti kao i u drugom, s tim da, pošto se radi o reprojektovanju OTS-a, uvek se pri projektovanju i ocenjivanju i rangiranju mora uzimati u obzir i postojeći i projektovani OTS. Naime, reprojektovanje ne znači razaranje postojećeg sistema i gradnju novog, nego njegova dorada, poboljšanje, razvoj i promena u smislu evolucije, bez obzira na moguću skokovitost. To, praktično, znači da se reprojektovani sistem uvek bazira na već postojećem, inače se ne radi o reprojektovanju. U ovom slučaju definiše se novo željeno stanje, a ocenjivanje i rangiranje varijanti vrše se u odnosu na njega, a obavezno i u odnosu na postojeće stanje.

Cilj rada jeste da se prikažu neki mogući modeli ocene varijanti OTS u fazi projektovanja ili reprojektovanja sistema.

Pristup modelovanju ocenjivanja i rangiranja varijanti organizacionih rešenja OTS

Ocenjivanje i rangiranje varijanti OTS najčešće se zasniva na postavljanju (zadavanju) željenog stanja. Željeno stanje sistema odlikuje se karakterističnim vrednostima kriterijuma uspešnosti. U fazi projektovanja ili reprojektovanja OTS željeno stanje sistema je, u stvari, referentno stanje u odnosu na koje se ocenjuju varijante.

Karakteristike složenih OTS nameću potrebu za višedimenzionalnim pristupom posmatranja uspešnosti, što se najčešće očituje i iz određenih ciljeva i potciljeva OTS. Potrebno je naglasiti da i kada je osnovni cilj postizanje visoke

vrednosti uspešnosti funkcionisanja i efektivnosti, to treba uraditi uz najmanje moguće troškove. Jasno je da se ne može postići najviša vrednost uspešnosti funkcionisanja i efektivnosti a da troškovi istovremeno budu najmanji. U ovim slučajevima uvek se traži kompromisno rešenje. Prema tome, cilj je da se izabere takva varijanta strukture OTS koja će po dimenzionisanju elemenata koji je čine i prema karakterističnim potrebama dati najbolje vrednosti kriterijuma-parametara-mera uspešnosti u skladu sa postavljenim osnovnim ciljem.

Ne treba zaboraviti da je moguće i potrebno da se kriterijumi zadaju unapred u vidu ograničenja (minimalnih vrednosti postavljenih kriterijuma-ciljeva) koje treba postići projektovanjem ili u vidu intervala dozvoljenih odstupanja. Svaki od postavljenih kriterijuma može ujedno predstavljati i ograničenje. Na taj način se, u suštini, definiše „željeno stanje sistema“.

Određivanjem kriterijuma, njihovih minimalnih i (ili) maksimalnih vrednosti koje se moraju postići pri projektovanju, formira se funkcija cilja preko koje se vrednuju varijantna rešenja.

Da bi se proces modelovanja varijantnih rešenja u organizovanju OTS mogao uspešno realizovati potrebno je, pored ograničenja, odrediti i određene parametre pretpostavljenog funkcionisanja, kao što su, na primer, minimalni, poželjni i maksimalni raspon rukovođenja po nivoima u organizacionoj strukturi, pretpostavljeni nivo stručnosti pojedinih organa po pitanju rešavanja problema vezanih za funkcionisanje OTS, zahtevi za: vreme zastoja, verovatnoćom zadovoljenja zahteva u određenim periodima i po nivoima, verovatnoćom tačne dijagnostike, verovatnoćom kvalitetnog izvršenja tehnoloških zahteva, verovatnoćom tačnosti i gubitaka u procesu prenošenja informacija, itd.

U toku procesa modelovanja ocenjivanja i rangiranja varijanti organizovanja OTS-a javlja se i problem postavljanja opštih kriterijuma za ocenu valjanosti modela za ocenjivanje i rangiranje varijanti organizovanja OTS. Osnovni pristupi modelovanju procesa ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja mogu se posmatrati u odnosu na način definisanja kriterijuma.

Prvi pristup se primenjuje kada se kriterijumi za ocenu i rangiranje varijanti definišu, formalizuju i strukturiraju unapred. U tom slučaju u procesu modelovanja ocene i rangiranja modela organizovanja OTS javlja se potreba za rešavanjem nekoliko vrsta konkretnih problema, kao što su:

- izbor karakterističnih kriterijuma za ocenu i rangiranje organizovanja OTS iz skupa mogućih i onih koji se danas koriste za ocenu sličnih sistema u svetu;

- određivanje dimenzija, značenja i metodologije dobijanja vrednosti pojedinih kriterijuma i ograničenja;

- izbor optimizacionog modela operacionih istraživanja (prvenstveno među modelima za višekriterijumsko rangiranje) za sprovođenje matematičke procedure rangiranja i ocene varijantnih rešenja organizovanja OTS i njegovih podistema;

- određivanje vrednosti težinskih pokazatelja (ponderisanje) vrednosti pojedinih kriterijuma u konkretnom slučaju.

Drugi pristup se zasniva, u suštini, na sličnim postavkama kao i prethodni. Varijante se ocenjuju i rangiraju po nekim kriterijumima. Osnovna razlika je u tome da se pri rangiranju, u ovom slučaju, ne određuju unapred jedinstveni kriterijumi,

a ocenjivanje i rangiranje se obavljaju ekspertske. U ovom slučaju svaki ekspert mora da formira sopstveni sistem kriterijuma na osnovu kojeg rangira varijante, pri čemu taj sistem kriterijuma ne mora biti ni formalizovan ni posebno predstavljen, ali u svakom slučaju postoji. U procesu realizacije ovog pristupa javlja se problem usklađivanja ocena i ranga koje daju eksperti.

Opšti kriterijumi valjanosti modela za ocenjivanje i rangiranje varijanti organizovanja OTS

Omogućavanje ocenjivanja postojećeg i(ili) projektovanog OTS zahteva da se uvek određuju iste mere uspešnosti, i to one koje sa najvećim obuhvatom opisuju realno i željeno stanje. Svako projektovanje upravo i započinje ocenom postojećeg stanja. Kada sistem ne postoji polazi se od sličnih sistema.

Da bi model ocenjivanja i rangiranja varijanti organizovanja OTS dao dobre rezultate, on mora zadovoljiti sledeće opšte kriterijume:

- da obuhvati pojave (promenljive) o kojima se mogu dobiti podaci korišćenjem simulacionih i drugih modela i ekspertskim ocenjivanjem;

- da omogući ocenjivanje (upoređivanje) novoprojektovanog, postojećeg OTS i među varijantama;

- da bude invarijantan u odnosu na specifičnosti pojedinih rešenja organizovanja;

- da zadovolji zahteve učesnika u upravljanju OTS;

- da obezbedi sagledavanje ostvarenja ciljeva i potciljeva OTS;

- da se zbog stohastičke suštine procesa zasniva, prvenstveno, na teoriji verovatnoće i da obuhvati veličine koje opi-

suju razne aspekte produktivnosti i troškova;

- da uzme u obzir kriterijume koji se već zahtevaju u karakterističnim standardima i drugim rešenjima u svetu;

- da omogući praćenje promena u vremenu;

- da je primenljiv kako za ceo OTS, tako i za njegove funkcije, nivoe i pojedinačne organizacione celine,

- da omogući uključivanje u neki od optimizacionih modela operacionih istraživanja (prvenstveno u modele višekriterijskog rangiranja).

Problem velikog broja kriterijuma i velikog broja varijanti

U procesu projektovanja ili reprojektovanja složenih OTS često se javlja problem potrebe uspostavljanja velikog broja kriterijuma za ocenu i velikog broja varijanti. Broj karakteristika koje je potrebno ocenjivati kod složenih OTS je veliki, pa se otuda pojavljuje i veliki broj kriterijuma.

Pri uspostavljanju sistema kriterijuma javlja se nekoliko problema. Osnovni problemi su koje kriterijume treba izabrati za ocenu i koliki broj kriterijuma postaviti. Izbor kriterijuma zavisi od samog OTS-a i cilja ocenjivanja. Broj kriterijuma uslovljen je sa dva oprečna zahteva. Jedan je da broj kriterijuma bude što manji, a drugi da je najbolje, ako može, da kriterijumske vrednosti za varijante budu izražene u fizičkim veličinama. Izražavanjem kriterijumskih vrednosti u fizičkim veličinama izbegava se ocena kriterijumskih vrednosti, ali to nužno povećava broj kriterijuma. Veliki broj kriterijuma dovodi do toga da je u praktičnom postupku nemoguće uspostaviti njihovu relativnu važnost.

Prevazilaženje ovog problema u prvom pristupu modelovanja procesa ocene i rangiranja varijanti postiže se hijerarhijskim struktuiranjem kriterijuma, ali se time sužava broj metoda višekriterijumskog rangiranja koje se mogu primeniti. U drugom pristupu rešenje ovog problema prepušta se svakom ekspertu pojedinačno da sam bira koje su to ključne karakteristike po kojima će rangirati varijante.

Veliki broj varijanti koje se često pojavljuju posledica je različitih uzroka. To je, pre svega, složenost samog OTS, koji pruža mogućnost generisanja velikog broja varijanti, zatim raznolikost organizacionih rešenja u drugim srodnim OTS, pa se pojavljuje možda smisleno, ali često i nekritično preslikavanje. Ako se uzmu u obzir i subjektivni uzroci, najčešće neiskustvo projekatana, jer se ipak retko pojavljuje prilika za projektovanjem ili reprojektovanjem velikih i složenih OTS, kao rezultat se dobija veliki broj generisanih varijanti rešenja.

Prevazilaženje ovog problema može se postići na nekoliko načina. Prvi način je da se sva varijantna rešenja sistema koja ne zadovoljavaju postavljena ograničenja eliminišu iz procesa ocenjivanja. Dalji proces ocenjivanja svodi se na rangiranje varijanti organizacionih rešenja među onima koja zadovoljavaju postavljena ograničenja, odnosno na rad na skupu dopuštenih rešenja.

Drugi način sastoji se u eliminisanju jednog broja varijanti logičkom analizom generisanih varijanti. Na taj način eliminišu se varijante za koje se logičkom analizom može utvrditi da su lošije od ostalih, zatim varijante za koje se utvrdi da, u odnosu na neke druge, nemaju suštinskih razlika i varijante za koje se utvrdi da bi u toku funkcionisanja ispolja-

vale značajne, sistemski ugrađene nedostatke.

Sledeći način je da se iz skupa mogućih, generisanih varijanti eliminišu one koje ne zadovoljavaju ograničenja, čime se dobija skup dopuštenih rešenja, iz kojeg se izdvajaju efikasna, nedominirana, varijantna rešenja. Na skupu efikasnih rešenja sprovodi se postupak rangiranja. Pojam efikasnih rešenja definisan je na sledeći način: varijanta a_s je dominantna (a_s dominira) nad ostalim varijantama (nad svakom) ako je ispunjeno: $f_j(a_s) \geq f_j(a_k)$, $j = 1, 2, \dots, n$; $i \neq k = 1, 2, \dots, m$; $s \neq k$; odnosno, varijanta a_s je bolja bar po jednom atributu, i ni po jednom atributu nije lošija od (svih) ostalih varijanata.

U opštem slučaju problemi ove vrste nemaju dominantnu varijantu, odnosno, i kada postoji dominantna varijanta može se postaviti zahtev za daljom i složenijom analizom. Može se dogoditi da neka varijanta dominira samo nad jednom ili nad više varijanti, ali ne nad svim varijantama iz skupa svih varijanti.

Varijanta a_q je efikasna ili nedominirana varijanta ako nad njom nije dominantna nijedna druga varijanta, tj. ako ne postoji neka druga varijanta a_v za koju je ispunjeno:

$$f_j(a_v) \geq f_j(a_q) \quad \forall j = 1, 2, \dots, n; \quad \forall v = 1, 2, \dots, m; \quad v \neq q$$

$$f_j(a_v) > f_j(a_q) \text{ za bar jedno } j$$

Varijante a_i i a_v su ekvivalentne ako imaju iste vrednosti za sve attribute: $f_j(a_i) = f_j(a_v)$, $j = 1, 2, \dots, n$.

Varijanta a_r je neefikasna (dominirana) ako nad njom dominira bar jedna iz skupa preostalih varijanti:

$$\begin{cases} f_j(a_v) \geq f_j(a_r) \quad j = 1, 2, \dots, n \\ f_j(a_v) > f_j(a_r) \text{ za bar jedno } j \end{cases}$$

Rešenje modela višeatributnog odlučivanja čini skup svih efikasnih varijanti.

Problemi velikog broja varijanti, odnosno svođenje broja varijanti na meru da se realno mogu uporediti, mogu se rešiti primenom jednog od pomenutih načina, ali i njihovim pogodnim kombinovanjem u zavisnosti od konkretnog slučaja.

Model ocenjivanja i rangiranja varijanti uz unapred zadate kriterijume

Nakon sprovedene logičke analize i formiranja skupa dopuštenih rešenja ili skupa efikasnih rešenja pristupa se formiranju modela za višekriterijumsku analizu.

Za rešavanje problema višeatributivnog odlučivanja, u kojima se žele rangirati varijante, razvijeno je više metoda, među kojima su najpoznatije: ELECTRE, PROMETHEE, VIKOR, MENOR, AHP i dr. Nezavisno od metode koja se koristi u rešavanju problema izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti, modele višekriterijumske analize karakterišu sledeća obeležja: kvantifikacija kvalitativnih atributa, modifikacija atributa istog kriterijuma, normalizacija i linearizacija atributa i definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Pored ovih obeležja svaka od navedenih metoda ima svoje specifičnosti i određene zahteve u pogledu definisanja parametara modela.

Problemi u rešavanju izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti, modifikacija atributa istog kriterijuma i normalizacija i linearizacija atributa, uglavnom su rešeni kroz samu metodu na

različite načine, u zavisnosti od primenjene metode.

Najčešće je pravi problem u rešavanju izbora varijante iz skupa ponuđenih varijanti kvantifikacija kvalitativnih atributa (određivanje kriterijumskih vrednosti varijanti) i definisanje težinskih koeficijenata kriterijuma. Postoji težnja da se kriterijumske vrednosti varijanti izražavaju stvarnim, fizičkim veličinama. Određivanje ovih vrednosti pri projektovanju ili reprojektovanju OTS najčešće se vrši rešavanjem različitih oblika matematičkog opisa i formalizacije. Primena različitih kvantitativnih metoda daje u velikom broju slučajeva dobre rezultate. Međutim, potpuna matematička formalizacija tehničko-ekonomskih zadataka često je neostvariva usled njihove složenosti ili same prirode (u ovom slučaju kriterijuma). U tom slučaju vrši se ocena kriterijumskih vrednosti varijanti.

Problem definisanja (određivanja) težinskih koeficijenata kriterijuma skoro da je nemoguće formalizovati u matematičkom smislu, jer težinski koeficijenti po svojoj prirodi predstavljaju izraz donosioca odluke u smislu preferiranja, u nekoj meri, određenog kriterijuma. S jedne strane, težinski koeficijenti jesu izraz donosioca odluke, ali, s druge strane, postoji potreba da se taj relativni odnos objektivizira u meri u kojoj je to moguće. Radi toga sve se više koriste ekspertske metode, pod kojima se podrazumeva kompleks logičkih i matematičko-statističkih metoda i procedura, usmerenih ka dobijanju informacija od eksperata, neophodnih za pripremu i donošenje racionalnih odluka. Ekspertske metode mogu se okarakterisati kao načini donošenja odluka, ili priprema za donošenje odluka, koji se koriste znanjem i iskustvom stručnjaka.

Matematičke metode koje omogućavaju određivanje kriterijumskih vrednosti su manje-više poznate, pa će u ovom radu u najkraćem biti prikazane moguće ekspertске metode za ocenu kriterijumskih vrednosti i određivanje težinskih koeficijenata.

Ekspertске metode primenjuju se u situacijama kada se priprema odluka, izbor, obrazloženje i procena posledica odluka ne mogu ostvariti putem tačnih proračuna. Primena ekspertskih metoda obezbeđuje aktivno i svrsishodno učešće specijalista u svim etapama donošenja odluka, što omogućava bitno povećanje njihovog kvaliteta i efikasnosti.

Pri analizi metoda treba imati u vidu njihovu osnovnu podelu na one čiji temelj stvaraju pojedini eksperti, i na one koje pretpostavljaju iskorišćavanje grupe eksperata. Grupna ekspertska ocena pouzdanija je od individualne ako su ispunjeni određeni zahtevi, među kojima su najvažniji nezavisnost mišljenja eksperata i visoka korelacija ocena dve jednake grupe eksperata. Priroda razmatranog problema upućuje na primenu grupne ekspertize.

Pod grupnom ocenom podrazumeva se rezultat objedinjavanja individualnih mišljenja eksperata o poretку preferentnosti posmatranih objekata u jednu ocenu kolektivne preferentnosti. Pri tome se podrazumeva da primena logičkih procedura i matematičko-statističkog aparata za objedinjavanje mišljenja eksperata (izraženih kvantitativno), obezbeđuje dobijanje skladne grupne preferentnosti. Bitni problemi koji nastaju pri formiranju grupne ocene povezani su sa svođenjem ocena eksperata koji čine grupu na istu meru. Uslovi neophodni za formiranje korektnih ekspertskih ocena su:

- univerzalnost, u smislu postojanja dovoljnog broja mogućih varijanti, dovoljnog broja eksperata i mogućnost definisanja svih individualnih sistema preferentnosti;

- postojanje pozitivne povezanosti opštih i individualnih preferentnosti;
- nezavisnost nepovezanih varijanti;
- suverenost eksperata;
- nepostojanje diktatorstva.

Na rezultat ekspertize veliki uticaj imaju greške izazvane samom procedurom prikupljanja i analize mišljenja eksperata. Postoji i pokušaj da se izgradi univerzalni model ekspertize, a na osnovu navedene literature njene osnovne etape su:

- formiranje grupe specijalista – analitičara (organizatora ekspertize);

- definisanje cilja i zadataka ekspertize;

- izrada programa ekspertize (izbor oblika izražavanja individualnih mišljenja, izrada metoda dobijanja grupnih ocena);

- izbor i formiranje grupe eksperata zajedno sa ocenom njihove kompetentnosti;

- sprovođenje ispitivanja;

- obrada rezultata i dobijanje grupne ocene;

- prezentacija rezultata ekspertize u formi pogodnoj za donosioca odluke.

Cilj organizovanja i izvođenja grupne ekspertize jeste dobijanje kvantitativnih vrednosti varijanti za kriterijume – potkriterijume, koji se ne mogu dobiti na drugi način, i težinskih koeficijenata. Formalizovanim načinom izražavanja mišljenja stručnjaka i statističkom obradom rezultata nastoji se smanjiti subjektivnost i povećati verodostojnost ocene. Sprovođenjem grupne ekspertize realizuju se

zadaci dobijanja ocene vrednosti varijanti za određene kriterijume – potkriterijume, i određivanje težinskih koeficijenata kriterijuma – potkriterijuma.

Oblik izražavanja individualnih ocena eksperata

Od eksperta se zahteva da za određeni kriterijum – potkriterijum ocenu vrednosti varijante izvrši procenom stepena zadovoljenja kriterijuma – potkriterijuma za datu varijantu primenom predložene skale.

Težinski koeficijenti ocenjuju se posebno za potkriterijume po nivoima rangiranja i za kriterijume na nultom nivou rangiranja. Ekspert je dužan da proceni stepen značajnosti potkriterijuma u odnosu na kriterijum – potkriterijum na neposredno višem nivou rangiranja primenom predložene skale. Stepenn značajnosti kriterijuma procenjuje se, takođe, primenom predložene skale. Uzimajući u obzir karakteristike problema, najprimerenije bi bilo da se u ekspertizi iskoriste anketa i diskusija kao oblici grupnog rada.

Metode dobijanja grupnih ocena

Grupna ocena dobija se statističkom obradom individualnih ocena eksperata uz proveru saglasnosti individualnih ekspertskih ocena iz ankete. U slučaju da ne postoji saglasnost individualnih ekspertskih ocena organizuje se diskusija. Ekspertima se predočava rezultat ekspertize po kojem ne postoji saglasnost i pruža im se mogućnost da prodiskutuju o problemu. Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Izbor grupe eksperata

Organizatori ekspertize sačinjavaju objedinjenu listu eksperata, uz dobijanje saglasnosti eksperata za učešće u ekspertizi.

Određivanje koeficijenta kompetencije eksperata¹

Pod pojmom kompetencija podrazumeva se stepen kvalifikacije eksperata na određenom području koji se procenjuje uz pomoć određenih karakteristika. To su, u osnovi, sledeće karakteristike: profesionalna kompetencija, interes za rezultate ekspertize, lakoća kontaktiranja, objektivizam, originalnost mišljenja, stvaralačka mašta, konformizam, znanje, rešavanje stvaralačkih problema, elastičnost, mudrost, tvrdoglavost, urođena agresivnost, samokritičnost, poznavanje stranih jezika, itd.

Problem određivanja koeficijenta kompetencije sastoji se u neophodnosti merenja navedenih karakteristika, koje se može izvršiti putem sopstvene procene eksperata, uzajamne procene eksperata i primenom dokumentalnih metoda. Postoje različite forme, a ovde se predlaže da se koeficijent kompetencije eksperata K sastoji od sledećih elemenata: K_s – koeficijent sopstvene procene, K_u – koeficijent uzajamne procene, K_t – koeficijent poznavanja tematike i K_o – objektivni koeficijent.

U tom slučaju koeficijent kompetencije K bi se računao na sledeći način:

$$K = q_1 K_s + q_2 K_u + q_3 K_t + q_4 K_o$$

¹ Operacionalizacija načina određivanja koeficijenta kompetencije eksperata prikazanog u ovom radu data je u literaturi [7].

gde je q_i – težina koja određuje relativnu važnost parcijalnog koeficijenta.

Sopstvena procena obavlja se procenom stepena poznavanja problema dotičnog eksperta, koji je dužan da izvrši procenu sopstvene kompetencije u rasponu ocena od 1 do 10. Dobijena ocena se množi sa 0,1 i predstavlja koeficijent K_s .

Uzajamna procena označava procenu koju daju drugi eksperti o stepenu poznavanja problema dotičnog eksperta. Moguća varijanta, a za ovaj slučaj i primere, jeste da se koeficijent uzajamne ocene kompetencije odredi na osnovu metode Jevlanova [5], koja se sastoji u sledećem:

- obavlja se ispitivanje eksperata o uključivanju, odnosno isključivanju ostalih eksperata iz grupe;

- dobija se tabela u kojoj su smeštene imena eksperata, sa elementima:

$x_{ij} = 1$, kada je j-ti ekspert uključio i-tog eksperta u grupu

$x_{ij} = 0$, kad je j-ti ekspert isključio i-tog eksperta iz grupe;

- svaki ekspert ima pravo da kaže da li će se uključiti u grupu eksperata;

- algoritam omogućava određivanje koeficijenta uzajamne procene h-tog reda, za svakog eksperta, na osnovu izraza:

$$K_j^h = \frac{\sum_{i=1}^m x_{ij} K_j^{h-1}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m x_{ij} K_j^{h-1}}$$

gde je:

m – broj eksperata u grupi,

h – red koeficijenta uzajamne procene.

Stepen poznavanja tematike predstavlja stepen uticaja određenih izvora na mišljenje eksperata. Mogući način određivanja koeficijenta K_t jeste da ekspert određuje stepen uticaja (j) na sopstveno mišljenje sledećih šest (i) izvora: teoretska analiza koju treba da izvrši ekspert, praktično iskustvo eksperta, radovi domaćih autora, radovi stranih autora, autorovo poznavanje stepena razvoja radova u inostranstvu i ekspertove intuicije.

Koeficijent K_t se računa kao

$$K_t = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 l_{ij}$$

gde je:

i – indeks izvora,

j – indeks nivoa uticaja izvora,

l_{ij} – koeficijent izvora argumentacije koji pokazuje ekspert prema formalizovanoj tabeli koeficijenata.

Objektivni koeficijent kompetencije K_o dobija se uvažavanjem određenih objektivnih podataka. Najčešće se predlaže da se uzmu u obzir sledeće individualne karakteristike eksperata: C_1 – titula i naučni stepen, C_2 – završene škole, C_3 – radni staž, C_4 – aktuelni položaj, C_5 – dosadašnje dužnosti, C_6 – objavljeni radovi, C_7 – naučno-organizacioni rad, C_8 – stručna aktivnost izvan radnog mesta i C_9 – dobijene nagrade.

Individualne crte eksperata C_i razlažu se na sastavne karakteristike kojima se dodeljuju određeni nivoi važnosti.

Objektivni koeficijent kompetencije računa se kao:

$$K_o = \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 c_i t_i$$

gde je t_i – težina koja određuje relativnu važnost i-te crte eksperta. Uzima se da je $\sum t_i = 1$.

Pre pristupanja samoj ekspertizi eksperti bi bili upoznati sa problematikom (varijante i kriterijumi) koju ocenjuju. Za ocenu vrednosti varijanti po pojedinim kriterijumima – potkriterijumima eksperti daju ocenu vrednosti varijante za posmatrani kriterijum u skladu sa predloženom skalom [7].

Organizatori ekspertize statistički obrađuju anketne listove. Statistička obrada informacija, dobijenih od eksperata, mora da sadrži i ocenu usklađenosti mišljenja eksperata i da otkrije uzroke njihove raznolikosti. Pri tome se ocene dobijene od eksperata mogu posmatrati kao slučajno promenljive, čije raspodele verovatnoća odražavaju mišljenje eksperata o verovatnoćama pojedinih vrednosti varijanti. Za analizu rasturanja i saglasnosti ekspertskih ocena mogu se primeniti generalne statističke karakteristike – srednje vrednosti i mere rasturanja oko srednje vrednosti. Za svaku vrednost varijante po pojedinom kriterijumu – potkriterijumu računa se:

– srednja vrednost ocene vrednosti varijante:

$$\bar{x} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m x_j$$

– disperzija s^2 , standardno odstupanje s i koeficijent varijacije V ocene vrednosti varijante:

$$s^2 = \frac{1}{m-1} \sum_{j=1}^m (x_j - \bar{x})^2, \quad s = \sqrt{s^2}, \quad V = \frac{s}{\bar{x}}$$

Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Postupak ocene težinskih koeficijenata kriterijuma – potkriterijuma razlikuje se od prethodno opisanog postupka, jer je kod ocene težina kriterijuma – potkriterijuma, pored vrednosti bitan i rang potkriterijuma u okviru kriterijuma, odnosno rang kriterijuma na nultom nivou. Zbog toga je nužno ocenu težinskih koeficijenata podeliti u dve faze.

U prvoj fazi rangiraju se potkriterijumi u okviru kriterijuma, odnosno rangiraju se kriterijumi na nultom nivou. Statistička obrada rezultata sastoji se u proračunu koeficijenta konkordacije (opšteg koeficijenta korelacije rangova), potkriterijuma, odnosno kriterijuma. Način određivanja koeficijenta konkordacije prikazan je u drugom modelu za ocenu i rangiranje varijanti.

U drugoj fazi eksperti daju ocenu težine posmatranog kriterijuma – potkriterijuma u skladu sa predočenom skalom, vodeći računa o rangi potkriterijuma – kriterijuma. Statistička obrada rezultata sastoji se u proračunu srednje vrednosti ocena vrednosti težinskog koeficijenta, disperzije, standardnog odstupanja i koeficijenta varijacije ocene vrednosti težinskog koeficijenta i ocene protivrečnosti ekstremne ekspertске ocene vrednosti težinskog koeficijenta. Postupak se ponavlja do dobijanja saglasne ocene.

Model ocenjivanja i rangiranja varijanti metodom sume rangova

Osnovna karakteristika ovog modela jeste da se ne definišu jedinstveni kriterijumi. Svaki ekspert uspostavlja rang varijanti prema sopstvenom sistemu kriterijuma.

Eksperti se u toku pripreme ekspertize upoznaju sa projektovanim varijantnim rešenjima, a zatim na osnovu svog sistema kriterijuma daju rang za svaku varijantu. Pri tome postoji mogućnost dodeljivanja istog ranga za dve ili više varijanti. Obrada rezultata rangiranja sastoji se u određivanju koeficijenta konkordacije, a ukoliko on nije zadovoljavajući pristupa se diskusiji. Postupak se ponavlja do dobijanja zadovoljavajuće vrednosti koeficijenta konkordacije.

Da bi se izračunao koeficijent konkordacije za grupu od m eksperata prvo se nalazi suma ocena (rangova) varijanti, dobijena od svih eksperata, a zatim se izračunava razlika između te sume i srednje sume rangova:

$$\Delta_i = \sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij}}{n}$$

gde je a_{ij} srednja vrednost zbirnih rangova $a_{ij} = 0,5m(n+1)$.

Zatim se izračunava suma kvadrata odstupanja S po formuli:

$$S = \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^m x_{ij} - \frac{1}{2} m (n+1) \right]^2$$

Veličina S ima maksimalnu vrednost kada svi eksperti daju jednake ocene, odnosno $S_{\max} = 0,5nm^2(n^2-1)$.

Koeficijent konkordacije [2] jednak je odnosu dobijene vrednosti S i njene maksimalne vrednosti $S_{\max}$ za datu grupu eksperata m i broj varijanti n , odnosno:

$$W = \frac{S}{S_{\max}}$$

Koeficijent konkordacije menja se u granicama od 0 do 1, pri čemu vrednost

1 znači da su svi eksperti dali iste ocene, a vrednost 0 znači da ne postoji veza između ekspertskih ocena.

U slučaju pojave istih rangova za različite varijante, koeficijent konkordacije jednak je:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \left[m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m (t_j^3 - t_j) \right]}$$

gde je t_j broj jednakih rangova u j -tom redu.

Pri izračunavanju koeficijenta konkordacije moguće je uzeti u obzir težine eksperata K_j , uz uslov da je $\sum K_j = 1$. Koeficijent konkordacije računa se na sledeći način:

$$W = \frac{S}{\left[\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j \right] \left[\frac{\sum_{j=1}^m K_j}{m} \right]}$$

gde je:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_i t_j (t_j^2 - 1)$$

t_j broj podudarnih ocena j -tog eksperta.

U slučajevima u kojima vrednost koeficijenta konkordacije nije zadovoljavajuća, pristupa se diskusiji. Postupak se nastavlja do dobijanja saglasnosti o redosledu varijanti. Zatim se određuje konačni rang varijantnih rešenja na sledeći način:

– za svaku varijantu računa se vrednost:

$$x_i = \sum_{j=1}^m r_{ij} K_j, \quad i = 1, \dots, n$$

gde je:

r_{ij} – rang dodeljen i-toj varijanti od j-tog eksperta,

m – broj eksperata,

n – broj varijanti,

K_j – koeficijent kompetencije j-tog eksperta,

– varijante se rangiraju dodeljivanjem najvišeg ranga varijanti sa minimalnom vrednošću x_i .

Rezultati ekspertize sređuju se i u vidu tabela prezentuju naručiocima ekspertize.

Zaključak

Postupak ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema u fazi projektovanja ili reprojektovanja izuzetno je složen. Ovaj postupak nameće rešavanje niza specifičnih problema koji zavise od namene i cilja ocenjivanja. Kao prvo, nameće se problem izbora modela ocenjivanja i rangiranja varijanti, a u zavisnosti od izabranog modela pojavljuju se specifični problemi, kao što su: po kojim karakteristikama sistema ga treba ocenjivati i rangirati i kako doći do kvantifikacije karakteristika sistema (kriterijuma) i do samog problema rangiranja.

Izbor modela ocenjivanja i rangiranja varijanti zavisi od cilja i namene ocenjivanja i rangiranja, ali i od svakog konkretnog slučaja. Bilo koji model da je izabran, svaki ima svoje prednosti i nedostatke. Valjanost ocene zavisi od samog modela, ali i od svesti o njegovim prednostima i nedostacima.

U ovom radu prikazana su dva modela ocenjivanja i rangiranja varijantnih rešenja organizaciono-tehnoloških sistema. Prvi model, kada se kriterijumi za ocenu unapred zadaju – nameću, znatno je komplikovaniji. U njegovom sprovo-

du skoro u celosti je sadržan drugi model, osim samog postupka rangiranja. Sam postupak ocenjivanja i rangiranja predstavlja svojevrstu kvantitativnu analizu svake varijante. Ovaj model daje jasniju ocenu, jer se precizno zna po čemu su, po kojim kriterijumima, odnosno karakteristikama, varijante ocenjivane i rangirane. Pouzdanost i preciznost ovog modela je relativno velika, ali je njegova primena dugotrajna, komplikovana i zahteva angažovanje velikih resursa, kako ljudskih tako i materijalnih.

Drugi model je znatno jednostavniji, kraći i lakši za sprovođenje. Međutim, njegova pouzdanost i preciznost znatno su manji. Ipak, ako je rešenje potrebno dobiti relativno brzo, onda je ovaj model pogodniji.

Prikazani modeli su veoma uopšteni. U stvari, uobičajen je izraz „izbor modela ocenjivanja i rangiranja“, a stvarno se radi o tome da se u svakom konkretnom slučaju model kreira. Sigurno je da kreiranje modela najčešće znači kombinaciju već gotovih elemenata, a ne potpuno nove postupke.

Literatura:

- [1] Anders, A.A. i dr.: Projektovanje zavodov, Mašinstrojenje, Moskva, 1982.
- [2] Belišev, S.D.; Gurvič, F.G.: Matematičko-statističke metode ekspertnih ocenok, Statistika, Moskva, 1980.
- [3] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo I – opšte karakteristike metoda, članak, *Železnica* 5/86.
- [4] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo II – osnovni metodološki proces prognoze, članak, *Železnica* 7/86.
- [5] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo III – izbor eksperata i procena njihove kompetencije, članak, *Železnica* 12/86.
- [6] Starowicz, W.; Kolarić, N.: Prognoziranje i planiranje transporta metodama eksperata, deo IV – formalizacija i analiza informacija dobijenih od eksperata, članak, *časopis Železnica*.
- [7] Kodžopeljić, J.; Mišković V.; Stanojević, P.; Milićević, M.: Metodologija ocene i rangiranja sredstava naoružanja i vojne opreme u procesu opremanja Vojske Jugoslavije sredstvima naoružanja i vojne opreme, studija, TU GŠ VJ, Beograd, 1998.

Dr Radovan Maksić,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

LOGISTIČKI PRISTUP RASELJAVANJU REZERV POKRETNIH STVARI

UDC: 355.415.2

Rezime:

U ovom radu razmatra se pristup rešavanju problema raseljavanja rezervi pokretnih stvari vantrupnog ešelona. Predlaže se nadogradnja postojeće definicije, s obzirom na izmenu stanja okruženja, kao i definisanje disperzije pokretnih stvari na trupnom nivou, i izmeštanja proizvodnih resursa sredstava koja su posebno značajna za vođenje borbenih dejstava. Predlažu se mogućnosti za poboljšanje metodologije odlučivanja o navedenim postupcima na logističkim osnovama, kao i za konkretna planiranja.

Ključne reči: raseljavanje, logistika, planiranje.

LOGISTIC APPROACH TO DISLOCATING MOBILE ITEMS INVENTORY

Summary:

This article deals with the problem of dislocating mobile items inventory at the army level. A suggestion to redefine the existing definition has been given, considering the environmental changes. A definition of dispersion of mobile items at the brigade level and the problem of dislocating production resources important for combat operations, has been considered as well. Possibilities to improve decision making methodology based on logistics principles and planing has been also considered.

Key words: dislocation, logistics, planning.

Uvod

U stručnim vojnim krugovima, osamdesetih godina, pojavila se ideja da raseljavanje ratnih materijalnih rezervi pokretnih stvari vantrupnog ešelona, kao kategorija, može biti prevaziđeno izgradnjom adekvatnih skladišta. U tim objektima bi se obezbedili zahtevani uslovi skladištenja, a optimum bi bio postignut uz poštovanje ograničenja koja proizlaze iz transportnih manipulativnih resursa, lokacije, ljudstva, troškova, itd. Funkcija

cilja jeste postizanje maksimalne verovatnoće očuvanja ratnih materijalnih rezervi odgovarajućih pokretnih stvari vantrupnog ešelona. Ove ideje bile su posledica tada važeće definicije procesa raseljavanja ratnih materijalnih rezervi i pristupa koji nije bio zasnovan na logističkim principima. Dejstva sa distance kojima je Jugoslavija bila izložena u vreme agresije NATO-a usloвила su potrebu za novim pristupom rešavanju ovog problema.

Posledica ranijeg pristupa bio je i stav da treba raseljavati samo ubojna i

pogonska sredstva, u meri koja obezbeđuje zadatu verovatnoću da se ova sredstva sačuvaju od uništenja usled direktnog dejstva neprijatelja po skladištu. Nedovoljno poznavanje efekata udara sa distance uticalo je na formiranje stava da, najverovatnije, skladišta ostalih pokretnih stvari vantrupnog ešelona ne treba raseljavati. Izmene stanja okruženja nameću potrebu za novim pristupom u rešavanju problema – dogradnjom teorije, radi oblikovanja prakse. Regulativa, planiranje, uvežbavanje i provera procesi su čija razrada sledi nakon određivanja značaja raseljavanja i definisanja ovih procesa na logističkim osnovama.

U literaturi su logistički principi detaljno razrađeni, a za potrebe određivanja značaja postavljanja definicije za procese raseljavanja ratnih materijalnih rezervi pokretnih sredstava (RMR PS) i određivanje kriterijuma i metodologije za izradu plana, mogu da posluže principi opisani u literaturi [11] primereno vantrupnom ešelonu:

- logistička obaveštenost: donosioci odluka moraju imati tačne i blagovremene logističke informacije da bi se obezbedila efektivna podrška;

- postavljanje cilja: svi logistički naponi moraju biti usmereni ka jasnom cilju, koji se može postići;

- plodonosna logistika: profesionalna primena inicijative, znanja, stvaralačkog i inovativnog korišćenja tehničkih i naučnih dostignuća na polju logistike;

- međuzavisnost: efikasan logistički sistem zahteva odgovarajuće odnose između svih funkcionalnih delova sistema;

- jednostavnost: na svim nivoima logističkog sistema jednostavnost je izuzetno značajna;

- blagovremenost: logistička podrška mora se obezbediti u pravoj meri, po

mestu i vremenu, da bi zadatak bio izvršen;

- zamah: zamah logističke podrške prema borbenom zadatku;

- efikasnost troškova: efikasno upravljanje logističkim resursima i utrošak za logističku podršku;

- sigurnost: sigurnost logističkog sistema sa svakog aspekta mora biti održavana da bi se obezbedili resursi i osigurala stalna borbeno gotovost.

Navedeni principi mogu biti polazna osnova u razmatranju i procesa disperzije pokretnih sredstava vantrupnog ešelona, kao i izmeštanja proizvodnih resursa od posebnog značaja za vođenje borbenih dejstava.

Određivanje značaja i definicija raseljavanja

Analizom efekata i iskustava dejstava sa distance, poštujući navedene logističke principe (posebno logističku obaveštenost, postavljanje cilja i blagovremenost), nameće se zaključak da procesima raseljavanja RMR PS vantrupnog ešelona, disperziji PS trupnog ešelona i izmeštanju proizvodnih resursa za sredstva od posebnog značaja za rat, treba dati isti značaj kao i mobilizaciji. Izjednačenje nivoa značajnosti za navedene procese, proizlazi iz principa međuzavisnosti, i ima neposredan uticaj na planiranje i upravljanje realizacijom ovih procesa. Prostorno, vremenski i količinski treba uobličiti aktivnosti i rešiti problemske tačke, tako da se ispoštuju principi blagovremenosti i efikasnosti. Poštovanjem principa blagovremenosti, međuzavisnosti i efikasnosti može se doći do zaključka da vreme trajanja mobilizacije, raseljavanja RMR PS, disperzije PS i izmeštanja proizvodnih resursa treba da bude zavi-

na promenljiva veličina. Aspekt sigurnosti bio je zastupljen i u ranijim definicijama [10], ali princip postavljanja cilja u novim uslovima delovanja okruženja zahteva novo određenje.

Iskustva pokazuju da poštovanje principa sigurnosti, kada se razmatra problem raseljavanja RMR PS, uz nedovoljno poštovanje principa postavljanja cilja i principa efikasnosti, može dovesti do neadekvatnih rešenja (skupi skladišni objekti sa pratećom infrastrukturom smanjuju ukupne troškove, povećavaju sigurnost zaštite RMR, ali npr. ta PS mogu postati neraspoloživa zbog dejstava sa distance, itd.).

Zapis ovog složenog problema mogao bi glasiti:

$$\left. \begin{array}{l} P_z \rightarrow \text{maks.} \\ P_s \rightarrow \text{maks.} \\ t_R \rightarrow \text{min.} \\ T_R \rightarrow \text{min.} \\ Q_i \leq k_i, i = 1, \dots, n \end{array} \right\} \quad (1)$$

gde je:

P_z – verovatnoća zaštite PS,

P_s – verovatnoća snabdevanja potrošača po količinama, asortimanu, prostoru i vremenu,

t_R – vreme trajanja procesa raseljavanja,

T_R – troškovi raseljavanja,

Q_i – ograničenja resursa K_i (mesta za raseljavanje, transportni i manipulativni resursi, ljudstvo, itd.).

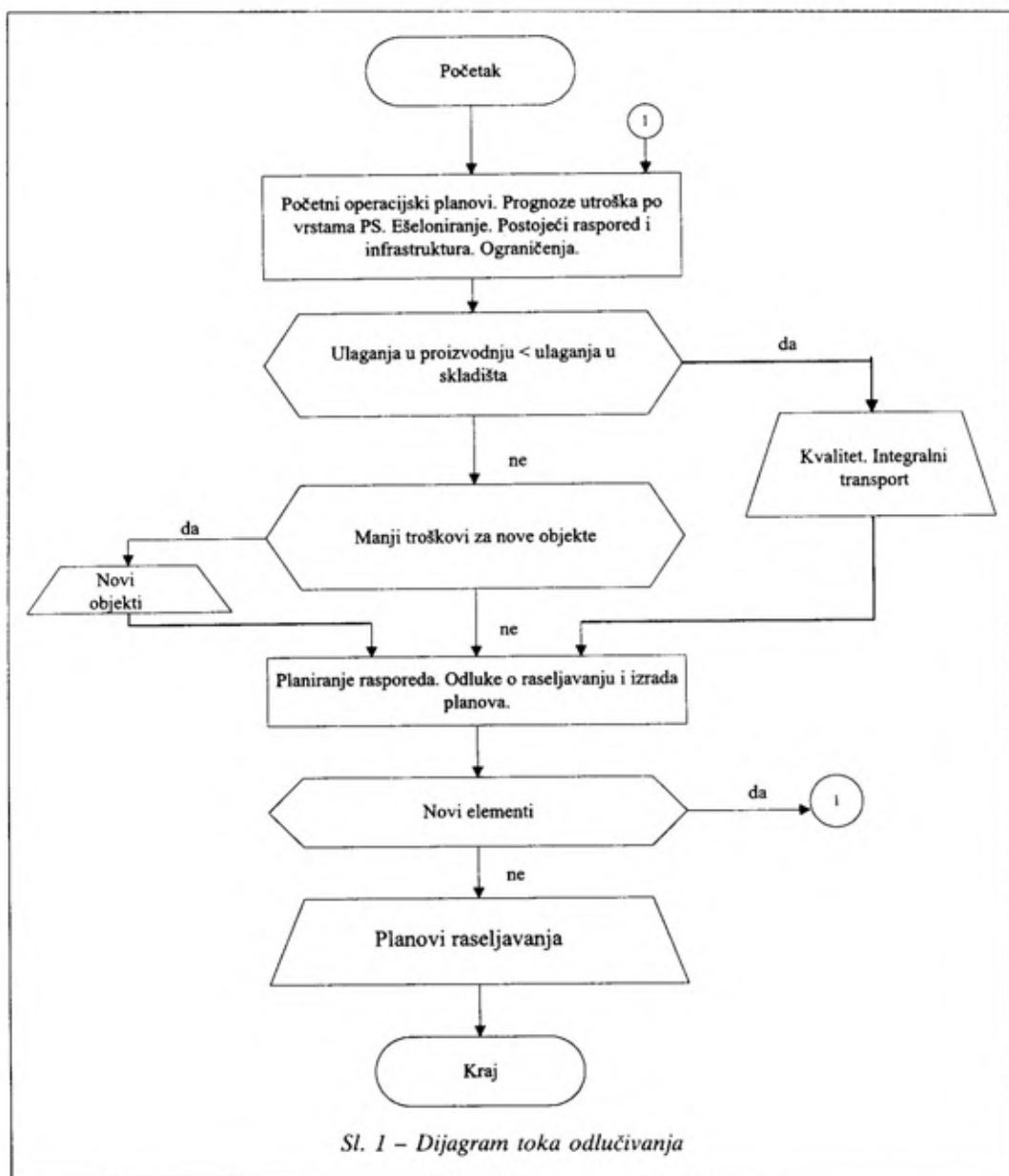
U skladu sa ovim razmatranjima, izmenjena definicija procesa raseljavanja mogla bi da glasi: raseljavanje je proces premeštanja RMR PS iz stacionarnih skladišta vantrupnog ešelona na unapred određena mesta, po unapred pripremljenom planu. Realizuje se zbog zaštite od dejstava neprijatelja i omogućavanja snabdevanja jedinica VJ.

Disperzija PS trupnog ešelona, koja se čuvaju u skladu sa taktičkim, tehnološkim, organizacionim i drugim zahtevima (u okviru mogućnosti) može uticati na dalje funkcionisanje jedinica, pa bi definicija mogla da glasi: disperzija je proces razmeštanja PS na trupnom nivou radi smanjenja verovatnoće uništenja dejstvom neprijatelja i omogućavanja mobilizacije i funkcionisanja jedinica.

Izmeštanje proizvodnih (remontnih i drugih) resursa značajnih za vođenje borbениh dejstava moglo bi se definisati kao: proces razmeštanja na unapred pripremljena mesta, radi omogućavanja nastavka proizvodnje u ratu.

Svaki od navedenih procesa ima svoje specifičnosti, ali je funkcija cilja ista za sve – smanjenje verovatnoće uništenja, uz obezbeđenje odgovarajuće verovatnoće namenske upotrebe. Međuzavisnost ovih procesa je očigledna kod istorodnih pokretnih sredstava: proizvodnja – ešelovanje – raseljavanje (disperzija) konkretnih PS, moraju biti izbalansirani u skladu sa zahtevima i ograničenjima. Razmatranje problema i odlučivanje o zahvatima koji će stanje sistema dovesti u željeno zasniva se na logističkim principima. Svaka značajnija promena u sistemu i okruženju (preoružanje, izmene strategije i taktike potencijalnih neprijatelja, itd.) zahteva reagovanje sistema, koje ima veliki uticaj na planiranje procesa raseljavanja RMR PS, disperzije PS i izmeštanja resursa. Na slici 1 prikazan je algoritam aktivnosti pri odlučivanju o raseljavanju RMR PS.

Analize mogu pokazati da u određenim uslovima treba uložiti sredstva u podizanje kvaliteta PS i njihovu zaštitu pakovanjem u zaokružene celine, čime se obezbeđuju zahtevani uslovi čuvanja i omogućuje primena integralnog tran-



sporta u procesima snabdevanja. Ukoliko se ovakvi zahvati pokažu opravdanim, ostvariće se uštede na objektima za smeštaj rezervi konkretnih PS i omogućiti skladištenje bliže rejonima potencijalne upotrebe. Ovakve analize (istraživanja) obavljaju se pri uvođenju novih PS u

naoružanje i opremanje jedinica, što je neposredna primena logističkog pristupa.

Pri planiranju RMR PS vezanih za skladištenje, logistički princip efikasnosti troškova ima značajan uticaj na donošenje odluke. Za istu verovatnoću zaštite sredstava i verovatnoću realizacije snab-

devanja najčešće postoji više rešenja koja su bliže ili dalje od optimalnog za data ograničenja. Adaptacije starih objekata i adekvatan plan raseljavanja mogu zahtevati veće troškove nego izgradnja novih i obrnuto. Iznalaženje najpovoljnijih rešenja znači kompleksno istraživanje, primenom metoda operacionih istraživanja i osloncem na logistički pristup.

Pristup planiranju raseljavanja

Kada se donose odluke da će odgovarajuće skladište RMR PS vantrupnog ešelona u određenim uslovima delovanja okruženja morati da se raseli, otpočinje rad na izradi plana raseljavanja. Polazeći od definicije i sistema (1), planiranje raseljavanja svakog konkretnog skladišta RMR PS mora da obuhvati:

- funkcionalni aspekt raseljavanja,
- organizaciono-tehnološki aspekt,
- prostorno-vremenski aspekt,
- proveru realnosti planova i potrebe za obukom izvršilaca raseljavanja.

Na slici 2 prikazan je dijagram toka izrade plana raseljavanja.

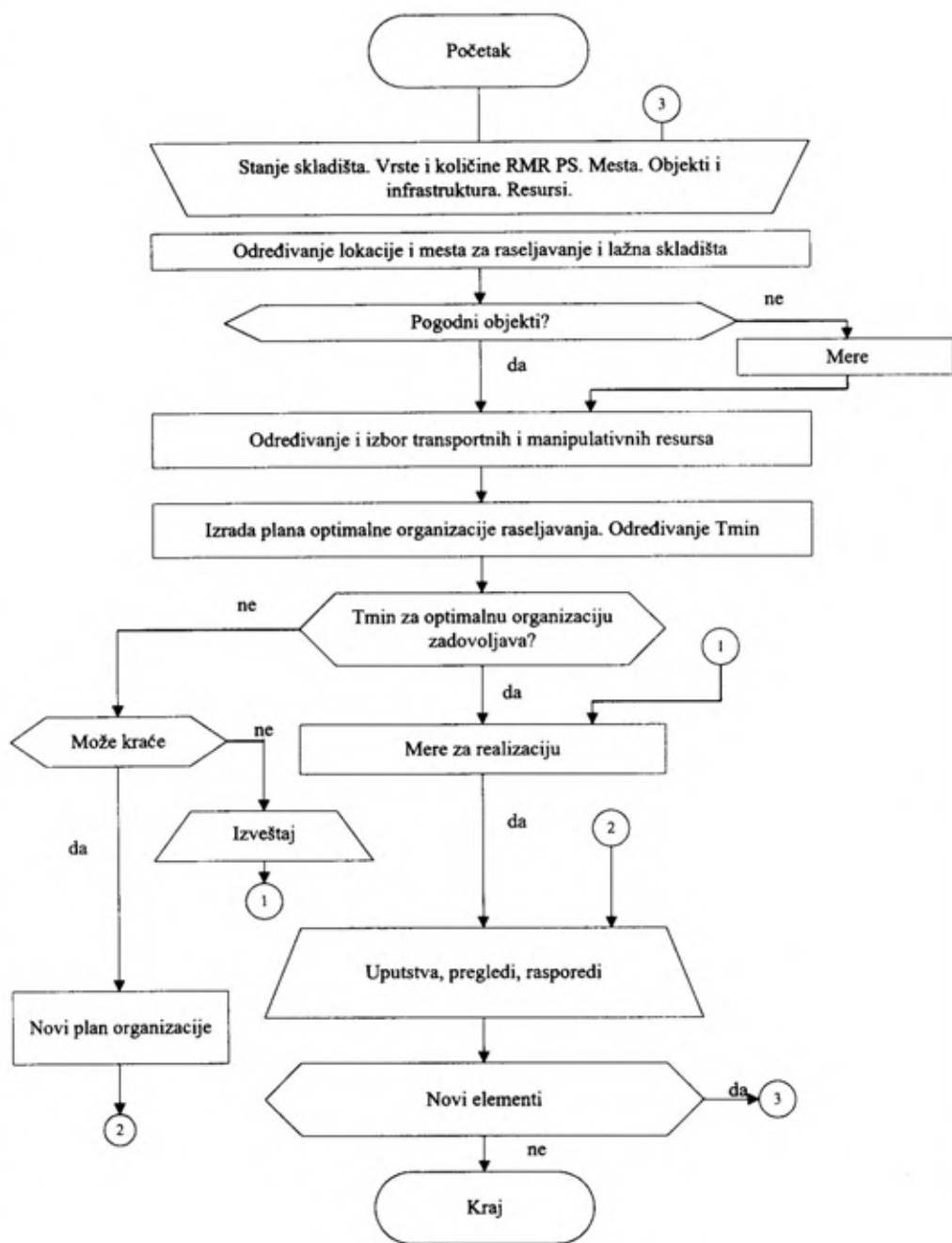
Realizatori planiranja moraju imati podatke o vrstama i količini RMR PS koje treba raseliti i njihovim pojavnim oblicima (ambalaža, palete, agregatno stanje, posebni zahtevi za rukovanjem, itd.). Prioritet objekata koje treba raseliti određuje se u skladu sa stepenom zaštite (pirotehničke, protivpožarne, itd.) i značajem sadržaja za realizaciju snabdevanja, odnosno obezbeđenja jedinica PS u borbenim dejstvima. Pregledi potencijalnih prostora (mesta, objekata) za raseljavanje i organizaciju rada, značajni za rad raseljenog skladišta (ranije „poljsko skladište“), nosioci su informacije za navedene resurse, kako za formacijska, tako

i za sredstva iz fonda davalaca. Takođe, treba raspolagati informacijama o ljudstvu (obučenost, starosna struktura, itd.).

Određivanje lokacija i mesta za raseljavanja i lažna skladišta vrši se u okviru odobrenih rejonu, u skladu sa razvojem jedinica na planiranim pravcima upotrebe. Pri tome rejonu za raseljavanje moraju zadovoljavati propisane uslove, a na izbor utiče i visina troškova koji bi nastali uređivanjem (inženjerski, građevinski i drugi radovi). Lokacije na kojima ima više pogodnih prirodnih i veštačkih objekata, koji obezbeđuju zaštitu raseljenih RMR PS, uz osiguranje mogućnosti za funkcionisanje sistema snabdevanja imaju prioritet u izboru. Minimalni uslovi koji moraju biti ispunjeni su:

- mogućnost raspoređivanja RMR PS tako da se postigne propisana pirotehnička bezbednost, protivpožarna zaštita i nesmetano odvijanje manipulativnih i transportnih aktivnosti;
- mogućnost za maskiranje i (ili) mogućnost protivvazdušne zaštite;
- blizina – mogućnost pristupa komunikacijama, putevima dotura i evakuacije;
- udaljenost od objekata potencijalnih ciljeva neprijatelja;
- uslovi za život i rad ljudstva.

Ovako formulisani zahtevi upućuju na primenu metoda višekriterijumske optimizacije [7] pri izboru lokacija, rejonu i mesta za raseljavanje RMR PS. Takođe, često je dovoljna upotreba, kao i metode linearnog programiranja (metode dodeljivanja, transportni problem, simpleks metoda, itd.) za izbor, ukoliko se problem dovoljno izučiti i pripremi. Mogućnost primene ovih metoda ilustrovan je u literaturi [1]. U razmatranje svakako treba



Sl. 2 – Dijagram toka izrade plana raseljavanja

uzeti kriterijum cene naknadnih radova za eventualnu adaptaciju objekata, u odnosu na, na primer, cenu transportnog i manipulativnog rada u slučaju da se izaberu drugi objekti. Pri tome, funkcija cilja – obezbeđenje i zaštite i funkcionalnosti moraju biti ispunjene. Tako, na primer, izbor železničkog tunela za objekt raseljavanja može obezbediti pouzdanu zaštitu raseljenih PS, ali ne mora obezbediti i funkcionalnost (mogućnost zarušavanja i nepristupačnosti sredstvi-ma).

Određivanje resursa za transport i manipulaciju za izvršenje raseljavanja usko je povezano sa određivanjem lokacija i izučavanjem tehnologija koje se mogu primeniti u organizaciji utovara, istovara i transporta. Pojavni oblik PS utiče na tehnološke zahteve (usklađivanje tehnoloških zahteva i tehnoloških elemenata veoma dobro je opisano u literaturi [5]), a celokupno razmatranje se sprovodi usklađeno sa zahtevima koji proističu iz karakteristika mesta i objekata, u skladištu i na potencijalnim lokacijama za raseljavanje. Pravilno postavljanje kriterijuma je od izuzetnog značaja. Na primer, izbor transportnih sredstava sa zahtevom za maksimalnim iskorišćenjem nosivosti može voditi produženju vremena raseljavanja zbog karakteristika objekata i raspoloživih resursa za manipulaciju. Na prvi pogled to upućuje na transportni problem (problem Hičkoka [1]):

– iz m skladišnih baza $A_1, \dots, A_m$ distribuiraju se sredstva u n odredišta korisnika $B_1, \dots, B_n$, tako da troškovi ukupnog transporta budu minimalni, ili:

$$Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

uz ograničenja:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{j=1}^n x_{ij} &= a_i, \text{ za } i = 1, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m x_{ij} &= b_j, \text{ za } j = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m a_i &= \sum_{j=1}^n b_j \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

gde je:

a_i – raspoloživa količina sredstava u ishodištima,

b_j – količina sredstava koja se može smestiti u odredištima,

c_{ij} – cena transporta iz svakog skladišta u svako odredište.

Osnovni problem pri ovakvom pristupu je veoma otežano određivanje „cena transporta“ kada je u pitanju raseljavanje, disperzija PS ili izmeštanje proizvodnih kapaciteta. Od pomoći je pristup izložen u [2], gde se uzimaju u obzir ograničenja u transportnim, manipulativnim i drugim resursima, i usklađuje transport i manipulativni rad. U slučaju kada se raspolaže traktorima (koji opremljeni na odgovarajući način mogu vršiti i manipulaciju u ekstremno teškim meteorološkim uslovima), kada se raseljavanje (disperzija) PS obavlja na kraćim rastojanjima, preporučuje se njihova upotreba:

$$P_r = T_r [1 + t_{ui} V_T / 2 (L_R + V_T t_{po})] \quad (3)$$

gde je:

P_r – broj potrebnih prikolica ako se raspolaže sa T_r traktora,

t_{ui} – vreme trajanja utovara/istovara prikolice,

V_T – srednja brzina kretanja traktora,

L_R – rastojanje ishodište – odredište,

t_{po} – vreme prikopčavanja/otkopčavanja prikolice.

Matrica međuzavisnosti Tz-Te

Tehnološki elementi Tehnološki zahtevi	Komunikacije	Rejon čekanja	Vaga	Skladišni put	Manipulanti	Vozачи	...	Rezervoari	PP ekipa
Dolazak ACG, VCG, plovila	+		+	+		+			
Dispozicija		+							
Merenje			+						
...							+	+	+
Opsluga			+		+	+			+
Odlazak ACG, VCG, plovila	+			+					

S obzirom na informatičku tehnologiju, pri izradi planova raseljavanja svakog konkretnog skladišta najbolje je izraditi simulacioni model i više varijanti plana raseljavanja. Značaj simulacija u rešavanju problema logističkog obezbeđenja uočen je sa pojavom prvih specijalizovanih jezika za simulaciju. Analiza realnih procesa i kreiranje simulacionih modela omogućava eksperimentisanje na računaru i iznalaženje odgovarajućih varijanti organizacije, primereno zahtevima i ograničenjima sistema i okruženja. Kreiranje simulacionih modela podrazumeva detaljnu analizu realnog sistema i procesa koje sprovode analitičari realnog sistema i konstruktori simulacionih modela. Za realizaciju simulacionih modela najčešće se koriste specijalizovani simulacioni jezici – sistemi (npr. GPSS, MODSIM III, itd.). Dobar simulacioni model, pored ostalog, mora omogućiti promenu ulaza radi prognoziranja budućih stanja, i odgovara na pitanja kako reagovati i dovesti sistem u željeno stanje (predikativna valjanost modela).

Pri kreiranju simulacionih modela detaljno se analiziraju tehnološki zahtevi i taktički uslovi u kojima se obavlja raseljavanje. Iskustva iz prethodnih dejstava i prognoze budućih dejstava i uslova u kojima će se raseljavanje vršiti osnova su za kreiranje simulacionih modela. Rezultati eksperimentisanja na modelu koriste se za dogradnju plana raseljavanja, a za svaku značajniju promenu u području taktike, tehnologije i organizacije vrši se eksperimentisanje.

Pri određivanju resursa za rad skladišta pogonskog goriva [4] izrađen je segment modela za simulaciju procesa raseljavanja pogonskog goriva. Najpre je sprovedena analiza konkretnih zahteva, uticaja okruženja i ograničenja, pri čemu

je značajno mesto zauzela analiza tehnoloških zahteva i tehnoloških elemenata.

U tabeli 1 prikazan je primer formiranja matrice međuzavisnosti zahteva i tehnoloških elemenata za proces prijema goriva pri raseljavanju.

Problemska tačka, npr. merenje, može značiti postojanje jedne ili više vage, bez – sa protokomerima, sa merenjem količina na mestima za raseljavanje, itd., a značajna je za gradnju simulacionog modela. Konkretni segment simulacionog modela opisan je preko sledećih komponenti:

TJ – transportna jedinica koja se angažuje u raseljavanju,

SS – stacionarno skladište pogonskog goriva,

RS – raseljeno skladište pogonskog goriva,

TK – komunikacije za transport (železnica, plovni put),

GS – gubici transportnih i manipulativnih sredstava, pogonskih sredstava i ljudstva zbog dejstava neprijatelja,

RO – resursi za opravku popravljanih sredstava po nivoima,

OI – resursi za ometanje tokova informacija značajnih za raseljavanje.

Svaka komponenta je opisana promenljivim veličinama u simulacionom modelu. Na primer, komponenta RS se opisuje:

- brojem istovarnih mesta za prateća pogonska sredstva,

- brojem mesta za istovar bačvi sa gorivom,

- brojem mesta za istakanje po vrstama goriva i karakteristikama, itd.

Određene interakcije između komponenti određuju pravila po kojima se promenljive veličine menjaju u vremenu. U konkretnom primeru, deo skupa ulaznih promenljivih jesu:

- vreme stizanja transportnih sredstava u TJ,

- vreme trajanja utovara i istovara transportnih sredstava, po vrstama i tipovima,

- vreme zauzetosti komunikacija,

- ometanje prenosa informacija između komponenti,

- vreme opravki oštećenih i neispravnih sredstava, itd.

Skup izlaznih promenljivih je:

- količina raseljenih pogonskih sredstava po vrstama u vremenu,

- broj transportnih sredstava po vrstama i tipovima, kojima je raseljavanje izvršeno,

- matematičko očekivanje vremena zadržavanja transportnih sredstava na utovaru, istovaru, čekanju, itd.

- gubici u vremenu,

- vreme završetka izdavanja i primanja pogonskih sredstava, itd.

Prema konceptijskom modelu, kreiran je simulacioni model (u GPSS-u), i za definisani skup ulaznih parametara

Rezultati eksperimenta

Broj ACG	Količina za raseljavanje (t)	Sastav kolone (otprema)	Trajanje procesa (min)
50	800	20	1620
90	800	20	1080
50	1600	20	2100
90	1600	20	1800
50	800	1	1200
90	800	1	840
50	1600	1	1560
90	1600	1	1500

dobijeni su odgovarajući izlazi pogodni za analizu i izradu plana raseljavanja. Za, na primer, faktorski dizajn izabrani su faktori:

- ukupan broj auto-cisterni za gorivo (ACG) koje učestvuju u procesu raseljavanja – u primeru 50 i 90;

- ukupna masa pogonskih sredstava koju treba raseliti (800 t i 1600 t);

- broj cisterni koje se otpremaju: kolona po 20 ili pojedinačno.

Dobijeni rezultati su prikazani u tabeli 2.

Efekti faktora su $e_1 = 315$, $e_2 = 555$, $e_3 = 379$, što znači da faktor količine ima najveći uticaj, a broj ACG kojima se vrši transport najmanje utiče na vreme trajanja raseljavanja. Na istom primeru pokazano je da se odgovarajućom organizacijom upućivanja transportnih sredstava iz rejonu čekanja na opslugu, uz ostale iste uslove, vreme raseljavanja može skratiti do 15%.

Navedeni primer ilustruje potrebu da se planovi raseljavanja izrađuju osloncem na rezultate eksperimentisanja na simulacionim modelima. Respektivne mogućnosti paketa MODSIM III za

objektno orijentisanu simulaciju idu u prilog navedenom stavu.

Posebna pogodnost ovakvog pristupa je materijalizovana mogućnost da se plan raseljavanja radi u više varijanti. U konkretnoj situaciji će se, prema uslovima, sprovesti varijanta koja je najprimerenija zahtevima. Takođe, u okviru svake varijante plana moguće je izraditi celine koje se mogu kombinovati u sasvim novu koncepciju realizacije raseljavanja u skladu sa situacijom. Svaka vežba izvršilaca raseljavanja je situacija kada treba proveriti ključne aktivnosti, i vršiti korekcije i u domenu planiranja i u domenu obuke i priprema za realizaciju ovih složenih aktivnosti. Planom raseljavanja mora se obuhvatiti problem izvršavanja osnovnih funkcionalnih aktivnosti. Na primer, snabdevanje rezervnim delovima ne sme biti prekinuto tokom realizacije raseljavanja. Izvršavanje mobilizacije jedinica koje utiču na rad skladišta i procese raseljavanja mora biti, takođe, obuhvaćeno analizama koje prethode izradi plana. Svaki izvršilac planiranih aktivnosti mora raspolagati nužnim i dovoljnim skupom informacija koje utiču na izvršenje zadatka. Uputstva, podsetnici, pregledi i druga dokumenta plana raseljavanja treba da sadrže opise aktivnosti, načine realizacije, resurse, alternative i druge neophodne informacije. Pri svakoj značajnijoj izmeni (stanja okruženja, infrastrukture, resursa, saznanja stečena tokom uvežbavanja i prove, itd.) treba menjati sadržaje onih dokumenata u kojima nastale promene zahtevaju novu organizaciju izvršavanja zadataka raseljavanja.

Disperzija PS na vantrupnom ešelonu mora se planirati na način sličan planiranju raseljavanja. Plan disperzije može biti sastavni deo mobilizacijskog

plana, pri čemu je moguća situacija u kojoj je disperzija PS preduslov za izvršenje mobilizacije. Detaljne analize obuhvataju taktički i tehnološki aspekt problema, a planiranjima se teži postizanju optimuma. Analize mogu pokazati da se, npr. dobrim raspoređivanjem i čuvanjem PS može postići znatno smanjenje troškova, na račun neznatnog produženja vremena izvršenja mobilizacije. Autori rada „Izbor načina slaganja materijala u skladištu posebne namene“ pokazali su, primenom metoda za višekriterijumsku optimizaciju, da su moguće značajne uštede skladišnog prostora na trupnom nivou, ukoliko se odstupi od principa skladištenja „pokretna sredstva skladištiti po ratnim jedinicama“ i primeni način skladištenja „po vrstama pokretnih sredstava“. Primenom logističkih principa jednostavnosti i efikasnosti troškova može se pokazati da se adekvatnom obukom rezervnog sastava mogu postići veći efekti nego što to omogućuje primena pristupa „svakom borcu svoje lično naoružanje“, ukoliko obuka nije adekvatna (vremenski, po kvalitetu, itd.).

Razmeštanje resursa za proizvodnju i remont koji su značajni za borbena dejstva, takođe mora biti detaljno planirano za svaku konkretnu proizvodno-reмонтну organizaciju. Prioritetni zahtevi koji pri tome moraju biti zadovoljeni odnose se na mogućnost realizacije osnovnih delatnosti u uslovima izvođenja borbenih dejstava. Princip sigurnosti mora biti ispoštovan u najvećoj mogućoj meri pri izboru lokacija i mesta za razmeštanje ovih resursa. Funkcionalnost i osnovne karakteristike proizvodnih remontnih kapaciteta u velikoj meri utiču na organizaciono-tehnološki aspekt pri izradi planova razmeštanja. Pri planiranju navedenih resursa do najvećeg izražaja

dolazi postavka u izloženom pristupu koja se odnosi na stav da trajanje razmeštanja proizvodnih i remontnih resursa mora biti zavisna promenljiva veličina (1). Pri tome tehnologija predstavlja osnovno ograničenje koje utiče na trajanje procesa, koje može biti minimalno uz najbolje postavljenu organizaciju razmeštanja. Priprema mesta za razmeštanje proizvodnih i remontnih resursa značajnih za borbena dejstva neizbežna je za većinu ovih kapaciteta (npr. visokoproduktivna mašina za obradu metala rezanjem mora imati odgovarajuću podlogu, propisane uslove za rad, ispitivanje nakon montaži, itd.), što planom mora biti obuhvaćeno. Kao i pri raseljavanju RMR PS i disperzije, jednom sačinjeni planovi razmeštanja moraju se ažurirati u skladu sa promenama u okviru sistema i njegovog okruženja.

Zaključak

Analize koje se sprovode radi odlučivanja da li, šta i kako raseljavati ratne materijalne rezerve pokretnih sredstava vantrupnog ešelona, treba realizovati na logističkim principima. Na taj način se moguće greške i odstupanja rešenja od optimalnih svode na najmanju meru. Logističkim pristupom dolazi se do definicija procesa raseljavanja ratnih materijalnih rezervi pokretnih stvari vantrupnog ešelona, disperzije pokretnih stvari na trupnom ešelonu i izmeštanja proizvodnih resursa, koje omogućuju oblikovanje prakse na adekvatan način. Mogućnosti potencijalnih neprijatelja za nanošenje udara sa distance utiču na potrebu da se ovim procesima pridaje značaj ravan značaju mobilizacije.

Izrada planova raseljavanja (disperzije, izmeštanja) nezamisliva je bez primene metoda operacionih istraživanja, pri čemu je simulacija svakog kokretnog skladišta (jedinice, preduzeća) veoma korisna. Vreme trajanja ovih procesa treba da bude zavisno promenljiva veličina, odnosno, funkcija cilja je postizanje minimuma uz postavljena ograničenja. Analizama se dolazi do minimalnog vremena koje se ne može skraćivati bez obzira na povećanje resursa, troškova, itd.

Planove raseljavanja (disperzije, izmeštanja) treba raditi za više varijanti, ili po segmentima koji obuhvataju karakteristične aspekte taktike, tehnologije i organizacije. Na taj način omogućava se izvršiocima da primene varijantu ili kombinaciju segmenata plana, tako da se organizacija postavi u skladu sa situacijom. Svaka veća izmena okruženja u domenu strategije (taktike), tehnologije i organizacije nalaže analize i, po potrebi, izradu dela ili čitavog plana i organizacije obuke izvršilaca raseljavanja (disperzije, izmeštanja).

Literatura:

- [1] Stojilković M.; Vukadinović, S.: Operaciona istraživanja, VIZ, Beograd, 1984.
- [2] Pantelić, V.: Snabdevanje, CVTŠ, 1986.
- [3] Maksić, R.; Kerec, Z.: Mogućnost unapređenja postupka izrade planova raseljavanja skladišta.
- [4] Stanković, D.: Određivanje resursa za rad skladišta pogonskog goriva, magistarski rad, CVTŠ, 1990.
- [5] Vukićević, S.: Skladišta, Preving, Beograd, 1995.
- [6] Maksić, R.; Andrejić, M.; Savić, M.: Istraživanje tokova informacija i materijala sistema snabdevanja u borbi, Zbornik radova, XXII SYMOPIS, 1995.
- [7] Nikolić, I.; Borović, S.: Višekriterijumska optimizacija, VIZ, Beograd, 1996.
- [8] Savić, D.; Mišković, V.: Izbor načina slaganja materijala u skladištu posebne namene, XXV SYMOPIS, 1998. Zbornik radova.
- [9] Grupa autora, Iskustva pozadinskih jedinica VJ nivoa bataljona u suprotstavljanju agresiji NATO na SRJ, monografija, VTA VJ, 1999.
- [10] Pravilo tehničke službe TU-V, 1.
- [11] FM 700-80.

NEKI PARAMETRI RELEVANTNI ZA PROJEKTOVANJE TENKOVA

UDC: 623.438.3-11

Rezime:

U ovom radu razmatrani su neki parametri značajni za proces projektovanja tenkova. Oni se odnose na koncepciju tenkova, oklopnu zaštitu, naoružanje, municiju, osnovne dimenzije, specifični pritisak na tlo i masu vozila. Pored toga, izvršena je analiza međusobnog rasporeda motora, transmisije i posade u tenku, kao i sagledavanje osnovnih performansi pogonske grupe i sistema za oslanjanje. Rad razmatra i neke elemente ergonomije.

Ključne reči: tenk, koncepcija tenka, municija, motor, transmisija.

SOME PARAMETERS IMPORTANT FOR TANK DESIGN

Summary:

Some parameters important for the process of tank design were considered in the paper. These parameters are related to the tank layout, armored protection, armament, ammunition, basic dimensions, ground pressure and tank mass. The mutual arrangement of engine, transmission and crew was analyzed and the basic performances of power plant and the running gear were considered. Some aspects of human engineering were pointed out as well.

Key words: tank, tank layout, ammunition, engine, transmission.

Uvod

Od pojave tenkova u Prvom svet-skom ratu do danas urađen je veliki broj studija koje se odnose na projektovanje tenkova. Međutim, bilo je nemoguće obuhvatiti sve faktore koji utiču na konstrukciju tenkova, već samo neke od njih.

Mnogi konstruktori tenkova prvenstveno obraćaju pažnju na izbor motora, oklop i naoružanje, mada postoje i drugi važni parametri, kao što su odnos dužine i širine, specifični pritisak na podlogu, ograničenja dužine, širine i visine. Konstruktori tenkova moraju imati u vidu sva

ograničenja, taktičko-tehničke zahteve, kao i specifične zahteve koji se odnose na konstrukciju željenog tenka.

Teorijski gledano, konstruktor tenka može da počne svoj rad na formatu „čistog“ papira. Međutim, u praksi to nije tako, jer postoje realizovana rešenja koja će uticati na konačno konstrukcijsko rešenje. Ukratko – tenkisti žele tenk koji će imati veliku verovatnoću pogađanja, koji će izlaziti neoštećen iz borbenih dejstava, koji će se kretati velikom brzinom po bilo kom terenu, i koji će imati veliki akcioni radijus. Oni koji obezbeđuju materijalna sredstva, bilo za izradu ili kupovinu ten-

kova, žele jeftine tenkove koji se mogu lako transportovati pomoću vučenih vozova, koji su jednostavni za održavanje, ekonomični i efikasni. Nažalost, svi ovi zahtevi ne mogu se ostvariti na jednom vozilu, već se u procesu projektovanja moraju usaglasiti zahtevane karakteristike kako bi se ostvarila izbalansirana konstrukcija.

Dimenzije tenka

Širina predstavlja, verovatno, najkritičniju dimenziju tenka, zbog toga što utiče na mogućnost kretanja po savremenim putevima, prelazak mostova, mogućnost transporta i manevarske karakteristike.

Širina vučenih vozova, transportnih aviona i železničkih vagona utiče na izbor širine tenka. Tako, na primer, u Rusiji postoje ograničenja u transportu objekata železnicom do širine 3414 mm, što utiče i na definisanje maksimalne širine tenkova.

Američka armija ograničila je širinu tenka M1 na 3658 mm, a danas iznosi 3588 mm. Faktore koji utiču na širinu tenka specificirali su američki konstruktori, uključivši internacionalni železnički propis koji propisuje maksimalnu širinu od 3150 mm ili minimalnu širinu puteva koja se kreće od 2438 mm do 2591 mm. Oba ova ograničenja mogu biti prekoračena. Standardni američki vučeni voz širok je 2438 mm, ali tenkovi koji se transportuju imaju veću širinu od ove.

Na širinu oklopnog tela, takođe, utiče prečnik prstena kupole. Dimenzije prstena kupole moraju obezbediti otvaranje zatvarača topa, njegovu elevaciju i dovoljno prostora za punjenje i pražnjenje topa. Prečnik prstena kupole američkih tenkova ima različite dimenzije: od

1524,6 mm za tenk M-4 Sherman na kome je ugrađen top kalibra 75 ili 76 mm do 2150 mm za tenk M-48 Patton i tenk M-60 na koje se ugrađuju topovi kalibra 90 ili 105 mm. U tabeli 1 date su veličine prečnika prstena kupole nekoliko tenkova starijih generacija.

Na ukupnu visinu tenka utiču: visina kupole, visina oklopnog tela i klirens. Konstruktori tenkova istočnog porekla, posvetili su veliku pažnju smanjenju visine tenka kako bi se smanjila masa, a da se pri tome ostvari maksimalna oklopna zaštita na prednjem delu tenka. Smanjenje visine najviše utiče na smanjenje mase, zbog toga što oklop na prednjoj strani ima najveću debljinu i zahteva veću masu da bi se zadržao dati nivo zaštite. Prema tome, ako se visina tenka smanji, a masa ostaje konstantna veličina, prednji oklop će biti deblji zbog toga što pokriva manju površinu.

Tabela 1

Prečnik prstena kupole

Tenk	Prečnik prstena kupole (mm)	Kalibar topa (mm)
M3	1384	37
Panther	1650	75
M4	1753	75/76
M26	1753	90
Tiger I	1850	88
Centurion	1880	83,4/105
M48/M60	2159	90/105
Chieftain	2159	120

Visina oklopnog tela je ograničena potrebnim prostorom za motorno-transmisiono odeljenje, i visinom prostora za vozača. Visina kupole određena je potrebom da se obezbedi prostor u kojem punilac može da ustane i puni top. Najmanje rastojanje od poda oklopnog tela

do unutrašnje strane krova kupole treba da bude veće od 1676 mm da bi punilac mogao da ustane [1]. Minimalna visina tenka se određuje tako što se na visinu od 1676 mm dodaju još debljina oklopa krova kupole, debljina poda, debljina torzionih štapova (ako postoje) i klirens. Alternativna metoda je da se saberu klirens, visina od 1005 mm za vozača, visina od 660 mm za kupolu (uračunat dodatni prostor za depresiju topa), kako bi se postigla minimalna visina konvencionalne konstrukcije tenka od 2122 mm.

Dužina tenka u opštem slučaju nije kritična kao što su njegova širina i visina. Međutim, na dužinu tenka u određenoj meri utiče njegova širina. Na manevarske sposobnosti tenka u velikoj meri utiče odnos dužine naleganja gusenica na tlo i širine traga vozila. Ako je ovaj odnos veoma veliki zaokret je nemoguć zbog prevelikog klizanja gusenica. Za tenkove sa jednostavnim transmisijama, kojima se može ostvariti samo jedan proračunski radijus zaokreta, odnos dužine i širine ne treba da pređe vrednost od 1,5. Na tenkovima sa složenijim transmisijama (koji omogućuju jedan ili više kontinualnih radijusa zaokreta) navedeni parametar kreće se u granicama od 1,7 do 1,8.

Položaj težišta tenka ima veliki uticaj na sposobnost savlađivanja prepreka kao i na uzdužnu i poprečnu stabilnost. Idealno bi bilo da se poprečni položaj težišta nalazi iznad geometrijskog centra gusenica, kako bi se ostvarila podjednaka raspodela masa na potporne točkove, odnosno gusenice.

Specifični pritisak na tlo

Jedan od faktora koji najviše utiče na pokretljivost tenkova je specifični pritisak na tlo. Ruski konstruktori stavljaju

granicu ovog parametra do 0,85 daN/cm² za gusenice na kojima nema gumenih naplataka. Oni nisu proizveli tenkove sa većim specifičnim pritiskom od 0,81 daN/cm², dok američki tenkovi, zbog svoje veće mase, imaju i veći specifični pritisak na podlogu.

Uopšte govoreći, ako je manji specifični pritisak na podlogu lakše je kretanje po mekšim terenima. Na primer, veoma mali specifični pritisak na tlo britanskog borbenog vozila Scorpion (0,35 daN/cm²) omogućavao je savlađivanje veoma mekih terena na Folklandima, gde je bilo gotovo nemoguće upotrebiti druga borbena vozila. Ako gusenica manje prodire u tlo potrebna je i manja snaga za ostvarivanje kretanja tenka, što znači da je vozilo ekonomičnije u pogledu potrošnje goriva.

Parametar koji neposredno utiče na specifični pritisak na tlo je masa tenka. Masa savremenih tenkova kreće se u granicama od 40 t do 60 t. Tenkovi velike mase imaju slabiju pokretljivost, a otežano im je transportovanje železnicom ili vučenim vozom. Takođe, veće mase ograničavaju mogućnost savlađivanja vodenih prepreka prelaskom preko mostova.

Vrednosti specifičnog pritiska na podlogu za neka oklopna borbena vozila prikazane su u tabeli 2.

Oklopna zaštita

Oklop predstavlja komponentu tenka koja ima najveću masu. Pri konstrukciji tenkova istočnog porekla smanjuje se visina radi smanjenja mase, a ostvaruje se smanjenjem površine koju treba oklopiti. U tabeli 3 prikazane su površinske gustine za različite oklope (površinska gustina definiše se kao masa

Tabela 2

Specifični pritisak na podlogu

Tenk	Specifični pritisak na podlogu (daN/cm ²)
Scorpion	0,35
S-tenk	0,45
PT-76	0,49
T-64	0,72
T-62	0,75
AMX-13	0,76
AMX-30	0,77
T-72	0,79
T34/85	0,81
T-54	0,81
T-55	0,81
M60A1	0,86
PZ-68	0,86
Chieftain	0,90
Leopard 1	0,90
M1	0,92
Vickers MBT	0,95
Centurion	0,95

Tabela 3

Površinska gustina oklopa

Oklop	Površinska gustina (gr/cm ²)
Homogeni valjani oklop	7,713
Titan	4,429
7039 Aluminijum	2,749

po jedinici površine za datu debljinu materijala). Idealne osobine klasičnog oklopa su tvrdoća, žilavost i krutost. Mada oklop od titana može biti atraktivan sa aspekta mase, on je mnogo skuplji nego homogeni čelični oklop. Pošto je aluminijum tri puta lakši od čelika, za isti nivo zaštite oklop mora da bude tri puta deblji od čeličnog oklopa [1]. To bi značilo da oklopna tela od čelika i aluminijuma, za istu oklopnu zaštitu, imaju istu

masu. Deblji aluminijumski oklop je čvršći, može znatno da smanji masu vozila, pa je veoma pogodan za lakša vozila.

Oklop Chobham koji je razvijen u Velikoj Britaniji, prema dostupnim podacima, obezbeđuje znatno bolju zaštitu od klasičnog homogenog čeličnog oklopa od različitih tipova projektila. Način rasporeda oklopa na tenku isto je toliko značajan kao i tip oklopa. Najdeblji oklop postavlja se na onim mestima na tenku gde se očekuje najverovatniji pogodak projektila. Prema tome, oklop je najdeblji na čeonj strani tenka, koja je najviše izložena vatri protivnika.

Veći efekat zaštite sa oklopom iste debljine postiže se njegovim postavljanjem pod nagibom, čime se ostvaruje povećanje efektivne debljine. Što je veći nagibni ugao oklopnih ploča veća je i verovatnoća da dođe do rikošeta zrna.

Oklop predstavlja i zaštitu od radijacije. U dostupnoj literaturi ima veoma malo podataka o njegovoj zaštiti od neutrona, ali postoje informacije koje ukazuju na to da je slabljenje gama-zraka uslovljeno dužinom vremena koje prati nuklearnu detonaciju. Početna radijacija, koja ima znatno veću energiju, dešava se u momentu eksplozije, a ostala radijacija dolazi posle udarnog talasa.

Mada se neprestano radi na poboljšanju zaštitnih svojstava oklopa, nemoguće je ostvariti sveobuhvatnu zaštitu. Treba imati u vidu da je oklop samo jedan od faktora koji utiče na opstanak tenka u borbenim dejstvima.

Mogućnost opstanka tenka na bojištu

Poželjno je da tenk poseduje elemente zaštite protiv svega što može da ga uništi, pa čak i u slučaju kada je oklop

probijen. Posle proboja oklopa najveću opasnost predstavlja požar. Imajući to u vidu, konstruktori američkog tenka M1 postavili su sedam senzora kako bi se otkrio požar i sprečilo širenje plamena pre nego što bi moglo da dođe do eksplozije [1].

Kod tenkova starijih generacija sa benzinskim motorima postojala je velika mogućnost da dođe do požara u slučaju pogotka u prostor motora ili blizu rezervoara za gorivo. Naime, benzinske pare iz rezervoara imaju veću verovatnoću da proizvedu sekundarnu eksploziju nego pare dizel goriva.

Municijska punjenja predstavljaju najveću opasnost u tenku, zbog toga što se trenutno pale kada u njih udari projektil. Međutim, rizik od vatre municijskog punjenja može se znatno smanjiti ako se predvidi poseban prostor za smeštaj municije sa zidovima koji su napunjeni tečnošću, kao što je to urađeno na tenku M-4 Sherman i tenku Chieftain. Alternativna mogućnost je upotreba specijalnih pregrada, kao što je to realizovano na tenku M1 Abrams. Rešenje koje se razlikuje od prethodnog realizovano je na najnovijem ruskom tenku Crni orao (slika 1), kod kojeg je municija smeštena u zadnjem delu kupole zajedno sa uređajem za automatsko punjenje. Ovaj tenk poseduje top kalibra 135 mm i aktivni odbrambeni sistem Arena.

Ostale mere zaštite tenka, koje mogu doprineti njegovom opstanku u borbi, jesu upotreba uređaja za stvaranje dimne zavese ili drugih naprava za proizvodnju dima, upotreba uređaja za kopanje rova, ostvarivanje niže siluete i radio-zaštita od detekcije. Potreba za opstankom tenka u borbi određuje i kakav će biti raspored posade i glavnih podsistema u tenku.



Sl. 1 – Tenk Crni orao

Razmeštaj motora, transmisije, topa i posade u tenku

Razmeštaj motora, transmisije, topa i posade definiše se koncepcijom tenkova, koja je uslovljena njegovom aktivnošću na bojištu. Tenk mora da se kreće po terenu dovoljno velikom brzinom da nosi snažno naoružanje, kao i da pruži zaštitu posadi i njegovim sistemima. Konfiguracija tenka se menja iz godine u godinu, ali je u najvećem broju zemalja zasnovana na konceptu tenka T-34.

Unutar oklopnog tela tenka nalaze se tri odeljenja: odeljenje vozača, borbena odeljenje i motorno-transmisiono odeljenje. Motor tenka je odvojen kako bi se smanjila opasnost od požara. Uobičajeno je da se motor postavlja u prednjem ili zadnjem delu tenka, a prvi britanski tenk Mark 1 imao je pogon koji je bio postavljen u sredini tenka. Mada najveći broj tenkova proizvedenih od Drugog svetskog rata ima motor i transmisiju u zadnjem delu, još postoje tenkovi sa motorom pozadi i transmisijom smeštenom u prednjem delu. Nedostaci ovakvog rešenja su: visina vozila mora biti veća da bi se omogućio prenos snage do transmisije, a pošto ona zahteva tekuće održavanje, prednji deo tenka mora da ima po-

klopce da bi joj se prišlo. Osim toga, transmisija u prednjem delu vozila više je izložena delovanju mina, zbog toga što one eksplodiraju uglavnom ispod prednjeg dela vozila. Ako se to dogodi tenku sa motorom i transmisijom koji su smešteni u zadnjem delu može biti uništen lenjivac, ali tenk bi se i tako oštećen mogao kretati. Međutim, ako bi se sa transmisijom napred pogodio tenk i uništio pogonski točak, on ne bi mogao da se kreće. Još jedan nedostatak transmisije koja je postavljena napred jeste zahtev pogonskih točkova za određenom geometrijom oklopnog tela, što ograničava odstupanje većeg nagiba prednje oklopne ploče i dovodi do smanjenja njene efektivne debljine.

Tenkovi koji se danas nalaze u upotrebi, a imaju motor i transmisiju postavljene napred su: izraelski tenk Merkava i švedski S-tenk. Merkava je projektovana sa transmisijom i motorom smeštenim napred koji služe kao dodatna zaštita. Motorski prostor u švedskom tenku S takođe obezbeđuje dodatnu zaštitu. Međutim, položaj motora i transmisije ovog tenka, u prednjem delu, nastao je zbog potrebe da uređaj za automatsko punjenje zauzme prostor tamo gde bi inače motor bio postavljen.

Sa primenom termovizije, kod tenkova sa motorom postavljenim napred, zbog povećanog termičkog zračenja povećana je opasnost od otkrivanja. Dodatni nedostatak mogao bi da predstavlja i problem hlađenja prostora za vozača, pošto se on u ovom slučaju nalazi blizu motora i transmisije. Međutim, rešenja odvođenja izduvnih gasova i prigušenja buke u odeljenju posade dosta je pojednostavljeno.

Značajna prednost smeštanja borbenog odeljenja u zadnjem delu tenka jeste

smanjenje ukupne dužine oklopnog tela, čime se smanjuje mogućnost da top udari u tlo kada je okrenut napred u terenskim uslovima kretanja. Borbeno odeljenje u zadnjem delu tenka, takođe, omogućava primenu topa duže cevi, čime se povećava početna brzina projektila, što doprinosi većoj probojnosti ispaljenih projektila.

Najveći broj tenkova ima motor i transmisiju u zadnjem delu, čime se izbegavaju nedostaci smeštaja transmisije i motora u prednjem delu, ali se komplikuje njihova kontrola.

Sa izuzetkom tenka S najveći broj tenkova ima kupolu. Tenk S ima fiksirani top kalibra 105 mm, koji je postavljen na oklopno telo sa uređajem za automatsko punjenje čime se omogućava brzina gađanja od 15 projektila u minuti. Elevacija topa kreće se u granicama od -10° do $+12^{\circ}$, a postiže se izdizanjem i spuštanjem prednjeg ili zadnjeg dela tenka, što omogućuje hidropneumatsko oslanjanje. Top se poprečno pomera zahvaljujući veoma pouzdanoj transmisiji kojom se ostvaruje potrebno zakretanje gusenica. Ovakav sistem omogućava okretanje topa u horizontalnoj ravni isto tako brzo kao što se to ostvaruje kupolom.

Svi savremeni tenkovi imaju kupolu. Međutim, postoji mogućnost da u budućnosti posada bude smeštena u oklopnom telu, i da tenk ima top montiran spolja. Jedno takvo rešenje, koje se nalazi u fazi ispitivanja, proizvela je američka kompanija General Dynamics Land Systems (slika 2). Tenk će imati uređaj za automatsko punjenje topa, hidropneumatski sistem za oslanjanje sa mogućnošću promene klirensa u toku vožnje, a posadu će činiti dva člana. Početak njegove proizvodnje očekuje se oko 2015. godine. Međutim, treba imati u vidu da kupola pruža niz prednosti. Ako se mesto ko-



Sl. 2 – Eksperimentalni tenk sa topom montiranim sa spoljašnje strane

mandira nalazi iznad oklopnog tela, što je slučaj kod tenka sa kupolom, on će imati bolji pregled terena, bolje će uočavati ciljeve i davati zadatke vozaču. Sadašnji sistem za to je relativno jednostavan, ali postavljanjem komandira i nišandžije u oklopnom telu znatno bi se usložio optičko-elektronski sistem koji bi trebalo da obezbedi isti onakav pregled koji postoji kada su nišandžija i komandir smešteni u kupoli.

Naoružanje tenka

Na izbor naoružanja tenka utiče veliki broj faktora. Od njih su najznačajniji vojna doktrina zemlje koja razvija tenk, oklopna zaštita potencijalnog protivnika i zahtev za uništenje raznih ciljeva. Šezdesetih godina postojalo je mišljenje da će budući tenkovi biti opremljeni antitenkovskim vođenim raketama, zbog njihovog velikog dometa i velike efikasnosti. Američki tenkovi Sheridan i M60A2 imaju ugrađene topove koji, pored klasičnih projektila, ispaljuju i raketne projekte i predviđeni su da prvenstveno koriste ove druge.

Povećanje vatrene moći u najvećoj meri odnosi se na povećanje efikasnosti osnovnog naoružanja, tj. topa. Kada su

u pitanju tenkovski topovi rad na povećanju njihove efikasnosti odvija se u nekoliko pravaca, a to su:

- razvoj novih topova sa čvrstim pogonskim punjenjem;
- razvoj topova sa tečnim pogonskim punjenjem;
- razvoj električnih topova;
- razvoj elektrotermičkih topova.

Očekuje se da usavršavanje topova sa čvrstim pogonskim punjenjem bude nastavljeno, iako ima mišljenja da rad na osvajanju novih čvrstih pogonskih goriva neće dati značajnije rezultate. Uglavnom, sve se svodi na to da pogonsko punjenje i projektil budu povećani, a to nameće potrebu za većim kalibrom topa.

Na zapadnim tenkovima ugrađen je, ili je predviđen za ugradnju, top kalibra 120 mm glatke cevi, dok Britanci koriste top sa ožlebljenom cevju.

Amerikanci rade na programu razvoja tenkovskog topa kalibra 140 mm, a prva ispitivanja modela topa od 140 mm započeta su 1988. godine.

Takođe, NATO radi na razvoju topa glatke cevi istog kalibra. Ovaj top često se naziva „zajednički NATO tenkovski top“, a predmet je istraživanja SAD, Velike Britanije, Nemačke i Francuske.

Nezavisno od ovih istraživanja britanska firma Royal Ordnance vrši ispitivanja topa od 140 mm na šasiji tenka Centurion, a Švajcarci top istog kalibra testiraju na šasiji tenka Leopard 2. Ova ispitivanja, ipak, potvrđuju da će budući tenkovi biti naoružani topovima kalibra 140 mm.

Realizacija topa kalibra 135 mm ostvarena je na novom ruskom tenku Crni orao [2]. Za naoružanje ovog tenka karakteristično je i to da je kupola potpuno nova u odnosu na prethodne verzije tenkova, a uređaj za automatsko punjenje

Municija naoružanja tenkova

topa ne nalazi se ispod kupole, kao što je to bilo na prethodnim tenkovima, već je montiran u njenom zadnjem delu. Na taj način znatno je povećana brzina gađanja i sigurnost smeštaja municije.

Pored uvođenja topova većeg kalibra na postojećim tenkovima, uveliko se vrše istraživanja novih vrsta projektila radi povećanja njihove probojne moći.

Francuska armija je radila na razvoju ACRA rakete kalibra 142 mm koja se ispaljuje iz topa. Nakon određenih ispitivanja zaključeno je da, pored prednosti koje se ogledaju u velikom dometu, rakete imaju i nedostatke kao što su mala brzina gađanja, nemogućnost otvaranja vatre iz pokreta, visoka cena, itd.

Municija tenkovskog naoružanja

U tenkovima se smešta velika količina municije za top, koaksijalni mitraljez, mitraljez na krovu kupole (PA mitraljez), za naoružanje posade, itd. Najkrićnija od svih je municija za top. U toku razvoja tenkova broj topovskih zrna smeštenih u tenku znatno se promenio. Na primer, tenk Mark I nosio je 332 zrna kalibra 57 mm, a tenk T-34/76 imao je 77 zrna (tabela 4). Od Drugog svetskog rata veliki broj tenkovskih zrna koje nose tenkovi smanjivao se u mnogim zemljama. Na Zapadu je usvojeno stanovište da broj topovskih zrna iznosi 50 do 60, dok se kod ruskih tenkova ovaj broj zrna svodi na oko 40.

Masa municije direktno utiče na konstrukcijsko rešenje tenka. Ako se predviđa više municije, onda nastaju određene nepovoljnosti što se tiče smeštaja opreme, prostora za posadu i oklopne zaštite. Neki primeri u vezi sa tim su:

Tenk	Osnovni top		Koaksijalni mitraljez na kupoli		Godina uvođenja u naoružanje
	broj zrna	kal. (mm)	broj zrna	broj zrna	
Mark I	332	57	6272		1916.
Mark IV	204	57	5646		1916.
St. Chomand	106	75	7500		1917.
A7V	250	57	36000		1918.
T-34/76	77	76.2	3900		1940.
M3 Medium	50	75	9200		1941.
M4 Medium	97	75	4750	300	1942.
T-34/85	56	85	2750		1944.
T-44	56	85	2750		1945.
M26	70	90	5000	550	1945.
Centurion	64	83.4	4750	600	1949.
T-54	34	100	3500		1949.
M-47	71	90	4125	440	1950.
M-103	38	120	5250	1000	1953.
M-48A2	64	90	5950	1365	1953.
T-55	43	100	3500	500	1958.
M60A1	60	105	5950	900	1960.
T62	40	115	2000-3000	250	1961.
Chieftain	64	120	600		1963.
Leopard 1	60	105	5500		1965.
T-64	40	125	3000	500	1970.
M60A2	33	152	5560	1080	1974.
T-72	40	125	3000	50	1975.
Leopard 2	42	120	2000		1979.
M1	55	105	11400	1000	1980.

– povećanje broja zrna kod tenka M47 na 71 zahteva uklanjanje mitraljeza i eliminisanje prostora za nišandžiju;

– zrno kalibra 75 mm za top tenka M-4 Sherman ima masu od 9,04 kg, a ukupna masa zrna koja ulaze u borbeni komplet topa iznosi 875,88 kg. Suprotno tome, zrno za top tenka 60A1 kalibra 105 mm ima masu od 18,6 kg, a ukupna masa zrna borbenog kompleta topa iznosi 1116 kg.

Tabela 5

Masa municije tenkovskih topova

Zemlja	Kalib. (mm)	Oznaka	Masa (kg)
SAD	37	APC M-51	1,58
Vel. Britanija	40	2 Pdr MK 1	2,22
Rusija	57	APHE	3,10
Vel. Britanija	57	6 Pdr APCBC-T	6,30
SAD	75	APC M-61	9,04
Rusija	76,2	APHE	6,50
SAD	76,2	APC M-62	11,25
Vel. Britanija	76,2	17 pdr MK-8	17,01
Rusija	85	APHE	9,30
SAD	90	APC M-82	19,39
SAD	90	Shot T-43	23,22
Rusija	100	APHE	15,90
SAD	105	APDSM 392	18,60
Rusija	115	APDS BM-6	22,50
Zap. Nemačka	120	APFSDS	19,00
SAD	152	HEAT M409	22,59

Podaci za masu zrna nekih tenkovskih topova dati su u tabeli 5.

Prazne čaure stvaraju dodatni problem za konstruktore tenkova i municije. Posle nekoliko ispaljenih zrna barutni gasovi stvaraju problem disanja, a prazne čaure smanjuju radni prostor. Neki tenkovi su projektovani tako da imaju mesta na strani kupole za punjenje i pražnjenje, dok se kod drugih tenkova punjenje municijom obavlja otvaranjem odgovarajućih poklopaca. Problem čaura delimično je rešen na tenkovima kao što su T-64, T-72 i Leopard 2, korišćenjem dvodelnih zrna.

Prostor za posadu

Prostor za posadu veoma je značajan faktor za konstrukciju tenka. Komandiru je potrebno $0,4 \text{ m}^3$ prostora, puniocu $0,8 \text{ m}^3$, a vozaču oko $0,78 \text{ m}^3$. Dodajući još

10% prostora za omogućavanje slobodnih pokreta, posadi od četiri člana potreban je prostor od $2,5 \text{ m}^3$ [1].

Nameće se pitanje da li je tenkovima potrebna posada od četiri člana. Savremena elektronika omogućava da se mnoge kontrole i upravljanje mogu obavljati daljinski, a uređaj za automatsko punjenje može zameniti punioca. U mnogim tenkovima komandir može da otvara vatru pošto prethodno odabere cilj. U vezi sa postavljenim pitanjem odgovor daju realizovani tenkovi kod kojih je broj članova posade smanjen na tri (najnoviji tenkovi istočnog porekla i francuski *Leclerc*).

Postoji veoma jak argument da vozač bude odvojen, posebno u toku napada kada komandir traži cilj, nišandžija vrši opaljenje, a vozač manevriše tenkom, uz minimalnu kontrolu komandira. U nekim slučajevima vozač može pronaći cilj i učiniti da ga posada zapazi. Činjenica je da posada od četiri člana smanjuje pojedinačno opterećenje posade tenka u operacijama koje traju 24 časa i više. Slučaj da punilac bude odvojen retko se javlja. Rusi su razvili tenkove i borbena vozila pešadije sa uređajem za automatsko punjenje topa, čime se postiže veća brzina gađanja. Uređaj za automatsko punjenje podložan je kvaru i zahteva održavanje da bi se obezbedila pouzdanost.

Pri usvajanju koncepcije tenka sigurno će se nastojati da se broj članova posade smanji.

Pogon tenkova

Specifična snaga smatra se najkritičnijim parametrom pokretljivosti tenkova. U Drugom svetskom ratu specifična snaga tenkova kretala se u granicama od 10 do 12 kW/t , i povećana je na vrednost

Tabela 6

Specifična snaga

Tenk	Specifična snaga (kW/t)
Centurion	9,2
Chieftain	10,2
M-4A3	10,3
T-54	10,6
M60A1	11,3
T-34/85	11,5
M48A5	11,7
T-55	11,8
T-44	11,9
M47	12,9
S-tenk	13,7
T-72	14,0
T-62	14,1
Leopard 1 A3	14,4
T-64	14,7
Leopard 2	20,2
M1	20,7

od 20 do 21 kW/t kod tenka Leopard 2 i M1 Abrams (tabela 6). Ove specifične snage obezbeđuju ostvarivanje dobrog ubrzanja i velikih prosečnih brzina, čime se povećava pokretljivost a time i mogućnost opstanka tenka na bojištu. Na primer, tenk iz Drugog svetskog rata, specifične snage 11 kW/t, mogao je da se ubrza od 0 do 16 km/h za oko 5 sekundi, a savremeni tenkovi specifične snage 21 kW/t mogu da ostvare istu brzinu u roku od dve do tri sekunde.

Pored snage motora i njegova zapremina i masa utiču na konstrukciju tenka, odnosno na njegove dimenzije. Kada se upoređuju zapremine i mase različitih sistema, treba da se uporede ukupne mase motora, sistema za hlađenje, prečištača, transmisija i uređaja za napajanje gorivom, zato što različiti tipovi motora

imaju različite zahteve za prostor za usisavanje vazduha, izduvne gasove, hlađenje, napajanje gorivom i dr. Na primer, gasna turbina kao pogonski motor lakša je od dizel motora, ali on zahteva manju količinu goriva za isti akcioni radijus. Kada se sve mase saberu, gasna turbina u tenku M1 ima manju masu od dizel motora u tenku Leopard 2, ali je zapremina motora tenka Leopard 2 ($5,19 \text{ m}^3$) u poređenju sa gasnom turbinom tenka M1 Abrams ($5,48 \text{ m}^3$), znatno manja. Međutim, najveća razlika između zahteva za tenk M1 Abrams i Leopard 2, koji se odnose na masu i prostor pogonskih sistema, nalazi se u zapremini goriva koje mora da se smesti na tenku M1 Abrams. Problem je rešen tako što je gorivo postavljeno u specijalno oblikovane rezervoare, kako bi se najbolje iskoristio prostor.

Problem bi se znatno komplikovao kada bi se pri upoređivanju uzimale efektivne snage pogonskih motora, jer postoji razlika između snage koju daje motor bez priključenja njegovih uređaja i snage koju daje motor kada su na njega priključeni uređaji. U slučaju tenka M84 njegov benzinski motor, oznake AV-1790-5, razvija snagu od 606 kW koja se računa bez priključnih uređaja na motoru, a verzija dizel motora ostvaruje snagu od 551 kW. Kada se uzme u obzir snaga potrebna za pogon uređaja benzinski motor razvija efektivnu snagu od 460 kW, a za dizel motor oko 463 kW.

Za ruske konstruktore najznačajniji faktori koje treba razmatrati pri projektovanju i razvoju motora su njegova pouzdanost, pogodnost za održavanje i jednostavnost ugradnje u vozilu. Danas, u opštem slučaju, vlada mišljenje da će dizel motor i gasna turbina biti zastupljeni

u budućim tenkovima, jer ostali motori nisu u mogućnosti da pouzdano ostvaruju potrebnu snagu od preko 1100 kW, koja se predviđa za buduće tenkove.

Veoma važan zahtev pri izboru motora za tenk jeste da motor zahteva što manji prostor za ugradnju. Veći motor (po dimenzijama), čak i ako ima manju masu, zahteva veći oklopljeni prostor što direktno utiče na ukupnu masu i dimenzije tenka.

Sistem oslanjanja

Jedan od ciljeva bilo kod sistema oslanjanja jeste da ostvari male oscilacije apsorbovanjem udara koji nastaju pri kretanju tenka preko raznih terena. Takve sile u početku preuzimaju elastični elementi, kao što su torzione poluge i zavojne opruge ili hidropneumatski uređaj. U hidropneumatskom sistemu nitrogen se u zaptivenom prostoru komprimuje kada potporni točak pokreće klip, a sile ulja se suprotstavljaju pritisku vazduha. Kada potporni točak savlada prepreku, gas se širi i nastoji da potporni točak vrati nazad u njegov normalni položaj. Tenkovi bez hidropneumatskog tipa oslanjanja koriste amortizere koji apsorbuju silu koju je prihvatio elastični elemenat.

Bez obzira na to koji se tip oslanjanja koristi, primarni cilj konstruktora jeste da obezbedi što manje oscilovanje vozila, što omogućava lakšu stabilizaciju topa, efikasniji rad posade i povećava pouzdanost sistema jer se smanjuju opterećenja.

Kada se razmatra ljudski faktor u projektovanju sistema za oslanjanje, treba zapaziti da mnoge teškoće nastaju kada oscilovanje oklopnog tela dostiže vrednost od četiri do pet ciklusa u sekundi. Željena vrednost je oko 0,7 do 0,8

Tabela 7

Vertikalni pomak potpornog točka

Tenk	Vert. pomak potpornog točka (mm)
T-55	85
Chieftain	120
AMX-30	186
T-64	203
Vickers MBT	203
Leopard I (prvi potp. točak)	260
M60A1	300
T-72	310
M1	381
Type 74	400
Leopard 2	530
S-tenk (zadnji potp. točak)	543
MBT-70/KPZ-70	550

ciklusa u sekundi, koja se može postići povećanjem hoda potpornog točka (tabela 7).

Neki ergonomske aspekti projektovanja tenkova

Pri projektovanju tenkova veoma je važno da se uzmu u obzir i neki ergonomske aspekti, kao što su:

- obezbeđenje povoljnog oslanjanja glave;
- pogodan smeštaj komandira i nišandžije radi što lakšeg rada;
- dobro osmatranje terena;
- odstranjivanje barutnih gasova.

Osim toga, treba napomenuti da kod nekih ruskih rešenja postoje signalni uređaji koji upozoravaju vozača da se top pomera izvan širine traga gusenica. Periskopi se zagrevaju električnim putem, a postoje sprave za čišćenje periskopa od prašine i blata. Na većini tenkova različitih tipova ne može se okretati kupola kada je otvoren poklopac vozača.

Zaključak

Projektovanje tenkova veoma je kompleksno i zahteva detaljno sagledavanje velikog broja parametara kako bi se realizovalo rešenje kojim će se ostvariti što bolje performanse. Posebna pažnja mora se posvetiti definisanju koncepcije tenka, izboru pogonske grupe, izboru naoružanja i smeštaju municije i goriva, ostvarivanju adekvatne oklopne zaštite i što veće prohodnosti tenka. Osnovne dimenzije (dužina, širina i visina) znatno utiču na niz elemenata, kao što su ukupna masa, dimenzije i pozicija prstena kupole, mogućnost transporta, itd. U procesu razrade konstrukcije tenka mora se obezbediti što udobniji smeštaj članova posade, kao i njihovo minimalno zamaranje u toku rada, kako bi se ostvarila što veća efikasnost.

Realizacijom tenka kao složenog sredstva u osnovi treba da se ostvare velika vatrena moć, pokretljivost i oklopna zaštita, a konstrukcija treba da predstavlja izbalansirano rešenje, kako bi se u što većoj meri ostvarile i ostale zahtevane performanse.

Literatura:

- [1] Radetić, M.; Pantić, M.: Savremena borbena gusenična vozila i pravci daljeg razvoja, kumulativna naučno-tehnička informacija, Beograd, 1996.
- [2] Novichkov, N.: Russia brings up the big guns on Black Eagle MBT, Jane's Defense Weekly, Sep 24, Volume/Issue 028/012.
- [3] Ogorkiewicz, R.: Transforming the M60 into Magach 7, International Defense Review, 1993., № 10.
- [4] Foss, C. F.: C-1 Ariete – Italy's new main battle tank, International Defense Review, 1998., № 5.
- [5] Szule, T.: Poland's Gorilla tank uses western turret, Jane's Defense Weekly, 1994., March 26.
- [6] Foss, C. F.: First of Russia's T-90s delivered to the Army, Jane's Defense Weekly, 1994., Feb 5.
- [7] Eliseev, V.; Šancev, P.: Rossijskij osnovnoj tenk T-80M, Voennij Parad, 1994., Sept.-Okt.

Dr Dragan Lazarević,
pukovnik, dipl. inž.
Mr Zoran Popović,
pukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnička akademija VJ,
Beograd

MODERNIZACIJA BORBENIH VOZILA U PROCESU TEHNIČKO-TEHNOLOŠKOG OSAVREMENJAVANJA VOJSKE

UDC: 623.438.001.76

Rezime:

Tehnička sredstva koja se nalaze u naoružanju armija vrlo brzo zastarevaju i postaju inferiorna u odnosu na protivnika koji prati trendove razvoja borbenih sredstava i sistema, i u skladu sa tim naoružava svoju armiju. Jedan od vrlo racionalnih i efikasnih načina za dostizanje tehničkog nivoa mogućeg protivnika jeste modernizacija postojećih sredstava naoružanja i vojne opreme. Dobro pripremljena i efikasno sprovedena modernizacija, na vrlo racionalan i ekonomski opravdan način, povećava nivo borbene gotovosti i efikasnosti borbenih sredstava i sistema, i zbog toga se sve više primenjuje u svetu.

Ključne reči: modernizacija, efikasnost, borbena sredstva, tenk.

MODERNIZATION OF MILITARY VEHICLE IN THE PROCESS OF TECHNICAL AND PRODUCTIONAL RENEWALL OF THE ARMY

Summary:

Military technical resources grow old very quickly and become inferior to those of the enemy who follows trends in development of arms and combat systems and accordingly equip its army. One of very rational and efficient ways of reaching the technical level of a possible enemy is modernization of existing arms and military equipment. Well prepared and efficiently carried out modernization improves the level of combat readiness and effectiveness of military equipment in a very rational and economically justified way, and therefore it is very often applied in the world.

Key words: modernization, efficiency, military equipment, tank.

Uvod

Jedan od najbitnijih faktora za ocenu moći i mogućnosti armija jeste efikasnost (ubojitost) borbenih sredstava i sistema koji se nalaze u naoružanju.

Efikasnost zavisi od mnogo parametara, ali u suštini, pri razmatranju tog pitanja postavlja se osnovna dilema – koliko su borbena sredstva i sistemi kojima raspolaže određena armija spremna i sposobna da se suprotstave sredstvima

mogućeg protivnika. Drugačije rečeno, pored stanja tehničke ispravnosti, kao bitnog parametra za upotrebu, analiziraju se taktičko-tehničke karakteristike (TTK) borbenih sredstava posmatrane armije, u odnosu na TTK sličnih ili istih borbenih sredstava i sistema, koja se nalaze u naoružanju ostalih armija sveta, odnosno kod potencijalnog protivnika.

Opremanje armije efikasnim borbennim sredstvima moguće je obaviti na sledeće načine:

- proizvodnjom u fabrikama svoje zemlje,
- nabavkom na svetskom tržištu,
- modernizacijom postojećih borbenih sredstava i sistema, bilo da su proizvedena u fabrikama domaće industrije ili nabavljena uvozom.

Ekonomske činilice sopstvene proizvodnje sredstava NVO

Proizvodnja borbenih sredstava i sistema (sredstava naoružanja i vojne opreme – NVO) vrlo je skupa i često neracionalna, posebno ako se izvodi samo za potrebe svoje armije. Malo je zemalja u svetu koje mogu da organizuju racionalnu i ekonomski opravdanu proizvodnju sredstava NVO samo za svoje potrebe. To je posebno izraženo kada su u pitanju složeni borbeni sistemi i male zemlje sa odbrambenom vojnom doktrinom i nedovoljnom ekonomskom moći.

Ocenu racionalnosti proizvodnje pojedinih vrsta sredstava NVO, posmatrano u ekonomskom smislu, koja se mora sprovesti pre početka bilo kakvog ozbiljnijeg razmišljanja o proizvodnji ili, bolje rečeno, pristupa pripremi proizvodnje (pri projektovanju) moguće je posmatrati sa više aspekata.

Na osnovu analize eksperata koji se bave organizacijom proizvodnje tenkova kao borbenih sistema, nameće se zaključak da je organizacija racionalne proizvodnje ovog sredstva moguća ukoliko je u određenom periodu obezbeđeno tržište za godišnju produkciju od oko 150 komada. Da bi se opravdala uložena investicija, proizvodnja treba da traje najmanje 10 godina. Malo je zemalja u svetu kojima treba toliki broj sredstava, što odmah povlači pitanje mogućnosti njegove pro-

daje na svetskom tržištu. Međutim, konstatacija o veličini serije odgovara samo za tenk kao celinu. Proizvodnja odgovarajućih delova, sklopova, pa i uređaja, koji ulaze u sastav tenka, ima sasvim drugačije kriterijume za racionalnost organizacije godišnje proizvodnje. Primera radi, organizacija racionalne proizvodnje motora za pogon tog tenka moguća je samo ukoliko godišnja serija nije manja od 700 primeraka, dok se to isto za neke električne komponente kreće i po nekoliko hiljada komada. Prema tome, kada se razmatraju ekonomske aspekte racionalnosti organizacije proizvodnje nekog sredstva NVO i njegovih sastavnih komponentata, dolazi se do vrlo različitih podataka za sistem kao celinu i njegove sastavne delove.

Odmah se može postaviti pitanje šta raditi sa komponentama koje se ugrađuju u sistem, a njihova ekonomska opravdanost proizvodnje nije moguća u seriji u kojoj se proizvodi osnovno sredstvo NVO? Jedan od odgovora na to pitanje može biti da se paralelno sa proizvodnjom novog sredstva NVO, njegovi sastavni delovi koriste i za modernizaciju drugih sredstava i sistema u naoružanju armije. Na taj način postiže se više pozitivnih efekata, a jedan od osnovnih je unifikacija delova, sklopova i uređaja koji su ugrađeni u sredstva NVO, pa i šire, čime se olakšava održavanje.

Međutim, bez obzira na ovaj ekonomski kriterijum razmatranja racionalnosti proizvodnje nekog sredstva, ekonomska opravdanost se može posmatrati i sa stanovišta mogućnosti, odnosno nemogućnosti nabavke tog sredstva uvozom (naročito u kriznim situacijama), a ono može biti bitno za odbranu zemlje. I tada se razmatraju ekonomske aspekte, ali sa drugih polaznih pozicija.

Faktori koji utiču na vek upotrebe tehničkih sredstava

Prati li se vreme upotrebe bilo kog složenog sredstva NVO, proizvedenog u industrijski razvijenim zemljama, videće se da se ono stalno usavršava, a njegova proizvodnja traje sve dok traje i njegovo usavršavanje. Onog trenutka kada prestaje usavršavanje vrlo brzo prestaje i proizvodnja. U proizvodnji novih sredstava u većim serijama i više godina, svaki konstruktor određenog sklopa ili uređaja mora svake godine da uvede neku racionalizaciju u smislu pojeftinjenja proizvodnje i povećanja efikasnosti konkretnog sredstva, sklopa ili uređaja.

Sredstva NVO, u principu, vrlo brzo zastarevaju a da prethodno nisu eksploataisana u meri u kojoj im to omogućavaju njihovi projektovani radni resursi. To posebno postaje izraženo pri brzom razvoju nauke i tehnike koja nalazi primenu u praksi. Novoprodukcija sredstva su sve ubojitija i imaju bolje performanse od ranije proizvedenih sredstava. Samim tim, ranije proizvedena postaju inferiorna na ratištu. Vrlo složena i skupa, a za borbenu gotovost bitna sredstva postaju relativno brzo (za manje od petnaest godina) zastarela. Ukoliko se ne preduzimaju mere za podizanje borbenih mogućnosti, putem modifikacija i modernizacija, biće vrlo teško da dostignu i pomenuti životni vek. Razvoj tehnike i tehnologije na kraju dvadesetog veka, primena informatičke tehnologije i intenzivan razvoj digitalne i softverske kontrole svih vrsta upravljanja funkcijama tehničkih sredstava zahtevaju stalni rad na modernizacijama sredstava NVO. Prevažodnu ulogu u tome moraju da odigraju savremeni mikrodigitalni, elektromehanički, elektronski, telekomunikacijski i drugi

podsystemi i sklopovi, koji imaju veoma ograničen generacijski vek. Normalno se tada postavlja pitanje ekonomičnosti njihovog uvođenja u naoružanje. Ekspanzija razvoja novih materijala i tehnologija stalno smanjuje granicu efikasne operativne upotrebljivosti sredstava NVO. Početkom dvadesetog veka veće promene u razvoju tehnike i naoružanja događale su se svakih dvadeset do trideset godina, a u ovom vremenu svake 2 do 3 godine. Prosečno vreme korišćenja određenog modela ratne tehnike sada iznosi tri do pet godina, a borbeni sistemi i pojedinačna sredstva zastarevaju svakih 7 do 10 godina.

Pri razmatranju problema modernizacije određenog sredstva NVO mora se razmotriti i mogućnost da li će modernizovano sredstvo biti efikasno na ratištu (da li će moći efikasno da se suprotstavi sredstvima mogućeg protivnika) u odgovarajućem periodu upotrebe, a ako to nije moguće obezbediti, odmah treba preispitati (doraditi, dopuniti ili odustati) planirani postupak modernizacije.

Za efikasnu primenu sredstava NVO u životnom veku, vrlo je bitno obezbediti adekvatan stok rezervnih delova radi održavanja u ispravnom stanju. Zbog prethodno navedenih razloga to nije uvek moguće obezbediti, jer se zbog uvođenja novih tehnologija stare napuštaju, a mnogi rezervni delovi, najčešće, sa ograničenim vremenom trajanja i upotrebe ne mogu da se proizvedu. Postavlja se neizbežno pitanje – šta u tim uslovima treba raditi sa vrlo skupim borbenim sistemom? Razvijene zemlje, sa primenjenim najsavremenijim tehnologijama u proizvodnji, takvo sredstvo ne rashoduju – otuđuju, već korišćenjem tehnologija razvijenih i primenjenih na novim sredstvima NVO, ugradnjom novih sklopova, uređaja i si-

stema, modernizuju zastarelo sredstvo, čime mu obezbeđuju novi životni ciklus.

Pravci modernizacije postojećih tehničkih sredstava

Da bi se predupredilo rashodovanje složenih a istovremeno i vrlo skupih sredstava NVO, u svetu se sve više radi na razvijanju sistema modernizacije zastarelih i neefikasnih sredstava NVO i borbenih sistema. Zemlje koje imaju osvojenu proizvodnju novih, savremenih sredstava i sistema NVO, za njihovu proizvodnju imaju razvijene komponente, pa i kompletne sisteme, koji se mogu vrlo efikasno i ekonomično upotrebiti za modernizaciju sredstava i borbenih sistema. U tom slučaju posao oko modernizacije je bitno olakšan.

Problem modernizacije sredstava i borbenih sistema NVO zaslužuje, posebno u kriznim vremenima, izuzetno veliku pažnju. Poželjno je da se paralelno sa razvojem novih sredstava razmišlja i o modernizaciji sličnih sistema komponentama koje se razvijaju za novo sredstvo. Modernizacija sredstava i borbenih sistema NVO sigurno predstavlja vrlo značajan izvor opremanja vojske efikasnim sredstvima NVO, na racionalan i ekonomičan način.

U principu, razlikuju se dva načina, odnosno dve vrste zahvata na usavršavanju sredstava i borbenih sistema NVO radi podizanja njihove efikasnosti, a to su: modifikacija i adaptacija.

Pod uslovom da se pravovremeno planira, organizuje i izvodi brzo i efikasno, modernizacija predstavlja najjeftiniji i najefikasniji način da se podigne tehnički nivo sopstvenih sredstava, i dostigne nivo mogućeg protivnika, odnosno, da se u nekim slučajevima i vrlo racionalno

pretekne. Sve to nije moguće uraditi ukoliko u serijskoj proizvodnji nisu osvojeni određeni sklopovi, uređaji i sistemi, bilo da su iz domaće proizvodnje ili iz uvoza, koji se ugrađuju u druga sredstva i koji imaju status nove proizvodnje. Za potrebe modernizacije nekog sredstva, u principu, razvijaju se i u proizvodnji osvajaju samo elementi potrebni za adaptaciju određenih sklopova i uređaja, vezni i stezni elementi.

Postupak modernizacije

Modernizaciju i modifikaciju određenog sredstva NVO mogu da predlažu svi učesnici u upotrebi i proizvodnji (taktički nosilac, nosilac razvoja, proizvođač, rukovalac, poznavalac sredstva, ...), ali procedura usvajanja svake modernizacije i modifikacije je ista i vrlo je slična proceduri za usvajanje u proizvodnju, odnosno naoružanje vojske određenog novog sredstva. Procedura osvajanja modernizacije i modifikacije određenog sredstva propisana je određenim normativnim aktima.

U proceduri donošenja odluke o modernizaciji određenog sredstva NVO moraju učestvovati nosioci planiranja i razvoja, proizvođači, taktički i tehnički nosilac i drugi po potrebi. Odluka o pristupanju modernizaciji je, svakako, u rukama taktičkog nosioca.

Izvedena modernizacija određenog sredstva NVO prolazi proceduru usvajanja i verifikacije, kao i novopouzvedeno sredstvo NVO. Nije redak slučaj da se poboljšanjem karakteristika jednog sklopa – uređaja direktno ili indirektno ugrožava pouzdano funkcionisanje drugog sklopa ili uređaja. Da bi se to predupredilo mora se pre početka rada na konkretnoj modernizaciji dobro analizirati

rati uticaj predviđenih poboljšanja na funkcionisanje sklopova i uređaja koji se ne modernizuju. U slučaju da se zaključi da će predviđena poboljšanja negativno uticati na funkcionisanje bilo kog sklopa ili uređaja, taj negativni uticaj se mora sprečiti pravovremenom intervencijom na tom sklopu – uređaju.

Svi razvijeni sklopovi, uređaji i agregati koji se ugrađuju u modernizovano sredstvo mogu biti primenjeni kao originalni ili u modifikovanoj verziji (adaptirani – prilagođeni radi ugradnje u sredstvo).

Modernizaciji sredstava NVO u svetu posvećuje se velika pažnja, jer se na taj način, za razliku od nabavke novih sredstava, štede značajna novčana sredstva. Modernizaciju postojećih sredstava NVO treba ravnopravno razmatrati sa razvojem novih sredstava, zbog efekata koji se njome postižu.

Osnovna pravila pri modernizaciji sredstava NVO

Da bi se bilo koja modernizacija izvela neophodno je poštovati određena pravila koja se nameću kao obaveza pri radu na projektima modernizacije, a koja se ogledaju u sledećem:

- poboljšanje što više TTK konkretnog sredstva NVO, u što je moguće kraćem vremenu uz što manju cenu;
- razvoj sistema koji se mogu realizovati u vrlo kratkom vremenu;
- predlagač i izvođač modernizacije moraju razviti i ispitati kompletnu „lepezu“ poboljšanja TTK na konkretnom sredstvu, a potencijalni kupac, odnosno taktički nosilac, odabira ona rešenja ili varijante koje mu najviše odgovaraju. Projektant modernizacije mora da defi-

niše minimum zahvata koji se moraju prihvatiti;

- sva pravila integralnog tehničkog obezbeđenja (ITOb-a) moraju se ispoštovati i njima posvetiti odgovarajuća pažnja;

- pre serijske proizvodnje, kompletno rešenje modernizacije i rešenja po segmentima (u svim varijantama), moraju biti detaljno ispitana po programu verifikovanom od odgovarajućeg nivoa. Po završenom ispitivanju – verifikaciji, izrađenom i usaglašenom izveštaju, kao i pri osvajanju proizvodnje novih sredstava, od odgovarajućih nivoa odlučivanja, to rešenje mora biti prihvaćeno. Konkretno rešenje za konkretnog naručioca može biti ispitano i verifikovano i po posebnom programu usaglašenim sa kupcem – naručiocem;

- zahvate na osnovnom sredstvu, radi njegovog prilagođavanja za prihvatanje sklopova i uređaja za predviđenu modernizaciju, treba svesti na najmanju meru. Takođe, treba težiti da se spoljašnji izgled sredstva znatnije ne narušava.

Primeri modernizacije borbenih vozila

Na osnovu iznete logike i prateći svetska iskustva u modernizaciji sredstava, u našoj zemlji je u proteklom periodu razvijena i realizovana u odgovarajućoj seriji kompleksna modernizacija sledećih zastarelih sredstava NVO:

- samohodnog oruđa 90 mm M 36 B1;
- oklopnog automobila 30/2 mm, Praga V3S;
- tenk 100 mm, T-55.

Razvijene su, ispitane i usvojene, ali ne i realizovane kompleksne modernizacije sledećih sredstava NVO;

– oklopno-izviđačkog automobila BRDM-2,

– samohodnog oruđa 76 mm M 18.

Zbog rata na prostoru naše zemlje, nije završen započeti razvoj modifikacija i adaptacija sledećih sredstava:

– automobila ZIL 131 i 157, zamenom benzinskog pogonskog motora savremenim dizel motorom veće snage i izmenama na transmisiji koje prate zamenom pogonskog motora;

– oklopnog transportera M 60 P i PB u sredstvo za mehanizovano polaganje mina (minopolagač) i u pokretnu tehničku radionicu;

– borbenog vozila pešadije M 80A, povećanjem vatrene moći ugradnjom kupole sa topom 30 mm i adaptacijom u pokretnu tehničku radionicu;

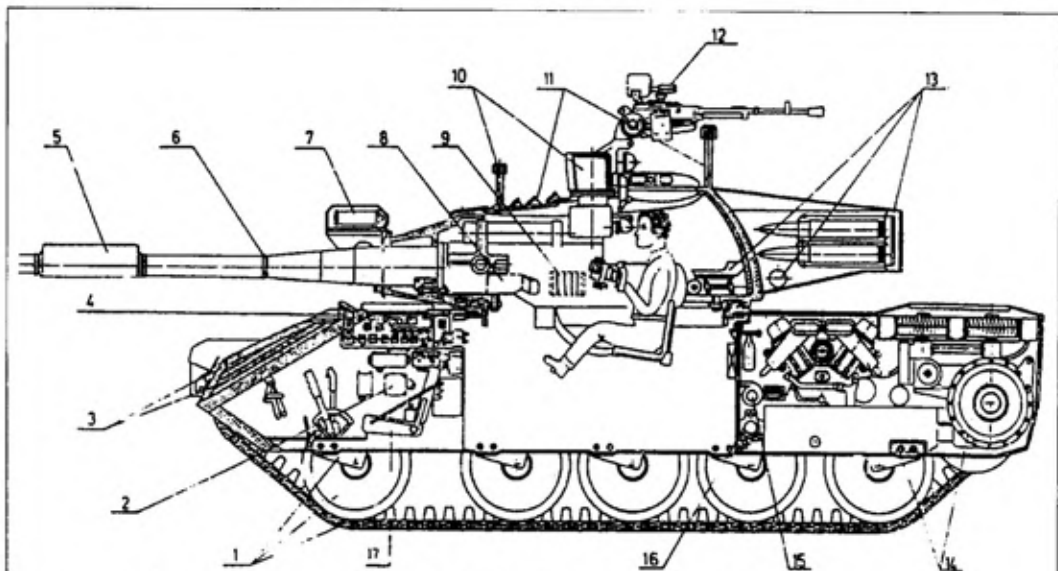
– terenskog automobila Pinzgauer 710M i ostalih modela, ugradnjom pouzdanog motora domaće proizvodnje;

– lovca tenkova na šasiji postojećeg oklopnog vozila, itd.

Modernizacija tenka T-55

Kompleksna modernizacija urađena je na srednjem tenku T-55. Značajnim poboljšanjima njegove bitne karakteristike dovedene su na nivo tenkova sledeće generacije. Područja mogućih modernizacija ovog tenka prikazana su na slici 1.

Na tenku T-55 ugrađen je top kalibra 100 mm, pogonski motor snage 409 kW, transmisija koja ima odvojene sklopove (multiplikator, menjač, bočni prenosi) sa svim pozitivnim i negativnim osobinama koje takav koncept organizacije transmisije daje. Tenk poseduje specifičnu snagu od 11,5 kW/t, razvija maksimalnu brzinu od 50 km/h, poseduje hodni uređaj koji omogućava pouzdano funkcionisanje u



Sl. 1 – Područja mogućih modernizacija konstrukcionih celina tenka T-55:

1 – elementi hodnog dela, 2 – sistem za pokretanje i zaustavljanje (start-stop), 3 – oklopna zaštita, 4 – periskop, 5 – top 105 mm (125 mm), 6 – obloga za termozaštitu cevi topa, 7 – termovizijska kamera, 8 – filtroventilacioni uređaj, 9 – radio-uređaj RU 130 (ili slični), 10 – meteo-senzor, 11 – laserski detektor, 12 – mitraljez 12,7 mm, 13 – automatski punjač topa, 14 – modularna pogonska grupa, 15 – klima-uređaj, 16 – generator električne energije, 17 – sedište vozača

različitim uslovima kretanja i nema sistem za upravljanje vatrom. Ugrađeni top 100 mm, u odnosu na topove koji se ugrađuju kod tenkova III i IV generacije (kalibra 105 do 125 mm) je inferioran, i nema termičku zaštitu cevi.

Tenkovi sledeće, III generacije poseduju topove 105 do 120 mm, specifičnu snagu preko 15 kW/t, maksimalnu brzinu preko 60 km/h, imaju sistem za upravljanje vatrom, itd. Tenk T-55 ima dobru oklopnu zaštitu, prihvatljivu siluetu, relativno dobar top i neke druge dobre karakteristike. Modernizacijom će se dobre karakteristike očuvati a određene poboljšati radi dovođenja na nivo tenkova sledeće generacije.

Postupak pri analizi konstrukcionih rešenja radi njihovog poboljšanja

Postojeći top na tenku treba zameniti topom 105 ili 125 mm (to su aktuelni topovi u svetu na toj vrsti sredstava), radi povećanja vatrene moći i unifikacije municije. Poželjno je i racionalno na ovaj tenk ugraditi top 105 mm, a za još veće povećanje vatrene moći pogodan je top 125 mm. Preliminarna analiza je pokazala da se i jedan i drugi top mogu ugraditi u postojeću kupolu, ali da je za ugradnju topa 125 mm potrebno izvršiti velike i skupe adaptacije na kupoli kao i određena istraživanja, što je ocenjeno neracionalnim.

Moguća je brza i efikasna ugradnja topa 105 mm, pošto se pri opaljenju granate bitno ne menjaju sile koje deluju na kupolu i tenk u celini. Za ugradnju ovog topa neophodne su manje adaptacije na zadnjaku i na vezi cevi i zadnjaka. Za rešenje ovog problema korišćena su iskustva dosadašnjih modernizacija.

Pored topa 105 mm moguća je ugradnja i sistema za upravljanje vatrom tipa SUV-T55 („Rudi Čajavec“, Banja Luka), ili sistema za upravljanje vatrom EFCS-3 („Iskra“, Kranj). Oba sistema su na ispitivanju pokazala dobre rezultate i usvojena su kao moguće rešenje modernizacije.

Kada je u pitanju zamena pogonske grupe polazi se od činjenice da treba izvršiti analizu dinamičkih karakteristika postojećeg, kao i novog rešenja pogonske grupe. S obzirom na to da je planirana zamena kompletne pogonske grupe (motora, menjača, bočnih prenosnika sa pomoćnim uređajima i sistemima za upravljanje i promenu stepena prenosa) neophodna je provera mogućnosti da li hodni deo sa guseničnim pokretačem može da izdrži maksimalne brzine kretanja sa novom pogonskom grupom. Preliminarnom analizom mogućih karakteristika modernizovanog sredstva zaključeno je da se sa novom pogonskom grupom očekuju maksimalne brzine od oko 65 km/h, što predstavlja poboljšanje od oko 30%.

Provera da li će hodni deo moći pouzdano da funkcioniše u uslovima maksimalne brzine kretanja sprovedena je kroz kontrolu uležištenja laktastih osovina, pogonskih, potpornih točkova i vodećih točkova kao i mogućnosti pouzdanog premotavanja gusenica preko pogonskih i vodećih točkova. Pored toga, proverena je mogućnost prihvatanja očekivanih oscilacija hodnog dela, sa postojećim elementima za njihovo prigušenje, pri kretanju po različitim vrstama terena. Detaljnom analizom konstrukcije može se zaključiti koje provere još treba izvršiti. Ukoliko se konstatuje da pojedini elementi ne zadovoljavaju, pristupa se rekonstrukciji vodeći računa da ona ne izazove neki novi poremećaj. Ukoliko se

zaključiti da će se to desiti, moraju se preduzeti preventivne konstrukcione mere.

Pored navedenih provera isto treba učiniti i na uležištenju i vezi kupole sa oklopnim telom, pošto ta veza mora pouzdano da funkcioniše bez obzira na intenzitet inercionih sila koje će se pojavljivati ugradnjom nove pogonske grupe, zbog pojave većih ubrzanja i veće maksimalne brzine.

Definisanje sistemskog rešenja za razvoj pogonske grupe

Proverom gabaritnih dimenzija prostora u motorno-transmissionom odeljenju tenka, kao i dimenzija sklopova planiranih za ugradnju u pogonsku grupu zaključeno je da se može pristupiti modeliranju koncepcije pogonske grupe.

Analizirajući normativ vremena potrebnog za pojedine operacije pri određenim zahvatima korektivnog održavanja na motoru, menjaču i ostalim sklopovima transmisije, zaključeno je da su ta vremena velika, i da koncepcija transmisije sa posebnim sklopovima nije podesna za savremeno ratovanje, jer je vreme potrebno za dovodenje u ispravno stanje u proseku prilično dugo. Na primer, za zamenu pumpe za vodu motora V-55 tenka T-55 potrebno je preko 30 NČ, a na zamenu mogu da rade samo dva radnika, dok je za zamenu motora potrebno preko 50 NČ, itd. I ovi podaci upućuju na to da se mora razmišljati o novoj koncepciji transmisije.

Analizom postojećih koncepcijskih rešenja transmisije, pa i kompletne pogonske grupe kod savremenih tenkova u svetu, došlo se do zaključka da treba razmotriti mogućnost postavljanja kompletne pogonske grupe na jednu plat-

formu – postolje. Na taj način stvara se mogućnost brze zamene kompletne pogonske grupe, odnosno omogućava lakši pristup sklopovima radi intervencije, kada je pogonska grupa van tela tenka. To znači da pogonsku grupu treba formirati kao jedan modul, odnosno kao modularnu pogonsku grupu (MPG).

Imajući u vidu da je za modernizaciju pogonske grupe na tenku T-55 predviđeno da se koriste osnovni agregati i sklopovi razvijeni i ispitani na tenku M 84, a u skladu sa definisanim i usvojenim principima i ekonomskim razlozima, na startu projektovanja predviđeno je razvijanje samo pomoćnih elemenata za vezu.

Pri modeliranju elemenata transmisije sa stanovišta dimenzija nove pogonske grupe, pojavio se problem rekonstrukcije ugradnje kompresora za vazduh. Zbog gabarita nije se moglo zadržati rešenje sa pogonom kompresora sa radilice motora, već se moralo naći novo rešenje, s tim da elementi pogona kompresora imaju iste parametre, kao i da ne bude poremećeno njegovo podmazivanje i hlađenje. U saradnji sa konstruktorom i proizvođačem kompresora, sa nebitnim odstupanjima parametara pogona (broj obrtaja), rešeno je da se kompresor ugradi na srednjem vratilu multiplikatora, uz mogućnost poboljšanja hlađenja (dovoda vazduha) na tom mestu.

Sledeće što je trebalo rešiti jeste smeštaj uređaja za hlađenje. Analizom gabarita pogona konstatovano je da se izmenjivači toplote (hladnjaci) za tečnosti za hlađenje i podmazivanje kompletne pogonske grupe, kao i ventilator i pogon ventilatora, ne mogu smestiti na isti način kako je to rešeno kod tenka M 84. Naime, to bi znatno promenilo siluetu tenka i zahtevalo rekonstrukciju njegovog zadnjeg dela (znatno produženje mo-

torno-transmissionog odeljenja), čime bi se poremetilo definisano težište tenka, i imalo reperkusije na hodni deo modernizovanog tenka.

Od mogućih rešenja za ugradnju sistema za hlađenje konstatovano je da je jedino mesto gde je moguće da se postave hladnjaci za ulje i tečnost za hlađenje prostor iznad motora i transmisije (ispod poklopca motorno-transmissionog odeljenja). To automatski definiše i moguće rešenje za ugradnju ventilatora koji mora biti, takođe, u tom delu. Slično rešenje sistema za hlađenje sreće se na dosta tenkova zapadnog porekla, tako da se delovi, sklopovi i uređaji pogona ventilatora sa tih tenkova mogu koristiti, uz male dorade, i za pogon ventilatora kod ovog sredstva. Uz prethodni proračun sistema za hlađenje definisane su rashladne površine za pojedine fluide, kao i količina tečnosti za hlađenje. Takođe, proračunata je količina vazduha neophodna za odvod toplote, kako bi se na osnovu toga proračunali ventilatori (oblik lopatice, dimenzije kola, kao i brzine okretanja) i definisao tok strujanja vazduha. Ovaj deo rekonstrukcije zahteva detaljna ispitivanja i izradu varijantnih rešenja. Pri rešavanju problema hlađenja vodilo se računa o tome da motor i svi njegovi delovi treba da se definišu za rad na nominalnim režimima rada prema broju obrtaja i opterećenju. Ukoliko su tokom eksploatacije ovi uslovi bliži nominalnim, utoliko će pouzdanost i vek motora biti veći. Kod ekonomičnog i dobro projektovanog motora, sistem za hlađenje na nominalnom režimu opterećenja odvodi sledeću količinu toplote:

$$Q_w = (20-30)\% Q_g,$$

gde je Q_g količina toplote uneta u motor gorivom.

$$Q_g = P_e \cdot g_e \cdot H_d$$

gde je:

P_e – snaga motora (kW),

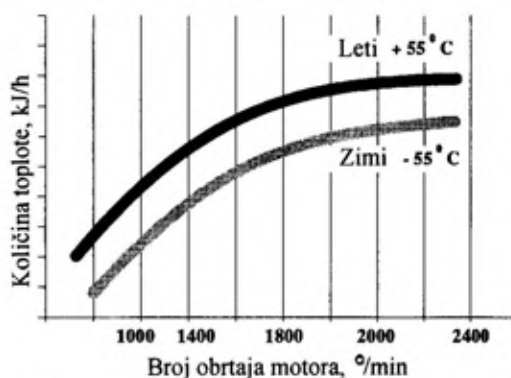
g_e – specifična potrošnja goriva (g/kWh),

H_d – donja toplotna moć goriva (kJ/kg).

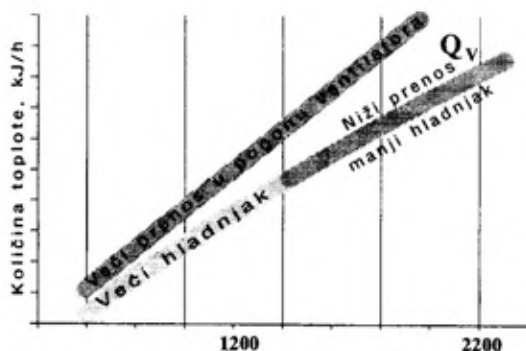
Ukupna količina toplote koju preuzima sistem hlađenja Q_w zavisi od smeštaja motora, kao i načina hlađenja ulja i drugih fluida u motoru.

Sa porastom potrošnje goriva raste i termičko opterećenje svih delova – unutrašnje, i svih sistema – spoljašnje. Zbog toga je stanje sistema za hlađenje vrlo važan indikator stanja kompletne pogonske grupe, jer se svi problemi u radu manifestuju preko tog sistema.

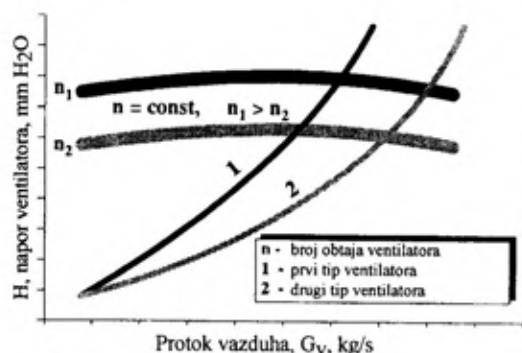
Na nižim i višim brojevima obrtaja motora specifična potrošnja goriva raste, pa je Q_w složena funkcija, ali u principu ima oblik prikazan na slici 2 za letnje i zimske uslove rada. Leti su uslovi za izmenu toplote nepovoljniji, jer je temperatura okoline viša, pa je manja razlika u temperaturi rashladnih fluida i okoline. Radi toga sistem za hlađenje se mora



Sl. 2 – Količina toplote koju odvodi sistem za hlađenje Q_w (srednje vrednosti za n_{max})



Sl. 3 – Količina toplote koju može odvesti sistem za hlađenje (ventilator sa reduktorom i dve vrste hladnjaka)



Sl. 4 – Karakteristika ventilatora u sistemu za hlađenje (zavisnost napora H od protoka vazduha G_v za različite konstrukcije)

projektovati prema zahtevima visokih temperatura okoline.

Sistem za hlađenje preuzima količinu toplote srazmerno protoku vazduha, tako da je on ključni parametar za termoregulaciju. Količina vazduha koju može odvesti sistem za hlađenje G_v zavisi od otpora u sistemu i napora ventilatora (slika 3).

Protok vazduha može se regulisati:

- promenom otpora u sistemu (promenom dimenzija hladnjaka i ugradnjom automatskih žaluzina);

- promenom broja obrtaja i tipa ventilatora (slike 3 i 4);

- odvajanjem pogona ventilatora od radilice motora.

Najčešći problemi kod izvedenih sistema za hlađenje su:

- nije uspostavljena prirodna ravnoteža, odnosno u svim uslovima eksploatacije nije obezbeđen uslov $Q_v = Q_w$;

- na nižim brojevima obrtaja $Q_w > Q_v$ motor se pregreva pri punom gasu;

- na višim brojevima obrtaja $Q_v > Q_w$ motor je pothlađen, što ima za posledicu veći gubitak snage zbog pogona ventilatora, veću potrošnju goriva i kraći vek motora.

Da bi se navedeni problemi rešili ugrađuju se ventilatori sa više stepeni prenosa (najčešće dva), kao i termostati u sistemu hlađenja. Prednosti sistema za hlađenje sa ovakvom regulacijom su u tome što:

- motor uvek radi u termički optimalnom režimu, pa se oslobađa snaga za pogon ventilatora;

- niža je potrošnja goriva;

- motor postaje neosetljiv na promene uslova okoline.

Poštujući ove osnovne postavke moguće je optimalno projektovanje sistema za hlađenje i kod sredstava koja se modernizuju.

Rešavanje konstrukcionih problema pri modernizaciji tenka T-55

Prilikom modernizacije tenka T-55 rešen je niz problema, kao što su:

- funkcionisanje sistema komandi za promenu stepena prenosa, upravljanje i zaustavljanje.

Rekonstrukcija je izvedena tako što je uvedena poluautomatska i automatska promena stepena prenosa, što nije bilo zastupljeno rešenje u naoružanju VJ. Sve

komande izvedene su pomoću brzorastavljivih veza. Poluautomatska i automatska promena stepena prenosa izvedena je tako da se na osnovu parametara o brzini kretanja tenka, broju obrtaja motora i uključenom stepenu prenosa automatski menja stepen prenosa i usklađuje sa situacijom (potrebama), odnosno mogućnostima tenka i vozača;

– brzo spajanje i rastavljanje creva za dovod tečnosti za hlađenje i podmazivanje, sabijenog vazduha i kablova za električno napajanje.

Globalno je rešeno da se izlazi iz pogonske grupe svih fluida, sabijenog vazduha i priključaka za električno napajanje realizuju na pogodnom (pristupačnom) mestu, na tabli pričvršćenoj na pogonskoj grupi. Brzo rastavljanje i sastavljanje creva za razne fluide rešeno je preuzimanjem konstrukcionih rešenja primenjenih na avionima, odnosno korišćenjem brzorastavljivih spojnika. Isto rešenje primenjeno je i kod raznih konektora u sistemu za spajanje elektroinstalacije;

– spajanje pogonske grupe sa telom tenka i sa pogonskim točkovima.

Kompletna pogonska grupa izvedena je na ramu – šasiji. Njena veza sa oklopnim telom rešena je pomoću dve ploče kojima se, na prednjem delu, oslanja i povezuje za pod oklopnog tela. Sa zadnje strane povezana je za pogon hodnog dela preko izvoda za pogonski točak. S obzirom na to da je ova konstrukcija kod tenka M 84, sa bočnim reduktorom i vratilom pogonskog točka sa bočnim menjačem, izvedena u jednom kućištu, ta veza se morala rastaviti. Prihvaćeno je rešenje da se odvoje bočni menjači od bočnih reduktora, a da se bočni reduktori postave kao kod tenka T-55, s tim da se posebno realizuje brzorastavljiva čvrsta

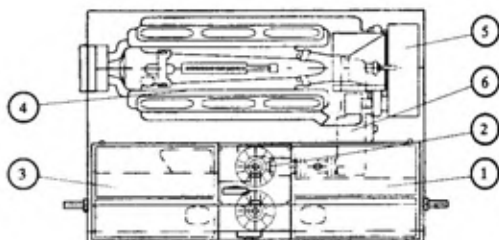
veza menjača i bočnog reduktora, sa zatvaranjem bočnog menjača.

– usmeravanje protoka vazduha kroz pogonsku grupu.

Usmeravanje protoka vazduha urađeno je prema sličnim rešenjima primenjenim na drugim tenkovima. Pri ispitivanju u terenskim uslovima (laboratorijskih nije bilo), konstatovano je da dolazi do mešanja struja vazduha, tj da se topli vazduh ponovo usisava. Problem je rešen postavljanjem usmerivača vazduha.

Kompletno rešenje ugradnje i veze pogonske grupe urađeno je tako da se omogući njena brza zamena (sa prosečno obučenom posadom u terenskim uslovima za manje od 40 minuta).

Na osnovu urađene analize, proračuna i konstrukcije proizveden je prototip modularne pogonske grupe koja je prikazana na slici 5.



Sl. 5 – Modularna pogonska grupa:
1 i 3 – bočni menjači, 2 – ventilator, 4 – pogonski motor,
5 – prečistač vazduha, 6 – multiplikator

Ovako koncipirana i proizvedena modularna pogonska grupa je ispitana, izvršena homologacija, a nakon toga započeta serijska proizvodnja.

Zaključak

Modernizacijom sredstava NVO moguće je ostvariti izuzetno racionalno i ekonomično opremanje vojske efikasnim

i ubojitim sredstvima. Da bi se modernizacija racionalno realizovala neophodni su permanentni naponi na razvoju novih sredstava, čije se komponente mogu koristiti za modernizaciju sredstava NVO koja su više godina u upotrebi. Na taj način postižu se dvostruki pozitivni efekti.

Literatura:

- [1] Lazarević, D.: Režimi opterećenja transmisija brzohodnih guseničnih vozila, doktorska disertacija, VTA, Beograd, 1996.
- [2] Janičijević, N.: Automatsko upravljanje na motornim vozilima, MF, Beograd, 1993.
- [3] Veinović, S.: Materijal pripremljen za rad ekspertske grupe, Kruševac, 1994.

MOGUĆNOSTI USAVRŠAVANJA PREVENTIVNOG ODRŽAVANJA SREDSTAVA STRELJAČKOG NAORUŽANJA NA NIVOU TEHNIČKOG ODRŽAVANJA

Rezime:

U ovom radu opisan je i analiziran postojeći sistem održavanja streljačkog naoružanja u VJ, sa stanovišta primenjenih tehnologija preventivnih akcija održavanja. Tehnologije preventivnog održavanja analizirane su prema obimu i dubini zahvata, potrebnim tehnološkim elementima za njihovo izvođenje, kao i njihovom uticaju na operativnu gotovost sredstava. Sve analize izvedene su radi usavršavanja postojećeg sistema održavanja streljačkog naoružanja, a vršene su na osnovu AP 7,62 mm M70 i izvedenih modela. Analizirani su podaci iz realnog sistema održavanja. Na osnovu uočenih mogućnosti za poboljšanja, predložena su i konkretna rešenja za usavršavanje postojećeg sistema održavanja.

Ključne reči: streljačko naoružanje, sistem održavanja, preventivne tehnologije, operativna gotovost, usavršavanje.

POSSIBLE IMPROVEMENTS OF GUNS DIRECT PREVENTIVE MAINTENANCE SUPPORT

Summary:

The paper deals with the existing guns maintenance system with the focus on preventive maintenance technology actions. Preventive maintenance technology actions are analyzed by complexity, needed technology elements and their influence on availability.

As a representative AP 7,62 mm M-70 and its types is chosen. The analyzed data are from a real maintenance system.

Possible analysis-based improvements are suggested.

Key words: gun, maintenance system, preventive maintenance technology, availability, improvements.

Uvod

Streljačko naoružanje, posmatrano kao tehničko sredstvo (TS), u toku životnog veka treba da bude podvrgnuto određenim akcijama održavanja, kako bi se osiguralo njegovo korišćenje i zadržale tehničko-eksploatacione karakteristike unutar željenih granica.

Proces održavanja streljačkog naoružanja zavisi, pre svega, od karakteristika

naoružanja i zakonitosti promene njegovih parametara kao funkcije uslova čuvanja – skladištenja, trajanja i intenziteta eksploatacije, i definisane koncepcije, organizacije i tehnologije održavanja.

Tehnologija održavanja tehničkih sredstava (TS) definiše skup operacija održavanja (preventivnih i korektivnih) koje treba izvesti na TS u njegovom životnom veku. Skup operacija određen je sadržajem, periodičnošću izvođenja,

trajanjem, radnom snagom, opremom i alatom, i prostornim uslovima potrebnim za izvođenje operacija održavanja. Tehnologija održavanja opisuje se tehnološkom dokumentacijom koja sadrži podatke potrebne za izvođenje operacija održavanja. Njen sadržaj prilagođen je TS i sistemu održavanja, a forma njenom korisniku-izvršiocu održavanja, uvažavajući njegovu stručnu osposobljenost.

U ovom radu analizirane su samo tehnologije i proces preventivnog održavanja sredstava streljačkog naoružanja radi utvrđivanja pokazatelja postojećeg sistema održavanja i iznalaženja mogućnosti za njegovo usavršavanje. Pre pristupa usavršavanju postojećeg sistema održavanja potrebno je izvršiti njegovu analizu, odnosno dati kvantitativne i kvalitativne ocene za postojeće elemente sistema održavanja. To podrazumeva i da se u postojećem sistemu održavanja odrede „slaba“ mesta, te da se na osnovu njihove identifikacije razmotre mogućnosti promene stanja ka poboljšanju. Jedan od najčešće korišćenih kvantitativnih pokazatelja stanja TS, odnosno uspešnosti sistema održavanja jeste operativna gotovost.

Osnovne pretpostavke o potrebama i mogućnostima za poboljšanja u preventivnom održavanju proistekla su iz iskustava u održavanju sredstava streljačkog naoružanja u jedinicama VJ. Osnovni indikatori za ovakve pretpostavke su:

- periodičnosti izvođenja pojedinih akcija preventivnog održavanja, s obzirom na njihov sadržaj, nisu optimalno određene (prvi tehnički pregled);

- sadržaj preventivnih akcija održavanja, po svojoj dubini i obimu, u nekim slučajevima ima samo formalnu razliku (periodični pregled i prvi tehnički pregled);

- preventivne akcije održavanja, s obzirom na brojnost sredstava na kojima se izvode, kao i potrebne tehnološke elemente za njihovo izvođenje (njihovu mobilnost), mogu se izvoditi i van radionica drugog nivoa održavanja (prvi i drugi tehnički pregled).

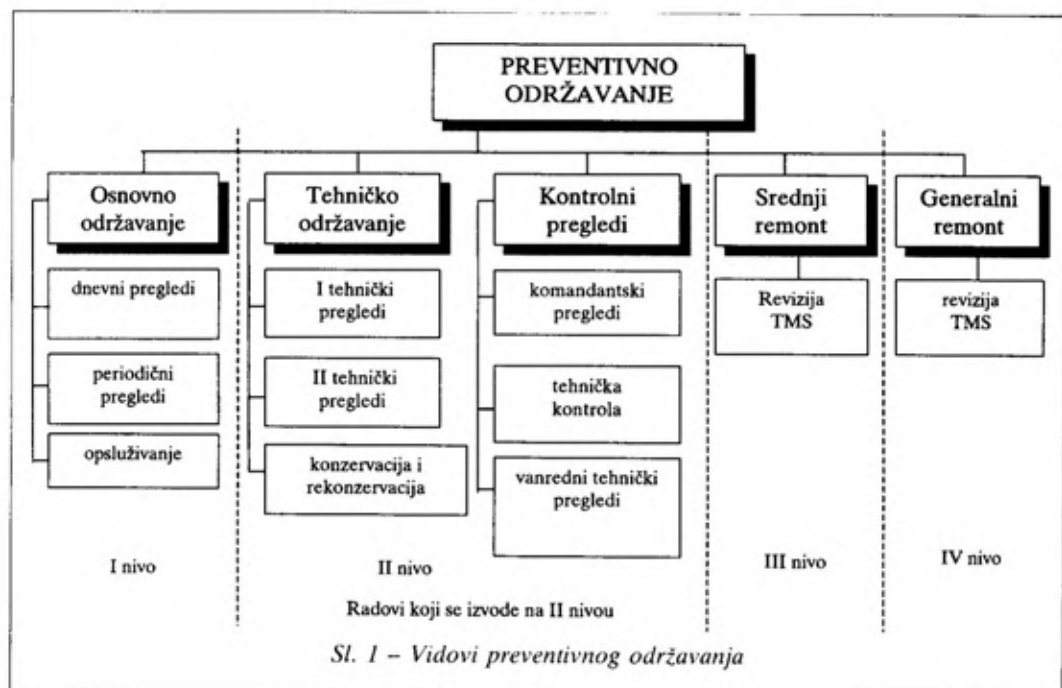
Analiza procesa održavanja

Preventivno održavanje obuhvata skup mera i postupaka koje imaju za cilj da spreče otkaz, da ga odlože i, na kraju, da se uvidom u stanje sistema otkaz predvidi. Postupci preventivnog održavanja sprovede se planski.

Na slici 1 prikazana je struktura tehnologija preventivnog održavanja sredstava streljačkog naoružanja u postojećem sistemu održavanja, iskazanih kroz klasifikaciju prema vidovima održavanja. Ona je izdvojena iz opšte klasifikacije vidova održavanja definisanih prema Pravilu tehničke službe [1].

Kako se može uočiti, tehnologije preventivnog održavanja su po određenim kriterijumima organizovane u skupove i podskupove. U KoV VJ takva organizacija je poznata pod nazivom vidovi održavanja koji u potpunom obliku uključuju i tehnologije korektivnog održavanja. Pod vidom održavanja [1] podrazumeva se obim i tehnologija izvođenja radova koji se mogu realizovati u tačno određenim uslovima radi obezbeđenja zahtevane gotovosti sredstava. Određenost uslova proističe iz rešenja iz oblasti tehnologije održavanja, raspoloživih resursa i podrške funkciji održavanja.

Izučavanje procesa rada, a posebno procesa održavanja TS, često se zasniva na analizi promena stanja TS tokom vremena, odnosno analizi tzv. vremenske slike stanja. To je metod koji grafički



opisuje promene stanja i redosled odvijanja pojedinih aktivnosti i postupaka u životnom ciklusu TS, na osnovu čega se odgovarajućim analitičkim postupcima mogu donositi zaključci o svim važnim parametrima i osobinama procesa održavanja, kao i o drugim karakteristikama efektivnosti [2].

Za jednu takvu analizu potrebno je prvenstveno prikupiti podatke o procesu održavanja za konkretno TS. U ovom radu opisan je postojeći sistem održavanja za grupu sličnih sredstava streljačkog naoružanja, koja funkcionišu na principu pozajmice barutnih gasova (model Kalašnjikov), a težište je na automatskoj pušci 7,62 mm, model iz 1970. godine (AP 7,62 mm M70), iz više razloga:

- AP 7,62 mm M70 je osnovni model u SRJ iz kojeg su izvedeni svi ostali modeli,

- izvedeni modeli od AP 7,62 mm M70 automatskih i poluautomatskih pu-

ška imaju istovetno definisano održavanje kao i AP 7,62 mm M70,

- AP 7,62 mm M70 je najzastupljenija¹ automatska puška u SRJ.

Podaci o otkazima iz realnog sistema održavanja

Izvor podataka bila je jedinica [3] koja ima 4480 AP. Analiziran je period od 1. januara 1995. godine do 31. decembra 1997. godine (period od tri godine). Za prikupljanje podataka iz održavanja i eksploatacije na raspolaganju su bila sledeća dokumenta: radionički list, radna lista, evidencija o utrošku rezervnih delova i tehnička knjižica sredstva. Osnovni kriterijum, na osnovu kojeg je vršena analiza, jeste operativna gotovost AP.

¹ Samo kod zvaničnih armija u svetu nalazi se preko 35 000 000 komada, mada su naoružane i brojne paravojne formacije (Ian V. Hoog & John Weeks: ENCIKLOPEDIJA RUČNOG ORUŽJA DVADESETOG VEKA, M&N, Beograd, 1994).

Operativna gotovost [1] je verovatnoća da će TS, kada se koristi u realnim uslovima eksploatacije i logističke podrške, raditi na zadovoljavajući način u zadatom vremenu:

$$G_0 = \frac{t_r}{t_r + t_o}$$

gde je:

t_r – vreme „u radu“,

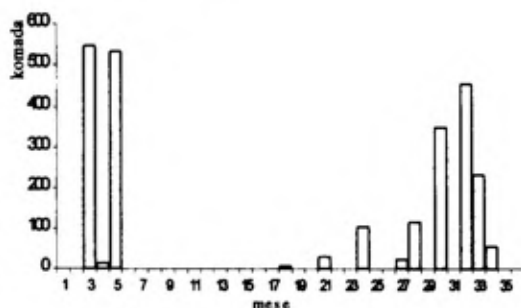
t_o – ukupno vreme „u otkazu“ koje uključuje vremena akcija preventivnog i korektivnog održavanja, administrativna i logistička vremena čekanja, vreme transporta i sva ostala vremena koja su potrebna za popravku i dovođenje TS u operativne uslove upotrebe.

Analiza izvođenja I tehničkog pregleda

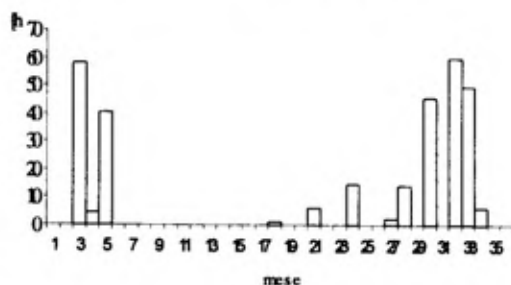
Iz prikupljenih podataka izdvojeni su podaci [3] koji se odnose na I TP, II TP i konzervaciju, na osnovu kojih su izvršene odgovarajuće statističke analize. Treba napomenuti da se I TP vrši jedanput tokom dve godine i da je prema [4] za izvođenje I TP predviđeno 10 minuta, odnosno 0,1666 h. Na I TP je bilo ukupno 2463 AP tokom posmatrane tri godine (36 meseci). Na slici 2 prikazan je broj AP po mesecima na kojima je vršen I TP.

Ukupno vreme aktivnog održavanja omogućava da se preciznije sagleda doprinos izvođenja I TP na inherentnu (unutrašnju) gotovost TS. Do te vrednosti došlo se na osnovu radioničke dokumentacije sumiranjem vremena aktivnog održavanja po mesecima (slika 3). Izračunato je da ukupno vreme aktivnog održavanja iznosi 303,5 h, što je znatno manje u odnosu na predviđeno vreme prema normativu. Za 2463 AP, prema norma-

tivu [4], trebalo je 410 h aktivnog preventivnog održavanja. Navedeni rezultati ukazuju da se sa većim brojem TS smanjuje potrebno tehnološko vreme u odnosu na jedno TS.



Sli. 2 – Broj AP na I TP po mesecima

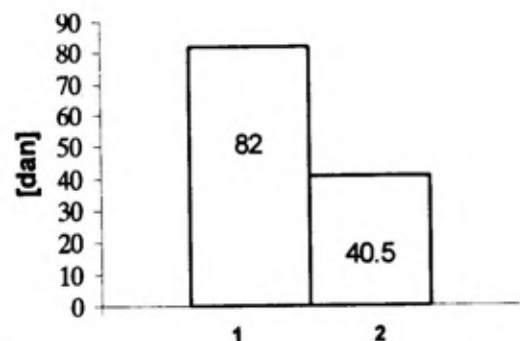


Sli. 3 – Ukupno vreme aktivnog održavanja prikazano po mesecima za I TP

Grupni prijem AP na održavanje i predaja sredstava korisniku na isti način sa održavanja, uslovi su da se AP na kojima je završen I TP i dalje nalaze u radionici, dok se I TP ne završi i na poslednjoj AP iz grupe.

Interesantno je uporediti odnos (slika 4) ukupnog broja dana koje su AP provele u radionici radi izvođenja I TP i ukupnog aktivnog vremena održavanja za sve AP na kojima je raden I TP. Ukupno vreme provedeno u radionici radi izvođenja I TP, prema radioničkoj dokumentaciji, iznosi 82,6 dana. Aktivno vreme održavanja za sve AP radi izvođe-

nja I TP iznosi 303,5 h, ili ako se zbog 7,5 časovnog radnog vremena pretvori u dane, to iznosi 40,5 dana.



Sl. 4 – Odnos vremena provedenog u radionici (1) i aktivnog vremena održavanja (2)

Ovi podaci nesumnjivo govore da u ukupnom vremenu u otkazu, pored aktivnog održavanja, veliki značaj imaju i sva ostala logistička i administrativna vremena, koja su zastupljena sa oko 50%.

Udeo izvođenja I TP u ukupnom vremenu u otkazu za 2463 AP tokom tri godine posmatranja računa se tako što se nađe suma proizvoda broja AP i ukupnog vremena provedenog u radionici radi održavanja. Kao vreme provedeno u radionici radi održavanja uzima se vreme od trenutka prijema AP na I TP do trenutka predaje AP korisniku. U radioničkoj dokumentaciji uzima se, kao prvo vreme, „datum prijema TMS u radionicu“, a kao drugo vreme „vreme predaje TMS korisniku“. Vremenska jedinica za oba vremena je dan.

Udeo izvođenja I TP u ukupnom vremenu u otkazu iznosi:

$$t_o = \sum_{i=1}^m t_{oi} \times N_{oi}$$

gde je:

m – ukupan broj izvršenih I TP za grupe AP,

t_{oi} – ukupno vreme u otkazu pri vršenju i-tog I TP za grupu AP,

N_{oi} – broj AP u grupi pri vršenju i-tog I TP.

$$t_o = \sum_{i=1}^m (t_{oi} \times N_{oi}) = 23\,844$$

(dan x broj AP)

Budući da ukupno vreme „u otkazu“ AP u posmatranom vremenskom intervalu za sve akcije preventivnog i korektivnog održavanja iznosi 101 237 (dan x broj AP), što je prethodno izračunato na isti način [3] za sve akcije održavanja, dobija se da I TP čini 23,55% ukupne nerasploživosti (vremena „u otkazu“) AP u posmatranom periodu.

Za ostale akcije održavanja, primenjen je identičan postupak, koji zbog obimnosti nije u celosti prikazan, već samo karakteristični pokazatelji i komentari.

Analiza izvođenja II TP

Podaci prikupljeni iz realnog sistema održavanja, a koji se odnose na II TP, podeljeni su u dve grupe. Prvu grupu čine preventivni pregledi na kojima nije vršena popuna RAP sa nedostajućim delovima, zamena sastavnih delova i popravka sredstva bez zamene sastavnog dela, odnosno nisu izvođene korektivne akcije održavanja (laki remont). Drugu grupu čine oni tehnički pregledi u kojima su vršene akcije korektivnog održavanja. Prema [4] za AP aktivno vreme izvođenja II TP iznosi 12 minuta, odnosno 0,2 h. Drugi TP se vrši jedanput tokom dve godine, naizmenično sa prvim tehničkim pregledom.

Analiza izvođenja II TP bez lakog remonta

Na II TP bilo je 3674 AP. Ukupno vreme trajanja aktivnog održavanja dobija se sumiranjem pojedinačnih vremena aktivnog održavanja za grupu sredstava prema vremenima upisanim u radioničkoj dokumentaciji, i ono iznosi 976,9 h. Ukupno vreme aktivnog održavanja značajno je sa stanovišta inherentne gotovosti AP. Budući da je razlika između I TP i II TP u dužini trajanja samo dva minuta, a obim radova znatno različit, evidentno je da je izmena date norme neminovna. Prosečno vreme trajanja II TP bez LR iznosilo je 0,238 h.

Ukupno prosečno vreme provedeno u radionici radi izvođenja II TP iznosi 4,44 dana. Ovaj podatak je značajan sa stanovišta operativne gotovosti, odnosno udela II TP u neraspoloživosti AP tokom posmatranog perioda.

Udeo izvođenja II TP, u ukupnom vremenu u otkazu, računa se na isti način kao za I TP:

$$t_0 = \sum_{i=1}^m (t_{oi} \times N_{oi}) = 21\,202 \text{ (dan} \times \text{broj AP)}$$

To iznosi 20,94% ukupne neraspoloživosti AP u posmatranom periodu.

Analiza izvođenja II TP sa lakim remontom

Ukupan broj AP koje su u toku izvođenja II TP zahtevale i određene radnje korektivnog karaktera za posmatrani period iznosi 4683.

Ukupno vreme aktivnog održavanja za posmatrani period iznosi 1093 h. Prosečno vreme aktivnog održavanja u posmatranom periodu za jednu AP iznosi

0,233 h. Primetna je kontradiktornost izračunatih aktivnih vremena održavanja po jednoj AP. Naime, nemoguće je da je prosečno aktivno vreme vršenja II TP, pri čemu nisu vršene akcije korektivnog održavanja iz domena LR, veće od prosečnog aktivnog vremena vršenja II TP, pri čemu su vršene akcije korektivnog održavanja iz domena LR.

Višestruka provera dobijenih rezultata nije ukazala na grešku u računskom dobijanju pomenutih vrednosti na osnovu prikupljenih podataka. Ovako dobijene rezultate treba da objasni komandir radionice i da opravda utrošeno radno vreme radnika, a prema normiranim akcijama održavanja. Budući da nije otvorena radionička lista i radna lista za sredstva na kojima su vršene korektivne akcije održavanja iz domena LR, pravdanje radnog vremena ostvareno je samo na osnovu vremena za II TP iz normativa (0,2 h). U prilog ovom objašnjenju ide i činjenica da je prosečno vreme provedeno u radionici duže za II TP, pri čemu su vršene akcije korektivnog održavanja iz domena LR, pa ono iznosi 7,96 dana. Vredi napomenuti da isto vreme za II TP pri kojem nisu vršene akcije korektivnog održavanja iz domena LR iznosi 4,44 dana.

Udeo izvođenja II TP sa LR u ukupnom vremenu u otkazu, računa se na isti način kao za prethodni slučaj:

$$t_0 = \sum_{i=1}^m (t_{oi} \times N_{oi}) = 40\,416 \text{ (dan} \times \text{broj AP)}$$

To iznosi 39,92% ukupne neraspoloživosti AP u posmatranom periodu.

Analiza izvođenja konzervacije

U posmatranom periodu na konzervaciji je bilo ukupno 600 AP. Ukupno

vreme aktivnog održavanja iznosi 245,5 h, što po jednoj AP iznosi oko 0,41 h ili približno 24,5 minuta. Prema [4] normativu za izvođenje konzervacije na AP normirano vreme iznosi 0,25 h ili 15 minuta. Ukupno vreme provedeno u radionici radi konzervacije 600 AP u toku tri godine iznosi 197 dana. Ovde treba imati na umu i vreme koje je potrebno da se izvrši sušenje zaštitnog premaza, a ono iznosi do 24 časa, zavisno od klimatskih uslova (ukoliko ne postoji specijalna prostorija za sušenje). Udeo izvođenja konzervacije u ukupnom vremenu u toku računa se na isti način kao za prethodni slučaj:

$$t_o = \sum_{i=1}^m (t_{oi} \times N_{oi}) = 5351 \text{ (dan x broj AP)}$$

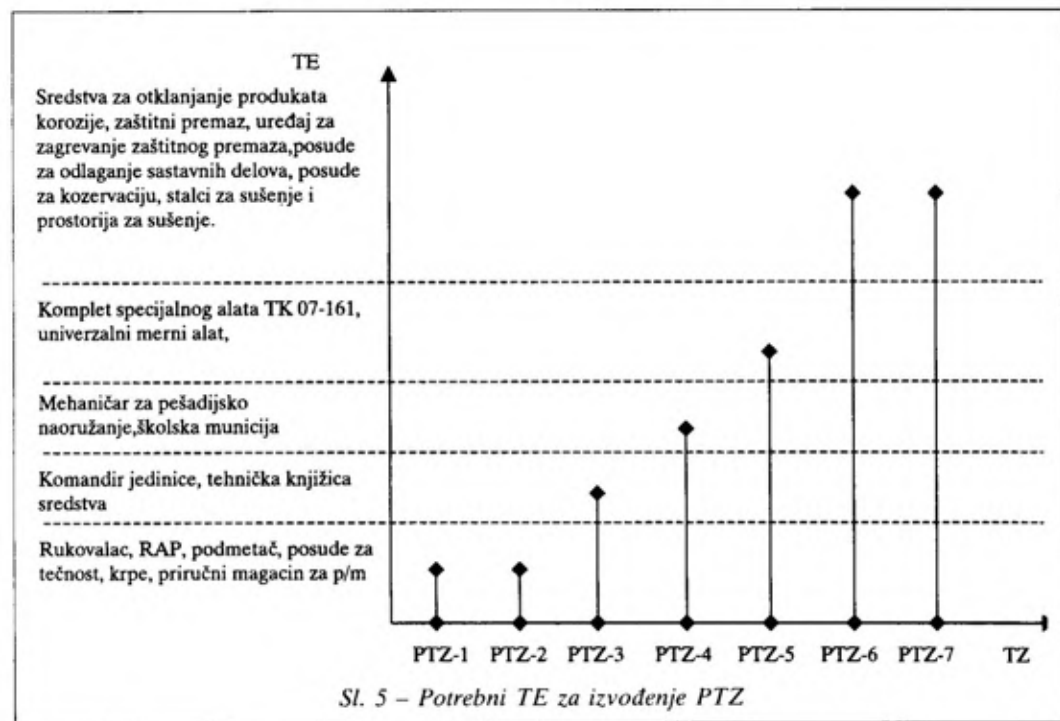
To iznosi 5,28% ukupne neraspodivnosti AP u posmatranom periodu.

Analiza tehnoloških postupaka preventivnog održavanja

U realnom sistemu održavanja preventivne zahteve za održavanjem moguće je grupisati u određene kategorije, kako bi se omogućilo sagledavanje potrebnih resursa (tehnoloških elemenata – TE) radi njihovog ispunjenja. Preventivni tehnološki zahtevi (PTZ) su:

- PTZ-1 dnevni pregledi,
- PTZ-2 čišćenje i podmazivanje TS,
- PTZ-3 periodični pregled,
- PTZ-4 prvi tehnički pregled,
- PTZ-5 drugi tehnički pregled,
- PTZ-6 konzervacija,
- PTZ-7 rekonzervacija.

Na slici 5 prikazani su potrebni tehnološki elementi [3] za ispunjenje PTZ, s tim da su TE navedeni u nižem nivou na ordinati već sadržani u višem nivou, odnosno, da je na višem nivou prikazana samo razlika TE.



Može se uočiti neznatna razlika između PTZ-3 i PTZ-4 u pogledu potrebnih TE za njihovo ispunjenje. Po obimu i sadržaju radova ova dva PTZ razlikuju se samo po proverbi unošenja i iznošenja metka iz cevi „na hladno“. Prema normativno-pravnoj regulativi propisano je da je za PTZ-4 obavezno prisustvo mehaničara za pešadijsko naoružanje, dok je za ispunjenje PTZ-3 potrebno prisustvo komandira jedinice. Budući da potreba za poznavanjem naoružanja, u domenu obima i sadržaja prvog tehničkog pregleda (PTZ-4), ne prevazilazi znanje podoficira i oficira VJ, moguće je objedinjavanje ova dva PTZ u jedan PTZ koji bi po svom sadržaju odgovarao prvom tehničkom pregledu, a po mestu izvođenja, periodičnosti i potrebnim TE, bio bi istovetan sa periodičnim pregledom. U prilog tome ide i činjenica da je cena nabavke školske municije relativno niska, a ona bi kao TE bila obavezna u svakoj jedinici radi izvođenja periodičnog pregleda (PTZ-3).

Drugi tehnički pregled (PTZ-5) po svom obimu i sadržaju nešto je kompleksniji od prvog tehničkog pregleda (PTZ-4), jer se u njemu izводе sve radnje kao za PTZ-4 proširene za određena eksploataciona merenja i kontrole. Za izvođenje PTZ-5 potrebni su sledeći TE:

- mehaničar za pešadijsko naoružanje,
- mehaničar – optičar,
- priručne posude za ulja i maziva,
- komplet specijalnog alata,
- univerzalni mašinski merni alat,
- specifični komplet graničnih merila,
- specifična tabla za retriifikaciju sa ramom,
- RAP,
- školska municija.

Pomenuti TE ne obavezuju izvršioca PTZ-5 da održavanje sprovedu u radionici za tehničko održavanje. Pošto masa i gabariti pomenutih TE omogućavaju njihovu mobilnost i izvršioca radova, izvođenje PTZ-5 je moguće i neposredno kod korisnika. To znači da se PTZ-5 može izvesti i pod nadstrešnicom, u učionici, magacinu, hangaru i na otvorenom prostoru ako to vremenske prilike dozvoljavaju. Na taj način bilo bi izbegnuto:

- vreme potrebno za organizaciju i transport TS,
- vreme potrebno za prijem TS,
- vreme čekanja na održavanje,
- vreme zastoja do predaje sredstva korisniku,
- vreme predaje sredstva korisniku.

Drugim rečima, potrebna vremena odnosila bi se na izvršioca održavanja, i obuhvatala bi:

- vreme dolaska kod korisnika,
- vreme pripreme,
- vreme povratka.

Ova vremena, inače, ne uzrokuju neraspoloživost TS zbog održavanja. Vreme koje utiče na neraspoloživost TS, vreme u otkazu, time bi se maksimalno približilo vremenu aktivnog preventivnog održavanja. To bi, praktično, značilo da su se po pitanju preventivnih akcija održavanja operativna i inherentna gotovost izjednačile.

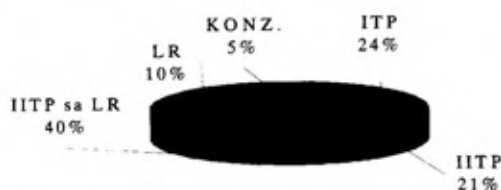
S druge strane, korisnici AP bi neposredno učestvovali u održavanju, odnosno vršili pripremu sredstava za pregled (čišćenje, sušenje), sticali uvid u tehničko stanje sredstva kojim rukuju (što je višestruko korisno), direktno odgovarali za kompletnost i ispravnost AP i neposredno po završetku pregleda preuzimali sredstvo.

U slučaju da se javi potreba za korektivnim akcijama održavanja iz domena

LR, u sklopu PTZ-5, one bi bile izvedene samo na AP na kojima je to neophodno u tehničkoj radionici, čime bi se izbeglo nepotrebno zadržavanje ostalih AP. Popuna RAP nedostajućim delovima, jednostavna podešavanja i zamene jednostavnih sastavnih delova mogu se izvoditi i na mestu izvođenja PTZ-5.

Identifikacija problemskih tačaka

Razmatrajući dobijene rezultate o učešću vidova održavanja u ostvarenoj nerazpoloživosti analiziranog TS u posmatranom periodu, zaključuje se da akcije preventivnog² održavanja imaju znatno učešće. Ono se ogleda prvenstveno u dominaciji vremena koje se ne odnosi na aktivno održavanje. Na slici 6 prikazano je učešće akcija održavanja u ukupnoj nerazpoloživosti (vremena „u toku“) TS za posmatrani period.



Sl. 6 - Učešće akcija održavanja u ukupnoj nerazpoloživosti

Posebno treba istaći da izvođenje drugog TP, gde su na pojedinim AP izvršene radnje iz domena lakog remonta, znatno povećava ukupno vreme nerazpoloživosti AP, i ono iznosi oko 40%. Treba imati u vidu da se akcije korektivnog održavanja nisu vršile na svim sredstvima. Postupak grupnog prijema sredstava od korisnika i njihova predaja na isti način, uslovljava da se i zbog jednog

sredstva koje se korektivno održava, zadržavaju u radionici i ostala sredstva. Druhim rečima, trajanje održavanja grupe sredstava određeno je najvećim vremenskim intervalom održavanja jednog sredstva. To je uslovilo da učešće II TP, pri kojem su vršene i radnje iz domena lakog remonta, ima najveći udeo u ukupnoj nerazpoloživosti AP.

Izvršene radnje korektivnog održavanja iz domena lakog remonta odnosile su se, uglavnom, na opravke TS bez zamene sastavnog dela, koja se, uglavnom, odnosila na popunu i zamenu delova RAP-a, a manji deo na ostale sastavne delove (remnik, dno okvira, opruge, noćni nišani, itd.). U posmatranom periodu nije bilo zahteva za višim nivoom održavanja, odnosno svi zahtevi za održavanjem završeni su na drugom nivou održavanja.

Na osnovu izvršene analize kroz preventivne akcije održavanja ustanovljeno je da:

- radnje preventivnog tehničkog pregleda, periodični pregled i prvi tehnički pregled po svom sadržaju i dubini zahvata nemaju bitnih razlika;
- učešće tehničkih pregleda u ukupno ostvarenoj nerazpoloživosti posmatranih TS ima znatan uticaj. Prvi tehnički pregled učestvuje sa 24%;
- drugi tehnički pregled ima različiti udeo u ukupno ostvarenoj nerazpoloživosti TS. Za drugi tehnički pregled koji je imao i korektivne akcije održavanja iz domena lakog remonta on iznosi oko 40%;
- drugi tehnički pregled koji je imao samo karakter preventivnog održavanja (kontrola stanja) u ukupnoj nerazpoloživosti sredstava ima udeo od 21%, što, takođe, predstavlja relativno veliku vrednost;

² Po identičnom postupku izračunato je učešće korektivnih akcija održavanja (laki remont) na ukupnu nerazpoloživost, i ono iznosi približno 10% ukupne nerazpoloživosti sredstava.

– postoji određena neusaglašenost između normativom regulisanih vremena za pojedine akcije održavanja. Na primer, trajanje drugog tehničkog pregleda za jedno TS je 12 minuta i ono je za svega dva minuta duže od prvog tehničkog pregleda, iako je sadržajno daleko kompleksnije;

– nije bilo sredstava koja su po bilo kom osnovu upućena na viši nivo održavanja, iako su sredstva bila različite starosne strukture (nije bilo sistematskog srednjeg remonta);

– u posmatranom vremenskom periodu nije bilo zahteva za kontrolnim pregledima, osim jednog izvršenog vanrednog tehničkog pregleda.

Poboljšanja u preventivnim akcijama održavanja

U odnosu na postojeće rešenje preventivnih akcija održavanja, predlozi za poboljšanje preventivnog održavanja AP, sa stanovišta smanjenja vremena „u otkazu“, odnosili bi se na:

– smanjenje broja preventivnih akcija održavanja;

– promenu obima i sadržaja pojedinih akcija održavanja;

– promenu periodičnosti izvođenja preventivnih akcija održavanja.

Predloženo rešenje bi na prvom i drugom nivou održavanja sadržalo sledeće akcije održavanja:

1) Osnovno održavanje:

– dnevni pregledi,

– opsluživanje (čišćenje i podmazivanje TS),

– periodični pregled.

2) Tehničko održavanje:

– tehnički pregled,

– konzervacija,

– rekonzervacija.

3) Kontrolni pregledi:

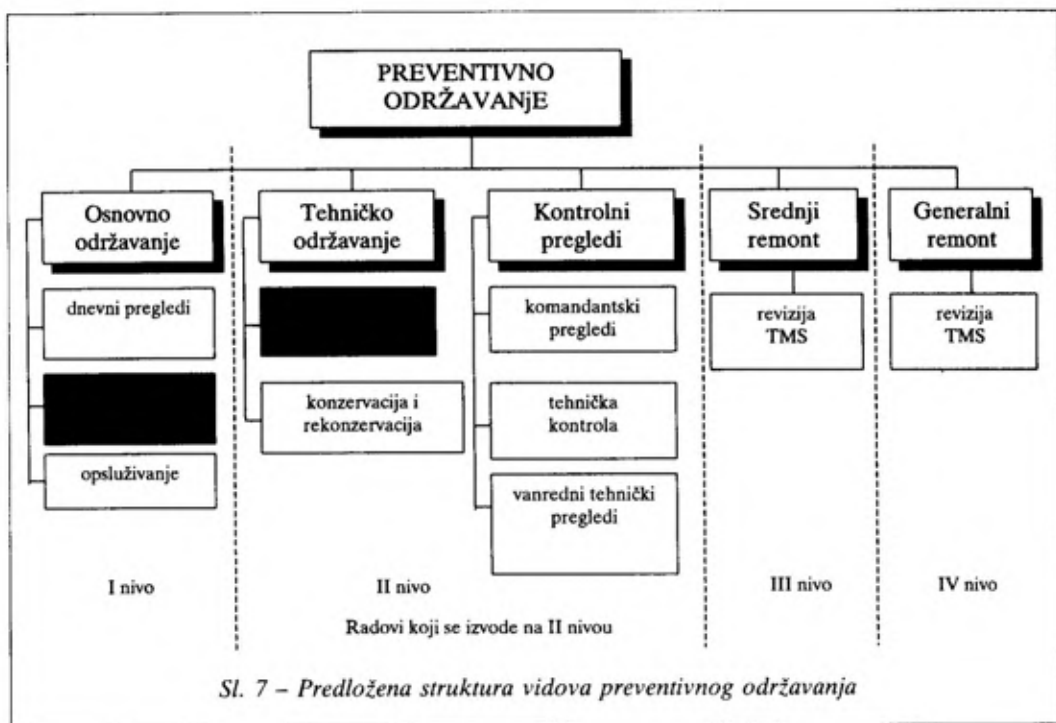
– komandantski pregled,

– tehnička kontrola,

– vanredni tehnički pregled.

Na slici 7 predložena je struktura tehnologije preventivnog održavanja sredstava streljačkog naoružanja, iskazana kroz klasifikaciju vidova održavanja. U poređenju sa slikom 1 primetna je suštinska razlika u objedinjavanju prvog i drugog TP u jedan TP koji bi po svom sadržaju i periodičnosti izvođenja odgovarao postojećem II TP. Druga značajna razlika je u proširenju sadržaja periodičnog pregleda koji bi predloženim rešenjem obuhvatio sve radnje koje se izvode na I TP, a zadržao bi postojeću periodičnost i mesto izvođenja. Drugim rečima, periodični pregled bi sadržajno odgovarao ranije definisanom I TP. Načelno, izvodio bi se jedanput do dva puta mesečno na svim sredstvima koja su na upotrebi. Time bi se smanjilo ukupno vreme preventivnog održavanja za iznos potrebnog vremena za izvođenje I TP, jer bi se on izvodio neposredno kod korisnika kao periodični pregled. Time bi se ukupno vreme „u otkazu“ za sve akcije održavanja smanjilo za oko 24%.

Predloženim rešenjem predviđeno je da se II TP, odnosno TP, izvodi kod korisnika sredstava. U radionicu bi se upućivala, odnosno u njoj zadržavala, samo ona sredstva za koja je pri vršenju TP utvrđena neophodnost korektivnih akcija održavanja. Time bi se minimiziralo vreme „u otkazu“ zbog izvođenja TP, na vreme aktivnog preventivnog održavanja i vreme zadržavanja u radionici zbog korektivnog održavanja na sredstvima za koje je to neophodno.



Sl. 7 – Predložena struktura vidova preventivnog održavanja

Treba napomenuti da predloženim rešenjem dolazi i do izmene u troškovima održavanja. Naime, postojećim rešenjem predviđeno je da se streljačko naoružanje donosi ili dovozi u radionicu radi vršenja tehničkih pregleda u zavisnosti od toga gde se jedinice nalaze. Odlazak ekipe na mesto izvođenja TP (po novom predlogu) podrazumeva njeno prevoženje, ako su jedinice na kojima se izvodi TP dislocirane, što može da poveća troškove održavanja. Da bi se utvrdilo da li su se troškovi održavanja povećali ili smanjili po predloženom rešenju, potrebno je izvršiti detaljnu analizu troškova održavanja koja bi uzela u obzir izostavljanje I TP, broj pušaka koje se mogu dovesti jednim standardnim transportnim m/v i broj pušaka na kojima se može izvršiti TP u toku jednog dana, vrednost dnevnica, troškove radnog sata CL i vojnika po ugovoru, cenu goriva, amortizacije i dr.

Zaključna razmatranja

U radu je opisan i analiziran postojeći sistem održavanja streljačkog naoružanja u VJ, sa stanovišta primenjenih tehnologija preventivnih akcija održavanja. Tehnologije preventivnog održavanja analizirane su prema obimu i dubini zahvata, potrebnim tehnološkim elementima za njihovo izvođenje, kao i njihovom uticaju na operativnu gotovost sredstava. Na osnovu izvršene analize kroz preventivne akcije održavanja, a radi povećanja operativne gotovosti sredstava streljačkog naoružanja, odnosno smanjenja vremena „u otkazu“, predložene su izmene postojećeg preventivnog održavanja na nivou tehničkog održavanja. One se ogledaju u sledećem:

- radnje koje su se izvodile na prvom tehničkom pregledu dodeljuju se periodičnom pregledu, i izvode se na prvom

nivou održavanja, sa periodičnošću od mesec dana;

- drugi tehnički pregled je zadržao isti sadržaj, i kao tehnički pregled našao svoje mesto na drugom nivou održavanja sa postojećom periodičnošću izvođenja;

- mesto izvođenja tehničkog pregleda je neposredno kod korisnika. Time je izbegnuto:

- vreme potrebno za organizaciju i transport TS;

- vreme potrebno za prijem TS, vreme čekanja na održavanje;

- vreme zastoja do predaje sredstva korisniku,

- vreme predaje sredstva korisniku.

U radu nije analiziran III i IV nivo održavanja. Preventivno održavanje na ova dva nivoa treba posebno razmatrati iz nekoliko razloga. Na trećem nivou održavanja trenutno ne postoji propisana tehnologija za održavanje streljačkog naoružanja. Propisani vremenski resurs za sredstva streljačkog naoružanja iznosi pet godina, a dosadašnja iskustva iz eksploatacije ne pokazuju opravdanost tako definisanog resursa, kao ni potrebe za sistematskim srednjim remontom. Četvrti

nivo održavanja, kao vremenski resurs za reviziju sredstava streljačkog naoružanja, propisuje 10 do 12 godina. Iskustva iz eksploatacije pokazuju da se sredstva streljačkog naoružanja, koja su neprekidno na upotrebi 10 do 12 godina, ne upućuju na reviziju po osnovu vremenskog resursa. Naprotiv, dugogodišnje intenzivno korišćenje sredstava streljačkog naoružanja dovodi sredstvo u takvo stanje tehničke ispravnosti da je neophodno sprovesti korektivne akcije iz domena generalnog remonta. Sredstva streljačkog naoružanja koja su povremeno na upotrebi, a povremeno konzervisana, mogu biti upućena na reviziju nakon ispunjenja vremenskog resursa, ali se tada postavljaju nova pitanja vezana za isplativost i remontne kapacitete.

Literatura:

- [1] Petković, R. i dr.: Organizacija održavanja TMS, CVTŠ, Zagreb, 1988.
- [2] Todorović, J.: Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema, JUMV, Beograd, 1993.
- [3] Ilić, S.: Usavršavanje sistema održavanja streljačkog naoružanja, specijalistički rad, MF, Beograd, 1998.
- [4] TU SSNO: Nadležnost jedinica-radionica za tehničko održavanje i srednji remont za izvođenje radova s jedinstvenim normativima vremena, Beograd, 1977.

VEROVATNOĆA OTKRIVANJA SIGNALA SA FREKVENCIJSKIM SKAKANJEM KORIŠĆENJEM SAVREMENIH IZVIĐAČKIH RADIO-PRIJEMNIKA

– nastavak iz broja 1/2001 –

UDC: 355.535.2:621.396.62

Verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika

Najpre će se razmatrati verovatnoća otkrivanja samo jednog skoka radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem. Razmatranje se, u stvari, odnosi na detekciju bilo kojeg skoka, tj. bilo kojeg radio-signalu trajanja T_h , koji se pojavljuje samo jednom u periodu posmatranja.

Verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika u jednom pokušaju

Kao što se može videti sa slike 7, radio-predajnik može koristiti bilo koji od ukupno M_{FH} kanala, a radio-prijemnik može biti na jednom od ukupno M_{SC} kanala tako da broj mogućih kombinacija iznosi $M_{FH} \cdot M_{SC}$. Predajnik radio-signalu sa frekvencijskim skakanjem i izviđački radio-prijemnik mogu se naći na jednom od M_g zajedničkih kanala.

Ako M_g , broj mogućih podudaranja između predajne i prijemne frekvencije, zavisi od broja mogućih kombinacija, tada je verovatnoća otkrivanja jednog skoka iz jednog pokušaja [9]:

$$P_1 = \frac{M_g}{M_{FH}M_{SC}} \quad (2)$$

U daljem tekstu razmotriće se primena ove formule kada se za otkrivanje jednog skoka radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem koristi višekanalni radio-prijemnik.

Ako je K broj paralelnih filtera sa pridruženim detektorima koji se primenjuju u višekanalnom radio-prijemniku, koji sa svoje strane definišu broj kanala za svaku postavljenu frekvenciju, onda se verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika u jednom od K kanala radio-prijemnika povećava sa faktorom K (slika 8), to jest:

$$P_1 = \frac{M_g K}{M_{FH}M_{SC}} \quad (3)$$

Ova formula važi kada je broj navedenih paralelnih kanala prijemnika K manji od broja podudarnih kanala predajnika i radio-prijemnika M_g , to jest, kada je $K < M_g$.

U slučaju kada je $K \geq M_g$, onda se u formuli (3) K može zameniti sa M_g . Nadalje, u članku će biti analizirana primena opšte formule (3) za višekanalne radio-prijemnike, za neke specijalne slučajeve, pri čemu se za jednokanalni radio-prijemnik uzima da je $K = 1$.

U tom smislu dva su specijalna slučaja:

– kada je frekvencijski opseg radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem veći od frekvencijskog opsega izviđačkog radio-prijemnika i u potpunosti ga prekriva, to jest $M_{FH} > M_{SC}$ (slika 7b). Uzimajući u obzir da je tada $M_g = M_{SC}$, primenom formule (3) dobija se:

$$P_1 = \frac{K}{M_{FH}} \quad (4)$$

Pri tome za jednokanalni izviđački radio-prijemnik važi da je:

$$P_1 = \frac{1}{M_{FH}} \quad (5)$$

Može se zaključiti da u slučaju kada je odnos frekvencijskog opsega radio-predajnika i frekvencijskog opsega radio-prijemnika kao na slici 7b, verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika jednim pokušajem ne zavisi od ukupnog broja kanala izviđačkog radio-prijemnika M_{SC} .

– kada je frekvencijski opseg izviđačkog radio-prijemnika veći od frekvencijskog opsega radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem i u potpunosti ga prekriva, to jest $M_{SC} > M_{FH}$ (slika 7c). Uzimajući u obzir da je tada $M_g = M_{FH}$, primenom formule (3) dobija se:

$$P_1 = \frac{K}{M_{SC}} \quad (6)$$

Može se zaključiti da u ovakvom slučaju nepotrebno pretraživanje van frekvencijskog opsega radio-predajnika utiče na smanjenje verovatnoće otkrivanja jednog skoka radio-predajnika jednim pokušajem, u odnosu na verovatnoću datu u formuli (4). Pri tome se podrazu-

meva da je vrednost M_{FH} konstantna (jednaka u oba slučaja).

Verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika u nekoliko pokušaja

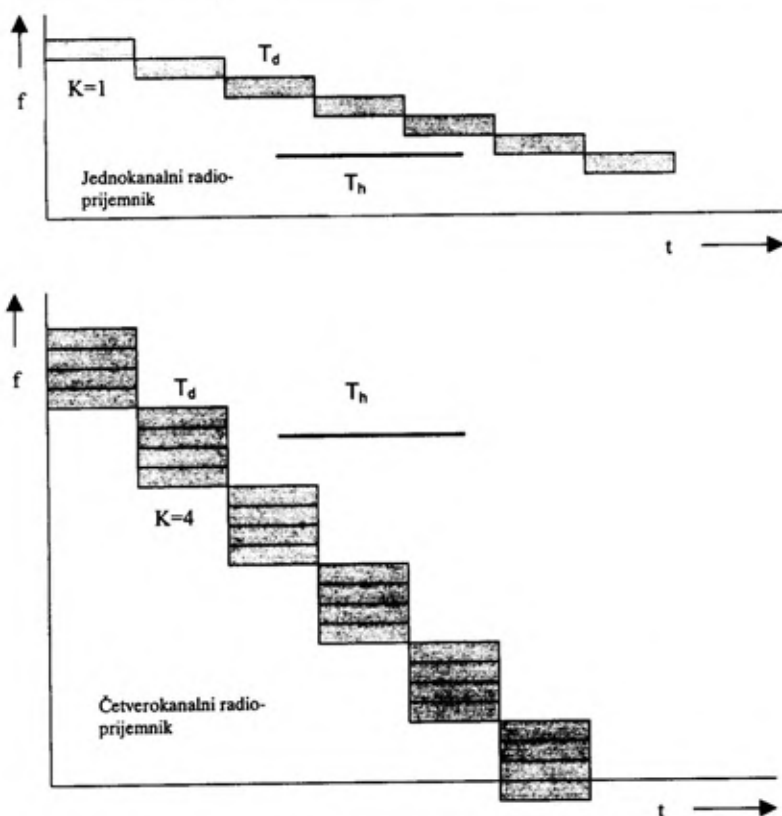
Nekoliko pokušaja na otkrivanju frekvencije radio-predajnika, za vreme trajanja jednog skoka, može se vršiti izviđačkim radio-prijemnikom sa pretraživanjem, onda kada je vreme zadržavanja prijemnika na specificiranoj frekvenciji dovoljno malo u poređenju sa vremenom trajanja skoka radio-predajnika (slika 8) odnosno kada je $T_d < T_h$. U okviru perioda T_h , izvrši se nekoliko ispravnih pokušaja otkrivanja n , koji traju nekoliko uzastopnih vremenskih intervala zadržavanja T_d . Pokušaj otkrivanja smatra se ispravnim kada je vreme integracije T_i potpuno prekriveno skokom, tj. ako nije bilo promene frekvencije i prekida skoka radio-predajnika za vreme trajanja integracije detektora T_i .

Broj pokušaja otkrivanja n zavisi od vremena trajanja skoka T_h i od vremena zadržavanja prijemnika na određenoj frekvenciji T_d .

Srednja vrednost broja ispravnih pokušaja otkrivanja $\bar{n}$, za vreme trajanja skoka T_h , data je sledećom formulom [6]:

$$\bar{n} = \frac{T_h - T_i}{T_d} = \frac{T_h - T_i}{T_{syn} + T_i} \quad (7)$$

Za vreme pretraživanja izviđačkim radio-prijemnikom svaki pokušaj otkrivanja vrši se na različitoj frekvenciji, tako da verovatnoća otkrivanja skoka, za vreme njegovog trajanja, raste sa brojem pokušaja odnosno iznad $n = 1$. Verovatnoća otkrivanja skoka sa $\bar{n}$ ispravnih



Sl. 8 – Prikaz sekvenci pretraživanja jednokanalnog i četverokanalnog radio-prijemnika sa definisanim vremenom trajanja skoka T_h radio-predajnika signala sa frekvencijskim skakanjem

pokušaja otkrivanja u okviru vremena T_h definisana je kao:

$$P_{1h} = P_1 \cdot \bar{n} = \frac{M_g}{M_{FH}M_{SC}} K \cdot \bar{n} = \frac{M_g K}{M_{FH}M_{SC}} \left(\frac{T_h - T_i}{T_d} \right) \quad (8)$$

Primena formule (8) ima sledeća ograničenja:

– mora biti ispunjen osnovni preduslov da je $\frac{T_h}{T_i} > 1$, odnosno skok radio-

-predajnika može biti detektovan samo ako je vreme njegovog trajanja veće od vremena detekcije prijemnika;

– teoretski, verovatnoća definisana formulom (8) može imati vrednost veću od 1 ($P_{1h} > 1$) ako se obezbedi uslov da odnos $\frac{T_h - T_i}{T_d}$ bude dovoljno veliki, odnosno T_h bude dovoljno veliko.

Međutim, ako je vreme trajanja skoka T_h veliko, najveća verovatnoća otkrivanja $P_{1hmax} \leq 1$ postiže se kada je izviđački radio-prijemnik sposoban da

pretraži sve M_{SC} kanale za vreme trajanja jednog skoka, to jest kada je vreme trajanja skoka veće od ukupnog vremena pretraživanja $T_h > T_{SC}$ (slika 9). Daljim povećanjem T_h verovatnoća otkrivanja jednog skoka neće rasti preko P_{1hmax} .

Ako je $T_h > T_{SC}$, onda je $\bar{n} = M_{SC}/K$, pa se dobija jedinstveni izraz za uslove koji definišu ograničenja za primenu formule (8):

$$T_i < T_h \leq \left(\frac{M_{SC}}{K} T_d + T_i \right) \quad (9)$$

Maksimalna verovatnoća otkrivanja, koja se može dobiti u slučaju „dugih skokova“, zavisi od stepena preklapanja između opsega frekventijskog skakanja radio-predajnika i opsega pretraživanja izviđačkog radio-prijemnika.

Moguće je razmatranje raznih slučajeva preklapanja:

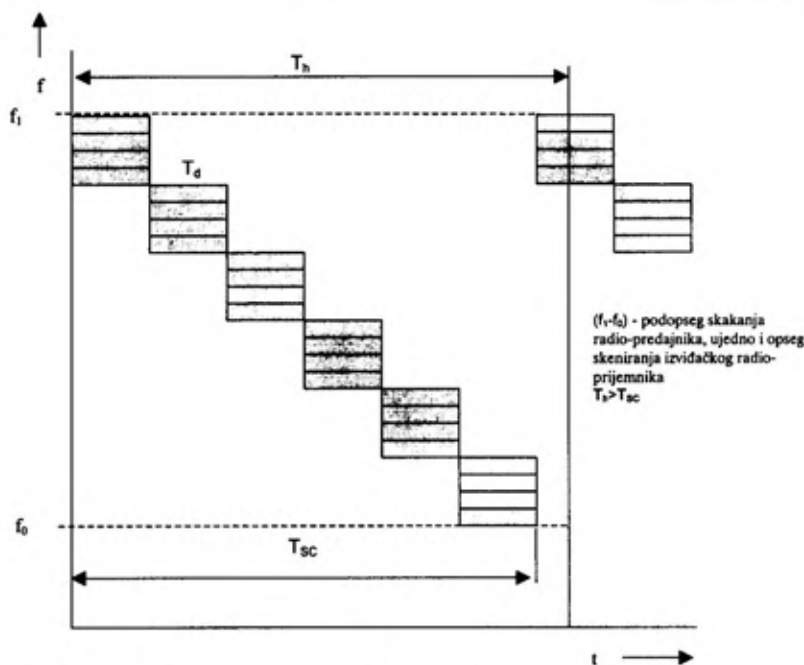
– u opštem slučaju kada je $M_g < M_{SC}$ i $M_g < M_{FH}$ (slika 7a), maksimalna verovatnoća je, po formuli (8):

$$P_{1hmax} = \frac{M_g}{M_{FH}} \quad (10)$$

– u slučaju kada je opseg frekvencijskog skakanja potpuno prekriven opsegom pretraživanja $M_{SC} \geq M_{FH}$ (slika 7c i 7d) maksimalna verovatnoća je:

$$P_{1hmax} = 1 \quad (11)$$

– u slučaju kada je opseg pretraživanja potpuno prekriven opsegom frekvencijskog skakanja $M_{FH} > M_{SC}$ (slike 7b i



Sl. 9 – Prikaz dugog trajanja skoka za koje vreme izviđački radio-prijemnik pretraži sve kanale iz podopsega skakanja $f_i - f_0$

7d), za maksimalnu verovatnoću, po formuli (8), dobija se:

$$P_{1hmax} = \frac{M_{SC}}{M_{FH}} \quad (12)$$

Upoređenjem formula (8) i (3) dolazi se do zaključka da se veća verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika može postići samo sa dovoljno velikim brzinama pretraživanja, to jest:

$$\bar{n} \geq 1 \text{ za } (T_d + T_i) \leq T_h \quad (13)$$

Ako je ispunjen samo osnovni uslov za primenu formule (8), to jest da je $T_i < T_h$, a nije ispunjen i uslov (13), moguće je da se za vreme trajanja skoka prosečno ne napravi nijedan ispravan pokušaj. U tom slučaju verovatnoća otkrivanja jednog skoka smanjuje se prema formuli (8), na vrednost koja je data formulom (3).

Prijemnik u režimu čekanja

Ako se pretpostavi da je frekvencijski opseg radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem poznat izviđačkom radio-prijemniku, tada radio-prijemnik može biti fiksno podešen na jedan od kanala radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem, odnosno da se nalazi u režimu čekanja. U tom slučaju radio-predajnik sa frekvencijskim skakanjem detektovan je onda kada se njegova trenutna noseća frekvencija poklopi sa podešenom frekvencijom izviđačkog radio-prijemnika.

Da bi jedan skok signala detektovao izviđački radio-prijemnik, njegovo trajanje T_h mora biti veće od T_i ($T_h > T_i$). U režimu čekanja („zamka za skakača“) vreme potrebno za podešavanje sintetizatora u radio-prijemniku i obradu signala

ne utiče na verovatnoću otkrivanja, tako da u ovom slučaju važi da je $T_d = T_i$. To znači da se pri obezbeđenju već opisanih uslova $T_i < T_h$ dešava tačno jedna detekcija emitovanog FH signala kada se poklope frekvencija skakanja radio-predajnika i frekvencija izviđačkog radio-prijemnika. Sa dolaskom signala skoka nivo praga se prekoračuje čim se podesi filter za detekciju, a na kraju skoka, posle odgovarajućeg kašnjenja, nivo ponovo opada ispod praga, dozvoljavajući tako procenu trajanja skoka.

U režimu čekanja verovatnoća otkrivanja ne zavisi od trajanja skoka T_h i vremena dolaska signala skoka do primarne antene, kao što je to slučaj sa izviđačkim radio-prijemnikom u režimu pretraživanja, tako da važi da je $\bar{n} = 1$. Slika 7b, gde je $M_g = M_{SC} = 1$, i jednačine (5) i (4) važe za verovatnoću otkrivanja, bilo da se radi o primeni kod jednokanalnog ili višekanalnog izviđačkog radio-prijemnika.

Ako je kod dovoljno brzog izviđačkog radio-prijemnika, srednja vrednost broja ispravnih pokušaja detekcije po skoku veća od 1 ($\bar{n} > 1$), tada je verovatnoća otkrivanja veća nego u režimu čekanja (jednačina 8). Međutim, verovatnoća otkrivanja u režimu pretraživanja može, takođe, biti manja nego u režimu čekanja, i to:

- kada je pretraživanje radio-prijemnika isuviše sporo u poređenju sa trajanjem skoka ($T_i < T_h < (T_d + T_i)$), onda je broj ispravnih pokušaja $\bar{n} = (T_h - T_i) / T_d$ u jednačini (8) manji od 1;

- ako izviđački radio-prijemnik unapred ne poseduje informaciju o opsegu frekvencijskog skakanja, što je bila pretpostavka u režimu čekanja, može se desiti da izviđački radio-prijemnik vrši pretraživanje i u frekvencijskom opsegu koji

radio-predajnik ne koristi (slike 7a i c). U tom slučaju je odnos M_g/M_{SC} u jednačini (8) manji od 1, dok je u režimu čekanja $M_g = M_{SC} = 1$.

Izviđanje radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem ponavljanjem pokušaja

Do sada je razmatrana verovatnoća otkrivanja jednog skoka. Ako se signal radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem može posmatrati u nekom intervalu skakanja T_t (vreme predaje radio-predajnika ili ukupno vreme rada radio-prijemnika), pokušaj otkrivanja može biti ponovljen u N skokova radio-predajnika, gde je:

$$N = T_t \cdot f_H \quad (14)$$

Pri tome f_H^* predstavlja brzinu skakanja predajnika, izraženu brojem frekvencijskih skokova u jedinici vremena.

Pri svakom od N pokušaja verovatnoća otkrivanja skoka je P , odnosno $P = P_1$, kako je to dato u jednačinama (3) do (6), ili P_{1h} , kako je dato u jednačini (8).

Verovatnoća P_N da se u ukupno N pokušaja desi $Z = k$ otkrivanja, izračunava se prema formuli za *binomnu raspodelu verovatnoća* [12]:

$$P_N(Z = k) = \binom{N}{k} P^k (1 - P)^{N-k} \quad (15)$$

gde je

$$\binom{N}{k} = \frac{N!}{k! (N - k)!},$$

* f_H nije jednako $1/T_h$, jer se mora uzeti u obzir vreme potrebno za podešavanje sintetizatora radio-predajnika.

dok je srednja vrednost broja otkrivanja

$$\bar{k} = N \cdot P \quad (16)$$

Od posebnog interesa su verovatnoće, dobijene iz jednačine (15), da se broj otkrivanja Z nalazi baš unutar definisanog intervala. Razmotriće se tri moguća slučaja:

– verovatnoća najmanje jednog otkrivanja u N pokušaja je:

$$P_N(Z \geq 1) = 1 - (1 - P)^N \quad (17)$$

– verovatnoća od k_1 do k_2 otkrivanja u N pokušaja je:

$$P_N(k_1 \leq Z \leq k_2) = \sum_{l=k_1}^{k_2} \binom{N}{l} P^l (1 - P)^{N-l} \quad (18)$$

– verovatnoća najmanje k otkrivanja u N pokušaja je:

$$P_N(Z \geq k) = \sum_{l=k}^N \binom{N}{l} P^l (1 - P)^{N-l} = 1 - \sum_{l=0}^{k-1} \binom{N}{l} P^l (1 - P)^{N-l} \quad (19)$$

Sa povećanjem broja kanala skakanja M_{FH} verovatnoća otkrivanja jednog skoka P često je veoma mala, tako da i sa velikim brojem pokušaja N srednja vrednost broja otkrivanja, to jest proizvod $N \cdot P$, nije mnogo velika (reda jedinice).

U tom slučaju binomna raspodela data jednačinom (15), za k koje je reda veličine $N \cdot P$, može biti aproksimirana pomoću Poasonove formule za raspodelu verovatnoća [12]:

$$P_N(Z = k) \approx \frac{e^{-NP} (NP)^k}{k!} \quad (20)$$

U tom smislu, za primenu ove formule vredi spomenuti specijalni slučaj: neka je dat veliki broj kanala skakanja M_{FH} , opseg pretraživanja jednogkanalnog radio-prijemnika koji se poklapa sa opsegom skakanja radio-predajnika ($M_{SC} = M_{FH}$, slika 5 d) i neka izviđački radio-prijemnik izvršava L kompletnih pretraživanja [10]. Radio-prijemnik je sposoban da izvrši, u proseku, samo jedan ispravan pokušaj detekcije po frekvencijskom skoku radio-predajnika ($\bar{n} = 1$).

Prema jednačini (5) verovatnoća detekcije jednog skoka je $P = P_1 = 1/M_{FH}$, a ukupan broj pokušaja je $N = L \cdot M_{FH}$. Uzimajući u obzir da je $N \cdot P = L \cdot M_{FH} \cdot (1/M_{FH}) = L$ i koristeći jednačine (19) i (20), dobija se da je raspodela verovatnoća najmanje k otkrivanja data formulom:

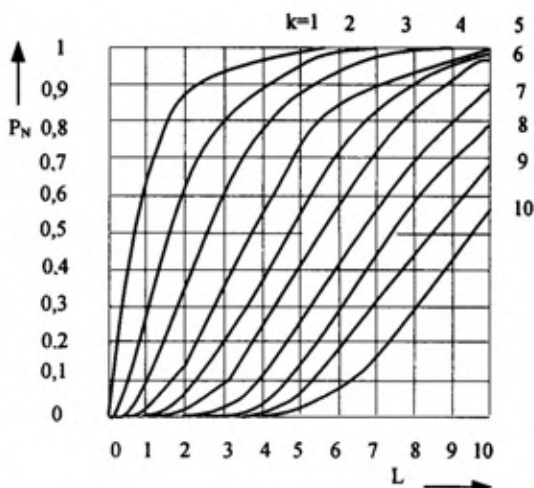
$$P_N(Z \geq k) = 1 - \sum_{i=0}^{k-1} P_N(Z = i) \approx 1 - e^{-L} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{L^i}{i!} \quad (21)$$

Na slici 10 dat je grafički prikaz raspodele verovatnoća najmanje k tačnih otkrivanja za L izvršenih pretraživanja izviđačkog radio-prijemnika. Znači, prema formuli (21), najmanje jedno otkrivanje skoka radio-predajnika (kriva $k = 1$ na slici 10) desiće se sa verovatnoćom:

$$P_N(Z \geq 1) = 1 - e^{-L} \quad (22)$$

Ako je broj pokušaja N dovoljno veliki da se dobije

$$N \cdot P \cdot (1 - P) \gg 1 \quad (23)$$



Sl. 10 – Verovatnoća P_N najmanje k otkrivanja za vreme L pretraživanja

binomna raspodela, data jednačinom (15), može se aproksimirati pomoću Gausove raspodele verovatnoća po De Moor-Laplasovoj teoremi [12]:

$$P_N(Z = k) \approx \frac{e^{-(k - NP)^2 / 2NP(1 - P)}}{\sqrt{2\pi NP(1 - P)}} \quad (24)$$

Tada se za ukupnu verovatnoću broja uspešnih otkrivanja u intervalu između k_1 i k_2 , prema jednačini (18), dobija sledeća raspodela verovatnoća:

$$P_N(k_1 \leq Z/k_2) \approx \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{k_2 - NP}{\sqrt{2NP(1 - P)}} \right) - \operatorname{erf} \left(\frac{k_1 - NP}{\sqrt{2NP(1 - P)}} \right) \right] \quad (25)$$

gde je

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-y^2} dy \quad (26)$$

Na osnovu jednačine (25), i uzimajući u obzir jednačinu (19), verovatnoća najmanje k otkrivanja za N pokušaja je:

$$P_N(Z \geq k) \approx \frac{1}{2} \left[\operatorname{erf} \left(\frac{N - NP}{\sqrt{2NP(1-P)}} \right) - \operatorname{erf} \left(\frac{k - NP}{\sqrt{2NP(1-P)}} \right) \right] \approx \frac{1}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{k - NP}{\sqrt{2NP(1-P)}} \right) \right] \quad (27)$$

Na osnovu iznetog jasno je pokazano da je broj ponovljenih pokušaja N za detekciju radio-predajnika sa slučajnom raspodelom frekvencijskih skokova presudan parametar za određivanje verovatnoće otkrivanja (jednačine 15 do 27).

Odnos između ukupnog broja pokušaja N i broja pretraživanja radio-prijemnika L dobija se na osnovu pretpostavke da vreme zadržavanja radio-prijemnika na frekvenciji iznosi T_d . Za sistematično pretraživanje svih frekvencijskih pozicija M_{SC} jednokanalnog radio-prijemnika, za jedno pretraživanje potrebno je vreme

$$T_{SC,1} = M_{SC} \cdot T_d$$

Prema jednačini (14) broj pokušaja N za vreme L pretraživanja definiše se kao:

$$N_{L,1} = M_{SC} \cdot T_d \cdot f_H \cdot L$$

U slučaju višekanalnog radio-prijemnika sa K paralelnih kanala vreme pretraživanja se redukuje i iznosi $T_{SC,K} = M_{SC} \cdot T_d / K$, pa se za vreme L pretraživanja može izvršiti samo $N_{L,K} = (M_{SC} \cdot T_d \cdot f_H \cdot L) / K$ pokušaja. Zbog toga će i verovatnoća otkrivanja jednog skoka sa višekanalnim radio-prijemnikom biti veća za faktor K od verovatnoće otkrivanja sa jednokanalnim radio-prijemnikom (jednačine 3 i 8). Pri tome je srednji broj otkrivanja k isti za

jednokanalni i višekanalni radio-prijemnik, za isti broj pretraživanja L . Takođe, vreme opservacije koje zahteva višekanalni radio-prijemnik kraće je od vremena koje je potrebno jednokanalnom radio-prijemniku za faktor $1/K$.

Praktičan primer primene dobijenih verovatnoća

Pretpostaviće se da se opseg otkrivanja izviđačkog radio-prijemnika i frekvencijski opseg radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem poklapaju (slika 5d), i da radio-predajnik i radio-prijemnik imaju svaki po 2000 skokova ($M_{FH} = M_{SC} = 2000$).

U tom slučaju, verovatnoća otkrivanja jednog skoka jednim pokušajem sa jednokanalnim radio-prijemnikom, u skladu sa jednačinom (5), iznosi:

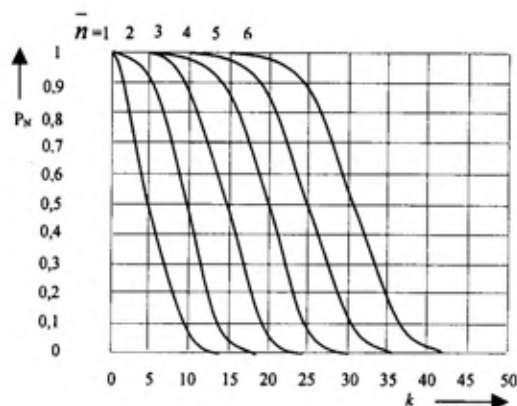
$$P_1 = 1/M_{FH} = 1/2000.$$

Primena Poasonove teoreme

Ako je broj kompletnih pretraživanja radio-prijemnika $L = 3$, i ako se pretpostavi da radio-prijemnik izvršava u proseku jedan ispravan pokušaj otkrivanja za vreme jednog skoka predajnika, verovatnoća da će radio-predajnik biti otkriven najmanje jednom u toku tri pretraživanja iznosi 95%, prema jednačini (22) i prema krivoj za $k = 1$ na slici 11.

Primena De Moor-Laplasove teoreme

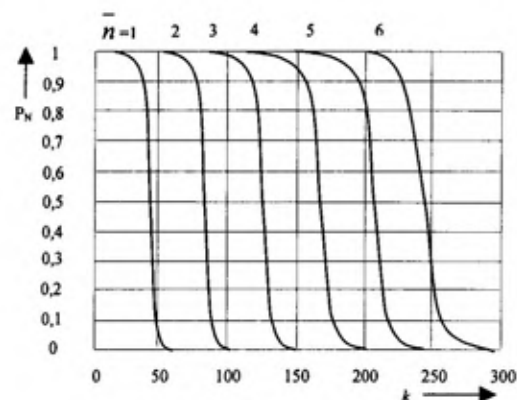
Neka je vreme rada T_i dovoljno dugo da se, prema jednačini (14), dobije $N = 10^4$ ponovljenih pokušaja. Iz jednačina (16, 8 i 7) srednji broj otkrivanja iznosi:



Sl. 11 – Jednokanalni radio-prijemnik: verovatnoća P_N najmanje k otkrivanja u $N = 10^4$ ponovljenih pokušaja sa srednjim brojem $\bar{n}$ ispravnih pokušaja otkrivanja za vreme jednog intervala skakanja

$\bar{k} = N \cdot P_{1h} = 10\,000 \cdot \bar{n}/2000 = 5 \cdot \bar{n}$,
gde je $\bar{n} = (T_h - T_i)/T_d$.

Verovatnoća najmanje k otkrivanja može se aproksimirati korišćenjem izraza (27). To je prikazano na slici 12 za jednokanalni radio-prijemnik i promenljiv srednji broj $\bar{n}$ ispravnih pokušaja otkrivanja radio-prijemnika za vreme intervala jednog skoka T_h (odnosno sa



Sl. 12 – Devetokanalni radio-prijemnik: verovatnoća P_N najmanje k otkrivanja za $N = 10^4$ ponovljenih pokušaja sa srednjim brojem $\bar{n}$ ispravnih pokušaja otkrivanja za vreme jednog intervala skakanja

različitom brzinom pretraživanja). Kriva $\bar{n} = 1$, takođe, važi i za jednokanalni radio-prijemnik u režimu čekanja. Ista relacija za devetokanalni radio-prijemnik prikazana je na slici 12.

Ovde je srednji broj otkrivanja, u skladu sa jednačinom (16) i uzimajući u obzir da je $P = P_{1h}$ iz jednačine (8), veći za faktor 9 u poređenju sa jednokanalnim radio-prijemnikom.

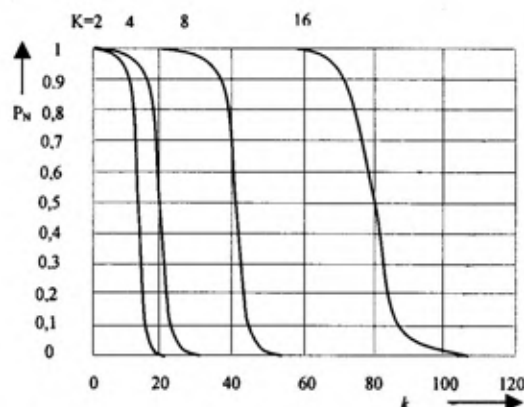
Kriva za faktor $\bar{n} = 1$ takođe važi i za devetokanalni radio-prijemnik u režimu čekanja.

Na slici 13 prikazan je efekat koji se dobija za srednji broj otkrivanja kada se poveća broj paralelnih kanala izviđačkog radio-prijemnika, ako se pretpostavi da je izvršen samo jedan ispravan pokušaj detekcije po intervalu skakanja ($\bar{n} = 1$, $(T_h - T_i)/T_d = 1$ ili režim čekanja).

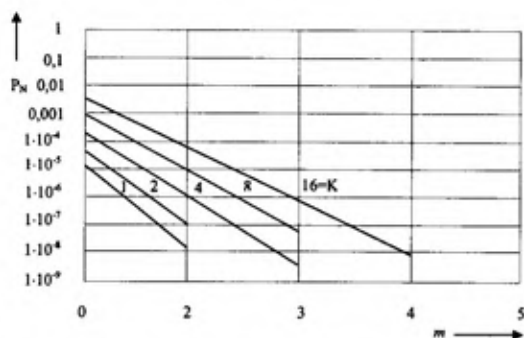
Za verovatnoće otkrivanja izračunate na osnovu izraza (27) i koje su prikazane na slikama 11–13, efekti koji se postižu primenom specifičnih mera (paralelni kanali, brže pretraživanje) mogu biti lako procenjeni pomoću srednjeg broja otkrivanja prema jednačini (16). Proračunata verovatnoća $P_N(k)$ dobija vrednost 0,5 kada je minimalni postignuti broj otkrivanja jednak srednjem broju otkrivanja ($k = \bar{k}$). Porastom vrednosti $\bar{k}$ kriva se konsekvntno pomera proporcionalno većem minimumu broja otkrivanja.

Uzimajući K -kanalni prijemnik i zamenom izraza za verovatnoću (8) u (16), dobija se srednji broj otkrivanja, za slučaj kada se poklapaju frekvencijski opsezi skakanja i otkrivanja (prikazan na slici 7d), koji je dat sledećim izrazom:

$$\bar{k} = N \cdot P_{1h} = N \frac{K_{\bar{n}}}{2M_{FH}} = N \frac{K}{M_{FH}} \left(\frac{T_h - T_i}{T_d} \right) \quad (28)$$



Sl. 13 – Radio-prijemnik sa K paralelnih kanala, $\bar{n} = 1$:
verovatnoća P_N najmanje k otkrivanja za $N = 10^4$
ponovljenih pokušaja



Sl. 14 – Radio-prijemnik sa K paralelnih kanala, $\bar{n} = 1$:
verovatnoća P_N najmanje m otkrivanja za $N = 10$
ponovljenih pokušaja

Primena binomne raspodele verovatnoća

Ako su odnosi između broja pokušaja otkrivanja, broja uspešnih otkrivanja i broja kanala izviđačkog radio-prijemnika kao na slici 13, i ako se pri tome radi o malom broju pokušaja, binomna raspodela mora se koristiti bez aproksimacije.

Dijagram na slici 14 dobijen je iz jednačine (19) za samo 10 ponovljenih

pokušaja. U vezi s tim, verovatnoća otkrivanja je korespondentno mala.

Zaključak

Prema izvedenim i opisanim uslovima može se zaključiti da je verovatnoća otkrivanja jednog skoka radio-predajnika u režimu sa FH proporcionalna sa proizvodom broja kanala K i srednje vrednosti broja ispravnih pokušaja $\bar{n}$ izviđačkog prijemnika u intervalu trajanja jednog skoka T_h (8, 28).

Što se tiče primene mera tipa „više-kanalni prijemnik“ i „brzo pretraživanje“, može se zaključiti da one imaju isti efekat na verovatnoću otkrivanja, pa su, prema tome, međusobno zamenljive. Obe mere za povećanje verovatnoće otkrivanja su takve da zahtevaju savremene i kvalitetne performanse izviđačkih radio-prijemnika. To znači da izviđački radio-prijemnik, optimiziran za otkrivanje dovoljno jakih signala, treba da radi sa maksimalnim mogućim brojem paralelnih kanala K , i minimalnim vremenom zadržavanja, to jest sa najkraćim mogućim vremenom za detekciju T_i , vremenom za podešavanje sintetizatora i obradu signala.

Međutim, kratka vremena otkrivanja traže primenu širokopojasnih filtera u izviđačkim radio-prijemnicima.

S druge strane, kada je vreme detekcije T_i kratko, verovatnoća otkrivanja je ograničena redukovanom selektivnošću za uskopojasne signale susednih kanala i širokopojasnim signalima interferencije. Zbog toga, ako je signal interferencije širokopojasni šum, zahtevano polje direktno raste proporcionalno sa $\sqrt{(1/T_i)}$ za kraće vreme detekcije T_i .

Ako se signal radio-predajnika sa frekvencijskim skakanjem može posma-

trati u nekom specifičnom intervalu vremena T_i , pokušaji detekcije se mogu ponavljati i tada po opisanim raspodelama verovatnoća broj uspešnih otkrivanja raste.

Sprovedena teoretska analiza, prikazane krive za konkretnu primenu i izvedeni zaključci mogu da posluže svima koji se u praksi bave radio-izviđanjem, na više načina:

- da na pravi način odaberu najpogodniju vrstu digitalnog izviđačkog radio-prijemnika pri nabavci nove opreme, uvažavajući sve izložene relevantne performanse (broj kanala, brzinu pretraživanja, mogućnost promene opsega i brzine skakanja i drugo);

- da u skladu sa širim mogućnostima izviđačkih radio-prijemnika i njihovom prilagodljivošću odaberu najpogodniji način za primenu postupka radio-izviđanja signala sa FH;

- da u skladu sa objektivnom situacijom, na realan način mogu da procene

sa kojom verovatnoćom će moći da se izvrši uspešno otkrivanje konkretnog radio-predajnika koji vrši radio-emisiju signala sa ekspanovanim spektrom primenom metode FH.

Literatura:

- [1] Glišić, S.: Prenos signala sa ekspanovanim spektrom, SSNO-UV 1981.
- [2] Dukić, M.: Predavanja na PDS ETF Beograd 1989/90.
- [3] Jovanović, V.: Frekvencijsko skakanje, VTG 5 i 6/86.
- [4] Todorović, B.; Šunjevarić, M.: Novi metod protivielektronske zaštite radio-veza u kanalima sa fedingom, VTG 6/96.
- [5] Hans-Cristoph Höring: Probability of intercept for frequency hop signals using search receivers, News from Rohde & Schwarz, № 160 (1998/IV).
- [6] Oberbuchner, E.: Search Receiver ESMA – The ideal frontend for VHF-UHF monitoring systems News from Rohde & Schwarz, № 149 (1995).
- [7] Demmel, F.; Genal, W.; Unselt, U.: Digital Skanning Direction Finders DDFOxS – Fast direction finding of broadband and shortterm signals, News from Rohde & Schwarz, № 158 (1998).
- [8] Hömmerele, R.: Peilung von Frequenzsprung-signalen, In Grabau, R.; Pfaff K.: Funkpeiltechnik. Franckh'sche Verlagshandlung (1989).
- [9] Jandral, F.: Erfassung von Frequenzsprung-sendern, In Jondral, F.: Funksignalanalyse. Teubner (1991).
- [10] ISKRA-SPARK Radio-uređaj sa frekvencijskim skakanjem, ISKRA Elektrovezve, Ljubljana 1988.
- [11] Papoulis, A.: Probability, Random Variables and Stehastic Processes, McGraw-Hill (1965).

Dejan Živković,
dipl. inž.

Slavica Vukelić,
dr med.

Institut za medicinu rada ZPM VMA,
Beograd

ELEKTRIČNA I MAGNETSKA POLJA VEOMA NISKIH FREKVENCIJA OKO VIDEO DISPLEJ TERMINALA

UDC: 621.317.3/.4:621.397.46

Rezime:

U radu su prikazane izmerene vrednosti gustine magnetskog fluksa i jačine električnog polja veoma niskih frekvencija (VLF) oko 42 tipa video displej terminala. Rezultati merenja su pokazali da izmerene vrednosti gustine magnetskog fluksa (5 nT – 210 nT) i jačine električnog polja (0,1 V/m – 6,0 V/m) ne prelaze dopuštene vrednosti, prema međunarodnim preporukama, za profesionalnu izloženost i za izlaganje opšte populacije.

Ključne reči: video displej terminal, električno i magnetsko polje, merenja i zaštita.

VLF ELECTRIC AND MAGNETIC FIELDS AROUND VIDEO DISPLAY TERMINALS

Summary:

The aim of this work was to investigate the magnetic flux density and the electric field intensity of the very low frequency (VLF) band around 42 video display terminals. The results of measurement showed that the magnetic flux density (5 nT – 210 nT) and the electric field intensity (0,1 V/m–6,0 V/m) at the distance of 30 cm of the screen did not exceed levels for professional exposure and levels for living environment from international guidelines.

Key words: video display terminal, electric field, magnetic field, measurement and protection.

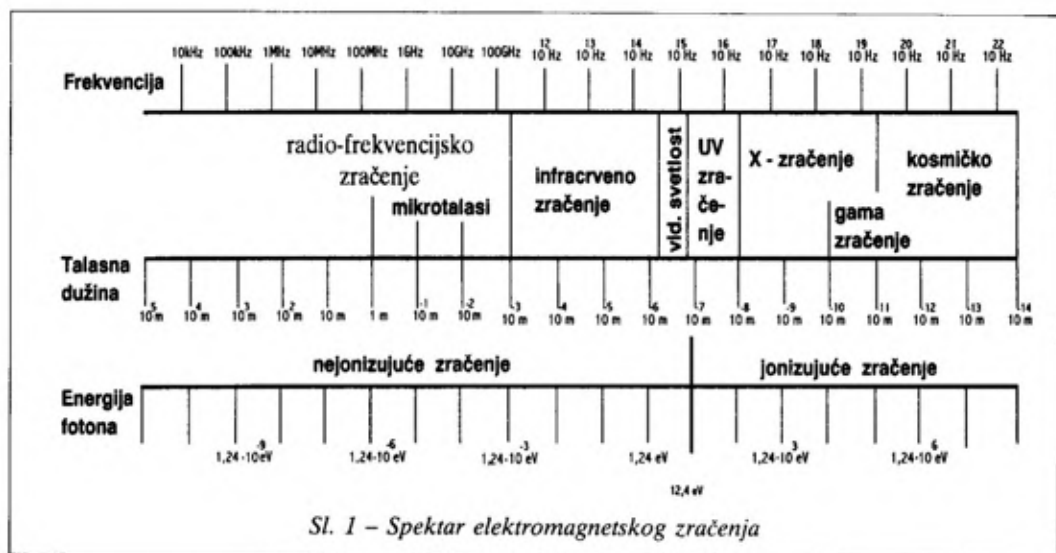
Uvod

Video terminal (VT ili Video Display Terminal – VDT, Video Display Unit – VDU) jeste uređaj za vizuelno predstavljanje informacija iz računara koji se sastoji od ekrana i tastature. Povezan je sa centralnim računarom ili je deo personalnog računara. Zahvaljujući popularnosti personalnih računara, VDT su postali sastavni deo ne samo radne već i životne sredine. Po podacima istraživača danas oko 150 miliona ljudi u svetu koristi personalni računar u toku rada. Korisnici

VDT se najviše žale na mišićnoskeletne poremećaje i disfunkciju organa vida koje često prate glavobolja i opšti zamor, dok se promene na koži javljaju ređe.

Video displej terminali (sa katodnom cevi) potencijalni su izvor elektromagnet-skog zračenja, jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja (slika 1).

Jonizujuće zračenje pri apsorbovanju u materijalu može promeniti atomsku strukturu materijala istiskujući elektrone iz atoma. Jonizujuće zračenje uključuje X zračenje, gama zračenje i kratkotalasno ultravioletno (UV) zračenje.



Sl. 1 – Spektar elektromagnetskog zračenja

Nejonizujuće zračenje ne menja atomsku strukturu ljudskog tela i uključuje frekvencije počev od ultravioletnog (UV) zračenja do elektromagnetskog zračenja ekstremno niskih frekvencija (ELF – extremely low frequencies).

Video displej terminal emituje: X zračenje, optičko zračenje (UV, vidljivo i infracrveno – IC zračenje), radio-frekvencijsko zračenje, elektromagnetska polja veoma niskih i ekstremno niskih frekvencija (VLF – very low frequencies i ELF – extremely low frequencies), kao i statičko električno polje [1–3].

Cilj ovoga rada bio je da se ispita izloženost korisnika VDT promenljivim električnim (E) i magnetskim (M) poljima veoma niskih frekvencija (3 kHz–30 kHz).

Elektromagnetska polja

Elektromagnetsko polje sastoji se od dva nerazdvojiva polja – električnog i magnetskog polja. Elektromagnetsko polje u nekom domenu postoji ako na malu naelektrisanu česticu naelektrisanja q ,

koja se kreće brzinom v , deluje Lorencova sila oblika:

$$\mathbf{F} = q \cdot \mathbf{E} + q \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B}$$

gde je:

$\mathbf{E}$ – vektor jačine električnog polja,
 $\mathbf{B}$ – vektor magnetske indukcije. Vektori $\mathbf{E}$ i $\mathbf{B}$ su funkcije položaja tačke, u kojoj se posmatra polje, i vremena.

Električne i magnetske pojave potiču od istih uzročnika, a to su elementarne naelektrisane čestice. Jedina razlika je što se električni efekti javljaju samo kada se naelektrisane čestice kreću u odnosu na posmatrača.

Električno polje

Naelektrisanja deluju silama jedna na druge. Za opis ovog delovanja dogovorom je uveden pojam električnog polja. Sistem naelektrisanja stvara u svim tačkama prostorno električno ($\mathbf{E}$) polje, a bilo koje drugo naelektrisanje osetiće silu ako se nađe u tom prostoru. Sila $\mathbf{F}$ koja

tačkasto deluje na naelektrisanje q , koje se nalazi u električnom polju jačine E , jeste:

$$F = q \cdot E$$

Jedinica za jačinu električnog polja u SI sistemu je N/C (njutn po kulonu), ali se u praksi daleko češće koristi ekvivalentna jedinica V/m (volt po metru).

U bilo kom provodnom materijalu, u koji spada i živa materija, pod dejstvom električnog polja dolazi do kretanja naelektrisanja u obliku električne struje. Ova struja opisuje se preko vektora gustine struje J čiji je intenzitet jednak struji koja prolazi kroz jedinicu površine normalnu na pravac struje. Osnovna jedinica za gustinu struje je A/m^2 , a za najveći broj provodnika srazmerna je vektoru jačine električnog polja E u toj tački. Taj se odnos može prikazati izrazom:

$$J = \sigma \cdot E$$

Koeficijent σ naziva se specifična provodnost, a njena jedinica je $\frac{A/V}{m}$, mada se najčešće koristi S/m (simens po metru).

Magnetsko polje

Magnetsko polje stvaraju naelektrisanja koja se kreću. To polje deluje silom na druga naelektrisanja, ali samo na ona koja se kreću. Sila F koja deluje na električno naelektrisanje q , koje se kreće brzinom v u polju magnetske indukcije B data je izrazom:

$$F = q \cdot v \times B$$

Osnovna jedinica za magnetsku indukciju (gustinu magnetskog fluksa)

može se izvesti iz gornje relacije i to je $N \cdot s/C \cdot m$. U SI sistemu ova jedinica se naziva tesla i obeležava se sa T .

Jedinica za jačinu magnetskog polja je A/m . Za linearne magnetske materijale veza vektora magnetske indukcije i vektora jačine magnetskog polja prikazana je relacijom:

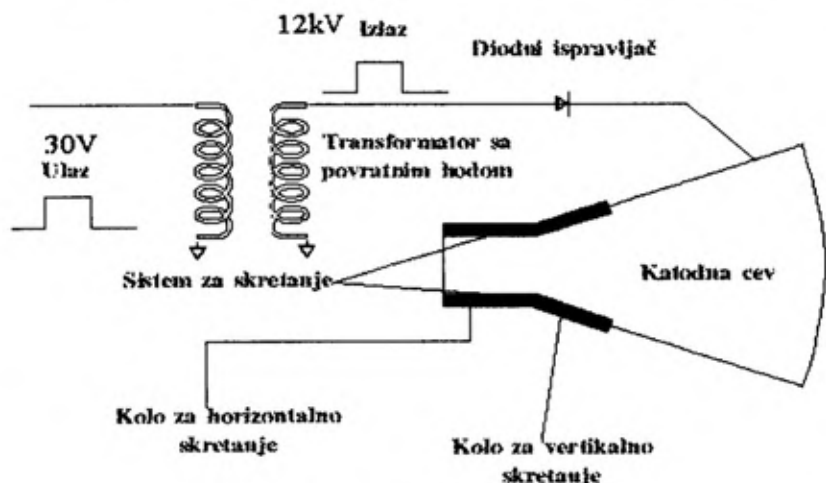
$$B = \mu \cdot H$$

Veličina μ naziva se magnetska permeabilnost sredine. Jedinica za magnetsku permeabilnost je N/A^2 , ali je uobičajeno da se koristi ekvivalentna jedinica H/m (henri po metru). Za većinu bioloških materijala magnetska permeabilnost jednaka je permeabilnosti vakuuma μ_0 ($\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} H/m$).

Teorijsku osnovu za sve klasične teorije o elektromagnetskim poljima predstavljaju tzv. Maksvelove jednačine, koje su sveobuhvatne, ali i teško rešive za složene sisteme kao što su biološka tela [4].

Princip rada video displej terminala

Katodna cev (CRT – cathode ray tube), koja jednim svojim krajem formira ekran, obično funkcioniše pri visokim naponima i to između 11 kV i 18 kV za crnobeke ili monohromatske jedinice. Mnogo viši naponi (preko 25 kV) prisutni su kod jedinica u boji. Katodna cev oslobađa elektrone koji se ubrzavaju ka ekranu. Slika na ekranu VDT nastaje projektovanjem elektronskih snopova koji se po ekranu pomeraju po horizontalnoj ili vertikalnoj osi. Ovo horizontalno i vertikalno skeniranje kontrolisano je pomoću kalemova za horizontalno i vertikalno skretanje, tako da svaki put kada se snop kreće preko ekrana na odgovarajući način



Sl. 2 – Presek video displej terminala

se pomera pomoću deflekcioni kale-mova za horizontalno i vertikalno skreta-nje. Veoma niske frekvencije potiču od struje u kalemu za vertikalno skretanje i javljaju se na izlazu transformatora sa povratnim hodom, tj. povratnom spregom – flyback transformator (slika 2). VLF električna i magnetska polja VDT ne razlikuju se sa prednje strane televizij-skog ekrana [3, 5].

Opis merenja i rezultati

Izvršeno je merenje E i M polja VLF opsega oko 42 tipa VDT. VLF EM polja merena su tako što su posebno merena električna, a posebno magnetska polja, tj. gustina magnetskog fluksa – magnet-ska indukcija.

E polje i gustina M fluksa VLF mereno je na udaljenosti 30 cm od centra ekrana i na 5 cm iznad i bočno od spoljašnjih površina VDT. U normalnom radnom položaju rukovalac VDT je uda-ljen više od 30 cm od ekrana, ali se merilo u uslovima najmanjeg rastojanja.

Merenje je obavljeno instrumentom HI-3603 VDT/VLF Survey Meter, firme Holaday Industries, Inc., SAD. Instru-ment ima približno ravan odziv i meri efektivnu vrednost jačine E polja u op-segu 2 do 300 kHz, tj. gustine magnetskog fluksa u opsegu od 8 do 3000 kHz. Pri merenju jačine električnog polja sonda instrumenta je držana paralelno ravni ekrana, a upotrebom odstojnika obezbe-deno je da sonda bude udaljena 30 cm od ekrana. Pri merenju magnetske induk-cije sonda instrumenta je držana u ravni normalnoj na površinu ekrana, a odstoj-nici su obezbedili da centar sonde bude udaljen 30 cm od ekrana. Linije sila električnog i magnetskog polja prikazane su na slici 3.

Rezultati merenja na 30 cm od ekrana dati su u tabeli 1, a zatim i na slikama 4 i 5.

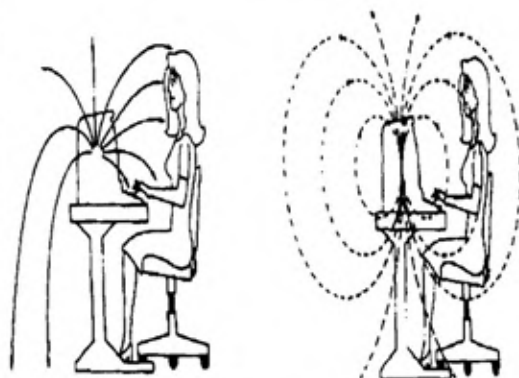
Karakteristika mernog uređaja jeste da posebno meri E polje, a posebno gustinu magnetskog fluksa. Frekventni odziv sonde pokriva frekventni opseg spektra zračenja od VDT [6].

Tabela 1

Rezultati merenja gustine magnetskog fluksa i jačine električnog polja

Redni broj terminala	B(nT)	E(V/m)
1	50	2,5
2	5	2,0
3	50	1,5
4	28	3,5
5	47	0,2
6	56	0,1
7	52	0,2
8	97	0,4
9	100	0,3
10	73	0,4
11	16	0,6
12	61	1,5
13	15	0,5
14	36	2,5
15	210	1,5
16	230	6,0
17	110	0,1
18	35	2,0
19	7	2,0
20	120	2,0
21	41	1,0
22	36	2,0
23	9	1,5
24	144	2,0
25	86	5,0
26	90	4,0
27	120	3,0
28	85	3,0
29	160	5,0
30	155	3,0
31	17	4,0
32	210	2,0
33	36	1,5
34	75	4,7
35	39	2,2
36	130	5,0
37	68	0,2
38	62	0,2

Redni broj terminala	B(nT)	E(V/m)
39	54	0,2
40	50	0,2
41	91	0,2
42	18	0,4



Sl. 3 – Linije sila E i M polja

Rezultati merenja upoređeni su sa međunarodnim preporukama i standardima. Za normativne vrednosti korišćene su referentne (gornje dozvoljene) vrednosti iz preporuka Međunarodne komisije za zaštitu od nejonizujućeg zračenja (IC-NIRP) iz 1998. godine, čiji je izvod dat u tabeli 2 [7].

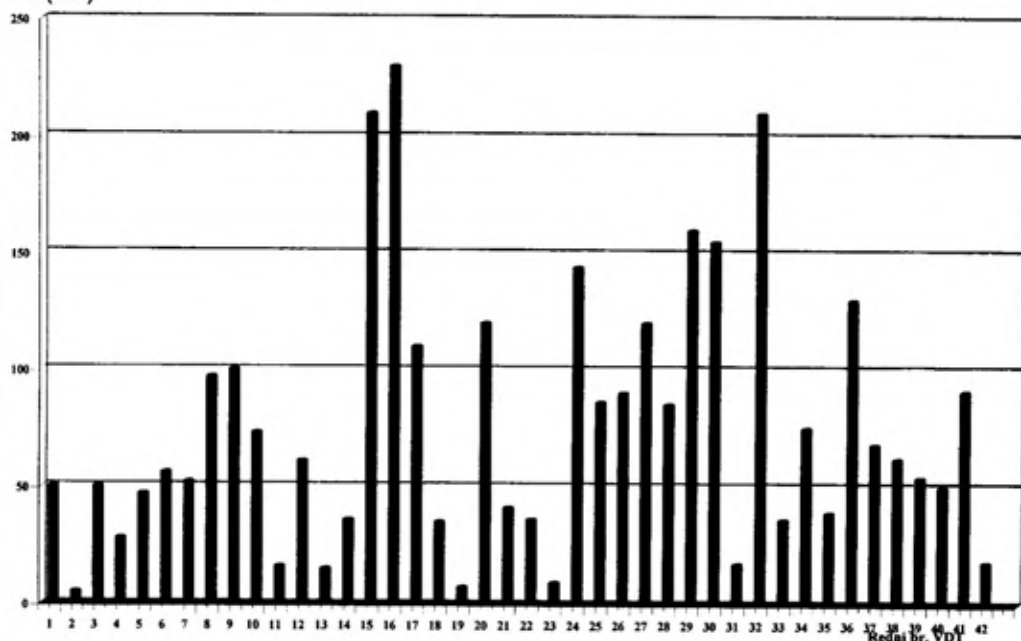
Iz tabele 1 vidi se da su se rezultati merenja gustine M fluksa kretali od 5 nT do 210 nT, a rezultati merenja jačine E polja od 0,1 V/m do 6,0 V/m.

Na rastojanju 5 cm od gornjih i bočnih površina terminala izmerene vrednosti su se kretale od 0,3 V/m do 1150 V/m za jačinu E polja, a za gustinu M fluksa od 18 nT do 2000 nT.

Analiza rezultata i zaključak

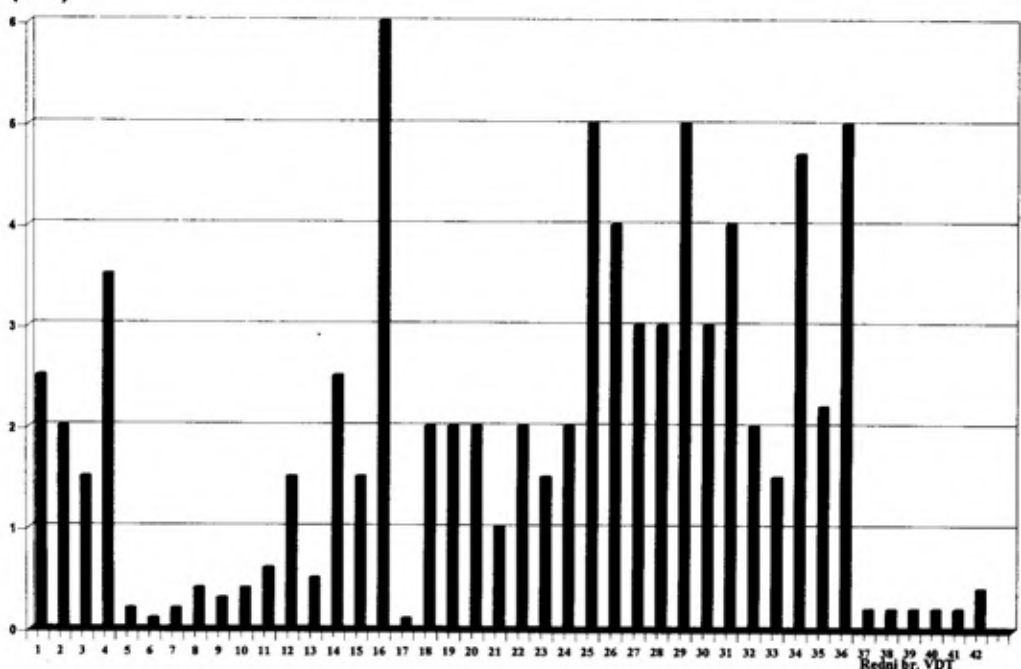
Poređenjem dobijenih rezultata i normativnih vrednosti iz tabele 2 može se uočiti da izmerene jačine E polja (od

B(nT)



Sl. 4 – Gustina M fluksa na 30 cm ispred terminala

E(V/m)



Sl. 5 – Jačina E polja na 30 cm ispred terminala

Tabela 2

Izvod iz preporuka ICNIRP

Frekventni opseg	Jačina E polja (V/m)		M indukcija (μ T)	
	prof.	opšta pop.	prof.	opšta pop.
do 1 Hz	—	—	$2 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^4$
1–8 Hz	20000	10000	$2 \cdot 10^5/f^2$	$4 \cdot 10^4/f^2$
8–25 Hz	20000	10000	$2,5 \cdot 10^4/f$	$5000/f$
0,025–0,82 kHz	500/f	250/f	25/f	5/f
0,82–65 kHz	610	250/f	30,7	6,25
0,065–1 MHz	610	87	2,0/f	6,25

0,1 V/m do 6 V/m) i gustine M fluksa (od 5 nT do 210 nT) na 30 cm od ekrana ne prelaze dopuštene vrednosti za profesionalnu izloženost (za jačinu E polja je 610 V/m, a za gustinu M fluksa 30 700 nT) i za izlaganje opšte populacije (za jačinu E polja je 87 V/m, a za gustinu M fluksa je 6250 nT) [7].

Na rastojanju 5 cm od bočnih i gornjih površina terminala izmerena jačina E polja samo na jednom terminalu (i to na 5 cm od gornje površine) prelazi granicu za profesionalnu izloženost, dok kod 13 terminala ovo polje premašuje i dopuštenu vrednost za izlaganje opšte populacije. Izloženost na ovim mernim mestima je povremena i javlja se u kratkom intervalu. Izmerene vrednosti gustine M fluksa, na istom rastojanju, ne prelaze normativne vrednosti za profesionalnu izloženost i za izlaganje opšte populacije.

Može se konstatovati da EM polja opadaju sa povećanjem rastojanja i da se treba udaljiti od zadnje i bočnih strana VDT. Neki stručnjaci smatraju da druga radna mesta oko VDT treba da budu udaljena najmanje 1 m od zadnje i bočnih strana VDT. Činjenica je i da monohromatski ekrani proizvode slabija polja od ekrana u boji, a da veličina polja ne zavisi

od veličine ekrana (tj. dužine njegove dijagonale) već od unutrašnjeg dizajna kalemova, kao i karakteristika električnih komponenti.

Električna polja mogu se efikasno umanjiti korišćenjem elektrostatičkih oklopa od provodnog materijala (bakar ili aluminijum). Potrebno je da se linije električnog polja završavaju na oklopu umesto da protiču kroz prostor koji treba da se zaštiti. Čak i jednostavan metalni štit spojen sa nultim potencijalom daje dobru zaštitu.

Međutim, magnetska polja ELF i VLF opsega nije lako eliminisati. Niskofrekventna magnetna polja lako prolaze kroz sloj aluminijuma, bakra ili čelika, a da pri tome dolazi do malog slabljenja polja. Tako se došlo na ideju o zaštitnom omotaču, tj. barijeri napravljenoj od tzv. Mu metala. Ova barijera se postavlja oko kalemova za skretanje snopa i flyback transformatora – transformatora sa povratnom spregom, a unutar VDT. Mu metal predstavlja leguru od nikla, gvožđa i drugih provodnih materijala koji se odlikuju dobrom magnetskom permeabilnošću. Svakako da zastupljenost elementa u sastavu legure određuje konačne karakteristike Mu metala, potrebnu debljinu ili postupak proizvodnje. Veoma je bitno da se barijera od Mu metala postavi na odgovarajući način. Važno je istaći da neadekvatna ugradnja ove barijere može dovesti do iskrivljenja slike, a ponekad može doći čak i do povećanja polja umesto do njegovog smanjenja. Zbog toga ove barijere treba da postavljaju stručna lica koja su za to obučena. Oblik barijere zavisi od tipa VDT i ponekad je potrebno mnogo vremena da bi se eksperimentalno odredila optimalna konfiguracija. Pri nestručnoj instalaciji barijere kod ekrana sa

katodnom cevi može doći i do povređivanja ljudi, tj. postoji opasnost od električnog udara, jer je u okruženju prisutan visoki napon.

Neki proizvođači krenuli su drugim putem, tj. modifikovali su svoje VDT tako da proizvode slabija magnetska polja, što su postigli postavljanjem kompenzacijskih kalemova oko kalemova za skretanje snopa elektrona, tako da se javlja suprotno magnetsko polje. Kada se dva suprotna polja susretnu eliminiše se najveći deo zračenja. Ovi tzv. low radiation VDT, takođe, mogu u sebi imati ekstraomotače oko flyback transformatora i sistema za skretanje [3, 8–10].

Može se zaključiti da E i M polja na mestu rukovaoca-operatora, pri radu sa ispitivanim VDT, ne prelaze dopuštene vrednosti.

Literatura:

- [1] Lim SY, Santer SL, Schnorr TM. Occupational Health Aspects of Work With Video Display Terminals. Environmental and Occupational Medicine, Third edition. Philadelphia: Lippincott-Raven publishers; 1998.
- [2] Harrington JM, Gardiner K. Occupational Hygiene. Second edition. Oxford: Blackwell Science; 1995.
- [3] U.S. Department of Health and Human Services. NIOSH Publications on Video Display Terminals, Cincinnati, Ohio: NIOSH; 1999.
- [4] Clayton RP, Keith WW, Syed AN. Introduction to electromagnetic fields. Third edition. Cambridge: WCB/McGraw-Hills; 1998.
- [5] Visual Display Terminals and Workers' Health. WHO offset publication No 99. Geneva: World Health Organization; 1987.
- [6] HI-3603 VDT/VLF Survey Meter User's Manual, Holaday Ind. Inc., Minnesota, 1992.
- [7] ICNIRP Guidelines. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields – up to 300 GHz. Health Phys 1998; 74 (4):494–521.
- [8] Kirsner RS, Miami MD, Federman DG. Video Display Terminals: Risk of Electromagnetic Radiation. 1998; <http://www.sma.org/jansmj98/text.htm>
- [9] Occupational Safety and Health Administration. Working Safely with Video Display Terminals. Volume 3092. Washington: OSHA; 1997.
- [10] Occupational Safety and Health Administration. Health & Safety Guidelines for Video Display Terminals in the Workplace, Oregon: OSHA; 1998.

Dr Vlado N. Radić,
potpukovnik, dipl. inž.
Vojnotehnički institut VJ,
Beograd

RAZVOJ SISTEMA UPRAVLJANJA KVALITETOM U INDUSTRIJI

UDC: 65.012.7:67

Rezime:

Na primeru preduzeća procesne industrije analiziran je opšti sistem funkcionisanja preduzeća i sistem upravljanja kvalitetom u njemu. Detaljno su analizirane aktivnosti grupisane po srodnosti posla, mestu i redosledu izvođenja. Zaključeno je da je najviši menadžment zadužen za organizaciju preduzeća i da snosi najveću odgovornost za rukovođenje kvalitetom.

Ključne reči: kvalitet, preduzeće, industrija, menadžment, TQM.

DEVELOPMENT OF THE QUALITY CONTROL SYSTEM IN INDUSTRY

Summary:

The JUS ISO 9000 quality system is analyzed as well as its application in a processing industry enterprise. Activities put together according to job similarity, working post and sequence of order are analyzed in detail. It is concluded that the highest-level management, in charge for the organization at the enterprise level, has the greatest responsibility for quality control.

Key words: quality, enterprise, industry, management, TQM.

Uvod

Savremeno tržišno orijentisano preduzeće mora imati sistem poslovanja koji je prilagođen zahtevima standarda JUS ISO 9001, kao jednom od modela obezbeđenja kvaliteta, i zahtevima standarda JUS ISO 9004-3 za upravljanje kvalitetom i elementima sistema kvaliteta.

Razvoj serije standarda za sistem kvaliteta sve češće prate poteškoće u njihovoj primeni zbog izraženog uopštavanja i univerzalnog pristupa. Primena standarda iz serije ISO 9000 treba da

stvari preduslove za razvoj preduzeća, a stalnim unapređenjem sistema kvaliteta da preduzeće postane efikasnije i uspešnije.

Razvoj sistema kvaliteta

Teškoće u primeni standarda za sistem kvaliteta javljaju se i kod određenih, naoko novih pojmova i definicija, iako su oni jasno definisani u Konceptu – rečniku serije standarda ISO 9000 (Sistemi za upravljanje kvalitetom).

Osnova za izgradnju i unapređenje sistema kvaliteta je utvrđena i određena misija, strateški ciljevi i politika kvaliteta, uz kreativnu dokumentaciju sistema kvaliteta, što dovodi do ostvarenja projektovanih efekata funkcija preduzeća [1].

Misija preduzeća definiše razvoj odnosa preduzeće – okolina, od tradicionalnog prema preduzeću orijentisanom ka potrošaču. Misiju definiše visok stepen fleksibilnosti u zadovoljenju zahteva potrošača, kako bi se obezbedio postojan kvalitet proizvoda i odnos prema tržištu sa minimalnim gubicima i visokim stepenom motivacije učesnika u procesa rada [2].

Misija preduzeća je osnova poslovanja i razvoja preduzeća i sadrži: svrhu postojanja, strategiju delovanja, standarde ponašanja i pokretačke poluge.

Svrha postojanja je osnova potrebe nastanka i razvoja preduzeća za zadovoljenjem potreba svih učesnika u procesu (zaposleni u preduzeću, kupci, banke, društvena zajednica i dr.). Strategija delovanja određuje logiku preduzeća radi obezbeđenja i ispunjenja svrhe postojanja, sa tačno definisanim poslovima sa kojima preduzeće nastupa na tržištu. Standardima ponašanja misija preduzeća postaje osnova za njegov opstanak i razvoj na tržištu dobavljača i kupaca. Pokretačke poluge su vrednosti preduzeća koje se ogledaju kroz ponašanje učesnika, moralne principe i kulturu preduzeća [3, 4].

Može se zaključiti da misija preduzeća predstavlja podlogu za ostvarivanje efekata potrebnih i dovoljnih za opstanak i razvoj preduzeća u datom vremenu i uslovima okoline [5].

Ciljevi preduzeća određuju poslovanje u procesu zadovoljenja njegove misije, a na osnovu njih stvaraju se planske odluke, pojedinačni planovi i planski do-

kumenti u kojima je definisana globalna strategija preduzeća. Ciljevima se pokreću ukupne aktivnosti preduzeća i kontroliše efikasnost rada [6].

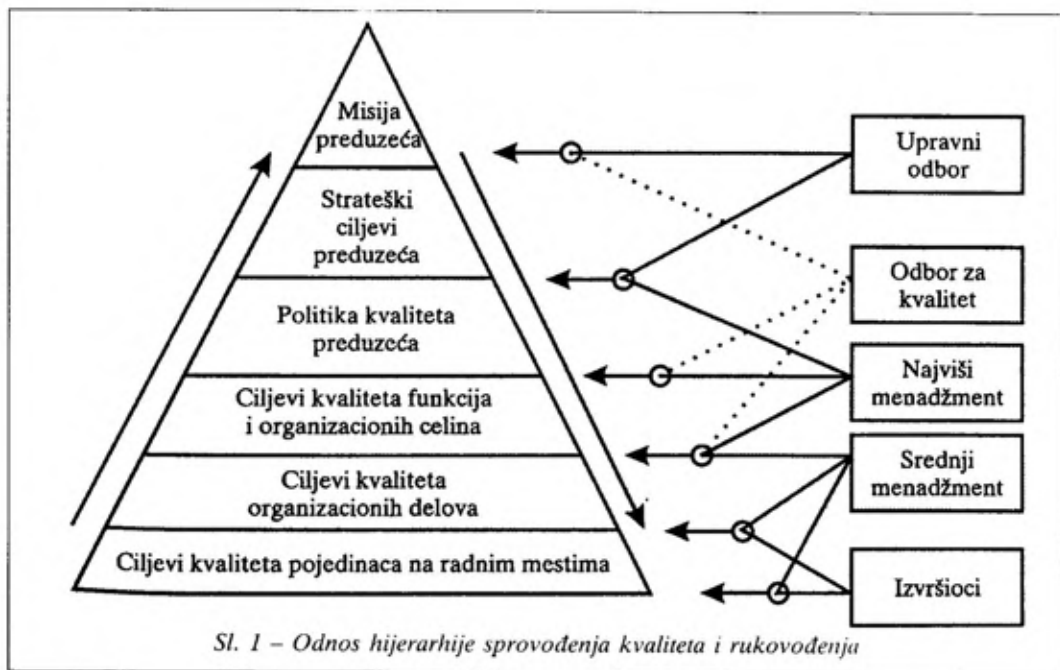
Kvalitetno određeni ciljevi predstavljaju osnovu za: donošenje kvalitetnih odluka, povećanje ukupne efikasnosti procesa rada i ocenu performansi procesa rada.

Ciljevi treba da usmere pažnju na željene ishode, da definišu način rada i ponašanje radi njihovog dostizanja, a treba da su specifični, merljivi i vidljivi [7]. Ciljevi na nivou preduzeća treba da budu potpuno konzistentni, a strukturirani su kao [8]: strateški ciljevi, ciljevi kvaliteta funkcija, ciljevi kvaliteta organizacionih celina i ciljevi kvaliteta pojedinaca na radnim mestima. Oni se detaljno definišu i razrađuju za konkretne organizacije.

Politikom kvaliteta definišu se opšte namere i ciljevi preduzeća koji se preduzimaju u svim funkcijama i potfunkcijama preduzeća. Politika kvaliteta nastaje kao sinteza politika kvaliteta po osnovnim funkcijama preduzeća, a za donošenje, sprovođenje i kreiranje politike kvaliteta odgovoran je najviši menadžment [9, 10].

Politikom kvaliteta definišu se podloge ravnopravne saradnje na tržištu, održava ugled na tržištu i ostvaruju misija i ciljevi preduzeća. Politika preduzeća sadržana je u politikama svih njegovih funkcija.

Ciljevi kvaliteta, u opštem slučaju, proističu iz politike kvaliteta, a ona iz strateških ciljeva i misije preduzeća. Krajnje odredište misije preduzeća predstavljaju ciljevi kvaliteta pojedinaca na radnim mestima. Realizacija aktivnosti u funkciji kvaliteta direktno zavisi od dobro postavljenih ciljeva sa krajnjim efektima na unapređenju poslovanja. Ciljevi kvali-



teta sprovede se od upravnog odbora, preko odbora za kvalitet, najvišeg i srednjeg menadžmenta do izvršilaca.

Na slici 1 prikazana je hijerarhija sprovođenja kvaliteta i rukovođenja.

Istorijat razvoja sistema kvaliteta

Nakon industrijske revolucije kvalitetu se pridaje sve veći značaj – prvo u Japanu i Americi, zatim Evropi, a od pre desetak godina i našoj zemlji [11].

Kvalitet predstavlja potpunu i veoma kompleksnu pozitivnu transformaciju kulture preduzeća uz pomoć uspešnog menadžmenta. Nekada je kvalitet tradicionalno bio vezan za performanse i karakteristike proizvoda, i tada se sistem kvaliteta svodio samo na tehničku kontrolu QI (quality inspection – kontrola, pregled) [12].

Kontrolisanje je obuhvatalo kontrolu proizvoda u procesu proizvodnje. Odgo-

vornost za kvalitet bila je poverena kontrolorima, a rezultat kontrolisanja bili su škart, dorada i ozbiljne greške u kvalitetu. Pošto se radilo samo o kontroli kvaliteta proizvoda, nije se moglo uticati na otklanjanje uzroka problema.

Sledeća faza QC (quality control – upravljanje kvalitetom) obuhvatala je operative aktivnosti usmerene na praćenje i analiziranje procesa uz dogovoreni nivo kvaliteta proizvoda i uklanjanje uzroka nekvalitetnog rada. Ove aktivnosti realizovali su kontrolori i tehnolozi [13, 14].

Faza QA (quality assurance – obezbeđenje kvaliteta) nastaje kao rezultat značajnih promena u pristupu kvalitetu kroz primenu koncepta obezbeđenja kvaliteta koji se ogledao u kontrolisanju otkaza i njegovom sprečavanju. Obezbeđivano je odgovarajuće poverenje da će entitet ispuniti zahteve za kvalitet [12].

Faza QM (quality management – rukovođenje kvalitetom) odigrala je značajnu ulogu u postizanju ekonomskih efekata kvaliteta. U ovoj fazi u postizanje željenog kvaliteta uključuju se sve poslovne funkcije [12].

Faza TQC (total quality control – totalno upravljanje kvalitetom) nastaje po dva pristupa – američkom i japanskom. Američki se zasniva na formalnoj organizaciji, sistemskim procedurama ili postupcima i na informacionom sistemu. Japanski pristup zasniva se na stručnosti, motivaciji i obrazovanju, a koncept mu je humanistički. Danas se ova dva koncepta sve više približavaju.

Faza TQM (total quality management – totalno rukovođenje kvalitetom) uključuje najviši i srednji menadžment i sve ostale izvršioce u preduzeću, tj. svi zaposleni uključeni su na unapređenje kvaliteta [12, 15].

Osnovna koncepcija TQM ogleda se u:

- ostvarenju „svetske klase“ kvaliteta;
- zadovoljenju zahteva kupaca i stalnoj saradnji sa dobavljačima;
- zadovoljenju zahteva zaposlenih i ostvarenju koristi za društvo;
- usmeravanju unapređenja kvaliteta ka dugoročnom uspehu preduzeća;
- motivaciji svih zaposlenih za kvalitet;
- odgovornosti svih zaposlenih za kvalitet;
- posebnim ovlašćenjima pojedinaca za unapređenje kvaliteta;
- stalnoj konkurenciji za kvalitet.

Sledeća faza TQ (total quality – totalni kvalitet) biće dostignuta u novom milenijumu kada se uspostave procesi stalnih poboljšanja, kada visok kvalitet proizvoda bude obezbeđivao i visok nivo

korišćenja raspoloživih resursa, sposobnosti i obučenosti zaposlenih [12, 15, 16].

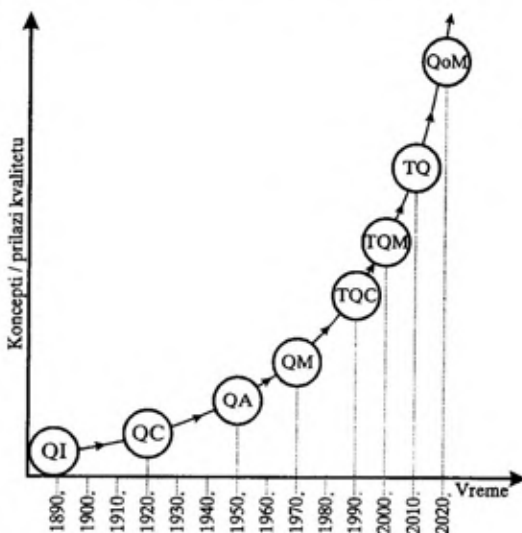
Za 21. vek planira se faza QoM (quality of men – kvalitet ljudi), jer „kvalitet ulazi u borbu za našu budućnost“.*

Osnovni koncept QoM ogleda se u:

- obrazovanju,
- obuci za veštine i tehnike,
- izboru kadra,
- razvoju i praćenju karijere kadra,
- regrutovanju kadra,
- angažovanju konsultanata,
- motivaciji,
- nagradama, priznanjima i sl.

Razvoj sistema kvaliteta umnogome zavisi od razvoja standarda za sistem kvaliteta, koji detaljnije razrađuju uputstva (smernice) za upravljanje kvalitetom u proizvodnji hardvera, softvera, procesnih (procesiranih) materijala i usluga (servisa). Razvoj sistema kvaliteta kroz faze prikazan je na slici 2.

Najeminentniji stručnjaci za kvalitet su na osnovu promena na tržištu i novih



Sl. 2 – Istorijski razvoj sistema kvaliteta

* Slogan 39. kongresa Evropske organizacije za kvalitet (EOQ), Lozana, 1995.

pristupa kvalitetu davali različite definicije kvaliteta (Deming, Kaizen, Džuran, Krozbi, Fajgenbaum, Išikava, Taguči i dr.). Tako, na primer, nacrt standarda ISO 9000:2000 definiše kvalitet kao „skup svih svojstava i karakteristika proizvoda, procesa ili usluga, koji se odnose na mogućnost zadovoljenja utvrđene ili indirektno izražene potrebe“.

U poslednjih nekoliko godina trend porasta značaja kvaliteta je rapidan. Od osamdesetih do devedesetih godina, po istraživanjima Fajgenbauma, procenat kupaca koji daju prednost kvalitetu u odnosu na cenu povećan je sa 35% na 90% [17].

Serijom standarda ISO 9000 nisu otkriveni standardi sistema kvaliteta već su oni rezultat već ranije utvrđenih nacionalnih standarda. Prvi razvijeni standardi su MIL-Q-9858 iz 1959. godine. Godine 1979. osnovan je ISO/TC Komitet 176 za QM i QA, koji 1986. godine publikuje standardni Rečnik (pojmovnik) kvaliteta ISO 8402, a 1987. godine ISO izdaje seriju standarda ISO 9000. Savezni zavod za standardizaciju (SZS) na osnovu serije standarda ISO 9000 publikovao je svoju seriju standarda JUS ISO 9000, koja je identična sa izvornim standardom (što se može zaključiti iz oznake ovih standarda) [15].

Tehnički komitet Međunarodne organizacije za standardizaciju (ISO) započeo je 1980. godine rad na standardizaciji i usaglašavanju određenih pitanja iz oblasti razvoja sistema obezbeđenja kvaliteta i tehnologija upravljanja koje su pružale osnov za stalno unapređenje kvaliteta. Preteča serije standarda ISO 9000 je britanski standard BS 5750 iz 1979. godine.

Standardi serije ISO 9000 razvijeni su u tri osnovne grupe [18, 19]:

1. Standardi za modele sistema kvaliteta (ISO 9001, ISO 9002 i ISO 9003);
2. Standardi za upravljanje i obezbeđenje kvaliteta (ISO 9000, delovi 1, 2, 3 i 4);
3. Standardi za upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta (ISO 9004, delovi 1, 2, 3, 4, 5 i 6).

Pored ove tri grupe pojavljuju se standardi serije ISO 10000, koji bliže definišu prethodno navedene standarde.

U tabeli je dat pregled standarda sistema kvaliteta.

Sistem za upravljanje kvalitetom

Upravljanje kvalitetom podrazumeva sveukupnost aktivnosti koje se odnose na kvalitet i postavljanje cilja, koji u obliku sistema upravljanja kvalitetom QM (Quality Management) predstavlja sposobnost postizanja kvaliteta jedne organizacije. To su, u stvari, sve aktivnosti globalne funkcije upravljanja koje određuju politiku kvaliteta, ciljeve i odgovornosti, a izvode se kao planiranje, kontrola kvaliteta, obezbeđenje kvaliteta i poboljšanje kvaliteta unutar sistema kvaliteta.

Konkretno preduzeće može trajno uspešno da se vodi ako se stalno prate standardi produktivnosti i kvaliteta i ako se prilagođavaju konkurentskoj borbi. Pooštrena međunarodna konkurencija, kao i povećani zahtevi kupaca, primoravaju na sveobuhvatnu ofanzivu kvaliteta na svim područjima. Kvalitet se zbog toga ne može duže fokusirati samo na izradu proizvoda. To je globalni zadatak koji obuhvata proizvode, procese i usluge. Od menadžmenta se zahteva da ponovo definiše zahtev kvaliteta, ne samo u proizvodnom procesu već i u službi nabavke, personalnoj službi, finansijskoj službi, konstrukciji, ali i prodaji.

Standardi sistema kvaliteta

Red. broj	Oznaka standarda (godina posljednje revizije)	Naziv standarda
1.	ISO 8402 (1996)	Upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta – Rečnik
2.	ISO 9000 (1994)	Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta – Uputstvo za izbor i upotrebu
3.	ISO 9000-1 (1996)	Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta Deo 1: Smernice za izbor i upotrebu
4.	ISO 9000-2 (1994)	Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta Deo 2: Opšte smernice za primenu ISO 9001, ISO 9002 i ISO 9003
5.	ISO 9000-3 (1993)	Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta Deo 3: Smernice za primenu ISO 9001 u razvoju, isporuci i održavanju softvera
6.	ISO 9000-4 (1993)	Standardi za upravljanje kvalitetom i obezbeđenje kvaliteta Deo 4: Uputstvo za upravljanje programom sigurnosti funkcionisanja
7.	ISO 9001 (1996)	Sistem kvaliteta – Model obezbeđenja kvaliteta u projektovanju, razvoju, proizvodnji, ugradnji i servisiranju
8.	ISO 9002 (1996)	Sistem kvaliteta – Model obezbeđenja kvaliteta u proizvodnji i ugradnji
9.	ISO 9003 (1996)	Sistem kvaliteta – Model obezbeđenja kvaliteta u završnoj kontroli i ispitivanju
10.	ISO 9004 (1996)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta – Uputstva
11.	ISO 9004-1 (1997)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 1: Smernice
12.	ISO 9004-2 (1993)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 2: Smernice za usluge
13.	ISO 9004-3 (1995)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 3: Smernice za procesne proizvode
14.	ISO 9004-4 (1994)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 4: Smernice za poboljšanje kvaliteta
15.	ISO 9004-5 (1993)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 5: Uputstva za planove kvaliteta
16.	ISO 9004-6 (1993)	Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta Deo 6: Uputstvo obezbeđenja kvaliteta za upravljanje projektom
17.	ISO 10005 (1997)	Upravljanje kvalitetom – Smernice za planove kvaliteta
18.	ISO 10006 (1997)	Upravljanje kvalitetom – Smernice za obezbeđenje kvaliteta u upravljanju projektima
19.	ISO 10007 (1997)	Upravljanje kvalitetom – Smernice za upravljanje konfiguracijom
20.	ISO 10011-1 (1992)	Smernice za proveravanje sistema kvaliteta Deo 1: Proveravanje
21.	ISO 10011-2 (1992)	Smernice za proveravanje sistema kvaliteta Deo 2: Kriterijumi za kvalifikovanje proverivača sistema kvaliteta
22.	ISO 10011-3 (1992)	Smernice za proveravanje sistema kvaliteta Deo 3: Upravljanje programima provere
23.	ISO 10012-1 (1993)	Zahtevi za obezbeđenje kvaliteta merne opreme Deo 1: Metrološki sistem potvrđivanja merne opreme
24.	ISO 10012-2 (1997)	Zahtevi za obezbeđenje kvaliteta merne opreme Deo 2: Smernice za kontrolu procesa merenja
25.	ISO 10013 (1997)	Smernice za izradu poslovnika o kvalitetu
26.	ISO 10014 (1998)	Smernice za ekonomiku kvaliteta
27.	ISO 10015 (1999)	Smernice za kontinualno obrazovanje i obuku

Sa ovog aspekta pod totalnim rukovođenjem kvalitetom – Total Quality Management (TQM) podrazumeva se strategija kojom se nalaže rad na stalnom poboljšanju kvaliteta proizvoda, procesa i usluga. Cilj ovog angažovanja jeste da se visokim stepenom zadovoljstva kupca proizvodima i uslugama garantuje obezbeđenje kvaliteta preduzeća.

Sve aktivnosti preduzeća se konsekventno usmeravaju ka kupcu (orijentacija ka kupcu). Mera za stepen postizanja cilja je zadovoljstvo kupca u odnosu na kvalitet, fleksibilnost, termin i cenu. Nadalje, teži se sveobuhvatnoj orijentaciji svih aktivnosti preduzeća prema procesima visokog kvaliteta (orijentacija ka procesu). Konsekventna orijentacija ka saradnicima stvara preduslove za postizanje ciljeva preduzeća. Visok kvalitet vođenja ljudi, ciljno orijentisana planska kvalifikacija saradnika, podela odgovornosti, kao i visok stepen mogućeg uticaja na kreiranje radnih tokova, stvaraju angažman i motivaciju kod saradnika svih nivoa (orijentacija ka saradniku).

Pod vođenjem organizacije treba podrazumevati planski i sistematičan način vođenja. TQM spada u niz poznatih metoda menadžmenta, kao što su Management by Objectives ili Managament by Exceptions, ali se sadržajno razlikuje od njih. TQM se definiše kao metoda vođenja organizacije zasnovane na saradnji svih njenih članova, koja stavlja u prvi plan kvalitet i koja zadovoljenjem kupaca teži dugoročnom poslovnom uspehu, kao i dobiti za članove organizacije i društvo. Iz ove definicije mogu se izvesti ciljni kriterijumi koji predstavljaju karakteristična obeležja TQM i mogu da se prošire za dalje ciljne kriterijume menadžmenta (npr. vreme i troškovi).

Osnovni cilj TQM filozofije jeste povećanje dobiti svih grupa koje imaju na to pravo. Taj ciljni kriterijum treba da se integriše u načela preduzeća. QM sistem prema JUS ISO 9000 je prikladna osnova za upravljanje kvalitetom koji se dalje razvija sa TQM i zahtevima kvaliteta. Procesi preduzeća koji se odnose na kvalitet identifikuju se metodama upravljanja procesima, optimiziraju prema aspektima stvaranja vrednosti, usmeravaju prema zahtevima kupca, određuju im se odgovornosti i dokumentuju se.

TQM timovi usvajaju naučni pristup u rešavanju problema, koji se u Japanu naziva Demingovim ciklusom, a sam Deming ga naziva Šhartovim ciklusom (po naučniku Šhartu čiji je rad prethodio modernoj statističkoj kontroli procesa). Poboljšanje ciklusa ima četiri koraka: planirati poboljšanja, uraditi što je planirano, proveriti da li su rezultati očekivani i preduzeti odgovarajuće akcije.

Timski rad predstavlja napor za poboljšanje kvaliteta. Tim za poboljšanje kvaliteta QIT (Quality Improvement Team) može biti „funkcionalan“ i fokusira procese na jedan segment biznisa. Alternativno, on može da se sastoji od članova iz nekoliko funkcionalnih područja i svojim radom dovodi do znatnog povećanja osposobljenosti zaposlenih. Rukovodioci treba da usmere aktivnosti timova na područja na kojima će proces poboljšanja vidljivo uticati na biznis, što će im biti motiv za rad na težim projektima.

Radi unutrašnjeg uređenja preduzeća i odnosa preduzeća prema okolini uspostavljene su serije standarda sa oznakom ISO 9000 do ISO 14000. Osnovna misija ovih standarda je univerzalni jezik obezbeđenja kvaliteta za sve funkcije pre-

duzeća radi ravnopravne privredne saradnje i razmene proizvoda i usluga [20].

Sistem za upravljanje kvalitetom u preduzeću treba da prati troškove i profitabilnost, sa jedne, i cene i rokove isporuke sa servisom posle prodaje, sa druge strane. U svim funkcijama preduzeća treba da egzistira kvalitet i da bude rezultat njihovog sinhronizovanog dejstva.

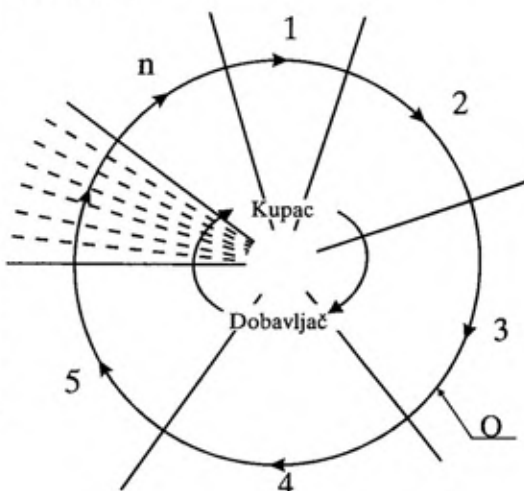
Standardi serije ISO orijentisani su na dokumentovanje sistema kvaliteta i sastoje se od planova, postupaka i uputstava i predstavljaju potreban uslov. Dokumenta sistema kvaliteta stalno se unapređuju i njihovim sprovođenjem poboljšavaju se efekti funkcija preduzeća, što predstavlja potreban i dovoljan uslov [18].

Petlja kvaliteta

Sistem za upravljanje kvalitetom definiše procese svih relevantnih funkcija preduzeća. Proces je strukturiran prema izabranim aktivnostima koje čine preduzeće sposobnim da nadmaši konkurenciju na tržištu. Potrebno je izabrati i postaviti aktivnosti tako da se ispune svi zahtevi kupaca sa težnjom ka sve višem nivou kvaliteta proizvoda i usluga. Neophodno je dobro upoznati tržišne činioce (kupci, konkurencija, propisi, reklama i propaganda), koji brzo i najčešće presudno deluju na tržišni status proizvoda.

U zavisnosti od toga kako su postavljene osnovne aktivnosti preduzeća dobija se sistem za upravljanje kvalitetom kakav se želi. Aktivnosti slede jedna drugu uz neprestanu trku na tržištu, ciklično se ponavljaju, dopunjavaju, proveravaju, koriguju i usavršavaju. Grafički prikaz aktivnosti naziva se *petlja kvaliteta* ili *spiralna kvaliteta*.

Postavka petlje kvaliteta data je i u standardu ISO 9004, a sadrži sve aktivnosti preduzeća koje obezbeđuju kvalitet u preduzeću. Njen opšti oblik prikazan je na slici 3.



Sl. 3 – Petlja kvaliteta:

1-n – elementi petlje kvaliteta – aktivnosti preduzeća,
o – linija stalnog unapređenja kvaliteta

Demingov krug

Linija stalnog unapređenja kvaliteta na petlji kvaliteta prikazuje se na jednostavan i originalan način, poznatim krugom unapređenja kvaliteta po autoru Edvardu W. Demingu, pioniru revolucije kvaliteta [10]. Demingov krug unapređenja prikazan je na slici 4 i predstavlja proces stalnog podešavanja procesa rada radi povećanja kvaliteta rada svih funkcija u preduzeću i jačanja pozicija preduzeća na tržištu.

Kompletna ciklus unapređenja i poboljšanja kvaliteta ostvaruje se jednim obrtajem kruga, a četiri osnovne grupe aktivnosti na nivou funkcija su:

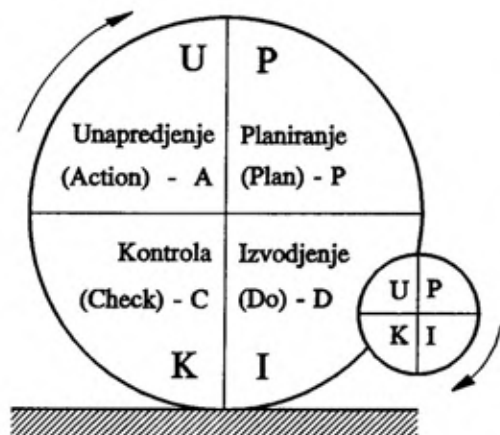
P (P) – planiranje aktivnosti,

I (D) – izvođenje,

K (C) – ocena rezultata (kontrola),

U (A) – unapređenja rada.

Na osnovu osnovnih grupa aktivnosti svaka aktivnost izvođenja ima svoj Demingov krug [10].



Sl. 4 – Demingov krug

Sistem funkcionisanja preduzeća procesne industrije

Za razmatranje opšteg sistema funkcionisanja preduzeća polazi se od standarda JUS ISO 9004-3: Upravljanje kvalitetom i elementi sistema kvaliteta, Deo 3: Smernice za procesne proizvode. Standard predviđa 14 elemenata sistema – petlje kvaliteta (od a do n) – slika 5.

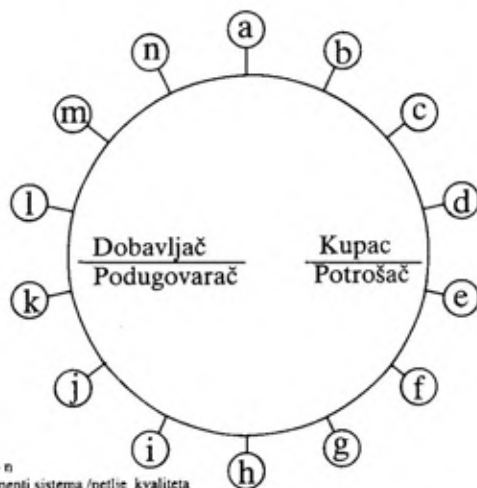
Sistem po standardu JUS ISO 9004-3 obuhvata sledeće faze i aktivnosti:

- marketing i istraživanje tržišta,
- tehnička istraživanja i razvoj,
- inženjering projekta – specifikacije i razvoj proizvoda,
- nabavku,
- planiranje procesa i razvoj,
- merenja u proizvodnom procesu, kontrolu i podešavanje,
- proizvodnju,
- održavanje,
- kontrolisanje, ispitivanje i proveravanje,

- pakovanje i skladištenje,
- prodaju i distribuciju,
- upotrebu kod kupca,
- tehničku pomoć i
- povlačenje iz upotrebe.

Međutim, ove aktivnosti potrebno je proširiti novim, a kao osnova za dopunu služi standard JUS ISO 9001: Sistemi kvaliteta – Model za obezbeđenje kvaliteta u projektovanju, razvoju, proizvodnji, ugradnji i servisiranju. Zato, opšti sistem funkcionisanja preduzeća mora imati izgrađen sistem kvaliteta koji se primenjuje i utiče na sve aktivnosti vezane za kvalitet proizvoda ili usluge u okviru grane industrije.

Opšti sistem funkcionisanja preduzeća za procesnu industriju treba da obezbedi dobar proizvod, kvalitet u upotrebi, definiše odgovornost rukovodstva i način upravljanja kvalitetom. Rukovodstvo ima odgovornost za sprovođenje misije, strateških ciljeva i politike kvaliteta i da stalno sprovodi korektivne akcije radi unapređenja funkcionisanja preduzeća.



Sl. 5 – Elementi sistema kvaliteta prema standardu JUS ISO 9004-3

Sistem upravljanja kvalitetom u preduzeću

U svakom preduzeću se raspolaže resursima (kadrovima, materijalnim sredstvima, informacijama i opremom) a postoji i definisana odgovornost rukovodstva za izvršenje svih aktivnosti radi stvaranja kvalitetnog proizvoda ili usluga na tržištu.

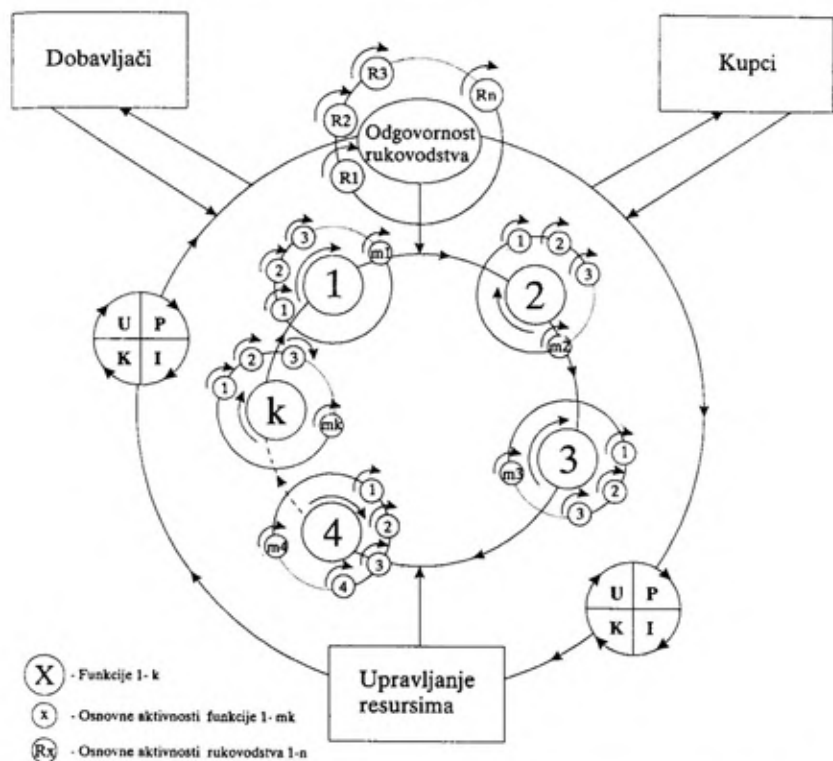
U preduzeću procesne industrije, na primer, definišu se osnovne aktivnosti za funkcionisanje sistema kvaliteta i grupišu po srodnosti, čime se dobijaju integrisani elementi sistema kvaliteta, koji se grupišu u funkcije preduzeća, kojih može biti od 1 do k. Svaka funkcija ima određeni broj

aktivnosti (od 1 do m) koji varira od složenosti funkcije u sistemu kvaliteta.

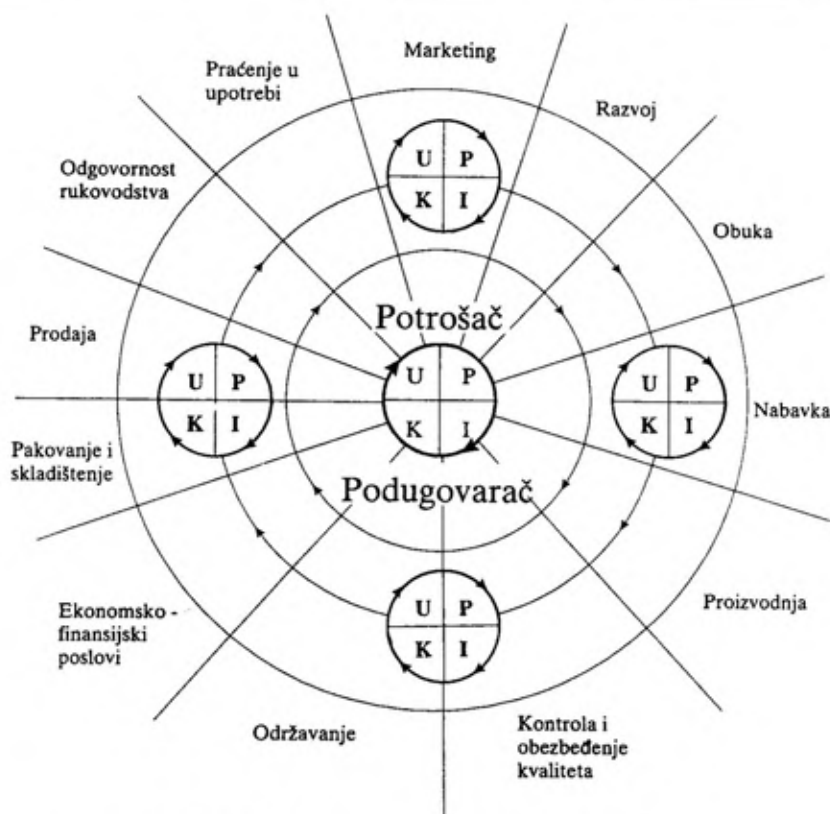
Iz elemenata sistema kvaliteta po standardu ISO 9004-3 dobija se niz aktivnosti. Međutim, ovaj standard ne daje elemente sistema kvaliteta kojima su definisani ekonomsko-finansijski poslovi, kontrola i obezbeđenje kvaliteta, rukovođenje i slično, pa je, zbog toga, potrebno koristiti zahteve standarda ISO 9001.

Izgled opšteg sistema upravljanja kvalitetom za preduzeće procesne industrije prikazan je na slici 6.

Pošto je reč o procesnoj industriji, koja ima složene procese sa nizom povezanih postrojenja, za koja je potrebno imati jaku razvojnu funkciju sa moguć-



Sl. 6 – Sistem upravljanja kvalitetom u preduzeću procesne industrije



Sl. 7 – Petlja kvaliteta preduzeća procesne industrije

nošću novih investicija, dobru komercijalnu i marketinšku funkciju, kao i integralnu sistemsku podršku, to još više usložava opšti sistem upravljanja kvalitetom. Procesna industrija zahteva izuzetno dobra preventivna i naknadna održavanja. U ovom sistemu nije zanemarljiv ni obim ekonomsko-finansijskih poslova, kao i svih vidova administrativnih poslova. Radi obezbeđenja, praćenja i kontrolisanja kvaliteta potrebno je urediti sistem za upravljanje kvalitetom. Analizom elemenata standarda JUS ISO 9004-3 i JUS ISO 9001 i sagledavanjem realnih sistema u praksi dolazi se do broja osnovnih aktivnosti u sistemu kvaliteta preduzeća.

Petlja kvaliteta preduzeća prikazana je na slici 7.

Ukupne osnovne aktivnosti svedene su na 12 integrisanih elemenata sistema kvaliteta: marketing, razvoj, obuku, nabavku, proizvodnju, kontrolu i obezbeđenje kvaliteta, održavanje, ekonomsko-finansijske poslove, pakovanje i skladištenje, prodaju, odgovornost rukovodstva i praćenje u upotrebi.

Osnovne aktivnosti sistema kvaliteta preduzeća mogu se grupisati u osam logičkih celina, tj. funkcija preduzeća prvog nivoa. To su: upravljanje kvalitetom, marketing, razvoj, komercijala, proizvodnja, održavanje, ekonomsko-finansijski i administrativni poslovi.

Grupisanjem osnovnih aktivnosti u okviru jedne funkcije dobijaju se organizacioni delovi koji izvršavaju logički povezane aktivnosti. Svaka takva organizaciona celina treba da ima raspoložive resurse, a to su oprema, alati i mašine, i obučeni kadar [20]. Funkcije na prvom nivou u preduzeću nosioci su sistema kvaliteta sa konačnim ciljem – dobijanje proizvoda i usluga koje će zadovoljiti zahteve kupaca.

Zaključak

Kompletan sistem upravljanja kvalitetom je putokaz za sve aktivnosti preduzeća, pri čemu kvalitet ne podrazumeva „dobro“ ili „najbolje“, već operativnu sposobnost preduzeća da zadovolji zahteve kupca.

Za opstanak na tržištu i sticanje dobiti neophodno je da se brzo reaguje na promene. Naime, napredovaće samo ona preduzeća koja brzo donose nove proizvode na tržište, a propadaju ona koja sporo reaguju. Prošla su vremena tržišta distributera, kada je kupac morao da uzme ono što mu je ponuđeno. Umesto toga razvilo se tržište na kojem kupac sa „velikim zahtevima“ može da bira iz širokog spektra ponuda. Proizvođač može da proda samo ono što prema učinku i ceni odgovara predstavama kupca.

Osnovni zadatak efikasnog upravljanja kvalitetom jeste da u svim fazama životnog ciklusa proizvoda vodi računa da se prikladnim metodama i postupcima ispune zahtevi kupca – na vreme i uz realne troškove. Briga o kvalitetu prioritetan je zadatak rukovodstva preduzeća, a njegovo postizanje moguće je samo ako se poznaju i primenjuju osnovni koncepti

kvaliteta. Na osnovu tih koncepata postoje razvijeni „alati kvaliteta“ čijom primenom se obezbeđuje odgovarajući kvalitet. Samo na taj način preduzeće se može uspešno voditi i u oštrim uslovima tržišne konkurencije. Svaki drugi pristup neminovno vodi ka stagnaciji i padu konkurentne sposobnosti.

Literatura:

- [1] Zelenović, D.: Integralni sistem obezbeđenja kvaliteta u preduzeću, IIS, Novi Sad, 1997.
- [2] Kamberović, B.: Model integralnog sistema za upravljanje kvalitetom, IIS, Novi Sad, 1998.
- [3] Majstorović, V.: Sistem kvaliteta – strategija menadžmenta, Beograd, 1994.
- [4] Zelenović, D.: Upravljanje proizvodnim sistemima, Naučna knjiga, Beograd, 1984.
- [5] Zelenović, D.: Osnove prilaza za izgradnju sistema kvaliteta u preduzeću, IIS, Novi Sad, 1994.
- [6] Vulcanović, V., Kamberović, B., Stanivuković, D. i dr.: Sistem kvaliteta, JUS ISO 9001, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1997.
- [7] Zelenović, D.: Tehnologija organizacije industrijskih sistema – preduzeća, naučna knjiga, 1995.
- [8] Vulcanović, V., Stanivuković, D., Kamberović, B., i dr.: Sistem kvaliteta, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1995.
- [9] Stanivuković, D., Majstorović, V., Kamberović, B.: Some global changes in quality management, 9th Int. Conference of the Israel Society for quality assurance, Jerusalem, Israel, 1992.
- [10] Zelenović, D.: Unapređenje sistema kvaliteta – proces trajnog karaktera u preduzeću, IIS, Novi Sad, 1994.
- [11] Cruchant, L.: Šta treba da znate o kvalitetu, Poslovna politika, Beograd, 1995.
- [12] Majstorović, V.: Projektovanje za kvalitet, 25. Savetovanje proizvodnog mašinstva, Beograd, 1994.
- [13] Vulcanović, V., Stanivuković, D., Kamberović, B., i dr.: Sistem kvaliteta – osnove, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [14] Radlovački, V., Isailović, D., Kamberović, B.: Računarom podržana ocena i analiza stanja sistema kvaliteta, 9. Konferencija „Industrijski sistemi“, Novi Sad, 1993.
- [15] Schieber, K.: ISO 9000 – velika revizija Q, Europa Jugospekt, Beograd, 1998.
- [16] Stanivuković, D., Kamberović, B.: Menadžment za viši kvalitet, II Simpozijum „Menadžment i organizacija“, Kopaonik, 1991.
- [17] Stanivuković, D., Carić, N., Marić, B.: Organizacija preduzeća i menadžment, IIS Novi Sad, 1991.
- [18] Kamberović, B.: Prilog razvoju integralnog sistema za upravljanje kvalitetom efektivnih proizvodnih sistema, Doktorska disertacija, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1996.
- [19] Juran, J. M., Gryna, F. M.: Juran's Quality Control Handbook, McGraw Hill Book Company, New York, 1988.
- [20] Serija standarda JUS ISO 9000, 9001, 9002, 9003, 9004, 10000.

PRAVCI DALJEG RAZVOJA BORBENIH VOZILA PEŠADIJE

- nastavak iz broja 1/2001 -

Dalji razvoj borbenih vozila pešadije

Pravce daljeg razvoja borbenih vozila pešadije nije lako predvideti, pre svega zbog velikih razlika kod vozila poslednje generacije, u pogledu kalibra osnovnog naoružanja, nivoa oklopne zaštite, pokretljivosti, mase vozila, nivoa rešenja pojedinih podsistema, opremljenosti vozila kao složenog sistema i dr.

Promene koje su nastale u evoluciji tenkova, koji su, u suštini, zadržali istu ulogu na bojnopolju bile su rezultat tehničko-tehnološkog napretka i poboljšanja proizvodnih mogućnosti, a doprinele su povećanju vatrene moći i efikasnosti naoružanja, zaštite i pokretljivosti.

Promene u međunarodnim odnosima uslovljavaju preispitivanje stavova u pogledu efikasnosti primene pojedinih sistema naoružanja, što se odnosi i na borbena vozila pešadije (BVP). Stratezi na Zapadu, koji formiraju specijalne „snage za brze intervencije“ u okviru NATO, kao osnovne zahteve postavili su povećanje borbene gotovosti i strateške pokretljivosti jedinica. Zbog toga u ovim jedinicama posebno mesto zauzimaju BVP, za koje se prognozira da će predstavljati sve značajniji faktor kopnene vojske, a sve veći zahtevi za povećanjem pokretljivosti mogu dovesti do pomeranja

primarne uloge sa osnovnih tenkova na znatno lakše BVP. U prilog tome ide i činjenica da glavninu NATO snaga za brze intervencije, od oklopnih sredstava, čine BVP, kao i promenjena NATO doktrina koja predviđa sve veća dejstva njihovih trupa u urbanim sredinama i na ograničenom prostoru.

Borbena vozila pešadije pogodna su za izvršavanje borbenih zadataka kao što su: zaprečavanje saobraćajnica, pružanje zaklona nastupajućoj pešadiji, patroliranje naseljenim mestima, sprovođenje konvoja, zaštita komunikacija i dr., što bi upotrebom tenkova teško bilo ostvariti u tim uslovima.

Opremanje BVP odvijace se najverovatnije u pravcu modernizacije postojećih i razvoja novih vozila. Sigurno je da će modernizacija biti zastupljena, jer se određenim tehničkim poboljšanjima, kao što je postavljanje dodatnog oklopa, zamena naoružanja efikasnijim, ugradnja motorno-transmisione grupe boljih performansi, itd., uz korišćenje postojećih podsistema, mogu ostvariti velike materijalne uštede, a dobiti vrlo savremena borbena sredstva. U pojedinim slučajevima programi modernizacije su toliko obimni, a poboljšanja toliko značajna da se s pravom može govoriti o potpuno novim vozilima.

Mada će razvoj budućih BVP uglavnom zavisiti od planiranog mesta i njihove uloge u budućim ratnim sukobima, za većinu vozila sledeće generacije može se okvirno pretpostaviti njihova koncepcija. Okvirni elementi koji predstavljaju osnovu za definisanje koncepcije sadržani su u polaznim TTZ, koji, uglavnom, predstavljaju želje taktičara, i na neki način bliže definišu osnovne karakteristike sredstva i obim aktivnosti koje sredstvo zajedno sa posadom treba da izvršava.

Na osnovu analiza do sada realizovanih BVP, njihovih mogućnosti, zadataka koje su izvršavali i zadataka koji se pred njih postavljaju, mogli bi se definisati okvirni TTZ za buduće BVP, koji se mogu usvojiti kao zajednički. Dakle, BVP nove generacije treba da:

- štiti posadu i desant sa prednje strane, sa dodatnim oklopom, od automatskih topova kalibra 25 do 30 mm, a sa ostalih strana od streljačkog naoružanja;

- ima kupolu za komandira i nišandžiju, u koju je ugrađen automatski top kalibra 20 do 40 mm ili veći sa spregnutim mitraljezom;

- ima mogućnost dejstva po niskoletjećim ciljevima u vazдушnom prostoru;

- poseduje dodatno naoružanje, dovoljno za uništavanje žive sile i oklopne tehnike protivnika, isključujući osnovne tenkove;

- poseduje osmatračke i nišanske sprave, uključujući i nešto jednostavniji SUV u odnosu na one koji se ugrađuju u tenkove, što bi posadi omogućilo osmatranje terena u svim vremenskim i klimatskim uslovima, efikasno otvaranje vatre i veću verovatnoću pogađanja;

- omogućiti članovima desanta otvaranje vatre iz automatskog naoružanja sa mesta i iz pokreta;

- izvršava razne zadatke kao što su: izvidanje, zaštita i praćenje kolona, zaštita objekata ili delova teritorije, vođenje samostalnih ofanzivnih dejstava i dr.;

- mogu da se kreću u različitim terenskim uslovima, uključujući i teško prohodne terene;

- savlađuje vodene prepreke plovljenjem, bez posebne pripreme;

- ima nisku siluetu;

- poseduje opremu koja štiti posadu od oružja za masovno uništenje;

- pored oklopne poseduje i druge sisteme zaštite;

- poseduje visok nivo pokretljivosti, itd.

Na sadašnjem stepenu razvoja BVP teško se može očekivati da će se izrazita prednost dati jednom od svojstava (vatrene moći, zaštiti i pokretljivosti), jer izvedena rešenja pokazuju da su uspešna samo ona kod kojih je na neki način uspostavljena ravnoteža između ovih svojstava. Očekivanja da će se vozila sledeće generacije bitnije razlikovati od prethodne su nerealna, ali je sigurno da njihov razvoj u sledećem periodu ne može da se odvija istom dinamikom kao do sada.

U pogledu organizacije unutrašnjeg prostora, kod većine vozila sledeće generacije treba očekivati da će vozač biti smešten u prednjem delu vozila, komandir i nišandžija u kupoli, a ostali članovi desanta u srednjem i zadnjem delu vozila. Može se očekivati da se motorno-transmisioni prostor nalazi u prednjem delu vozila, a ne u zadnjem, kao što je to slučaj kod BMP-3, što je omogućilo racionalnije korišćenje oklopljenog prostora. Mada se i kod izraelskog teškog BVP Achzarit motorno-transmisiono odeljenje nalazi u zadnjem delu vozila, jer je korišćeno oklopno telo namenjeno za tenk (T-54 i

T-55), ne može se govoriti o racionalnosti iskorišćenja tog prostora, jer ga ispunjavaju sklopovi motora i transmisije sa pripadajućim uređajima. To samo upućuje na činjenicu da za ova vozila treba namenski razvijati određene podsisteme. Samo tako se može obezbediti racionalnije korišćenje oklopljenog prostora, realizacija određenog oblika, odnosno siluete, pošto su u tom slučaju podsistemi podređeni koncepciji koja se želi realizovati, a ne koncepcija realizovanim podsistemima.

Sprovedena istraživanja pokazuju da bi budući BVP trebalo da ima tri člana posade i sedam do osam članova desanta. Oklopljena zapremina realizovanih BVP, kreće se u dijapazonu od 18 do 21 m³, kod najvećeg broja vozila, do 30 m³ i više, kada su u pitanju pojedinačni slučajevi. To potvrđuje da su TTZ samo polazna osnova u okviru koje se mogu realizovati razne koncepcije, koje nisu uniformne, već su rezultat kompromisa između taktičara i projektanata i njihove vizije kakvo treba da bude vozilo sledeće generacije. Mada su polazni TTZ u osnovnim crtama bili isti, već kod prve generacije BVP izdvojila su se dva pravca projektovanja ovih vozila, koja egzistiraju sve do danas. Na jednoj strani je sovjetski, a kasnije ruski pravac po kojem BVP treba da budu: male mase, malih gabarita, da poseduju veliku vatrenu moć i određeni nivo zaštite, da su vrlo pokretljiva, da mogu savladivati vodene prepreke plovljenjem, itd. Drugi pravac razvoja ovih vozila, koji je usvojila većina zemalja sa Zapada, karakterišu vozila velike mase i siluete, vrlo savremena rešenja podsistema, koja u okviru vozila kao celine ne obezbeđuju adekvatne izlazne parametre sredstva.

Kao rezultat ovakvih gledanja kod prve generacije BVP realizovana su vozila BMP-1, mase 12,6 t i Marder 1, mase 28,7 t. Da se ovaj odnos masa održao i kod vozila četvrtе generacije pokazuju ruski BMP-3 mase 19,4 t i nemačka modifikacija Marder 1A3 sa 35 t.

Na velike razlike u gledištima na uticaj pojedinih parametara, ukazuje primer razvoja novog nemačkog BVP Marder 2, koji je zbog velike mase nazvan i teški BVP mase 43 t. Stalno povećanje mase (iznad 20 t) ovih vozila na Zapadu, i povećanje kalibra osnovnog formacijskog naoružanja kod ruskih vozila, zatim primena pored najsavremenijih nišanskih i osmatračkih sprava, uključujući i termovizijske, nešto jednostavnijeg SUV-a, stabilizacija naoružanja i dr. upućuju na logično pitanje – kojim pravcem će se razvijati BVP sledeće generacije.

Po pitanju mase, kalibra osnovnog formacijskog i sekundarnog naoružanja, pa i nivou oklopne zaštite, pojedina rešenja podsećaju na lake tenkove, pa čak neka vozila po nekim karakteristikama zalaze u kategoriju srednjih tenkova od kojih se odustalo.

Da li će BVP sledeće generacije biti vozila koja se po svojim karakteristikama približavaju tenkovima sa mogućnošću transporta desanta? Ovakvo mišljenje potkrepljuju i činjenice da se u Americi i Nemačkoj radi na razvoju novih teških BVP, čak i na zajedničkom projektu. Razmišlja se o realizaciji teškog BVP za koji bi se koristila osnova tenka M1 Abrams. Vozilo bi imalo masu od 50 t i služilo bi za transport deset ljudi. Bilo bi naoružano automatskim bacačem granata i mitraljezom kalibra 7,62 mm ili 12,7 mm. Pogonski motor bi bio od 808,8 kW, koji bi vozilu obezbedio specifičnu snagu od 16,17 kW/t i maksimalnu brzinu od 70

km/h. Diskutabilno je da li se sa ovolikom specifičnom snagom može ostvariti ova maksimalna brzina i pod kojim uslovima.

Da se ova vozila po nekim svojim izlaznim karakteristikama sve više približavaju tenkovima pokazuje primer nemačkog teškog BVP Marder 2. Ovo vozilo, čija je realizacija prekinuta 1991. godine, zbog finansijskih problema, imalo je masu od 43 t i služilo za transport deset članova desanta i tri člana posade. Osnovno formacijsko naoružanje vozila čini automatski top, smešten u dvočlanoj kupoli, u koji se mogu ugrađivati cevi dva kalibra. Za bojevo gađanje koristi se cev kalibra 50 mm, a za vežbovna gađanja cev kalibra 35 mm. Prema zahtevima korisnika oklopna zaštita može biti poboljšana dodatnim oklopom. Pogonski motor bio bi isti koji se koristi za pogon tenkova, MTU MB-833 od 1100 kW, koji vozilu obezbeđuje specifičnu snagu od 25,58 kW/t. Ugrađena HMT sa automatskom promenom stepena prenosa obezbeđivala bi vozilu kontinualnu promenu poluprečnika zaokreta, i bila bi najverovatnije LSG 3000. Navedena specifična snaga obezbedila bi maksimalnu brzinu od oko 75 do 80 km/h, zavisno od terenskih uslova.

Prema nekim izvorima razmatra se zajednički američko-nemački projekt novog tenka, koji bi zamenio tenkove M1 Abrams i Leopard 2, a čija bi osnova poslužila i za realizaciju borbenog vozila za podršku, sa borbenom masom od 50 t.

Moglo bi se zaključiti da će veći broj vozila sledeće generacije biti rezultat klasične, nešto modifikovane koncepcije i poboljšanja parametara osnovnih podсистema u funkciji izlaznih parametara vozila.

Na osnovu dosadašnjeg razvoja BVP mogu se uočiti dva prilaza u pogledu

nivoa naoružavanja. Na jednoj strani su Rusi koji su u svoj BMP-1 ugradili osnovni top kalibra 73 mm, da bi kod BMP-2 smanjili kalibar na 30 mm, a kod BMP-3 povećali na 100 mm i sa njim spregnuli automatski top kalibra 30 mm. Na drugoj strani su zapadna vozila sa ugrađenim automatskim topom, kod prve generacije kalibra 20 do 25 mm, da bi se kod vozila sledećih generacija kalibar povećavao na 30, 35, 40 i 50 mm.

Performanse topa na BMP-1 bile su takve da je mogao da uništi svaki savremeni tenk iz tog perioda. U poređenju sa klasičnim tenkovskim topovima približnog kalibra, top BMP-1 bio je nešto lošijih karakteristika. To, kao i nemogućnost otvaranja vatre na ciljeve u vazдушnom prostoru, kao i pojava novih tenkova sa znatno boljom zaštitom, za koje top kalibra 73 mm nije predstavljao značajniju opasnost, bili su dovoljni razlozi da se smanji kalibar kod topa BMP-2.

Moglo bi se konstatovati da su gotovo svi podsistemi novog BMP-3, razvijani posebno, pa i njegovo osnovno naoružanje. Po prvi put je top kalibra 100 mm ugrađen u jedan BVP. U ovom slučaju, zahvaljujući konstrukcionom rešenju topa, zajedno sa spregnutim topom kalibra 30 mm, i ostvarenom elevacijom, omogućeno je i gađanje ciljeva u vazдушnom prostoru.

Izuzimajući ruske BVP, na osnovu dosadašnjeg razvoja može se zaključiti da će promena osnovnog formacijskog naoružanja biti usmerena na povećanje kalibra automatskih topova, kao i ka razvoju efikasnije municije. Ovi topovi su pogodni za gađanje ciljeva u vazдушnom prostoru (niskoletućih aviona, helikoptera, padobranaca), raketnih projektila i ciljeva na zemlji (pešadije, lakooklopljenih i neooklopljenih vozila itd.). Njihove

osnovne karakteristike su: velika brzina gađanja, veliki domet, kratko vreme leta projektila i efikasnost projektila. Pri ugradnji topova većeg kalibra, kao poseban problem javljaju se gabariti i masa kupole.

Na povećanje vatrene moći utiče i preciznost gađanja, čemu znatno doprinose osmatračke i nišanske sprave, stabilizacija naoružanja i primena jednostavnijih SUV u odnosu na one koji se ugrađuju u tenkove. Ugradnjom pasivnih nišanskih sprava prevaziđeni su problemi u vezi sa dejstvom vozila noću, pri gustoj magli, gustom dimu, velikoj prašini, itd. Poseban značaj ima ugradnja novih termovizijskih uređaja, koji će omogućiti jasniju sliku otkrivenih ciljeva na velikim rastojanjima. U okviru programa modernizacije postojećih BVP predviđa se i ugradnja pojačavača slike ili termalnih kamera.

Jedan od najčešće postavljanih zahteva jeste da komandir i nišandžija imaju razdvojene nišanske sprave, što će najverovatnije biti u potpunosti sprovedeno kod vozila sledeće generacije.

Od PO raketa, koje se koriste na ovim vozilima poznatije su: MALJUTKA, MILAN, TOW, KONKURS, FAGOT i dr. One se mogu nalaziti u sastavu borbenog kompleta desanta ili u sastavu borbenog kompleta vozila. Kada su u sastavu borbenog kompleta BVP, ta vozila imaju lansere za PO vođene rakete.

Treba imati u vidu da opremanje PO raketama, bilo u jednom ili drugom slučaju, zahteva dodatni prostor za ugradnju neophodnih uređaja i opreme, što nije zanemarljivo kada su u pitanju masa i gabariti vozila. Realizovana BVP imaju ugrađene lansere za jednu ili dve PO rakete.

Razvojem savremenijih protivoklopnih sredstava, raketa sa navođenjem, he-

likoptera, savremenih uređaja za osmatranje i detekciju oklopna vozila postala su ranjivija. Samo oklopna zaštita nije dovoljna za preživljavanje BVP na bojištu, što znači da moraju da budu zaštićena od otkrivanja i obezbeđena adekvatnim sredstvima koja će im povećati šanse za preživljavanje. Posebna pažnja posvećuje se elementima i sistemima pasivne i aktivne zaštite.

Kod prve generacije vozila za izradu oklopa uglavnom su korišćeni homogeni pancirni čelici dobijeni valjanjem – isti koji su korišćeni za tenkove. Tek kod sledeće generacije vozila postavlja se zahtev za povećanje nivoa oklopne zaštite, bez značajnijeg povećanja mase vozila.

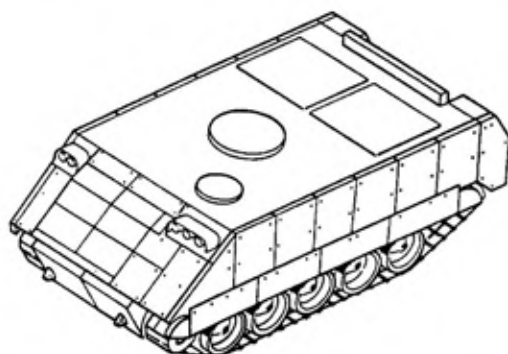
Kao rezultat sprovedenih istraživanja pojavio se dvoslojni oklop od pancirnih ploča različite tvrdoće, međusobno spojenih posebnim postupkom, tako da čine homogenu celinu. Na taj način, za istu masu vozila u odnosu na jednoslojni pancirni oklop, povećana je zaštita za 18 do 20%.

Posebne aluminijumske legure, kao materijal za oklopnu zaštitu, našle su primenu na više BVP. One imaju niz prednosti u odnosu na pancirne čelike kao što su: manja masa, povoljnije ponašanje na niskim temperaturama, ostaju kraće ozračene od ostalih metala, nemagnetične su i pogodne za preradu u plastičnom stanju.

Kod određenog broja realizovanih BVP primenjen je višeslojni oklop, nastao kombinacijom ploča od aluminijumske legure i pancirnog čelika, sa međuprostorom između ploča koji je ispunjen poliuretanom. Na bazi aluminijuma razvijen je oklop pod nazivom CERACHOC, a predviđen je da se kao dodatni oklop u obliku ravnih ploča pričvršćuje na

osnovni oklop, što je prikazano na primeru oklopnog tela OT M113 (sl. 7).

Takođe, radi se i na lakom oklopu od kevlar i plastičnih masa, sa ojačanjem od stakla, jeftinije keramike i kompozita. Kevlar se, inače, koristi za oblaganje oklopa sa unutrašnje strane, čime se štiti od parčadi projektila i oklopa u slučaju proboja.



Sl. 7 – Oklopno telo M113 sa dodatnim pločama od oklopa CERACHOC

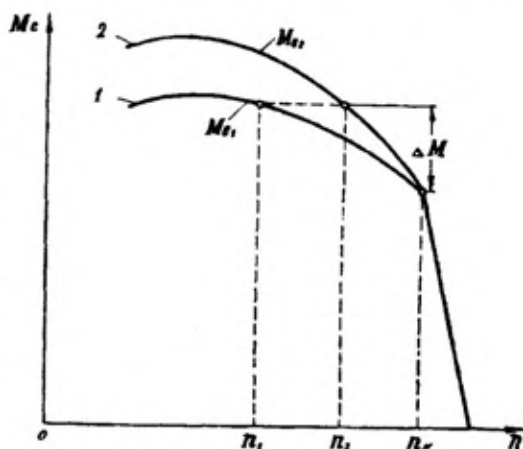
U toku su velika istraživanja usmerena na osvajanje novih vrsta oklopa kako bi se postigla efikasnija zaštita, uz minimalno povećanje mase.

Sigurno je da će dodatni oklop naći široku primenu kod budućih BVP, što će omogućiti da se u mirnodopskim uslovima koriste vozila sa osnovnim oklopom, čije dimenzije obezbeđuju zahtevanu krutost oklopnog tela, a u ratnim uslovima pričvršćuju se moduli dodatnog oklopa, koji će vozilu obezbediti zahtevani nivo zaštite. Na ovaj način postigle bi se velike uštede u potrošnji goriva i znatno smanjilo opterećenje elemenata motora, transmisije i hodnog uređaja, a samim tim bi se povećao njihov vek.

Veoma značajno za preživljavanje budućih BVP biće smanjenje mogućnosti njihovog otkrivanja. Za ograničenje vi-

zuelne detekcije vozila primenjuje se maskirno bojenje u skladu sa okolinom, a za ometanje termičke detekcije specijalne boje koje će emitovati različitu IC frekvenciju pri istoj temperaturi, kako bi se formirala drugačija slika o otkrivenom objektu. Stvaranje pogrešne termičke vizije ovih vozila može se obezbediti izolacijom ili posebnom zaštitom izrazitih izvora termičkog zračenja, kao što su izduvne grane, izduvni podsistem, hodni uređaj i dr. U aktivnosti vezane za sprečavanje otkrivanja spadaju i uređaji za stvaranje radio-smetnji i dr.

Poseban značaj za preživljavanje imaće pokretljivost vozila. Visoka specifična snaga vozila predstavlja samo jedan parametar koji znatno doprinosi da se ostvari dobra pokretljivost. Ponašanje pogonskog motora pod opterećenjem često se nije uzimalo u obzir pri oceni pokretljivosti, a upravo taj parametar najviše utiče na ostvarivanje velikih prosečnih brzina kretanja. Na slici 8 prikazane su krive obrtnih momenata dva motora, koji imaju iste vrednosti momenta pri maksimalnoj efektivnoj snazi, ali različite koeficijente elastičnosti. Uo-



Sl. 8 – Uticaj povećanja spoljašnjeg opterećenja na broj obrtaja motora

čava se da se broj obrtaja motora 1 znatno smanjuje u odnosu na motor 2, ako se spoljašnje opterećenje poveća.

U dosadašnjem razvoju oklopnih guseničnih vozila brže se povećavala snaga pogonskog motora od specifične snage vozila. Kod budućih BVP očekuje se da će specifična snaga biti na nivou od 20 do 25 kW/t, što se smatra optimalnim sa aspekta kinematike i dinamike vozila.

Razvojem gasnih turbina, kao pogonskih motora za oklopna gusenična vozila, s pravom se nameće pitanje da li će se kod budućih BVP za pogon koristiti gasna turbina ili dizel motor. S obzirom na sadašnje stanje razvoja gasnih turbina za ova vozila, može se sa sigurnošću konstatovati da će najveći broj budućih BVP pogoniti dizel motorima sa predsa-bijanjem i međuhlađenjem usisnog vaz-duha.

Vozila poslednje generacije imaju ugrađene HMT, koje im omogućuju kontinualnu promenu prenosnog odnosa pri pravolinijskom kretanju i kontinualnu promenu poluprečnika zaokreta, što će se sigurno zadržati i kod vozila sledeće generacije. Međutim, treba naglasiti da HMT zbog hidrauličkih komponenata imaju velike gabarite, što se nepovoljno odražava na masu i gabarite vozila.

Poznato je da je motorno-transmisio-nalno odeljenje, kod većine do sada realizovanih konstrukcija, smešteno u pred-njem delu vozila, što znači da zauzima prostor sa najvećom debljinom oklopa i čini dobar deo mase vozila. Ovakvo po-stavljanje motora i transmisije ima odre-dene reperkusije na plovnost vozila, što posebno dolazi do izražaja kod njegovog uravnoteženja.

Za razliku od većine vozila, kod BMP-3 i BVP Achzarit motorno-transmisio-nalno odeljenje se nalazi u zadnjem delu

vozila. U slučaju izraelskog BVP takav raspored je predodredila činjenica da je za njega korišćeno oklopno telo i deo podsistema tenka T-54, odnosno T-55. Međutim, primer BMP-3 ukazuje na mo-gućnost da se samo namenskim razvojem podsistema za određenu koncepciju mogu ostvariti znatne uštede u prostoru i nje-govo racionalnije rešenje.

Motorno-transmisiona grupa kons-truisana kao monoblok, predstavlja pri-mer, kako se, vodeći računa o svim para-metrima, može doći do kompaktnog reše-nja motora i transmisije sa posebnim pogonom za kretanje na vodi. Pri tome HMT sa hidrodinamičkim i hidrostatič-kim prenosnikom ima bolje izlazne para-metre, gledano u celini, od bilo koje do sada realizovane HMT. Treba naglasiti da će se kod motora i transmisije, kao i kod drugih podsistema budućih vozila, sve više primenjivati laki metali, pre svega aluminijumske legure, kako bi se što više smanjila njihova masa, pa i masa vozila u celini.

Jedan od osnovnih preduslova za ostvarivanje visokog nivoa pokretljivosti je adekvatno rešenje hodnog uređaja sa oslanjanjem, koji čini više od 20% ukupne mase vozila. Verovatno je da će na najvećem broju vozila sledeće genera-cije i dalje ostati dominantno torziono oslanjanje, dok će hidropneumatsko osla-njanje, iako efikasnije, ipak biti prime-njeno na ograničenom broju vozila.

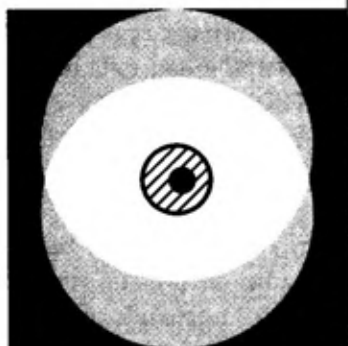
Zaključak

Prihvatljivu varijantu BVP sledeće generacije, uz pretpostavku da neće biti značajnijih promena u pogledu taktičke primene i pod uslovom da se neće bitno promeniti osnovna koncepcija vozila, treba da karakteriše: ukupna masa do 18

t; niska silueta; mogućnost transporta 9 do 11 ljudi; velika vatrena moć, kupola za dva člana i ugrađenim automatskim topom kalibra 30 mm i većeg sa spregnutim mitraljezom, stabilizacija naoružanja, savremene osmatračke i nišanske sprave, uključujući i nešto jednostavniji SUV, PO rakete treće generacije; velika pokretljivost koju mu obezbeđuje specifična snaga vozila od oko 22 kW/t; savremeni prenosnici snage (HMT i planetarni bočni prenosnici); savremeno rešenje hodnog uređaja sa oslanjanjem, sa velikim dinamičkim hodovima oslonih točkova; zaštita sa prednje strane od automatskih topova kalibra do 35 mm, a sa ostalih strana najmanje od streljačkog naoružanja; savremeni uređaji za kolektivnu zaštitu od oružja za masovno uništenje; automatski uređaji za protivpožarnu zaštitu i dr.

Literatura:

- [1] Gourley, S. R.: Greater Mobility for M113 Variant, Jane's Defence Weekly, 1994, No 2, april.
- [2] Bohrmann, K.: Die Entwicklung des SPz Marder, Soldat und technik, 1971, No 6.
- [3] FMS M 2 Bradley strategy, Defence, 1985.
- [4] Šipilov, V.: Soveršenstvo boevykh mashin pehoti, Tehnika i vooruženie, 1987, №6.
- [5] Ogorkiewicz, R. M.: L'AIFV-un blindé d'infanterie FMC, Revue internationale de Defense, 1980, №9.
- [6] New details about the BMP, Armies & Weapons, 1978, №45.
- [7] Les vehicules sovietiques de famille BMP, Revue internationale de Defense, 1975, №6.
- [8] Ivanov, O.: Sostojanie i perspektivi razvitiia zarubežnih BMP, Zarubežnoe voennoe obozrenie, 1997, №7.
- [9] Američki programi za oklopna borbena vozila, Military Technology MILITECH, 1989, №10.
- [10] Bolte, P. L.: Abrams and Bradley: how vital are they?, Jane's Defence Weekly, 1987, №5.
- [11] La famille AMX 10, Prospekt firme GIAT.
- [12] Buduće francuske transmisije za oklopna borbena vozila, International Defence review, 1988, №5.
- [13] Rosoin, S.: Bronja dlja pehoty, Voenuyi parad, 1994, januar-februar.
- [14] Fedoseev, S.: Neozidaniya BMP-3, Tehnika Molodezi, 1994, №8.
- [15] Ogorkiewicz, R. M.: MCV 80-the new British infantry combat vehicle, International Defence review, 1982, №6.
- [16] Nosh, T.: The Dynamic Defender: CU 90, Military Technology MILITECH, 1991, №7.
- [17] Noble, T.: Armor Goes Ni-Tech, Materials Engineering, 1986, jun.
- [18] Ogorkiewicz, R. M.: SWISS Trojan horse, MOWAG'S new tracked infantry combat vehicle, International Defence Review, 1994, №8.
- [19] Dragojević M.: Borbena vozila, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1990.
- [20] La mobilite des chars de combat, L'Ecoles superieurs de l'Armement Terrestre, 1975.
- [21] SATORY V L'exposition fransaise de materiels d'armements terrestres, Revue internationale de defense, 1975, №4.
- [22] DER US-Schützenpanzer XM 723/Beginn der Truppenversuche, Soldat und technik, 1976, №6.
- [23] Molinie, J.: Char d'aujourd'hui et de demain: Créer c'est d'abord definir des buts, Armies & Weapons, 1977, 24.
- [24] BMP-1, Armies & Weapons, 1977, 31.



prikazi iz inostranih časopisa

MODERNIZACIJA RAKETNOG SISTEMA PVO STRELA-10M*

Sistem Strela-10 jedan je od najpopularnijih raketnih sistema PVO kopnene vojske. Popularnost sistema je rezultat njegove efikasnosti u uništavanju ciljeva u vazдушnom prostoru, uključujući i gađanje u uslovima optičkog ometanja, zatim pouzdanosti i jednostavnosti u rukovanju, male osjetljivosti na oružane sisteme i sisteme izviđanja zbog svoje pasivne detekcije i sistema vođenja, kao i sposobnosti da savlađuje vodene prepreke i djeluje u raznim oblicima borbe, uključujući i marševanje.

Raketni sistem Strela-10M3, posljednja verzija iz familije Strela-10, prilagođena je za upotrebu u kopnenoj vojsci i ima najbolje tehničke karakteristike među sistemima Strela-10. To je modernizovana verzija prethodne varijante Strela-10M i Strela-10M2. Sistem je sposoban da uništi savremene ciljeve koji lete na visinama od 10 do 3500 m i na udaljenostima do 5000 m, pri lošim optičkim i toplotnim uslovima, bez obzira na metode i uslove ometanja.

Dvostruko povećanje u dometu detekcije malih ciljeva (daljinski upravljane

letelice, krstareće rakete) koje je postignuto modernizacijom optičkog nišana, omogućava sistemu da uništava te ciljeve na udaljenostima od 3000 do 4000 m. Cilj se određuje automatski putem telekodiranih komunikacijskih uređaja. Navođenje sistema na cilj takođe je automatsko. U isto vreme, nedostatak noćnog nišana u opremi sistema ograničava njegove borbene mogućnosti noću, mada IC kanal i optički (laserski) blizinski upaljač u glavi za samonavođenje rakete omogućavaju da Strela-10M, Strela-10M2 i Strela-10M3 za uništavanje ciljeva noću mogu da koriste radarsku akvizicijsku stanicu na komandnom mestu.

Projektni biro precizne tehnike „Nudelmann“, zajedno sa udruženim agencijama, razmatra mogućnost opremanja sistema raketa Strela-10 noćnim nišanom koji se zasniva na toplotnom odrazu ili trećoj generaciji optičkog pretvarača. Probni letovi potvrdili su mogućnost noćne detekcije helikoptera Mi-8 u vidnom polju 12×16 stepeni i na udaljenosti od 10 km, što će omogućiti sistemu da autonomno uništava ciljeve noću.

Cev noćnog nišana montirana je na deo postolja lansera, dok su minijaturni monitor i upravljanje instalirani u kabini operatora. Ugradnja nove opreme ne zahteva modifikaciju postolja ili turele.

* Prema podacima iz časopisa Military Parade, novembar 2000.

U osnovi, način rada sa noćnim nišanom ne razlikuje se od načina rada danju, kada se automatsko određivanje cilja obezbeđuje akvizicijskim radarima. Za te svrhe borbena vozila sistema treba da budu kompletirana opremom za prijem i obradu podataka o cilju i potrebnim komunikacijskim uređajima. Pored noćnih borbenih mogućnosti, Strela-10M i Strela-10M2 mogu se modernizovati do nivoa Strela-10M3 putem modifikacije njihovih borbenih vozila i raketa.

Karakteristike raketa 9M37M od raketa sistema Strela-10M i Strela-10M2 mogu se poboljšati do nivoa rakete 9M333 od Strela-10M3 zamenom glave za samonavođenje rakete, upravljačkog odeljka, blizinskog upaljača i bojne glave, i modernizacijom kontejnera. Karakteri-

stike modernizovane rakete u potpunosti korespondiraju karakteristikama rakete 9M333. Rakete oba tipa mogu se lansirati sa borbenih vozila bilo koje modifikacije. Takođe, ubojni radijusi raketa 9M333 i 9M37MD mogu da se povećaju, ali to zahteva dodatna istraživanja i razvoj.

Istraživačko-razvojni naponi biroa „Nudelman“ pokazuju da postoje realne šanse za poboljšanje borbenih performansi i tehničkih karakteristika postojećih sistema kroz njihovu modernizaciju i ugradnju najsavremenije opreme. Modernizacija smanjuje troškove, produžava vek upotrebe borbenih kompleta, znatno poboljšava njihove karakteristike i proširuje mogućnosti borbene upotrebe.

M. Krbavac



NOVE MOGUĆNOSTI MODERNIZOVANOG SAMOHODNOG TOPA PVO ZSU-23-4*

Različite verzije samohodnog topa PVO ZSU-23-4 Šilka, koje su danas na upotrebi, imaju ograničene mogućnosti za uništavanje savremenih sredstava za napad iz vazdušnog prostora. Modernizacija topa PVO Šilka, koju sprovode ruski „Uljanovski mišinski zavod“ i kompanija „Minotor-Service“ iz Belorusije, namenjena je za povećanje njihove borbene sposobnosti putem povećanja efikasnosti pogađanja, automatizacije borbenog upravljanja, dekompletiranje sa novom generacijom sistema za upravljanje va-

trom, kao i zamene nekih sklopova i sistema modernizovanim.

Glavne oblasti modernizacije sistema topa su:

- prelazak opreme radarskog sistema na savremenu kružnu osnovu;
- prelazak na tehnologiju digitalne obrade signala;
- korišćenje savremenog digitalnog kompjuterskog sistema;
- primena optroničkog radarskog sistema koji obezbeđuje automatsko i poluautomatsko pretraživanje, detekciju, praćenje i merenje udaljenosti do cilja pomoću laserskog daljinomera.

Osim toga, uvođenje kodirane telekomunikacione opreme u sistem za upravljanje vatrom obezbediće automatizovano upravljanje vatrom sa pokretnog komandnog mesta jedinice i smanjenje radarske slike ovih topova.

* Prema podacima iz časopisa Military Parade, novembar 2000.

Modernizacija guseničnog vozila sa-
drž:

- uvođenje najmodernijeg AC gene-
ratorskog kompleta pogonjenog ekono-
mičnim dizel motorom;
- uvođenje hidrauličkog upravljač-
kog mehanizma;
- hidraulički podržane komande si-
stema upravljanja, kao i upravljački točak
za transmisiju oblika Y, što znatno sma-
njuje opterećenje vozača u odnosu na
upravljanje topom.

Šasija Šilke i motorni pogon moder-
nizovani su uz povećanje njihove pro-
sečne putne brzine, čime se omogućava
praćenje svih borbenih tenkova i lakih
oklopnih vozila pri marševanju i u borbi,
a time i stalna zaštita jedinica od dejstva
iz vazdušnog prostora. Za poboljšanje

rada posade u žarkim klimatskim uslo-
vima top je opremljen uređajem za kon-
dicioniranje vazduha.

U borbenim uslovima vožnja i mane-
vrisanje topom obavljaju se uz pomoć TV
sistema koji obezbeđuje vozaču pogled
napred i nazad, po danu i u uslovima
slabe vidljivosti. Za zaštitu od preciznog
laserski vođenog oružja, top ZSU-23-4
opremljen je sistemom za otkrivanje la-
serskog zračenja i bacačem dimnih gra-
nata koje se automatski lansiraju u pravcu
izvora zračenja.

Modernizacija samohodnog topa
PVO ZSU-23-4 znatno će povećati nji-
hove borbene sposobnosti i produžiti vek
upotrebe.

M. Krbavac



MOBILNI SISTEM ZA UNIŠTAVANJE PROTIVPEŠADIJSKIH MINA*

Ženevska konvencija iz 1996. i kon-
vencija iz Otave 1997. godine o ograniče-
nju i zabrani protivpešadijskih mina stvo-
rili su probleme pri njihovom uništava-
nju. Oni su posebno aktuelni za Rusiju
zbog više razloga: značajne količine i
širok asortiman protivpešadijskih mina,
istekli rokovi čuvanja za zalihe nekih
vrsta mina, oštri zahtevi za ekološku
sigurnost, relativno nizak nivo raspolo-
žive tehnologije, i kratki rokovi za unište-
nje svih rezervi protivpešadijskih mina
koji su propisani konvencijama.

Ruski istraživački i proizvodni centri
Fakel i Bazalt, zajedno sa Centralnim

istraživačkim institutom inžinjerije, razre-
šili su ovaj komplikovani tehnološki pro-
blem razvojem novog načina uništavanja
kaseta KSF-1 (1s) sa minicama PFM-1
(1s). Zbog njihove specifične izrade, za
ove mine nije potreban konvencionalni
pristup pri njihovom razminiranju.

Količina mina PFM-1, ugrađenih u
kasete KSF-1, može da se ukloni na dva
načina, njihovim uništenjem ili razminira-
njem. Razminiranje podrazumeva bloki-
ranje njihovog aktiviranja radi sprečava-
nja eksplozije. Istraživanja i eksperimenti
sa uklanjanjem kasetnih mina putem sa-
gorevanja na otvorenom, njihovom eks-
plozijom u odgovarajućim oklopnim ko-
morama industrijskih peći i spaljivanjem,
mnogo je koštalo i ekološki je nesigurno.

Efikasniji put uništavanja mina je
njihovo deaktiviranje, a sastoji se u uba-
civanju specijalne smeše u šupljine kasete
radi začepljenja postojećih i potencijalnih

* Prema podacima iz časopisa Military Parade, novem-
bar 2000.

opasnih zona isticanja tečnog eksploziva iz minica, i radi čuvanja strukturnih elemenata. Ako je neophodno, taj proces se može automatizovati.

Količina ubrizgane otvrdnjavajuće smeše zavisi od njenih svojstava (viskozitet i vreme otvrdnjavanja) i može se prilagoditi tehnološki prikladnom periodu bez ostavljanja opasnih, preterano visokih pritisaka u kaseti. Smeša otvrdnjava u monolitne blokove minica i komponenti kasete, kao što su njihovi armirajući sistemi, sprečava i moguće istiskivanje. Mehanička čvrstoća monolitnih blokova bliska je onoj koju imaju betonski blokovi jednake zapremine sa 20 do 30% pojačanja.

Kompletna procedura razminiranja uključuje upotrebu:

- modula punjenja;
- kompleta opreme za pripremni modul (za rastavljanje i premeštanje kasete, postavljanje na palete za transport i slanje do modula punjenja);
- modula obrade (za prijem kasete sa napunjenim kasetama iz modula punjenja, njihovo skupljanje, održavanje njihove sigurnosti do potpunog otvrdnjavanja smeše i sprečavanje mogućeg isticanja tečnog eksploziva, isporuka paleta za pakovanje kasete);
- transportne i pomoćne opreme (konvejeri, kontejneri, palete, sistemi sigurnosti, itd.).

Za jednokratnu operaciju jedan sistem za razminiranje može godišnje deaktivirati 100 000 do 120 000 minskih kasete. Razminiranje minskih kasete obezbeđuje sigurnost za njihovo rukovanje, i čini ih pogodnim za upotrebu kao eksplozivnih punjenja u minerskoj industriji ili za ekološki bezbedne kopove.

Da bi potvrdili mogućnost korišćenja tretiranih minskih kasete kao eksplozivnih punjenja u minerskoj industriji izvršeni su obimni testovi za razminiranje kasetnih mina KSF-1 putem pretresanja zemljišta. Tretirane mine obezbedile su kompletnu sigurnost pri rukovanju. Radi procene mogućnosti njihove upotrebe kao eksplozivnog punjenja, mine su testirane na osetljivost na inicijalni impuls od nekog aktivnog eksplozivnog punjenja, kompletne detonacije punjenja, i prenosa detonacije s jedne kasete na drugu. Testovi su pokazali da minsko punjenje detonira kompletno i da se detonacija rasprostire između kasetnih mina bez obzira na njihov relativni položaj. Efikasnost njihove upotrebe za iskopavanje zemlje je 1,7 do 3 puta veća od one s ekvivalentnim trotilskim punjenjem.

Dalja perspektiva ovog načina uništavanja municije podrazumeva zamenu inertnih čvrstih smeša aktivnim smešama sličnim industrijskim eksplozivima. To će povećati efikasnost punjenih kasetnih mina KSF-1 koje se koriste kao eksplozivna punjenja. Takođe, to će omogućiti upotrebu ove tehnologije za uništavanje mina PPM, PMM, PMN-2, PMN-4, OZM-72, MON-100 i MON-200, upaljača svih mina, kasetnih mina KPOM-2, kao i nekih artiljerijskih i avionskih kasetnih bombi.

Pokretni automatizovani sistem za razminiranje širokog spektra protivpešačkih mina na mestima njihovog skladištenja (arsenali, baze, depoi) i njihova kasnija upotreba za civilne potrebe stvara ekološki sigurne uslove za uništenje zaliha protivpešačkih mina.

M. Krbavac



MEHANIZOVANI MOSTOVI INŽINERIJ* INŽINERIJ*

Konstrukcioni biro transportne inženjerije (KBTM) jeste ruska firma sa četrdesetogodišnjim iskustvom u razvoju i proizvodnji vojne inženjerske opreme.

Radi povećanja mobilnosti i operativne efikasnosti tenkovskih jedinica, i njihove sposobnosti da brzo savladaju prirodne i veštačke prepreke u borbi, KBTM je razvio mostopolagač MTU-20 na bazi tenka T-55 MBT. Mostopolagač je imao sklapajući most dužine 20 m, koji je dugo bio na upotrebi u inženjeriji sovjetske i nekih drugih armija.

Nove generacije osnovnog borbenog tenka uticale su da KBTM razvije nove mostopolagače sposobne da ispune strožije zahteve postavljane pred inženjersku podršku.

Kada je u upotrebu uveden osnovni borbeni tenk T-72, KBTM je razvio mostopolagač projektovan kao MTU-72, sa 20 m dugačkim jurišnim mostom koji proizvodi „Uralvagonzavod“.

Mostopolagač MTU-90, izrađen na bazi tenka T-90MBT, poslednji je iz razvoja biroa KBTM. Ovaj mostopolagač ima most dužine 25 m, sasvim novu izradu i nosivost od 50 t. Po oklopnoj zaštiti i karakteristikama tenka T-90MBT mostopolagač MTU-90 je sposoban da se kreće zajedno sa borbenim tenkovima u napadnim formacijama i, ako se zahteva, položi most za 2 do 2,5 minuta preko prepreke širine 24 m. Most polaže posada koja ostaje u vozilu, po svakom vremenu, i u uslovima hemijske i radiološke kontaminacije.

Nakon raspada SSSR-a, kada je deo odbrambene industrije ostao izvan Rusije, KBTM je razvio teški mehanizovani

most TMM-6 koji po performansama znatno nadmašuje ukrajinski most TMM-3. Komplet mosta TMM-6 sadrži dva polagača koja su izrađena na specijalnim šasijama točkaša, četiri transportera izrađena na bazi kamiona Ural, i šest mostovnih članaka koji po sredini imaju potporne nosače. Ovi mostopolagači omogućavaju svojim posadama polaganje svih šest članaka za 50 minuta preko vodene ili neke druge prepreke širine do 100 m i dubine do 5 m. Vreme potrebno za ugradnju jednog članka mosta dužine 17 m iznosi 5 minuta.

Kapacitet saobraćaja preko mosta je 400 točkaša i/ili guseničnih vozila za sat vremena pri brzini kretanja od 25 km/h. Most se može demontirati sa bilo koje obale za 1,5 sat.

Moguća je i unifikacija i međusobna zamenljivost sklopova, delova i mostovnih članaka između tenkovskih mostopolagača i mehanizovanih mostova. Tako se tenkovski mostopolagač MTU-90 može nositi i polagati članke teškog mehanizovanog mosta TMM-6, dok mostopolagač točkaš može polagati jurišni most.

Takođe, KBTM je razvio i razne tipove vojnih i civilnih brzopolagajućih čeličnih i aluminijumskih mostova, opremljenih hidrauličnim ili mehaničkim uređajima za polaganje.

M. Krbavac

<<<◇>>>

RAZVOJ VOZILA SA AUTONOMNOM NAVIGACIJOM*

U sklopu razvoja tehnologije za borbeni sistem budućnosti (FCS – Future Combat System), oružane snage SAD započele su razvoj vozila bez vozača

* Prema podacima iz časopisa Military Parade, novembar 2000.

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defense Weekly 19. 07. 2000.

(UGV – unmanned ground vehicle) koje će imati sposobnost autonomne navigacije i visoku pokretljivost.

U okviru prototipa Demo III očekuje se razvoj nekoliko eksperimentalnih primeraka vozila koja će moći da se kreću brzinom od 65 km/h i čije će kretanje kontrolisati jedan operator. Eksperimenti su koncipirani tako da demonstriraju autonomnu percepciju potencijalnog borbenog okruženja, uključujući i detekciju vrste terena po kojem se vozila kreću, klasifikaciju prepreka na njemu i njihovo izbegavanje.

Ispitivanja i dalji naponi na tom planu treba da obezbede mobilno i autonomno vozilo bez vozača, koje će biti osnova za razvoj konstrukcije i osvajanje proizvodnje borbenog sistema budućnosti koji se planira za 2005. godinu. Razvoj vodi Odsek za robotiku Istraživačke laboratorije KoV.

Odsek je pratio ispitivanja dva vozila Demo IIIA, koje je realizovala firma „General Dynamics Robotics Systems“. Vozila su se kretala brzinom od 8 do 16 km/h u uslovima dnevne vidljivosti. Vozilo Demo IIIB sa dodatnim senzorima treba da se kreće izvan puteva brzinom od 32 km/h. Vozilom će upravljati jedan vojnik preko sistema sa ravnim displejom veličine akt tašne. Sistem će biti smešten u zadnjoj kabini višenamenskog vozila visoke pokretljivosti.

Ispitivanje prototipa vozila Demo III treba da se završi u oktobru 2001. godine kada jedan operator treba da upravlja sa četiri vozila. Vozilo treba da „vidi“ tako što će podatke sa digitalne karte terena upoređivati sa podacima prikupljenim sa različitih dnevno-noćnih senzora, koji detektuju nastale promene na terenu, kao što su npr. krateri od mina. Ovi senzori uključuju dva napred usmerena IC radara i dva klasična optička senzora, jedan

radar u milimetarskom talasnom području i jedan laser. Senzori treba da imaju mogućnost da „vide“ oko 60 do 70 m ispred vozila, a ove karakteristike mogu se kasnije poboljšati i dodavanjem radara koji „vidi“ kroz zemaljsko rastinje, tj. biljni pokrivač.

Očekuje se da će objekti prečnika 30 cm moći da se detektuju, ali da će prepreke tipa udubljenja, kao što su kanali i šančevi, biti znatno veći problem koji će biti potrebno rešiti.

Ipak, da bi se konstruisalo vozilo koje će biti autonomno i operativno u borbenim uslovima, biće potrebno rešiti niz tehnoloških problema, što će zahtevati i mnogo vremena.

Po završetku razvoja na nivou prototipa vozila Demo III, krajem 2001. godine, planira se saradnja i sa drugim laboratorijama iz domena robotike. Za nastavak rada na ovom projektu i istraživanja do nivoa demonstracionog modela u oblastima mašinske percepcije terena, inteligentnog kompjuterskog upravljanja, interfejsa čovek-mašina i simulacionih alata planiran je utrošak od 40 miliona dolara u narednih pet godina.

M. Savanović

<<<◇>>>

NOVI HELIKOPTER COUGAR ZA FRANCUSKO VAZDUHOPLOVSTVO*

Kompanija „Eurocopter“ prikazala je najnoviji helikopter EC725, iz familije Cougar (Kugar, Puma) koji će koristiti francusko vazduhoplovstvo. Potražuje se 14 ovakvih helikoptera za potrebe izvršavanja borbenih zadataka.

Prva tri helikoptera isporučiće se u 2003. godini, a verzija MK2, koja je već

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 19. januar 2001.

isporučena, biće kasnije dovedena do nivoa standarda EC725. Osim vojne verzije EC725 postoji i civilna verzija ovog helikoptera EC225, koji će svoj prvi let izvršiti u novembru 2000. godine. To je helikopter srednje veličine (11 t), sa dva motora i poboljšanim performansama. Njegova civilna certifikacija planirana je za 2002. godinu, a vojna, za potrebe rešavanja borbenih zadataka, za 2003. godinu. Nova verzija biće sposobna da nosi mnogo veći koristan teret, a civilna varijanta imaće povećan domet u poređenju sa verzijom MK2 Cougar/Super Puma.

Glavne razlike helikoptera EC725/EC225 u odnosu na verziju MK2 Cougar/Super Puma je potpuno nov glavni rotor, pojačan glavni prenosnik, novi motori i novi sistem ugrađenih displeja i pilotiranja. Za trup helikoptera EC725/EC225 kompanija Eurocopter zadržala je konstrukciju helikoptera Super Puma/Cougar MK2, zbog proverenih kvaliteta koje je pokazao u dosadašnjoj upotrebi i visokog kvaliteta opreme.

Sa novim glavnim rotorom sa pet krilaca propelera, za sklopove glava glavnog i repnog rotora, EC725/EC225 će nastaviti da koristi tehnologiju Spheriflex, koja nudi poboljšane performanse, a iziskuje manje operativne troškove i troškove održavanja. Primenjena su i naj-savremenija naučna dostignuća u oblasti sekcije vazduhoplova i aerodinamičke efikasnosti. Propeleri imaju kompozitne nosače, višestruku boks-strukturu i okovane kapice. Konfiguracija sa pet krilaca obezbeđuje posebno nizak nivo vibracija helikoptera.

Ugrađen je i sistem za sprečavanje nakupljanja leda u ekstremnim uslovima. Nova kutija glavnog prenosnika pojačana je zbog povećane snage turbina, kao i povećane maksimalne mase helikoptera. Zadržan je i sklop zupčanika od MK2, a

spiralni kosi zupčanici izrađivaće se po tehnologiji dubokog nitriranja i najnovije optimizacije profila zuba. Sistem podmazivanja uključuje i podsistem havarijskog podmazivanja, koji omogućava let u trajanju od 30 minuta bez ulja.

Novi motori opremljeni su sa dva turbinska pogona Makila 1A4. Novi motor razvila je firma „Turbomeca“, a sadrži novu generaciju kompresora i radi pri višim temperaturama od 1A2. Maksimalna snaga motora je 1800 kW (2448 KS), što je za 14% više od snage motora prethodne verzije.

Dvokanalno digitalno potpuno automatizovano upravljanje motorima, kao i samoisključivanje slobodnih turbina, obezbeđuju savremen, pouzdan i siguran rad. Svaki motor je nezavisan sklop, koji uključuje sve sisteme, opremu i uređaje neophodne za njihov rad. Modularna izrada omogućava olakšanu kontrolu i održavanje. Novi integrisani sistem displeja za ovaj helikopter opremljen je novom avionikom, uključujući bogato evropsko iskustvo u tehnologiji interfejsa pilotiranih helikoptera i ergonomiji. Displej sistem je LCD sa četiri višefunkcionalna ekrana (6" × 8") i dva dodatna ekrana (4" × 5") za pokazivanje parametara helikoptera. Ekranu istovremeno pokazuju upravljanje, navigaciju, zadate parametre i imaju mogućnosti selekcije. Mogu se rekonfigurisati na više načina. Kompjuter integriše sve parametre leta i navigacije u okviru taktičkih elemenata, što omogućava pilotu i kopilotu da se koncentrišu na određene faktore izvan helikoptera, čime se povećava verovatnoća uspešnog izvršenja zadatka.

Vojna verzija helikoptera omogućiće i popunu gorivom u toku leta, što će povećati izdržljivost helikoptera. Završni testovi validacije tog sistema već su rađeni na verziji Cougar MK2.

M. Krbavac



tehničke novosti i zanimljivosti

TELESKOPSKI ORUŽNI SISTEM 40 mm*

Francusko-britanska kompanija CTA International potvrdila je da će opremiti taktičko izviđačko oklopno borbeno vozilo (budući izviđački sistem TRACER/FSCS) teleskopskim oružnim sistemom 40 mm.

Kompanija CTA International, zajedno sa GIAT INDUSTRIES iz Francuske i BAe SYSTEMS iz Velike Britanije, razvila je 1994. godine sistem povećane ubojne moći CTWS (case-telescoped weapon system), koje će ispuniti zahteve korisnika u narednom veku.

Svaki sistem imaće top CTWS, kulno-zaklonski interfejs i sistem za punjenje municijom. Zajednički testovi treba da otpočnu do kraja 2000. godine. Opitovanje oružja i prva gađanja pancirnom municijom stabilisanom krilcima sa penetratorom i traserom (APFSDS), biće okončano u toku 2001. godine. Rad na municiji opšte namene GPR (general-purpose round) nastavlja se prema planu.

CTA International izradiće dva prototipa oružja 40 mm CTWS. Krajem 1999. godine izvršeni su testovi gađanja

iz topa 40 mm CTWS, ugrađenog na gusenično oklopno vozilo Bradley. Ugradnja topa na vozilo Bradley trajala je manje od četiri časa.

Kompanije CTA i SMS analizirale su topovski sistem koji se može postaviti na vazduhoplovnu platformu, koja može koristiti jednu laserski vođenu raketu. Ona će se ispaljivati iz novog topa izrađenog od savremenih kompozitnih materijala. Sadašnji sistem Starstreak gađa sa tri vođene rakete, koje dostižu brzinu od 3,0 Maha. Nova raketa izradiće se na bazi poboljšane tehnologije upravljanja letom, a biće rekonstruisana u projektil opšte namene – GPR. Ostali kalibri mogu se primeniti za mornaričke i zemaljske aplikacije. On se može ispaljivati iz postojećih topova 40 mm CTWS, koji sistemu pruža mogućnost pogađanja helikoptera na daljinama od 5 km, sa visokom verovatnoćom pogađanja.

CTA International izvršila je analizu korišćenja vođenih projektila, kao soluciju za američki sistem poboljšane tačnosti pogađanja srednjeg kalibra za budući borbeni sistem (FCS). Mada su napore fokusirani na CTWS 40 mm, ispituju se verzije većih kalibara za moguću upotrebu na francuskom oklopnom vozilu ERBC 8 × 8 koje će se uvesti u naoružanje 2008. do 2009. godine. Jedna verzija

* Prema podacima iz časopisa Jane's Defence Weekly, 31. maj 2000.

biće naoružana sadašnjim CTWS 40 mm, dok će ostale verzije imati i druga oružja, uključujući CTWS 90 mm i 105 mm. To će obezbediti da posadu u kupoli čine samo komandir i nišandžija.

V. R.

<<<◇>>>

MODERNIZACIJA SAMOHODNE HAUBICE 155 mm MSTA-S*

Artiljerijski sistemi 155 mm nalaze se danas na upotrebi na nivou divizija, korpusa i armija u svim oružanim snagama, uključujući i NATO. Uz to, brojne zemlje bivšeg Varšavskog pakta i zemlje koje koriste rusko naoružanje i vojnu opremu, takođe su prihvatile artiljerijske sisteme 155 mm.

Od 1986. godine sporazumom o unifikaciji artiljerijskih sistema, zemlje NATO prihvatile su standard balističkih karakteristika za artiljerijska oruđa 155 mm u razvoju, što omogućava upotrebu kompleta artiljerijske municije iz zemalja NATO kao i drugih proizvođača artiljerijskih projektila 155 mm.

Samohodni artiljerijski sistemi imaju važnu ulogu u vatrenoj podršci zbog svoje velike vatrene moći, sposobnosti manevra, autonomije i širokog spektra izvršavanja borbenih zadataka, od rušenja utvrđenih i oklopnih objekata, uništenja žive sile i vojne opreme svih vrsta, do kontrabaterijske vatre, polaganja mina i prekida sistema upravljanja borbom pomoću ometajućih KT i UKT radio-komunikacija.

Danas je međunarodno tržište oružjem izloženo oštroj konkurenciji među

glavnim proizvođačima artiljerijskog naoružanja. Glavni kupci su zemlje Srednjeg istoka, Afrike i jugoistočne Azije.

Samohodna haubica 152 mm Msta-S, prikazana i na izložbama u Rusiji, pokazala je poseban interes za inostrane vojne eksperte zbog svojih visokih tehničkih karakteristika. Međutim, artiljerijska oruđa 155 mm atraktivnija su za potencijalne kupce, jer mogu da koriste širi spektar artiljerijske municije. Idući u susret zahtevima tržišta, ruske firme „Uraltransmaš“ i „Centralni projektni biro Transmaš“ nude modernizovanu samohodnu haubicu 155 mm Msta-S. Ona se razlikuje od serijski proizvedene haubice 152 mm u kompjuterski podržanom sistemu za upravljanje vatrom koji obezbeđuje topografsko upravljanje i orijentaciju, proračun vatrenih podataka, automatizaciju punjenja i korekcije za vreme gađanja. Haubica je opremljena navigacionim terminalom koji prima podatke sa sistema navigacije GLONASS/NAVSTAR, jedinicom interfejsa za sisteme upravljanja Adler i Techfire, kao i novom opremom za slaganje i punjenje borbenog kompleta. Pored toga, Msta-S može da koristi i ruske i inostrane modele projektila 155 mm povećane ubojnosti i većeg dometa.

M. K.

<<<◇>>>

SISTEM STINGER ZA ORUŽANE SNAGE GRČKE*

Grčka vlada je sa firmama „Krauss-Maffei Wegman“ i „STN Atlas“ sklopila ugovor o proizvodnji 54 vozila naoružana

* Prema podacima iz časopisa Military Parade, novembar 2000.

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 18. januar 2001.

sistemima Stinger. To je varijanta nemačkog sistema PVO kratkog dometa, a ove firme su se već dokazale kao partneri u konzorcijumu za proizvodnju tih sistema.

Sistem će za prevoz koristiti vozilo Daimler Chrysler WOLF, za razliku od nemačke varijante koja za prevoz koristi gusenično vozilo WIESEL 2. Ključna karakteristika grčkog programa je visoko učešće u realizaciji grčke industrije naoružanja. Grčke kompanije, kao partneri u realizaciji, učestvuju sa najmanje 40% obima proizvodnje.

Prema poslovnom ugovoru firma „Krauss-Maffei Wegman“ odgovorna je za podsisteme vozila, dok je „STN Atlas“ odgovoran za vatrenu jedinicu i njenu integraciju u ukupni sistem. Posle petog vozila Grčka će preuzeti potpunu ugradnju i kompletiranje sistema na vozilu.

Pored serijske proizvodnje ugovorom su precizirane i dodatne potrebe, kao što su isporuka rezervnih delova, obuka, tehnička dokumentacija i simulatori.

M. K.

<<<◇>>>

OKLOPNO VOZILO BPM-97*

I pored dobrih karakteristika oklopnih vozila, kao što je BTR-90, zbog visoke cene i složenosti, ona se ne mogu lako plasirati na tržištu.

Pošto se smatra da u velikom broju sukoba slabijeg intenziteta vrhunske performanse sredstava nisu neophodne, veliki broj srednjih i malih armija ovakvim vozilima oprema samo elitne jedinice. Mnogo veće potrebe izražene su za relativno jeftinim oklopnim vozilima, bazira-

nim na dobro poznatim tehnologijama koje su rasprostranjene u auto-industriji. To omogućava masovnu i jeftinu proizvodnju, naročito u ratnim uslovima. Ruska industrija se na ovom polju predstavlja vozilom oznake BPM-97.



Oklopno vozilo BPM-97

Vozilo BPM-97 nastalo je na osnovu zahteva graničnih jedinica Ruske Federacije. Konstruisano je na Univerzitetu tehnike BAUMAN, a prototip je izrađen u fabrici automobila KamAZ.

Najveći deo rešenja i delova preuzet je sa vozila KamAZ-4326 (4 × 4). Oklopljeni prednji deo je monoblok konstrukcije, i sličan je rešenju na vozilu BTR-152. Gornji deo oklopa štiti posadu od zrna kalibra 12,7 mm sa udaljenosti veće od 300 metara, dok donji deo i zadnja izbočina pružaju zaštitu od zrna kalibra 7,62 mm sa malih udaljenosti.

U prednjem delu vozila smešten je V8 dizel motor KamAZ-740, snage 160 kW (220 KS).

Vozilo BPM-97 može da prevozi 10 vojnika koji ulaze kroz zadnji i bočne otvore. Vozilo ne poseduje amfibijske karakteristike.

Vatrena jedinica smeštena je na centralnom delu vozila. U oklopljenoj kupoli

* Prema podacima iz ARMS – Russian Defence Technologies 1/2000.

nalazi se mitraljez 12,7 mm, bacač granata Plamya kalibra 30 mm, lanser protivoklopnih raketa (opciono Fagot, Kornet ili Metis) i šest dispenzera dimnih kutija.

Vozilo BPM-97 može poslužiti kao osnova za različite nadgradnje. Osim borbenih sistema to može biti i različita oprema, tako da se BPM-97 može proizvoditi i u varijantama komandnog, sanitetskog ili vatrogasnog vozila.

Karakteristike vozila BPM-97:

- maksimalna masa (kg) 10 500
- maksimalna brzina (km/h) 90
- maksimalni nagib 30°
- širina prepreke (m) 1,75.

S. V.

<<<◇>>>

PRVI LETOVI AVIONA X-32A i X-35A*

Demonstratori koncepta JSF (Joint Strike Fighter), Boeing X-32A i Lokid Martin X-35A nedavno su uspešno izvršili prve letove svojih prototipova koji su učestvovali na konkursu američke vojske (vazduhoplovstva, morskog korpusa i mornarice) za novi višenamenski borbeni avion.

Prvi prototip Boeing X-32A poletio je septembra 2000. Ovaj let označio je početak petomesečnih letnih ispitivanja, koja će obuhvatiti oko 50 opitnih letova i nalet od oko 100 časova. Kroz ovo ispitivanje proveriće se letne karakteristike i performanse aviona pri klasičnom poletanju i sletanju, kao i njegove performanse tokom prilaza za sletanje na nosače aviona.

X-32B je drugi koncept kojim Boeing učestvuje na konkursu. Očekuje se da će



Avion Lokid Martin X-35A

X-32B poleteti u prvom kvartalu 2001. godine. On treba da prikaže karakteristike STOVL (Short Take Off and Vertical Landing) pri kratkom uzletanju i sletanju, što su zahtevi britanske mornarice i američkog morskog korpusa.

Lokid Martinov (Lockheed Martin) X-35A prvi put je uzleteo oktobra 2000. godine. To je bila prilika da se tokom leta izvedu i osnovni manevri, kako bi pojedine karakteristike upravljivosti i stabilnosti koje su proveravane simulacijama bile potvrđene. Tokom prvog leta X-35A je dostigao visinu od 3300 metara, brzinu od 450 km/h i napadni ugao od 10,4°.

Početna faza letnih ispitivanja, u kojoj je planirano da X-35A provede u vazдушnom prostoru 20 sati, izvešće se do kraja novembra, kada se očekuje početak rada na modifikacijama prvog prototipa, kako bi se dobio tehnološki demonstrator za ispitivanja kratkog poletanja i vertikalnog sletanja.

* Prema podacima iz časopisa Air Forces Monthly 11/2000.

Očekuje se da prvi put poleti X-35C prototip, koji treba da zadovolji zahteve američke mornarice za novim lovcem.

Rezultati konkursa za novi lovački avion američkih vazduhoplovnih snaga biće poznati krajem 2001. godine.

S. V.

<<<◇>>>

BESPILOTNA BORBENA LETELICA X-45A*

Boing je septembra 2000. godine prikazao prvi od dva demonstratora koncepta bespilotne borbene letelice UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) oznake X-45A. U sklopu sistema izložena je letelica, kontrolni pult i transportno-skladišni kontejner.

Celokupan program UCAV pokrenut je sa namerom da se dokaže tehnološka izvodljivost zamisli po kojoj bi bespilotne borbene letelice bile sposobne da autonomno izvode najraznovrsnije visokorizične borbene zadatke, kao što je, pored ostalog, i neutralisanje protivničke PVO.

Razvoj i usavršavanje projekta UCAV mogao bi znatno da poveća efikasnost i stepen preživljavanja klasičnih borbenih aviona, uz mnogo manju cenu operacija i izbegavanje gubitka posada.

Zbog malih dimenzija, nepotrebnosti pilotskih uređaja i skupe i dugotrajne obuke pilota, kao i mogućnosti jednostavnog transporta i skladištenja na duži vremenski rok, proizvodna cena UCAV mogla bi biti 65% manja od cene budućih aviona, a cena operativnih i eksploatacionih troškova čak 75% manja.

Za izvođenje zadataka UCAV će biti opremljen odgovarajućim softverom za prethodno i naknadno programiranje i unošenje parametara objekta dejstva. Misije će se moći izvoditi autonomno ili daljinskim upravljanjem sa zemlje. Nakon povratka sa zadatka, priprema za naredni let trajala bi manje od sat vremena.



Bespilotna letelica X-45A

Demonstrator koncepta, X-45A, jeste letelica stelte konfiguracije, bez repnih površina. Dugačka je 8,25 m sa rasponom krila od 10,37 m. Masa praznog X-45A iznosi 1816 kg, a dozvoljeni korisni teret je 680 kg.

Početna letna ispitivanja X-45A planirana su za proleće 2001. godine. Ukoliko u toku ispitivanja koncept opravda svrsishodnost, prvi serijski primerici zasnovani na ovim tehnologijama našli bi se u široj upotrebi posle 2010. godine. Smatra se da će se na ovom konceptu zasnivati mnogi elementi budućih sukoba u vazдушnom prostoru.

S. V.

<<<◇>>>

* Prema podacima sa www.boeing.com/news/

RAZVOJ NOVOG PRENOSNOG MINSKOG DETEKTORA*

Kompanija Quantum Magnetics iz sastava In Vision Technology razvija novi prenosni minski detektorski sistem. U naredne tri godine treba da se dođe do prototipa minskog prenosnog detektora koji će zadovoljiti zahteve i buduće potrebe Mornaričkog korpusa SAD.

Minski detektor Quantum zasniiva se na tehnologiji četvoropolne rezonance QR (quadrupole resonance) kojom se otkriva eksplozivno punjenje mine.

Laki ručni QR detektor, projektovan za potrebe čišćenja zemljišta i rad sa prenosivom elektronikom, biće takođe predmet istraživanja i razvoja. Zemljišna

ispitivanja provodiće se na probnim poligonima radi prikupljanja naučnih i inženjerskih podataka i dobijanja performansi prema tehničkim zahtevima Mornaričkog korpusa. Ispitivanja sprovedena 1999. godine u SAD i Bosni, bila su prva demonstracija detekcije plastičnih i metalnih protivpešadijskih i protivtenkovskih mina uz korišćenje QR tehnologije. U četiri odvojena ispitivanja Quantum sistem je otkrio 100% protivpešadijskih i protivtenkovskih mina u zemlji, bez ijednog lažnog signala. To je prvi put da su plastične mine sa niskim sadržajem metala otkrivene sa takvim nivoom performansi u realnim zemljišnim uslovima.

M. K.



VIŠENAMENSKO VOZILO GAZ 3937**

Kasnih osamdesetih godina Auto-industrija iz Gorkog projektovala je novo terensko vozilo GAZ 3937, nosivosti 1,5 t, koje ima pogon na sva četiri točka i poseduje amfibijske karakteristike. U javnosti je poznato i kao ruski HUMMER.

Vozilo GAZ 3937 odlikuje se dobrom prohodnošću, a konstrukcija je prilagođena različitim potrebama. Kao bazni model poslužio je za izvođenje čitave familije oklopnih i klasičnih terenskih vozila, proizvedenih da optimalno odgovore potrebama izvršavanja najrazličitijih zadataka. Značajna karakteristika jeste mogućnost da se na osnovi vozila može,

prema zahtevima, nadograditi jedan od 26 modula koji su na raspolaganju (sanitetski, vatrogasni, oklopni, komandno-komunikacijski, teretni i sl.).

GAZ 3937 opremljen je dizel motorom snage 130 kW (175 KS). Kao pogonska grupa mogu poslužiti i motori drugih proizvođača, kao što su npr. Steyr ili Cummins. Može da prevozi 10 vojnika.

Oklopljena varijanta vozila ima oznaku GAZ 39371. Predviđa se da će zbog svojih karakteristika u borbenu izviđačku verziju sa kupolom mitraljeza KPVT 14,5 mm i 7,62 mm naslediti BRDM-2.

Takođe, GAZ 39371 se može opremiti i oklopnom platformom za teški minobacač 120 mm ili modulom sa lakim raketnim sistemima PVO, poput Igle ili Strele 2M.

Vozila iz familije GAZ 3937 mogu savladavati prepreku širine 1,2 m, a sa

* Prema podacima iz Defence Systems Daily, 2. novembar, 2000.

** Prema podacima iz časopisa ARMS - Russian Defence Technologies 1/2000.



Višenamensko vozilo GAZ 3937

posebnom pripremom prelaze i preko vodenih prepreka.

Visok stepen unifikacije sa prethodnim modelima vozila GAZ olakšava i pojednostavljuje proizvodnju i eksploataciju, što ukazuje na to da će vozilo GAZ 3937 potencijalno prihvatiti dosadašnji korisnici ovih vozila.

Karakteristike vozila GAZ 3937:

- maksimalna masa (kg) 6600
- masa praznog vozila bez modula (kg) 4200
- maks. brzina (km/h) 112
- potrošnja goriva (l/100 km) 15,4
- maksimalni uspon 30°
- radijus zaokreta (m) 10
- maks. masa vučenog vozila (kg) 2500.

POBOLJŠANI KOMPAKTNI PROCESORI SLIKE*

Francuske firme „Matra BAe Dynamics“ i „Matra Electronique“ sarađivale su u razvoju procesorske jedinice slike velike gustine koja, pored kompaktnosti i niske cene, ima i izuzetne performanse, a namenjena je za ugradnju u sisteme vođenja familije krstarećih raketa Storm Shadow/Scalp EG.

Procesorska jedinica slike ima trideset puta manju masu, petnaest puta manju zapreminu i deset puta manju cenu od ranijih rešenja. Ovako veliko poboljšanje dobijeno je tako što je više jedinica iz rešenja IPAM višecipnog modula sa dvostrukim šupljinama montirano sa obe strane procesorske jedinice. Algoritmi procesora slike rešavaju se na tri, za ovu aplikaciju specifična integrisana kola, koja obezbeđuju ekvivalent od 6 miliona ekstremno gusto pakovanih tranzistora koji imaju vrlo kratke spojne veze. Oni mogu da obrade velik broj ulazno-izlaznih podataka i signala stepenastog talasnog oblika.

M. S.

S. V.

* Prema podacima iz časopisa International Defense Review 6/2000.

<<<◇>>>

Vojnotehnički glasnik je stručni i naučni časopis Vojske Jugoslavije, koji objavljuje: originalne naučne radove, prethodna saopštenja, pregledne radove i stručne radove.

Svojom programskom koncepcijom časopis obuhvata sistem integralnog tehničkog obezbeđenja, tehniku vidova, rodova i službi, razvoj, tehnologiju, proizvodnju i upotrebu sredstava NVO, kao i teoretska i praktična dostignuća, koja doprinose razvoju vojne misli i usavršavanju pripadnika Vojske Jugoslavije.

Članak se dostavlja Redakciji u dva primerka, a treba obavezno da sadrži: propratno pismo sa kratkim sadržajem članka, spisak grafičkih priloga, spisak literature i podatke o autoru.

U propratnom pismu treba istaći o kojoj vrsti članka se radi, koji su grafički prilazi originalni, a koji pozajmljeni.

Članak treba da sadrži rezime (u najviše osam do deset redova), i ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, razradu i zaključak. Obim članka treba da bude do jednog autorskog tabaka (16 stranica sa dvostrukim proredom). Tekst mora biti jezički i stilski doteran, sistematizovan, bez daktilografskih grešaka, bez skraćenica (osim standardnih), uz upotrebu stručne terminologije. Sve fizičke veličine moraju biti izražene u Međunarodnom sistemu mernih jedinica – SI. Redosled obrazaca (formula) označavati rednim brojevima, sa desne strane u okruglim zagradama. Fotografije i crteži treba da budu jasni, pregledni i pogodni za reprodukciju. Ne treba ih lepiti, već samo naznačiti njihovo mesto u tekstu. Crteže treba raditi u pogodnoj računarskoj grafici. Tabele treba pisati na isti način kao i tekst, a označavati ih rednim brojevima sa gornje strane.

Spisak grafičkih priloga treba da sadrži naziv slike – crteža i nazive pozicija.

Literatura u tekstu navodi se u uglastim zagradama, a spisak korišćene literature sadrži neophodne bibliografske podatke prema redosledu citata u tekstu. Bibliografski podatak za knjigu sadrži prezime i inicijale imena autora, naziv knjige, naziv izdavača, mesto i godinu izdavanja. Bibliografski podatak za časopis sadrži prezime i ime autora, naslov članka, naziv časopisa, broj i godinu izdavanja. Opširan pregled literature neće se prihvatiti.

Svi radovi podležu stručnoj recenziji, a objavljeni radovi i stručne recenzije se honorišu prema važećim propisima VJ.

Podaci za autora sadrže: ime i prezime, čin, zvanje, adresu radne organizacije (VP), kućnu adresu, telefon na radnom mestu i kućni telefon, žiro-račun banke i SO mesta stanovanja.

Rukopise slati na adresu: Redakcija „Vojnotehničkog glasnika“, 11002 Beograd, Balkanska 53, VE-1.

REDAKCIJA

Tehničko uređenje
Branko Marković

Lektor
Dobрила Miletić, profesor

Korice
Milojko Milinković

Korektor
Bojana Uzelac

Cena: 100,00 dinara
Tiraž 1200 primeraka

Rešenjem Ministarstva za nauku i tehnologiju Republike Srbije, broj 413-00-222/95-0101 od 19. 06. 1995. godine časopis „Vojnotehnički glasnik“ je oslobođen plaćanja opšteg poreza na promet proizvoda.

UDC: Centar za vojnonaučnu dokumentaciju i informacije (CVNDI)